

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

NANOTEKNOLOJİYE ÜLKESEL
STRATEJİK YAKLAŞIM NASIL
OLMALIDIR?

Bahadır TANYOLAÇ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
STRATEJİ BİLİMİ ANABİLİM DALI

GEBZE

2007

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

NANOTEKNOLOJİYE ÜLKESEL
STRATEJİK YAKLAŞIM NASIL
OLMALIDIR?

Bahadır TANYOLAÇ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
STRATEJİ BİLİMİ ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI
DOÇ. DR. ALİ EKBER AKGÜN

GEBZE

2007



**GEBZE YÜKSEK
TEKNOLOJİ
ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri/Sosyal Bilimler Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 26/Ocak/2007 tarih ve 2007/03 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 15/Mayıs/2007 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Bahadır TANYOLAÇ'ın tez çalışması Bilim ve Teknoloji Stratejileri Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE (TEZ DANIŞMANI): Doç.Dr. Ali Ekber AKGÜN

ÜYE : Doç.Dr.Halit KESKİN

ÜYE : Doç. Dr. Necati ECEVİT

ONAY

G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri/Sosyal Bilimler Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

NANOTEKNOLOJİYE ÜLKESEL STRATEJİK YAKLAŞIM NASIL OLMALIDIR?

Bahadır TANYOLAÇ

1800’lü yıllarda buharlı makineler teknolojisi ile başlayan ve bunu takip eden diğer teknoloji devrimleri, uygarlığın gelişmesine hız ve yön vermişlerdir. Bu teknolojileri kendilerine uyarlayabilen ülkeler ise sürekli olarak dünya üzerinde her konuda söz sahibi konumunda olmuşlardır. “Türkiye Cumhuriyeti birinci seviyede gelişmiş ülke statüsünü hiçbir zaman kazanamayacak mı?” sorusunu sürekli olarak kendime sormakta iken karşıma çıkan Nanoteknoloji konu başlığı beni cevabını aramakta olduğum soru ile ilgili olarak oldukça heyecanlandırmıştır.

Nanoteknolojiye stratejik yaklaşım konusunu araştırırken, başta bu konunun gerçekten ne seviyede önemli olabileceği hakkında ikna olup, sonra da nanoteknoloji konusunda ilerleme kaydetmiş ülkelere yönelik devlet yapısı, üniversiteler ve özel sektörün yaklaşımlarını, ülkemizin nanoteknoloji konusunda gelmiş olduğu seviyeyi ve gelişmiş ülkeleri yakalayabilmek adına neler yapılması gerektiğine dair stratejilerini incelemeye çalıştım. Usul olarak ise, bu konu üzerine ülkemizde çıkan kitapları okuyarak, aylık yayımlanan dokümanları inceleyerek, üniversitelerimizde konu ile ilgili öğretim elemanları ve araştırma görevlileri ile görüşerek ve internette konu ile ilgili resmi sayfalardan faydalanarak tezimi tamamladım.

SUMMARY

HOW MUST BE THE COUNTRYWIDE STRATEGIC CONCEPT OF APPROACHING THE NANOTECHNOLOGY?

Bahadır TANYOLAÇ

Starting at the 19'th century the steamed machines and following technology revolutions are always directed the progress of the civilization. Meanwhile the countries which could follow these technologies, become dominating the subjects on the world. The question of "Isn't Republic of Turkey going to win this status ever?" was always in my mind. When I met the subject of Nano Technology which exited me so much.

I convinced myself about the importance of the subject first, while I was researching the "Strategic Approach to the Nano Technology" after then I worked on the strategic approaches of the universities, governments and the commercial companies. For the work issue I tried the to follow the public documentations, books which published in our country and tried to reach and have a conversations with the people who related to this subject in our universities and completed my study.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmamda, Türkiye Cumhuriyeti'nin ve Türk Silahlı Kuvvetleri'nin, doğru planlama ve kaynak aktarımı yaptıkları taktirde, geleceğe yön vereceğine inandığım Nanoteknoloji biliminde hangi kriterleri ele alarak, ön hazırlıklar yapmaları gerektiğine dair hususları ele almaya çalıştım. Bu konu üzerinde yaptığım çalışma, araştırma ve görüşmeler esnasında bana yol gösteren, yardımcı olan değerli danışmanım ve hocam Doç. Dr. Ali Ekber AKGÜN'e, değerli hocam Doç. Dr. Halit KESKİN'e, değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Salih Zeki İMAMOĞLU'na, bana her türlü manevi desteği sağlayan kıymetli eşim Beyza TANYOLAÇ'a, ve Bilkent Üniversitesi Nanoteknoloji Araştırma Merkezi (NANOTAM) Direktörü Prof. Dr. Ekmel ÖZBAY'a teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Bahadır TANYOLAÇ 2007

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vii-ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
TABLolar DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ.	1
2. GÜNÜMÜZDEN, GELECEĞİN TEKNOLO- JİLERİNE BAKIŞ.	3
3. ÇAĞIMIZA YÖN VEREN TEKNOLOJİLER.	9
4. NANOTEKNOLOJİ NEDİR?	11
4.1. Neden Şimdi?	16
4.2. Nanoteknoloji Hayatı Nasıl Değiştirecek?	22
4.3. Nanoteknolojinin Potansiyel Kullanım Alanları.	24
4.3.1. Sağlık Sektörü.	25
4.3.2. Malzeme Sektörü.	29
4.3.3. Bilgisayar Teknolojileri Sektörü.	30
4.3.4. Enerji Sektörü.	33
4.3.5. Silah Sektörü.	37
4.4. Ülkemizde ve Dünyada Nanoteknolojiye Yönelik Araştırmalar Uygulamalar ve Yatırımlar.	44
4.4.1. Türkiye Cumhuriyeti'nde Nanoteknoloji. Uygulamaları	49

4.4.1.1.	Bilkent Ulusal Nanoteknoloji Araştırma Merkezi'nde Nanotek- noloji Eğitimi.	51
4.4.1.2.	Gebze Yüksek Teknoloji Enstitü- sü'nde Nanoteknoloji Eğitimi.	55
4.4.1.3.	Koç Üniversitesi'nde Nanotek- noloji Eğitimi.	57
4.4.1.4.	Orta Doğu Teknik Üniversite- si'nde Nanoteknoloji Eğitimi.	58
4.4.1.5.	İstanbul Teknik Üniversite- si'nde Nanoteknoloji Eğitimi.	63
4.4.1.6.	Sabancı Üniversitesi'nde Nanoteknoloji Eğitimi.	65
4.4.1.7.	TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi'nde Nanoteknoloji Eğitimi.	68
4.4.1.8.	Yıldız Teknik Üniversitesi'nde Nanoteknoloji Eğitimi.	68
4.4.1.9.	MSB AR-GE ve Teknoloji Dairesi Nanoteknoloji Çalışma Grubuna Sunulan Projeler.	70
4.4.2.	Rusya'da Nanoteknoloji Uygulamaları.	71
4.4.3.	Polonya'da Nanoteknoloji Uygulamaları.	72
4.4.4.	Çek Cumhuriyeti'nde Nanoteknoloji Uygulamaları.	72
4.4.5.	ABD'de Nanoteknoloji Uygulamaları.	73
4.4.5.1.	Nanoteknoloji Çalışmalarının Amaçları.	74
4.4.5.2.	Yatırım Öncelikli Alanlar.	75

4.4.6.	Japonya’da Nanoteknoloji Uygulamaları.	75
4.4.7.	Avrupa Birliği’nde Nanoteknoloji Uygulamaları	75
4.4.8.	İsrail’de Nanoteknoloji Uygulamaları.	77
4.4.9.	Asya’da Nanoteknoloji Uygulamaları.	77
4.4.10.	Diğer Ülkelerde Nanoteknoloji Uygulamaları.	77
4.5.	Nanoteknolojinin Günümüzde Tipik Uygulama Örnekleri.	78
4.6.	Nanotehlike.	78
5.	ÜLKE OLARAK NANO TEKNOLOJİYE STRATEJİK YAKLAŞIMIMIZ NASIL OLMALIDIR?	81
5.1.	Önerilen Bilim ve Teknoloji Politikaları.	86
6.	SONUÇ.	93
7.	KAYNAKLAR DİZİNİ.	99
8.	ÖZGEÇMİŞ.	101

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil – 1 Nanoskopik Ebatlar	13
Şekil – 2 Karbon Nanotüp	32
Şekil – 3 Casus Sinek	39
Şekil – 4 Mikro Araba	41
Şekil – 5 Mini Robot	41
Şekil – 6 Karbon Nanotüpler	46
Şekil – 7 Karbon Nanotüp	69
Şekil – 8 Üretilmiş karbon nanotüp modelleri	69

TABLOLAR DİZİNİ

		<u>Sayfa</u>
Tablo – 1	Dünyada Nanoteknoloji ürünlerinde en çok patent alan ülkeler.	47
Tablo – 2	Dünyada Nanoteknoloji ürünlerinde en çok patent alan şirketler.	47
Tablo – 3	Nanoteknoloji Projeleri	70

1. GİRİŞ :

Dünya tarihine baktığımızda devletlerin yaşam sürelerinin de insanlarınki ile benzerlik taşıdığını görürüz. Sancılarla doğup, hayatını çeşitli mücadeleler içerisinde geçirip, bazen rahat, bazense sıkıntılı dönemler yaşayıp ve nihayetinde bir şekilde ebediyete intikal etmişlerdir. Aslında tabiatın en acımasız ve bir o kadar da doğal işlevlerinden biri olan hayatta kalma mücadelesi içerisinde yani, “Yaşayabilmek için büyük balığın, küçük balığa şans tanımadığı” ortamda devletler de amansız bir varolma savaşı vermiş ve halen vermektedirler.

Tarih boyunca yer alan birçok doğmuş yok olmuş medeniyetler mevcuttur. Bahse konu medeniyetlere yönelik yakın zamanlarında yapılan yorumlar henüz o zamana ait dinamikler halen devrede oldukları için tam manasıyla gerçeği yansıtmayabilmektedir. Fakat tarihin sayfalarındaki toz katmanı kalınlaştıkça, o döneme dair yapılan inceleme ve yorumlar tarafsızlaşmaktadır. Bahse konu tozlu sayfalar da, onları anlamaya çalışanlara detayları atlayarak çok net dersler iletmektedirler. Taş devrinden günümüze, “yenilik” kavramına rakibine oranla biraz daha fazla kapalı olan toplumlar güneşin doğuşunu daha az görmüşlerdir.

Yenilik ve Ar-Ge kavramlarına olan inanç, bilime vazgeçmesizin yatırım yapma politikası, kendi kurumlarını, üniversitelerini ve sanayiye buluşturma çabasındaki bir devletin bilinçliliği ile bir kaplanın, üzerine atlayacağı avına yaklaşırken “sessiz olabildiği oranda yarını yaşayabilme şansının” olduğu bilinci arasında pek fazla bir fark yoktur.

Yaşadıkları zaman periyodu içerisinde insanların, kurumların veya ülkelerin önlerine, geçmişlerinde yaptıkları hataları telafi edebilmeleri, kaybettiklerini tekrar elde edebilmeleri için ikinci bir şans çıkar. Bu şans bazen çok bariz bir şekilde kendini gösterebildiği gibi bazen de sadece göz kırpıp, bir an bekledikten sonra sır olur ve sonsuza dek kaybolur.

Günümüzde doğanın insanlığa kendi sırrını ifşa ettiği en derin bilim zemini nanoteknolojidir. Bu derinliğin içerisi, henüz açıkça öngörülemezlik seviyede zenginlik, güç, belki de felaketler ile dolu olma ihtimali yüksektir. Fakat her ihtimalde bu derinliği keşfetmeye yeltenmeyen veya bu hususta geç kalan ülkelerin o an koşulmakta olan kulvarda rakiplerinden oldukça geri kalacakları ve geri kalmışlığın etkilerini olumsuz yönde yaşayacakları açıktır. Ayrıca nanoteknoloji maratonunda yarışı başlatan tabanca henüz patlamıştır.

2. GÜNÜMÜZDEN GELECEĞİN TEKNOLOJİLERİNE BAKIŞ :

“Çok eski zamanlardan birinde hayatından hiç memnun olmayan bir taş ustası varmış. Sürekli olarak hayatın temel prensiplerini merak eder bunları sorgularmış. İlk başta varlığından ve ışımasından etkilendiği güneş olmaya karar vermiş, daha sonra güneş ışınlarının bulutlar tarafından engellenebildiğini fark edip bulut olmak istemiş. Bu kararından da bulutların rüzgâr tarafından kolaylıkla sürüklenemediğini fark edince vazgeçmiş ve rüzgâr olmak istemiş ama ta ki o kudretli rüzgârın heybetli bir taşı yerinden kımıldatamadığını görene kadar. Nihayetinde öykündüğü heybetli taş olmak üzere iken fark etmiş ki o taş da bir taş ustasının ellerinde istenen şekli alabiliyor ve nihayetinde özüne dönmüş ve olduğu gibi yani taş ustası olarak kalmaya karar vermiş.” Bu anlatıda olduğu gibi modern materyallerin dizaynı ve teknolojilerine dikkatli bir bakış ile baktığımız taktirde, onlarda bilimsel ve insani disiplinlerin sarmal şeklinde bir arada olduklarını görürebiliriz. [Uskokovic, 2007]

Dünyada birkaç ilim ve teknoloji devrimi yaşanmıştır. Bunlardan ilki 19.yüzyıl ikinci yarısı ile 20.yüzyılın başlarında yaşanmış olan birinci buhar makinası, makina imalat sanayii, otomasyonun yer aldığı sanayi devrimidir. Son olarak tanık olduğumuz teknik devrim ise hayatımızın her köşesinde örneklerini görebileceğimiz mikroelektroniktir. 21. yüzyılında yer alan teknoloji birikimi ve büyük oranda 90'lı yıllardan sonra belirli alanlarda yürütülen Ar-Ge faaliyetlerinin neticeleri, geleceğin teknolojilerinin isimlerinin tahmininde bizlere yardımcı yönde önemli bir rol oynamaktadır. Nanoteknoloji gibi çok yakın bir geleceğin yeni teknolojisinin alacağı konumu da tahmin etmek zor olmamaktadır. Benzer şekilde moleküler biyoloji ve genetikte başlatılan çalışmaların 2015-2020'li yıllarda büyük ölçüde şekilleneceği beklenmektedir. Bilim ve teknoloji üretiminin de geçen zaman içerisinde katlanarak artması, 2020'li yıllardan sonra üretim zincirine katılacak yeni teknolojilerle ilgili tahminlerde bulunulmasını güçleştirmektedir.

Bu arada lazer, sensör, yazılım, robotik ve sanal gerçeklik gibi bugün de etkin teknoloji sınıflarına giren teknolojilerle ilgili gelişmelerin sürmesi, olağan bir beklenti olarak algılanmaktadır. Petrol, kömür ve doğalgaz gibi fosil yakıt rezervlerinin hızla artan kullanım oranı nedeniyle önümüzdeki 100 yıllık bir dönem içerisinde tükenme noktasına yaklaşması beklenmektedir. Kalkınmanın ve refahın en önemli bileşenlerinden biri olan enerji kaynaklarının (fosil yakıtları) sınırlı rezervlerle mevcut olması ve buna mukabil enerji ihtiyacının her 30 yılda ikiye katlanarak büyümesi, Kyoto Protokolünde belirlenen potansiyel emisyon hedeflerine ulaşma gayretleri ve enerji kaynağı çeşitlendirilmesi politikaları; alternatif enerji kaynağı arayışlarının yoğunlaşmasına neden olmaktadır. Bugün kullanıma sunulan biokütle, güneş, dalga, gel git ve rüzgâr gibi yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili gelişmelere bakılırsa, bunlarla ilgili teknolojilerin tümüyle fosil yakıtlara dayalı günümüz taleplerine cevap veremeyeceği anlaşılmaktadır. Ancak, mevcut teknolojilerin geliştirilmesi veya hidrojen ile füzyon alanında ve öteki alternatif enerji kaynaklarıyla ilgili beklenmedik gelişmelerin ortaya çıkması, enerji teknolojilerinin geleceğini belirleyecektir. Uzayda kurulacak enerji istasyonlarından yeryüzüne yansıtılacak güneş ışınlarının enerjiye dönüştürülmesi veya aydınlatma amacıyla kullanılması yönünde yapılan çalışmalar da sürdürülmektedir.

Tüm ekonomi ve sosyal faaliyetleri yönlendirerek ve değişime uğratarak bulunduğumuz çağa damgasını vuran bilişim ve haberleşme teknolojileri; hemen hemen tüm ileri teknoloji alanları ile iç içe bulunmaktadır. Bu şekli ile de tek bir teknoloji alanından ziyade bir teknoloji sistemi olarak kabul edilmektedir. Nanoteknolojideki gelişmeler paralelinde bilgisayar bileşenlerinin boyutları küçülecek, buna karşılık hafızaları büyüyecektir. Yapay zeka, dil ve desen tanıyan sistemler, çoklu ortam sistemleri, moleküler hesaplama (molecular computing), data mining, display, yarıiletkenler, yazılım, güvenlik sistemleri, dijital TV, kişisel mobil telefon, yüksek performanslı piller ve sanal gerçeklik vs. gibi geniş bir yelpazedeki gelişmeler sürecektir. Halen ağırlıklı Japonya ve ABD'de kullanılan sanayi robotlarının 2030'lu yıllardan itibaren daha yoğun biçimde üretim döngüsüne katılacakları

hesaplanmaktadır. Robotlar sadece fabrikalarda değil, aynı zamanda evlerde ve belirli işyerlerinde de yoğun biçimde kullanılacaktır.

21. Yüzyılda üretilecek teknolojiler ile konvansiyonel savaşların yerini, "teknolojinin teknolojiye karşı" olacağı savaşlar alacaktır. Robotların ve bilgi teknolojilerinin yoğun olarak kullanılacağı geleceğin savaşlarında insan unsurunun, ikinci planda kalacağı tahmin edilmektedir. Savaşa doğrudan giren savaşçıları, elbiseleri dâhil tüm donanımlarını akıllı bileşenler oluşturacaktır. Bu gelişmeler, savaşlarda bilgi tabanlı teknoloji kullanımını daha da arttıracak nitelik arz etmektedir. Geleceğin teknolojilerinin karakteri insan hayatını kolaylaştırmaya yönelik olmasına rağmen, birçok işyerinde robotların ve akıllı araçların kullanılmaya diğer bir deyişle "akıllı robotların" insansız fabrikaları işletmeye kendi kendilerini tamir etmeye başlamalarıyla birlikte, başta işsizlik olmak üzere birçok sosyal problemler ortaya çıkacaktır. Algılayıcıların yaygınlaşması, sanal ortamın insan hayatına büyük ölçüde hükmetmesi gibi gelişmeler, bireysel yaşam tarzının daha da yaygınlaşacağına ve sorunların büyüyeceğine işaret etmektedir.

Genetik ve moleküler biyoloji alanındaki gelişmelerle birlikte insan ömrünün uzaması sonucunda, yaşlı insanlara robotların hizmet etmeleri planlanmaktadır. Robotik alanında elde edilecek olumlu sonuçların bir diğeri de onların gelecek yıllarda görme özürülere kılavuzluk edebilmeleridir. 20 yıl içinde dijital ve genetik enformasyon alanlarında radikal değişiklikler beklenmektedir

Biyoteknoloji, sağlık ve gıdanın ana elementi olacaktır. Birçok gelişme; biyokimya, fizik, moleküler biyoloji, nöro bilim ve mikroteknoloji yoluyla gerçekleşecektir. Biyoteknolojide elde edilmeye başlanan harikulade yenilikler, sağlık alanında yeni başarılar yaratacaktır. "Nanocerrah" olarak da adlandırılan submikroskopik robotlar, Pearson (1998)'a göre, damarlardaki yağ birikintilerini alacaklar, toksik elementleri test edecekler, kanserli hücreleri yakalayınca kadar peşlerini bırakmayacaklar, hastalıklı veya

hasarlı bölgeleri onaracaklar, nano makinelerin her biri, hastalıklı hücrelere ilaç ve radyasyon taşıyacaklardır.

Ulaşım sektörünün hız, emniyet, yakıt tüketimi, talepler doğrultusunda saatteki hızı 500 km'yi bulacaktır. İleriki aşamada şehir içi ve varoşlarda 800 km/saat hızla çalışacak olan, "çelik ray üzerinde çelik tekerlek" prensibine göre çalışan geleneksel trenlerden tümüyle farklı çalışma prensibine sahip olan "Yüksek Hız Trenleri" (Magnetic Levitation; magiev (manyetik kaldırma) trenleri) yaygınlaşırken, hava ulaşımında subsonik ve hipersonik uçak kullanımına gidilecektir. Kara ulaşımında "Akıllı Yol ve Akıllı Araç" üretimi ve uygulamalarına gidilmesi; başlı başına bir devrim yaratacak, "yakıt pilli" ve "hibrid" araçların sayısında büyük artışlar olacaktır. Tüm bu gelişmeler, ulaşım altyapısı ve ulaşım sistemlerinde köklü değişmelerin olacağına işaret etmektedir. Yeni gelişmeler, "Ulaşım Sistem Yönetiminin" yürürlüğe konulmasını kaçınılmaz kılmaktadır.

Tıp, eczacılık, gıda, kimya ve çevre alanlarını kapsayan biyoteknolojide yapılan araştırmalar yeni çıgırlar açmaktadır. Bitki genomunda büyük mesafeler kat edilirken, insan genomu üzerinde belirli ülkeler tarafından, yapılan çalışmalara hız verilmiştir. Zira dünya biyoteknoloji pazarı giderek büyümektedir. TÜSİAD-2000 araştırma dizisinde 2000 yılında biyoteknolojiyle ilişkili sektörler dışında, sadece biyoteknoloji firmaları olarak listelenen şirketlerle ilgili dünya biyoteknoloji pazarının 63 milyar dolar olmasının beklendiği, TÜSİAD-2001 çalışmasında ise bu pazarın 2008 yılında 151 milyar dolara ulaşacağı vurgulanmaktadır.

Malzemelerin boyutlarını küçültürken, yetenek ve kapasitelerinin artırılması yönündeki araştırmalardan da önemli sonuçlar alınmaya başlanmıştır. Bu bağlamda, milimetrenin milyonda birini ifade eden nanometre (nm) boyutlu malzeme üretimi üzerindeki araştırmalar birçok ülkede yoğun biçimde sürdürölmektedir. 100 nm boyutlu malzemelerin ilaç, biyomedikal, kozmetik ve enerji katalitik gibi birçok alanda teknolojik uygulamalarının gerçekleştirilmesi artık hayal değildir. ABD gibi ülkeler

nanoteknolojinin geleceğini "**Yeni Endüstri Devrimi**" kavramı ile ifade etmektedir. Nanoteknoloji alanındaki gelişmeler, sanki 2010 ile 2020 yılları arasında başlayacak yeni bir teknoloji çağının sinyallerini vermektedir. Hayatın hemen hemen her alanına damgasını vuracak olan "Nanoteknoloji" özellikle gen tedavisi, ilaç üretimi, tanı ve tedavi gibi geniş bir sağlık alanında etkili olacaktır.

Malzeme boyutlarının inanılmaz ölçeklerde küçülmesi, kullanım pratikliği yanı sıra malzeme tüketimini azaltacağı gibi, geleneksel malzemelerin kullanımını da sınırlandıracaktır. Bu teknolojinin bilgisayar alanında da devrim yaratması beklenmektedir. Bunun gerçekleşmesi halinde silikon temelli yongalar yerine polimer temelli yongalar kullanılarak, bilgisayarların hız ve kapasiteleri inanılmaz mertebede artmış olacaktır. Bunun anlamı; teknolojinin mikro ölçekten nanoölçeğine kaymasıdır. Son 30 yıl içinde birçok teknoloji alanı, olağanüstü gelişmelere sahne olmuştur. Bunların içinde hayatın birçok alanında değişime yol açan ve en etkin olanı şüphesiz, enformasyon teknolojileridir. Bu gelişmeyi "Teknoloji Devrimi" olarak nitelendirmektedir. Çok hızlı bir gelişme süreci izleyen söz konusu alandaki müteakip teknolojik gelişmelerin boyut ve yönünün, şimdiden sağlıklı biçimde öngörülmesi hemen hemen imkânsız gibi görülmektedir. Hatta yenilik (inovasyon) kavramındaki adımların artışını ümitlendiren teknik alanların birbirleriyle giriflenme eğilimi nedeniyle, bilim ve teknoloji; birkaç on yıl içinde bugünün sınırlı perspektifinden tanınamaz hale gelebilecektir

Geleceğin teknolojileri üzerine çok sayıda çalışmalar ve tahminler yürütülmektedir. En iyimser tahminlerin bile 2030-2040 yıllarının ötesinin muhtemel teknolojilerini kapsamaması mümkün görülmemektedir. Bu itibarla kısa, uzun ve çok uzun vadeli olmak üzere kategorilere ayrılabilen teknolojik öngörüler arasında, çok uzun vadeli olanları hakkında sağlıklı sonuçlar alınma ihtimali son derece düşüktür. Buna rağmen, uzun vadeli öngörülerin çok ötelere taşan, bin yıllık vadede ortaya çıkabilecek teknoloji alanları ve bunların karakterize ettiği çağlar hakkında ilginç görüşlerin sergilendiğine de tanık olunmaktadır. Molitor (1999)'a göre 1880'li yıllara kadar Tarım Çağı,

1920'li yıllara kadar Endüstri Çağı; 1956'lara kadar Hizmet Çağı etkin olmuş, halen Bilgi Çağı yaşanmakta olup, önümüzdeki bin yılda beş büyük ekonomik çağ daha gelecektir [Ayhan, 2002].

3. ÇAĞIMIZA YÖN VEREN TEKNOLOJİLER:

Sürdürülebilir kalkınmaya ilişkin yorumlar ve tanımlamalar, “Yoksulluğun ve eşitsizliğin olduğu bir dünya her zaman için ekolojik ve diğer krizlere eğilimli olacaktır” ifadesinin yer aldığı 1987’de hazırlanmış olan Bruntland Raporu’nda ortaya konmuştur. Sürdürülebilir kalkınmaya yönelik uluslararası düzeyde ilk bütünsel yaklaşım da 1992’de Rio de Janeiro’da gerçekleştirilen “Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı”nda benimsenmiştir. Konferans’ta, çevre ile kalkınma stratejileri tüm alt başlıkları ile irdelenerek, bunların karşılıklı etkileşimlerinin sorgulandığı bir 21. yüzyıl gündemi (Gündem 21) belirlenmiştir. Bu rapora göre sürdürülebilir kalkınma en genel tanımlamayla “gelecek kuşakların kendi ihtiyaçlarını karşılayabilme olanağından ödün vermeksizin bugünün ihtiyaçlarını karşılayabilecek kalkınma” olarak tanımlanmıştır. Stratejik teknoloji alanları, öncelikli teknolojik faaliyetleri gerçekleştirebilme yeteneği kazanabilmek için, bu faaliyetlerin temelinde yatan kilit teknolojilerde yetkinleşmek gereklidir. Bu teknolojilere “stratejik teknolojiler” de denebilir. Öncelikli faaliyetlerin temelindeki stratejik teknolojiler 11 ana başlık altında toplanmıştır :

- Bilgi ve İletişim Teknolojileri,
- Biyoteknoloji ve Gen Teknolojileri,
- Nanoteknoloji,
- Mekatronik,
- Üretim Süreç ve Teknolojileri,
- Malzeme Teknolojileri,
- Enerji ve Çevre Teknolojileri,
- Tasarım Teknolojileri,
- İletişim teknolojisi,
- Gen teknolojisi,
- Uzay teknolojisi,

Yukarıda belirtilen teknoloji dallarından özellikle nanoteknolojinin genel anlamda dünyanın ve münferit olarak ise ülkelerin geleceğinin

belirlenmesinde önemli bir faktör olarak yer alacağı değerlendirilmektedir. Nanobilim ve nanoteknoloji çok çeşitli alanlarda hızla yaşamımıza girmektedir, gelecek 10-15 yıl içinde yaratacağı sürpriz ürünler ve yeni pazarlar ile insan yaşamını ve ekonomik faaliyetleri kökten değiştirme gücüne sahip olmaya adaydır [Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu, 2004].

Büyük ihtimalle önümüzdeki on yıllarda nanoteknoloji sayesinde süper bilgisayarlar, günümüzde kullandığımız bilgisayarlardan milyonlarca kez daha hızlı ve etkili fakat mikroskop ile bakılabilecek boyutlarda olacaktır. Kanseri tedavisinde kullanılan ilaçlardan her yerde fazla fazla bulunabilecek, insan vücudunda hastalıklı dokuyu bulup iyileştiren, ameliyat yapan nanorobotlar yapılacak, insan beyninin kapasitesi ek nanohafızalarla güçlendirilebilecektir. Kirliliği önleyen nanoparçacıklar sayesinde fabrikalar çevreyi çok daha az kirliletecek, materyallerin çelikten yüz kat daha güçlü ama altıda biri ağırlıkta olacaktır. Tüm bunlar, son derece ciddi ve saygın bilim adamlarının, hızla gelişmekte olan bu yeni bilim dalını, yani nanoteknolojiyi tarif ederken vardıkları sonuçların yansımaları olarak bilimsel panellerde ve sayfalarda yer almaktadır [Uldrich and Newberry,2005]

4. NANOTEKNOLOJİ NEDİR?

Nanoteknolojiyi doğru şekilde anlamak için gerekli olan en önemli unsurlardan biri de, onun tam olarak ne olduğunu ve ne olmadığını fark etmektir. Kelime anlamı olarak nanoteknoloji, maddenin atom seviyesinde bilinçli olarak işlenmesiyle, daha gelişmiş ve tepeden tırnağa değişmiş materyaller, araçlar ve sistemler elde etme olarak tanımlanabilir.

Nano teknoloji terimi ilk olarak Japon mühendis Norio Taniguchi tarafından kullanılmıştır. Taniguchi, terimi aslında yirminci yüzyılda hüküm süren ve mikrometre seviyesinde maddeleri kontrol edebilen yeni bir teknoloji anlamında kullanılmıştır. Bununla birlikte Nanoteknoloji terimi bugün daha çok Eric Drexler'in ifade ettiği anlama daha yakın bir anlam ile gündemdedir ve maddenin atomlarına müdahale edilerek ve ileri teknoloji ile işlenerek maksada uygun kullanılması yöntem bilimi anlamını taşımaktadır. [Uskokovic, 2007]

Bunun ne anlama geldiğini tam olarak anlayabilmek için, şunları düşünmemizde yarar var; Maden kömürü ve elmas, aynı materyalden, yani karbon atomdan meydana getirilmiştir. Ne var ki, bu atomlara uygulanan aranjman, bu atomların kullanım biçimlerini ve değerlerini doğrudan etkilemiştir. İkisi de aynı maddenin uzantısı oldukları halde, biri pahalı olmayan bir yakıt kaynağı olurken, bir diğeri pahalı bir nişan yüzüğüne dönüşmüştür [Uldrich and Newberry,2005]

Yani nanoteknoloji, atomları ve molekülleri tek tek işleme ve yeniden düzenleme yoluyla kullanışlı, materyal, araç ve sistem yaratma sanatı ve bilimidir. Nanometre ölçeğinde fiziksel, kimyasal ve biyolojik olayların anlaşılması ve kontrolü ile bu boyutlarda fonksiyonel malzemelerin, araçların ve sistemlerin geliştirilmesi ve üretimidir. Nano terimi (Bodur anlamına gelen Yunanca “nanos” kelimesinden türetilmiştir), bir şeyin bir milyarda biri anlamına gelmektedir. Dolayısıyla, bir nanometre, bir metrenin bir milyarda

biridir ve bu da yaklaşık olarak, on hidrojen atomunun genişliğine eşittir. Örnek olarak belirtmek gerekirse "i" harfinin üstündeki "nokta"nın genişliği, yaklaşık olarak bir milyon nanometredir.

“Mikro teknoloji ve Nanoteknoloji binkat küçülerek gidiyor. Başlangıçta boyutlar metre boyutunda idi daha sonra Elektronik devrelerde boyutlar binin katlarında daha küçüldü, ve nanoteknolojide boyutlar bin kat daha küçüldü ve şu an için daha küçük bir boyut yok çünkü atomdan daha küçük bir boyut yok.” [ÖZBAY, 2007]

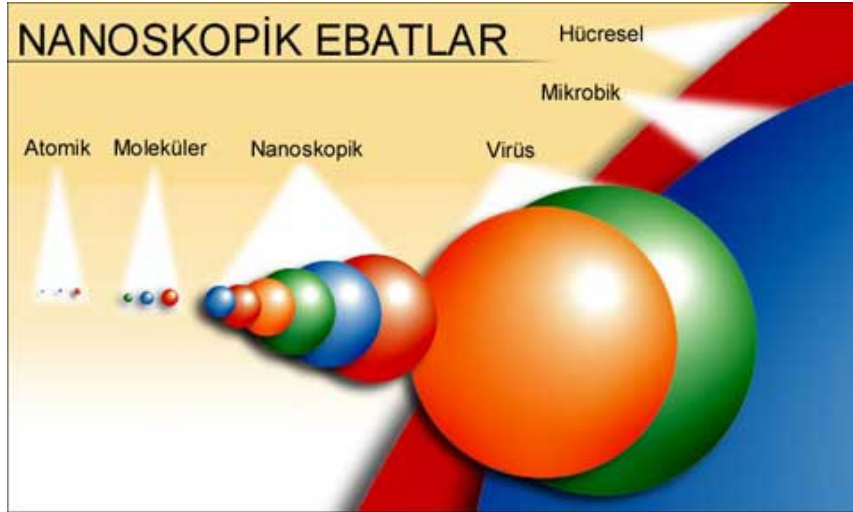
Nanoteknolojide dikkatle kazanılacak gelişimler bizlere, doğal ekosisteme yönelik olarak karar vericinin insan olduğu kritik noktalarda daha eşit ve uygun çözümler üretebilen imkanlar sunacaktır. Paul Tillich'in “ Doğa eğik çizgiler ile düz bir hat çizer.” Sözünde ifade ettiği gibi doğa kendi varoluş yolunda ilerlerken bütün paternler üzerinde lineer olmayan uygulamalarda bulunur. [Uskokovic, 2007]

Bu boyutlarda sistemlerin fiziksel davranışlarında normal sistemlere kıyasla farklı özellikler gözlemlenmektedir. Nanobilim ve nanoteknoloji olarak nitelendirilen bu farklılıklar yaklaşık 10 seneden beri dünya ülkelerinin sivil-askeri bilim ve teknoloji stratejilerini belirler hale gelmiştir. [TÜBİTAK Vizyon 2023]

Eric Drexler 1986'da nanoteknoloji terimini, “Engines of Creation”da açıklarken, değişik yapılar inşa etmek için atomların ve moleküllerin üzerinde münferit değişiklikler yaparak yapılar inşa etmek olarak ifade etmiştir. Belkide nanoteknoloji konseptinin geldiği seviye fizikçi Richard Feynman'ın 1959'da duyurmuş olduğu gibi (Derinde Daha Çok Oda Var: Fiziğin Temelleri) “Atom seviyesinde işlem yapılamaz demeyin çünkü bu iş başarılı olmuş durumda işte kendimize bakalım çok büyüğüz.” örneğini vermiştir.[Glenn, 2005]

Bu geniş tanımlamadan sonra iki tane çok önemli kategoriye de belirtmek gerekir; bunlar nano ölçümleme ve nano işleme. Bilimsel toplumun geniş bir kesimi, bunlardan birincisinin, yani nano ölçümlemenin, 0.1 nanometreden (hidrojen atomunun büyüklüğü), 100 nanometreye (bir virüsün büyüklüğü) kadar uygulanabildiğini kabul etmiştir. Bu ebat dağılımının seçilme gerekçesi, sadece bürokratik bir teknik durumdan ibaret değildir. Sayısız materyal, tek başlarına 100 nanometrenin altında bir ölçüye daraltıldıklarında, kuantum mekaniği güçlerine bağlı olarak, atomik seviyede sergilenen bir dizi benzersiz özellik göstermeye başlıyorlar [Uldrich and Newberry,2005]

Yukarıda belirtildiği gibi 21.yüzyılın teknolojik devrimi olarak tanımlanan nano ve 20.yüzyılın son teknolojik devrimi olarak kabul edilen mikro dünyalar arasındaki iki temel farklılık vardır. Birinci fark mikro dünyanın klasik fiziği, nano dünyanın ise kuantum fiziğini kullanmasıdır. Klasik fizikte malzemenin özelliklerini değiştirmek için malzemenin kimyasal durumunu değiştirmek yeterli iken kuantum fiziğinde maddenin boyutlarını değiştirmekle mümkün olabilmektedir.



Şekil-1 Nanoskopik Ebatlar

Şekil-1 bazı büyüklükler ve ebatlarını, nanometre bazında göstermektedir.

Mikro teknolojilerden bir basamak aşıya nano skalaya inilmesi başlı başına bir devrimdir. Nano-ölçek seviyesinde malzemelerin özellikleri makroskopik ölçekten tamamen farklı olup nano-ölçeğe yaklaştıkça birçok özel ve yararlı olay ve yeni özellikler ortaya çıkmaktadır. Örneğin, iletim özellikleri (momentum, enerji ve kütle) artık sürekli olarak değil ancak kesikli olarak tarif edilmektedir. Benzer olarak, optik, elektronik, manyetik ve kimyasal davranışlar klasik değil kuantum olarak tanımlanmaktadır. Şimdi maddeyi nanometre seviyesinde işleyerek ve ortaya çıkan değişik özellikleri kullanarak, yeni teknolojik nano ölçekte aygıtlar ve malzemeler yapmak mümkün olmuştur. [TÜBİTAK Vizyon 2023]

Bir mikrometre bir nano metreden 1000 kat daha büyüktür. Fakat fark boyutta görülenden çok daha fazladır. 50 nm'nin altında bilim adamlarının kuantum etkileri olarak nitelendirdikleri durum ortaya çıkar. Burada klasik mekanik ya da fiziğin yerini kuantum mekaniği alır. Cismi değiştirmeden sadece boyutunu küçülterek, bu cisme ait tüm temel karakteristikler, yani iletkenlik, renk, dayanıklılık, ergime noktası gibi sabit olduğu düşünülen tüm özellikler değiştirilebilir. Örneğin bir metre genişliğinde bir madde kırmızı renkte iken nanometre genişliğine indirildiğinde rengi yeşil olabilmektedir (Örneğin; altın sarı iken nano boyutta kırmızıdır). Makro ölçekte yumuşak ve kıvrılabilir olan bir cisim, nano ölçekte çelikten daha sağlam ve bükülmez olabilmektedir. 10 nanometre yarıçapında parçacıklardan oluşturulmuş sadece bir gram katalizör madde, aynı maddenin bir mikrometre yarıçapında parçacıklardan oluşturulmuş halinden yaklaşık 100 kat daha etkili katalizör olmaktadır. Büyük ölçekte ne iletken ne de yarı iletken olan saf karbon, nano skalada hem iletken hem de yarı iletken olabilmektedir (Örneğin: elmas). Nano ölçekte maddelerin boyutlarını düşürmek, bu maddelerin renklerinin, dayanıklılığının, sertliğinin, iletkenliğinin değişmesi gibi daha önceden hiç tespit edilmemiş yeni özelliklerinin ortaya çıkmasına sebep olmakta ve bu yeni durum yeni materyaller yaratılmasını mümkün kılmaktadır. İkinci fark ise mikro elektroniğin kullanım alanının daha ziyade bilişim teknolojileri ile sınırlı kalmasına karşın nanoteknolojinin aklınıza gelebilecek tüm alanları, tıp,

eczacılık, elektronik, gıda, savunma sistemleri, biyoloji vb. bilim dallarını kapsamaktadır. [Uskokovic, 2007]

Atomları görebildiğimiz gibi onları maniple etmek de mümkündür. Atomları hem izleyebilecek hem de onların fiziksel olarak yerlerini değiştirebilecek güçte atomik çözünürlüğe sahip süper mikroskoplar yardımı ile bilim adamları, biyolojinin mükemmelliğine yakın bir yöntemle atom ve molekülleri maniple edebilmenin eşiğinde bulunuyorlar. Dünyanın her yanında bilim adamları birbirine benzer ve fiziğin elverdiğince az atom kullanarak, atomların birbirlerine "yapıştırılmasıyla" oluşacak minyatür makine parçalarını tasarlamaya çalışıyor. Bu makineler bir araya getirildiğinde de, nano ölçekli motorlar, dişliler, manivelalar, mil yatakları, plakalar, algılayıcılar, güç ve iletişim kabloları ile nano robotlar üretilecek. Güçlü nano bilgisayarlar sayesinde yeni bir nesil materyal üretilecek ki, alışlagelmedik pek çok özelliğe sahip olacak bu malzemelere "akıllı malzeme" denecektir. Otomatik bir şekilde belirli bir ürünü üretmek için bu nano makinelerin trilyonlarcası bir arada çalışarak geleneksel emek ve üretim kalıplarını değiştirecekler, üretim maliyetini neredeyse sıfıra indirgeyecekler, bolluk sağlayacaklar ve ürünler hiç olmadıkları kadar ucuz ve sağlam olacaktır.

Nanoteknoloji sayesinde süper kompüterlere mikroskop altında bakılabilecek, insan vücudunun içinde hastalıklı dokuyu bulup iyileştiren, ameliyat yapan nano robotlar bulunabilecek, insan beyninin kapasitesi ek nano hafızalarla güçlendirilebilecek, kirliliği önleyen nano parçacıklar sayesinde fabrikalar çevreyi çok daha az kirletecektir. Ülke güvenliğini ilgilendiren konularda nano malzeme bilimi, yeni savunma sistemlerinin geliştirilmesinde, haber alma/gizlilik konularına yönelik çok küçük boyutlarda aygıtların yapılmasında kullanılacaktır. Birim ağırlık başına şu andakinden 50 kat daha hafif ve çok daha dayanıklı malzemeler üretilebilecek ve bunların sonucu olarak insanın günlük yaşamında kullandığı tekstil ürünleri gibi ürünler değişebileceği gibi, uzay araştırmalarında ve havacılıkta yeni roket ve uçak tasarımlarının ortaya çıkması mümkün olacaktır. [TÜBİTAK Vizyon 2023]

Nanoteknolojiden bahsederken, 0.1 nanometreden 100 nanometreye kadar olan uzunluk ölçülerindeki araştırmaların ve teknolojik gelişmelerin eşsiz yapı, araç ve sistemler yaratmak için kullanılmasının altını çizmek gerekir. Pek çok örnekte, gerçek yapılar, araçlar ve sistemler çok daha büyük olacaktır ancak hem nano ölçüde oluşturulacakları için hem de nanoteknoloji, tüm bu nesneleri yeni ve/veya gelişmiş fonksiyonlarla donatacağı için, nanoteknoloji ürünü olarak sınıflandırılacaklardır.

4.1. Neden şimdi?

Bununla birlikte şu sorunun cevabını açıklamakta da fayda vardır. Dünyada uğruna milyonlarca dolar yatırılan sayısız bilim adamının uzmanlaştığı, geleceğin yaratılmasında büyük rol oynayacak bu metot nedir? Nasıl ortaya çıkmıştır?

Yıllar (1959) önce bir gün. Richard P. Feynman adlı Nobel Ödüllü fizikçi Kaliforniya Teknoloji Enstitüsü'nde, "**Temelde Birçok Oda Var**" adını verdiğı konferans konuşmasında atomlara fizik şartları altında hâkim olmamıza hiçbir engel olmadığına dair bir görüş ortaya atmıştır. Bu konuşma teorikte ve görünüşte o günlere göre çok fantastik olarak karşılanmıştır. Bugün nanoteknoloji biliminde meşhur olan bu konuşmasında, Feynman, nanoteknolojinin vizyonununu ve gerekçesini şu sözlerle açıklamıştır

"Benim gördüğüm kadarıyla, fiziğin kuralları içinde nesneleri atom bazında manevralar yaparak işlemeye aykırı bir durum söz konusu değildir. Yaptığımız şeyleri görebilme ve atomik seviyede iş yapabilme yetimiz geliştirilebilirse, Kimya ve Biyoloji alanlarında yaşanan sorunları büyük oranda çözmek mümkün olabilecektir."

Oysaki bu ne fiziğin limitlerini aşmaktı ne de başka bir şey ama zamanımızın teknolojisini tam bir şekilde önceden söylemeyi başarmıştı. Feynman elektron mikroskobuyla göremediklerini arıyordu. Oysa 10

angström elektron mikroskobunun görüntülemesi için yeterliydi. Onun aklına cevabını çok iyi bildiği şu soruyu sormak geldi: Daha küçükleri bu doğada mevcut değil miydi? Feynman düşüncelerinde o kadar çok ciddiye ki, 24 ciltlik Britannica Ansiklopedisini bir toplu iğnenin başı büyüklüğünde bir alana sığdırabileceğine inanıyordu. Bu ilginç düşüncenin gerçekleşmesi için o zamanki standart tekniklerin buna yeterli olamayacağını, ama gelişen teknolojiyle birlikte bunun mümkün olacağını, bu yüzden elektron mikroskobundan daha iyi bir mikroskoba ihtiyaç duyacaklarını söylüyordu. İhtiyaçların gerçekleşmesiyle birlikte geleceğin ayak seslerini tanımlayan ve o zamanlar konferanstakilerin ciddiye almadığı önerilerine devam etti. Atomların hareketinde hakim olduklarında ve iyon çözümlerini osiloskoptan daha hızlı bir şekilde hareket ettirdiklerinde değil Britannica Dünya'daki 500 milyon ciltlik ansiklopedilerin hepsinin ufak bir toplu iğne büyüklüğündeki alana yazabileceklerini, bilgisayarları minyatürize edebileceklerini, çok çok küçük makinelerle DNA kodlarının çözümünü, enerji problemlerini halledebileceklerini dile getirdi. O zamanın pek de önemsenmeyen bu fikirleri, ileride adına verilen ödüllerle isminin ölümsüzleşmesini sağlayacaktı. Bundan tam kırk dört yıl sonra, Fenyman'ın bu vizyonu gerçekliğe dönüşmek üzeredir ve bugün yaşanan gelişmeler, işte o gün söylenen bu sözlerin yansımasıdır. Çeşitli Akademik geçmişleri olan bilim adamları, atomik seviyede "görmeyi" ve "hissetmeyi" becerebilen hassas araçlar geliştirmişlerdir [Uldrich and Newberry,2005]

İnsanlık 21. yüzyılda da Nanoteknoloji ile yine özünü keşfetme yolunda büyük icatların peşinde koşmaktadır. Her gün vücudumuz dahil doğanın işleyişini derinden anlamamızı sağlayan, enzimlerin işleyişinden saçlarımızın uzamasına, bir çiçeğin polen taşımamasından petrolün oluşumuna kadar her şey bir düzen ve denge içinde yer almaktadır. Nanoteknoloji ise insanlığın, doğasını keşfetmesinde ve bunu geliştirmesinde dâhiyane sayılabilecek bir anlama metodu olarak kullanılmaya çalışılmaktadır.

1970'li yıllarda MIT' de master yapan K. Eric Drexler adlı bir üniversite talebesi bu ilişkinin ne derece muhteşem bir fikir olduğunu anladı.

Çalışmalarını bir kaç konferans ve seminerde anlattıktan sonra 1986'da "Engines of Creation", 1991'de "Unbounding the Future", 1992'de de "Nanosystems: Molecular Machinery, Manufacturing and Computation" adlı kitaplarıyla bütün bunları bilim camiasıyla paylaştı ve nanoteknolojinin öncüsü oldu. Bütün bunların hayallerden çok uzaklarda dünyanın açtığı yeni kapının anahtarı olması için 1981'de IBM'in İsviçre'deki Zürih Araştırma Laboratuvarlarında Heinrich Rohrer ve Gerd Karl Binnig tarafından icat edilen ve atom parçacıklarını 2000 kez büyültme özelliğiyle elektron mikroskobunun ölçtüğü angstromun, 10'da biri özelliğindeki 1 nanometreyle, altına inen STM'nin(Scanning Tunneling Microscopy) de büyük katkıları oldu.

Nanoteknolojinin ilk ifade edilişinden sonraki tarihi adımlarına devam edecek olursak, 9 Kasım 1989'da IBM'in San Jose, California'daki Almaden Araştırma Merkezi'nin sınırları içinde yeni bir çağ başladı. Zira, o gün IBM'den iki bilim adamı, Don Eigler ve Erhard Schweizer, basit bir yapıyı, yani bir IBM logosunu oluşturmak için, atomları işlediler. Bu logoyu önemli yapan şey, bu logonun oluşumunda, otuzbeş xenon atomu kullanıldı. Kıyaslama yapmak isteyecek olursanız, söz konusu bu logo, bu cümlelerin sonuna koyduğumuz "nokta" işaretinin kapladığı alana, tam 350 milyon kere sığabilmektedir [Uldrich and Newberry,2005]

Eigler ve Schweizer nihayet, insanoğluya, doğanın en temel binası olan atom arasındaki son bariyeri de kırmayı başarmışlardır. Nasıl ki, Wilbur ve Orville Wright kardeşlerin yirmi saniyelik kısa uçuşları, yıllar sonra insanoğlunun aya gitmesine önayak olduysa, Eigler ve Schweizer'in bu faaliyetleri, önümüzdeki yıllarda yaşanacak olağanüstü şeylerin göstergesi olduğu değerlendirilmektedir. **Kendisinden önce başlayan tüm Çağ'ların aksine, Nanoteknoloji çağı, oldukça sessiz başlamıştır.**

Nanoteknolojinin öncülerinden biri olarak sayılan Richard Smalley ise, 28 Ekim 2005'te kansere yenik düşerek 62 yaşında öldü. Buckyball ya da Buckminsterfulleren diye adlandırılan karbon 60 molekülünü bulanlardan biri olan Smalley, nanoteknolojinin endüstriye dönüşmesini sağlayan çalışmaları

nedeniyle 1996 Nobel Kimya Ödülü'nü almıştı. Araştırmacı ABD Kongresi'ni Ulusal Nanoteknoloji inisiyatifini başlatıp bu alana her yıl yaklaşık 1 milyar dolar fon ayırmaya ikna etmişti. “Ben göremesem de bu sayede kanserin birçok türünü ortadan kaldıracak nanoteknoloji temelli ilaçların üretileceğinden umutluyum” diyen Smalley, son yıllarını bu projeye adanmıştı. (Bilim Teknik)

Teknik yetersizlikler içerisinde umutsuzluğa kapılmadan ve ciddiye alınmamayı önemsemeden inandıkları doğrultuda bildiklerini ve öngörülerini aktaran bu isimlerin başlattığı yürüyüşte artık dünya, etkileri hiçbir insanlık tecrübesi ile ölçülmeyecek boyutta büyük yeni bir teknolojik devrimin eşiğindedir. Nanoteknoloji, nanometrik (Nanometre metrenin milyarda birine eşit ölçü birimi.) boyutlardaki cisimlerle yapılan çok çeşitli araştırmalara verilen ortak isimdir. Nanoteknolojinin amacı ise, insanlara atomik bazda maddeye müdahale gücü ve yeteneği kazandırmaktır. Nanoteknoloji hakkında değişik kurumların ifadelerine yer verecek olursak;

“Dünya, etkileri hiçbir insanlık tecrübesi ile ölçülmeyecek ölçüde büyük yeni bir teknolojik devrimin eşiğindedir. Gelişen ve yeni bir bilim dalı olan nanoteknoloji ile çok yakında moleküler yapılarda büyük değişiklikler keşifler yapılacaktır. Bu durum ise belki de kutsal kâseye giden yolun kapısının açılmasına ve halklara moleküler seviyede ilaç, bilgi ve teknoloji adına çok büyük uygulamalar yapabilme olanağı sağlayacaktır. Nanoteknolojinin diğer bir özelliği ise araştırma ve geliştirme alanında birçok disiplini ihtiva etmesidir. Nanoölçü etrafında sürdürülen araştırmalar; maddeler ve teknikler hakkında elde edilen bilginin paylaşımının etrafında birleşmiş durumdadır. Bu durum aynı şekilde moleküler ve atom seviyesinde bulunan ilişkilerin fiziksel davranış bilgilerinde de yaşanmaktadır. Artık materyal bilimcileri, mekanik ve elektronik mühendisleri, sağlık araştırmacıları, biyolojistler, fizikçiler ve kimyacılar ile çalışma takımları oluşturmaktadırlar. Nanoteknoloji ile elektronik dünyası minyatürleşmektedir. Daha küçük materyallerle çalışma yöntemleri geliştikçe üretim teknolojimiz varlığın temel taşları olan atomlara kadar uzanacak, bu da moleküler nanoteknoloji denen kimya ve

mühendisliğin evliliği ile olacaktır.” [The Institute of Nanotechnology <http://www.nano.org.uk/nano.htm>]

“Nanoteknoloji” çok meşhur bir kelime halini almış durumdadır ve anlam olarak karakteristik boyutların 1000 nanometreden küçük olduğu boyutlarda yapılan araştırmaların ifade edilmesinde kullanılmaktadır. Örneğin, gravürdeki gelişmeler nanoteknolojik olarak rahatlıkla ifade edebileceğimiz bir mikronun seviyesinin altına inmiş durumdadır. Mikron altı mesafeler ile yapılabilecek bir gravür çok değerli olacaktır fakat geleneksel gravürün kabul gördüğü ortamlar bize yarıiletkenler ve dopant atomları yardımı ile oluşturulmuş bir gravüre mücadele edemeyebilir. Bilgisayar tabanlı destek kabiliyeti ile hızı katlanarak artan birçok sektör son 50 yıldır durağan bir çizgi üzerinde yer almaktadır. Oldukça kabul gören bir beklenti ile bu sektörler birkaç yıl daha popüler ve gözde alanlar olmayı devam ettirecekler fakat nihayetinde, bu limitleri sınırlı ilerleme usullerinin de bir sınırına yaklaşılabilecektir. Eğer bu sektörlerde üretime devam edilecek ise üretim teknolojisinde ucuz fakat işlemcinin hacim ve hızlılığı statüsünde moleküler, birbirleri ile sürekli etkileşimli, karmaşık ve tamamıyla kendine özgü özelliklere sahip bilgisayarlar üretilebilmesi lazımdır ve nanoteknoloji bunun yapabilmemize mücadele edecektir.” [Zyvex Corporation <http://www.zyvex.com/nano/>]

Nanoteknoloji ile nano ölçekteki olayların değerlendirilip, benzerlerinin geliştirilerek uygulanmasıyla bilimde yeni ufuklar açılmaktadır. Nanoteknoloji en az bir boyutu 1-100 nm olan materyaller, cihazlar ve sistemler ile ilgilenir. Daha farklı ve üstün nitelikli mekanik, elektrik, ısı, optik ve kimyasal özelliklere sahip materyal ve sistemler geliştirmeyi amaçlar. Başlıca:

- Nano ölçekteki yapıların analizi,
- Nano boyuttaki yapıların fiziksel özelliklerinin araştırılması ve anlaşılması,
- Nano ölçekli malzemenin üretimi,
- Nano duyarlılıkta aletlerin geliştirilmesi,

- Nanoskopik ve makroskopik dünya arasında bağ kurulmasına yardımcı olacak yöntemlerin bulunup geliştirilmesidir.

Nanoteknolojiyi, kendi iş dünyamıza nasıl bütünleşik hale getireceğimize, ya da bir işbirliği olanağını nasıl kurgulayacağımıza karar vermek için uzun vadeli bir kavram olarak algılamak hata olacaktır. Kulağa çok uzak bir zamanmış gibi gelse de, on yıl içinde, nanoteknoloji, imalat, sağlık, enerji, tarım, iletişim, nakliyat ve elektronik gibi sayısız endüstriyi etkiliyor olacaktır. Sebebi ise gayet basittir. Maddeyi işleyecek araçlar sürekli olarak gelişmekte, atomların ve moleküllerin nasıl kontrol edilebileceklerine dair sahip olunan bilgi birikimleri de bu araçlarla bir araya gelerek, mevcut materyal ve ürünlerde kayda değer gelişmelerin yaşanmasına yol açabilecek düzeye ulaşmaktadır. Bu gelişmeler, sırasıyla, yeni ürünlerin, uygulamaların ve yeni pazarların oluşmasına öncülük edecektir. 2010 yılından önce, nanoteknoloji ürünleri ve hizmetleri pazarının, A.B.D. ekonomisinde 1 trilyon dolara ulaşması ve dünyanın her yerinde 800.000 ila iki milyon yeni iş alanını ortaya çıkarması beklenmektedir. İşte bu yüzden, hükümetlerin bugün dünyanın her yerinde neden nanoteknolojiye ciddi yatırımlar yaptığının ve tek başına A.B.D. hükümetinin 2000 yılında 442 milyon dolar olan fonu, 2003 yılında, "Nano Business" işbirliği doğrultusunda 710 milyon dolara artırma sebebini anlamak zor olmasa gerek [Uldrich and Newberry,2005]

Zamanında sanayi ve mikroelektronikenformatik devrimlerini yakalayamamış olan ülkemiz için, nanoteknoloji bir son fırsattır. Türkiye'nin, birçok Teknoloji Öngörü Paneli tarafından da altı çizilen bu fırsatı değerlendirebilmesi ve nanobilim ve nanoteknolojinin yaratacağı radikal değişikliklerde etkin rol alabilecek bilimsel, teknolojik ve endüstriyel birikime sahip olabilmesi için, şu alanlar stratejik görülmektedir:

- Nano fotonik, Nano elektronik, Nano manyetizma
- Nano malzeme
- Nano karakterizasyon
- Nano fabrikasyon
- Nano Ölçekte Kuantum Bilgi İşleme

- Nano biyoteknoloji
[Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu,2004].

4.2. Nanoteknoloji Hayatı Nasıl Değiştirecek?

Nano alet terimi ile insan yaşamı değişecektir. Bunun anahtarı ise kendileri üretim yapabilen moleküller olacaktır. Bu moleküller atomları kullanarak kendilerine benzer molekülleri de yapabilecektir. Nano aletlerin gelişiminde basit bir öngörü atomlardan moleküllerin kendi kendini üretmesi mümkün olmasa bile bazı moleküller akustik ve elektromanyetik sinyallerle başka molekülleri başka bir işe sevk edecek şekilde davranış göstermektedir.

Bu yeni teknolojinin insanların sosyal ve psikolojik hayatına ne şekilde etki edeceği, bugün çok sıcak ve ilgi uyandıran bir tartışma konusudur. Sadece insanlık için değil, tüm kâinat için kökten değişim ve dönüşümleri beraberinde getirecek bu gelişme ve muhtemel sonuçları üzerinde herkes düşünmelidir. Eğer endüstriyel devrimin, zenginliğin elde edilmesinde çağ atlama eşiği olduğunu düşünenler, aslında bunun sadece gelecekte olacakların bir provası olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Nanoteknolojinin sanayiye etkisi rakamların icadının matematiğin gelişmesine olan etkisinden az olmayacaktır. (Nanotechnology Magazine, Çeşitli Sayılar)

Nanoteknolojinin sağlık alanında sanal olarak hastalıkların önüne geçilebileceği, moleküler seviyede hücrelerimizin tamir edilebileceği ve yaşlanmanın yavaşlatılabileceği öngörülmüyor. Ana arterlerimizde ve daha küçük damarlarımızda gezinen mini robotların, vücudumuza bir defa zerk edildikten sonra kan dolaşımı ile (damarları otoyol, kanı taşıt olarak kullanarak) istenilen bölgelere giderek hasar görmüş bir organı veya dokuyu tamir edebileceği, tıkanan damarları açabileceği veya hastalıklı hücreleri tahrip edebileceği nanoteknoloji ile mümkün gözükmektedir. Belki de insanlık kalp krizi riskinden, enfeksiyona bağlı hastalıklara kadar bir çok rahatsızlıktan kurtulacak. Vücuda zerk edilecek programlanabilir makinelerin kullanımları sonsuz olabilir. Hatta vücuda ek bir bağışıklık sistemi de kazandırabilirler.

Hedef hücrelerin özellikleri programlandığında, mesela grip virüslerine saldırabilir ve bünye hastalanmadan virüs istilasını durdurabilirler. Aynı zamanda vücuttaki her bulguyu rapor edip doktorluk da yapabilirler [NanoTechnology Magazine, Çeşitli Sayılar].

Yakın geçmişte, az sayıda kimyager ve şirket, nano ölçekli maddeleri (limitli, gelişigüzel ve yüksek maliyetli olarak) üretmeye vakıf olabilmışlerdir. Örnek vermek gerekirse, Nanophase Corporation'dan elde edilen bilgilere göre, 1990'lı yılların ortalarında, bir gram nano parçacık üretme işlemi, onlara 1,000 dolara mâl olmuştur. Oysa günümüzde, aynı parçacıklar bir dolardan az maliyetleriyle, ayak kokusunu gideren pudralardan, lastiklere, donanma gemilerinden, otomobillere kadar her alanda kullanılmaktadır.

2001 yılında, Toyota Şirketi, benzersiz nano kompozitlerden üretilmiş yeni bir tamponu tüketicilerle buluşturmuştur. Bu tamponlar, mevcut tamponlarda bulunan materyallerden yüzde altmış daha hafif ve yine mevcut tamponlarla kıyaslandığında çökmeye ve çizilmeye iki kat daha fazla dayanıklı olduğu görülmüştür. Bu temelde nano kompozitler kullanılarak araba parçaları üretilirse, araba tamirhaneleri yavaş yavaş kaybolup gideceklerdir. Tıpkı yıllar önce, sokağımızın başında bulunan manav dükkânlarının zaman içerisinde marketlere ve süpermarketlere yenik düşerek kaybolup gittiği gibi. [Uldrich and Newberry,2005].

Bütün dünyada bir yıl içerisinde yaklaşık 10^{19} bit bilgi üretilmektedir. Bu kadar bilgiyi günümüz teknolojisiyle depolayan CD'ler üst üste dizildiği takdirde 6000km yüksekliğinde bir sütun oluşmaktadır. Nanoteknoloji kullanarak tüm bu bilginin yaklaşık 1 cm^3 'lük bir hacim içerisinde depolanabileceği öngörülmektedir.

Viral RNA ve DNA'dan yapılan nano robotlar yakıt olarak kimyasal bileşenleri kullanarak, hücre içindeki sarılık virüsüne saldırabilmektedirler. Bir başka alandaysa, nanoteknoloji kullanarak kuantum bilgisayarlarının

işlemcilerini geliştirmek için uğraş verilmektedir. Böylece mevcut en hızlı bilgisayarlardan binlerce kat daha hızlı bilgisayarların yapılması planlanmaktadır. Kısaca uzmanlar, geleceğin teknolojisini geliştirmek için gece gündüz çalışmakta ve bugün çok küçük şeylerle uğraşanlar yarının sanayi devleri olmak yolunda emin adımlarla ilerlemektedirler. [Çıracı ve ark, 2005].

4.3. Nanoteknolojinin Potansiyel Kullanım Alanları:

Nanoteknoloji zamanla en önemli sektör ve ilgi alanı haline gelmeye başladı. Kolaylıkla görülebilmektedir ki zamanla hayatımızın birçok yönünü ve olaylara bakış açısını değiştirecektir. Yeni nesillerin ilerleme şekil ve hızlarını yönlendirecek, yeni ürünler yeni sektörler üretecektir. Nano teknolojinin diğer bir değişik yanı da çok yönlü olmasıdır. Yani bir veya birkaç dalda olmayıp hayatın içindeki hemen hemen her konuya yönelik çalışmaların ve gelişmelerin yer alabileceği bir bilimdir. [Bhat, 2005]

Nano boyutta ticari uygulamalar, hâlihazırda dünya genelinde 140'tan fazla firma tarafından 2002 yılından bu yana başlatılmış durumdadır. İlk nesil örnekleri olarak atomik güçlü mikroskoplar gibi bilimsel araç gereçlerin, güneş panellerinin, kozmetiklerin, kaplamaların ve boyaların nano boyuttaki bileşenleri ve kompozit materyalleri içermekte idi. Diğer örnekler olarak kirlenmeyen kumaş, kirlenmeyen küvetleri ve daha küçük ve hızlı bilgisayar hafızalarını saymak mümkündür. [Bowman, 2006]

Nanoteknoloji ile elektronik dünyası minyatürleşmektedir. Daha küçük materyallerle çalışma yöntemleri geliştikçe üretim teknolojimiz varlığın temel taşları olan atomlara kadar uzanacak. Bu da moleküler nanoteknoloji denen kimya ve mühendisliğin evliliği ile olacak. Hedefi, daha hafif, daha sağlam, daha uzun ömürlü, daha fonksiyonel ve taşınması çok daha kolay malzemeler üretmek olan nanoteknoloji, bu üretimleri yaparken minimum

maliyet ve minimum çevre kirliliği gibi faktörlere de önem verdiği için gelecekte yaşamımızın her anında ve çok çeşitli sektörlerde yer alacağını sinyallerini vermektedir. Günümüzdeki seviyesi ile nanoteknolojinin kullanıldığı veya yakın gelecekte kullanılacağı sektörler olarak devam eden başlıkları sayabiliriz.

4.3.1. Sağlık Sektörü:

Nanoteknolojide büyük ilerleme olarak insanların beklentilerinde büyük hastalıkların çarelerinin bulunması veya önlenmesi vardır. ABD’de Kuzey Carolina Üniversitesi tarafından yapılan bir ankette nanoteknolojinin hastalıkları, yeni ve daha iyi bir şekilde tespit etmesi ve iyileştirmesinin beklendiği sonucu çıkmıştır.[Sheetza et al, 2005]

Kimilerine göre nanoteknolojide limit yoktur. Hatta kanserin bile çözümü nanoteknolojidedir. Bunun etkileri, özellikle tıbbi cihazlar, ameliyat malzemeleri ve ilaç sektöründe yakın zamanda daha fazla hissedilecektir. Şu anda tıbbi cihaz sektöründeki araştırmaların üçte ikisi ve ilaç sektöründeki araştırmaların üçte biri bu yönde yapılmaktadır. On yıl içerisinde, bu sektörün gelirinin yarısı (ki yıllık yaklaşık 180 milyar dolar) atomtech’e dayalı olacaktır. Büyük bir gelişme kaydedilmiş ve yapay kemik üretilmiştir. Uygulama örneklerini aşağıda sunulan maddelerdeki konu başlıklarıyla genişletmek mümkündür:

- Nano skala bio-çipler yardımıyla daha hızlı genetik dizilim.
- Bireysel genetik makyaj için hassas tanımlama.
- Organ ve dokulara yönelik ilaç kullanımında yeni metodlar.
- Vücudun daha önceden cerrahlar tarafından ulaşılamayan bölgelerine cerrahi erişim.
- Daha kalıcı ve bünye tarafından reddedilmeyen yapay organ ve dokular.
- Kol ve bacak gibi uzuvlar için daha hafif ve daha akıllı bio materyaller.

- Erken tanı maksatlarıyla hastalığın oluşumunu çok önceden tespit eden bio-sensör sistemleri.

Bilim adamlarının, nanoteknolojiyi kullanarak ulaşmak istedikleri çözümler arasında dünyayı hastalıklardan kurtarmak, yenilenebilir enerji kaynakları üretmek ve insan ırkını emniyetli olarak bir sonraki binyıla taşımak gibi hedefler gelmektedir. [Sheetza.et al, 2005]

1857'de Fransız Louis Pasteur mayayı keşfetti. Bunlar mikroskopik mantarlardı. Mayalaşma sürecini de yine kendisi açıkladı. Araştırmalarını bakterilere kadar yaygınlaştırdı. Böylece mikrobiyoloji dalı doğmuş oldu. Salgın hastalıklara karşı antik çağdan beri bilginler çare aramış ama Pasteur'a kadar, mikroskopik organizmaların varlığından bahsedilmiş fakat kanıtlanamamıştı. Şimdi ise M.Ö 3000 yıllarında Mezopotamya'da başladığına inanılan ve tıbbın uğraş alanı olan bu organizmalara nano cerrahlar sayesinde birebir müdahale şansı doğdu. Atomik ölçüde merkezi işlem gücüyle çalıştırma yöntemi neticesi ile imal edilecek mekanik bilgisayarlarla birkaç yüz adet nano robot biyolojik hücrelere salınarak ve zarar veren her şey tamir yada yok edilebilecek.

“Nanobiotıp konusunda, tıp uygulamalarına yönelik teknoloji geliştiriyoruz. Biz (Bilkent Üniversitesi) tıp fakültesi değiliz. İnsanlara bir ilaç zerk etmeyeceğiz fakat o ilacın taşınacağı nano parçacığı yapacağız. Bu projemiz yeni başladı, Devlet Planlama Teşkilatı tarafından kabul edildi Gazi Üniversitesi ile çalışıyoruz. Gazi Üniversitesi üst yüklenici biz alt yükleniciyiz. Görevimiz kanser tedavisinde kullanabilecekleri nano parçacıkları üretmek. Bu çalışmanın amacı da şu şekilde, kanser tedavisinde ilacı aldığınız zaman ilaç yani zehir tüm vücuda yayılıyor. Amacımız ilacı tüm vücuda yaymamak noktasal atış yapmak. Bunu, ilacı vücuda zerk ettikten sonra manyetik olarak ilacı, kanserli bölgeye yönlendirerek başarmaya çalışıyoruz. Yönlendirmede şu şekilde yapılacak, ilaç yönlendirme için içerisine monte edilmiş nano parçacıklar ile yüklü veya kaplı. İlaç yönlendiriliyor ve ilave olarak yüzeyi de kanserli hücreye yapışacak şekilde kaplı, gidip hücreye yapışıyor.

Müteakiben ilaç yapışınca kapsül patlatılıyor ve böylece kanser hücresine zerk edilmiş oluyor veya yapıştıktan sonra dışarıdan sadece onu etkileyecek dalga boyunda ışık ile ısı veriliyor ve parçacık yakılıyor böylece kanserli hücre de yakılmış ve yok edilmiş oluyor.” [ÖZBAY, 2007]

Nanoteknoloji çalışmalarında en büyük hedefleri olan sağlık sektörü, henüz oluşumunun başındayken bile, nanoteknolojinin faydalarından en çok yararlanan alan olarak göze çarpıyor. Sağlık alanındaki gelişmeler, mikro cerrahi, DNA modifikasyonu, yapay kas lifleri gibi konularda yoğunlaşmaktadır. Sağlığı tehdit eden unsurların vücuda çoğunlukla moleküler ve hücresel boyutlarda zarar verdiği göz önüne alındığında bunları çözümlenebilecek tedavi şekillerinin de moleküler ve hücresel boyutta olması gerektiği kanısında olan bilim adamları, çalışmalarını bu konu üzerine yoğunlaştırmaktadırlar. Buradan hareketle çözüm amaçlı bazı varsayımlar ortaya koymaktadırlar. Bunlar, damarlarımızda dolaşan nano robotların kan dolaşımı ile vücudun istenilen bölgesine gidip hasar görmüş doku veya organları, sağlam olanlara zarar vermeden onarabilecekleri, tıkanan damarları, yine aynı yolla açabilecekleri ve bunların yanı sıra vücudumuzda dolaşan nano robot sürüleri sayesinde ek bir bağışıklık sistemi kazandırabilecek olmalarıdır. Bütün bunların ışığında nano gelecekte sağlık alanında bizi moleküler düzeyde savaşan doktor robotların beklediğini ifade edebiliriz. Nano parçacıkların küçük olma özelliği, onları ilaç endüstrisi için de çok önemli bir konuma taşımaktadır. Diğer pek çok mikro ebatlı parçacık akrabalarının aksine, nano parçacıkların birçoğu, vücudun anti vücut sistemi tarafından fark edilememektedir. Bunun anlamı ise vücut, nano büyüklükteki ilaçları fark etmediği için genellikle reddetmemektedir de.

Sayısız miktarda hücrenin ebat olarak nanometre kapsamında olduğunu düşündüğümüzde, belirli nano parçacıkların, hücrelerin zarlarının içine sızabilecek kadar minik olmasının önemini daha iyi anlarız. Nano parçacıklar, yüzeyleri hücredeki reseptör bölgelerine ya da hücredeki belirli protein moleküllerine yapışacak şekilde biçimlendirilebilirdi. İşte, nanoteknolojinin ilaçları, hasta hücrelere başarıyla yayabilme potansiyelini

fark eden kanser araştırmacılarını en çok heyecanlandıran sebep de budur. Nanoteknolojinin faaliyette olduğu daha ileri mertebeleri anlamak için, California müteşebbisi olan Thera Fuse, Inc.'in, son derece ince karbon nano tüpleri (öyle ince ki, acısız bir şekilde derinin altına sızabiliyor) işlediğini düşünmeniz yeterlidir. Şirket, bu karbon nanotüpleri, şeker hastalarından kan çeken ve bu kanı test eden ve gerekli olduğu şekilde de glikoz uygulayan bezler olarak kullanmaktadır [Uldrich and Newberry,2005]

Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de temel amaç, hızla artan nüfusa sağlıklı yaşam koşulları hazırlamaktır. Modern bilim bunu sağlamak için biyolojik olaylara (yaşama) moleküler düzeyde bakmakta, özellikle çok hızlı ve çok sayıda paralel ve/veya art arda devam eden biyolojik reaksiyonları anlamaya ve buradan alacağı bilgiler ile esas olarak yaşam kalitesini artıracak teknolojik gelişmeler sağlamaya çalışmaktadır. Yaşamla ilgili tüm bilgi DNA’dadır. Bu bilgi farklı şekillerde ürünlere (proteinlere başta olmak üzere çeşitli biyolojik moleküller) dönüştürülmekte ve bu çok sayıda (bilinen veya henüz tanımlanmamış) farklı ve özel fonksiyonları olan biyolojik moleküller de yaşamla ilgili birçok fonksiyonu yerine getirmektedir. DNA da zamanla gelebilecek değişiklikler (mutasyon), yanlış ürün (biyolojik molekül) üretimi nedeniyle biyolojik fonksiyonların bozulmasına ve dolayısıyla çeşitli ve çok önemli hastalıklara yol açabilmektedir.

Genetik değişikliklerin ve/veya oluşan biyolojik moleküllerin izlenmesi ile oluşan veya oluşacak hastalıkların izlenmesi, erken tanı ve hastalıkların başlangıçta müdahale ile etkin tedavisinde çok önemlidir. Şüphesiz bu analizlerin doğru/hızlı olarak yapılması birçok bilinmeyenin de çözümü demektir ki bu hastalıktan korunmayı hem de doğru tedaviyi sağlar. Yalnızca fonksiyon bozukluklarının izlenmesi/tanısı şüphesiz yeterli değildir, hastalığın tedavisi gerekir. Bunun için çeşitli ilaçlar kullanılmaktadır. Yeni eğilim özellikle birçok biyolojik reaksiyonu durduran veya istenilen yönde gitmesini sağlayacak biyolojik moleküllerin ilaç olarak kullanımınıdır. Bu moleküllerin teknolojik boyutta çok saf ve ekonomik olarak üretimleri gerekir. Genetik bozukluklara dayanan hastalıkların tedavisinde en doğru çözümlerden biri de

eksik veya yanlış çalışan genetik bilginin düzeltilmesidir, bunun için özellikle son yıllarda uygulanmaya başlanan gen tedavisinin geleceğin en önemli tedavi yöntemi olacağı düşünülmektedir. Genetik bilginin (DNA parçalarının) doğru olarak tanımı, saf olarak üretimi ve doğru olarak aktarılması gerekir.

Günümüzde modern biyoteknoloji yalnızca tıpta tanı ve tedavi için değil, tarım, hayvancılık, endüstriyel, gıda vb. birçok dalda genetik modifikasyonlar ile ürün türünü, verimliliğini artırmak ve ekonomik üretim olanağı sağlamak yönünde kullanılmaktadır. Bunların doğru yapılması, risklerinin belirlenmesi ve ortadan kaldırılması içinde hem genetik değişimlerin hem de bunların ürünlerinin son derece hassas ve hızlı olarak tanınması ve miktarlarının belirlenmesine gereksinim vardır. Gelecek teknolojik ürünler şüphesiz genetik modifiye mikroorganizma, hayvan ve bitki hücreleri, hatta hayvan ve bitkiler olacaktır. Günümüzde bunlar artık bir hayal değildir, gerçekleşmiştir. **Geleceğin güçlü toplumları bu teknolojiyi üretenler olacaktır.**

4.3.2. Malzeme Sektörü :

Nano teknolojide üçüncü nesil ilerleme, birinci ve ikinci nesilden farklı olarak uzun vadeli bir ideal olarak görülmektedir. En karmaşık, iddialı ve spekülatif ifade ile bahse konu üçüncü nesil için “bilim kurgu” denebilir. Drexler’in “moleküler üretim” adını verdiği üçüncü nesil fazında meydana gelecek gelişme neticesinde bilgisayarlar tarafından nano boyutlarda robotların üretilebileceği, atomlara müdahale edilerek atomik boyutlarda çok karmaşık materyaller ve makineler üretilebileceği ifade edilmektedir. Drexler’a göre bu “inşa edici” veya görünmez “nanobot” robotlar kendi kendilerini aynı kabiliyete sahip olacak şekilde kopyalayabilme ve grup halinde makro boyutta makineler robotlar yapabilecek şekilde çalışabilme kabiliyetinde olacaklardır. Nanoteknoloji konusunun liderlerinden Whiteside ve Smalley bu fikirleri gerçek dışı bir yaklaşım olarak görüp önemsememişlerdir fakat “üçüncü nesil”, nanoteknolojinin konsept olarak heyecan verici bir ihtimalidir ve moleküler seviyede materyal üretimi ciddi olarak söz konusudur. [Bowman, 2006]

Mikro makineler, mikro pompalar, mikro sensörler geliştirme, opto elektronik elemanların imali, bir araya getirilmesi, nano boyutlu kaplamalar, tek katlı katalizörlerle tepkimelerin kontrolü, nano boyutlu elemanlar arası bağlantılar ve özellikle nano tüpler, nano toplan ve nano çubuklar, nanoteknolojinin bu alandaki ürünleridir. Genel olarak diğer alanlarda kullanılabilecek nano ölçekli malzemelerin oluşturulmasıyla ilgilenen malzeme bilimi, aynı zamanda nanoteknolojinin günümüzde kullanılan ilk ürünlerinin oluşturulmasındaki büyük katkısıyla da öne çıkıyor. Gelecekte üretilecek hafif ve sağlam nitelikli malzemeler savunma sanayinden uçak yapımına, uzay araçlarından, astronot kıyafetlerine kadar birçok alanda kullanılabilecektir.

Günümüzde nanoteknoloji yaklaşımı ile “üstten-alta” yani büyük makineler küçük şeyler yapılmakta, örneğin tenis racketlerinde nanomateryaller, kumaşlar ve güneş panelleri üretilmektedir. Fakat alttan-üste modellemesi ile ileride küçük nanorobotlar büyük makineler inşa edebileceklerdir. [Glenn, 2005]

4.3.3. Bilgisayar Teknolojileri Sektörü:

Karbon atomları karmaşık, uzun zincirli moleküller oluşturacak biçimde birbirlerine bağlanabilmekte ve bunu yaparken her bir karbon atomunun, kendisine başka atomların da bağlanmasına izin verecek şekilde boş yeri kalmaktadır. Bu özellik, tüm elementler arasında karbona özgü karakteristik bir özelliktir. Fullerene, özel bir karbon çeşididir. Bilgisayar yongaları alanında yeni uygulamaları olacağı düşünülmektedir. Bu yaklaşım ile oluşturulmaya başlanan nano tüpler yaklaşık onuncu yaş günlerini kutlamaktadırlar. Nano tüpler artık laboratuarlardan çıkıp bilgisayarımızdaki yerlerini almak üzeredirler. Nano tüp alanındaki gelişmeler sayesinde artık kimyacıların ve fizikçilerin üzerlerinde oynayabilecekleri, periyodik tablonun yeni bir nanoteknoloji çeşidi mevcuttur. Nano tüp cihazların ilk örnekleri renkli, düz ekran televizyonlardan, gelişkin aydınlatma sistemleri ve X-ışını makinelerine kadar pek çok alanda denenmiştir.

Ancak, asıl umut vaat ettikleri alan, geleceğin bilgisayarlarıdır. Nanoteknolojinin kullanım alanlarından biri olarak önerilen kuantum bilgisayarlarının geliştirilmesi ile günümüzün en modern bilgisayarları ile kıyaslanamayacak seviyelerde işlem gücü elde etmek mümkün olacaktır. Yıllar önce üretilen ilk bilgisayarlar bir oda büyüklüğündeydi, hızları ve işlemcileri bugünkü bilgisayarlarla kıyaslanamayacak kadar yavaştı. Bugün ise GHz hızındaki işlemciler kullandığımızı göz önünde bulundurursak geldiğimiz noktaya şaşırmamak mümkün değildir. Ama nano boyuttaki malzemeler sayesinde 20 yıl sonraki işlemciler hakkında yorum yaptığımızda ki bunlar artık hayal değil, 60 yılda kat edilen yolun, nanoteknoloji sayesinde 20 yılda fazlasıyla aşılabileceğinin anlaşılması güç olmamaktadır.

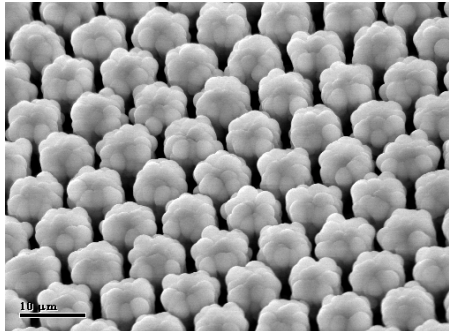
Yonga üreticileri, ince bir silikon tabanın üzerine daha fazla transistör yerleştirmenin yollarını ararken, IBM altından bir taban üzerine nano tüpler yerleştirerek yaptığı ilk transistörü tamamlamıştır. Bu çalışmasıyla IBM, bugünün silikon yongalarından binlerce kat küçük bilgisayar yongalarına giden yolun kapısını da açmıştır. Nano tüpler, asıl etkilerini bilgisayarların hız ve bellek kapasitelerinin artmasında göstereceklerse de, henüz pazarın bu teknolojiye ilgisi yüksek değildir.

Aygıt boyutlarının çok küçülüp nanometre boyutlarına inmesi, bilgi işlemede yeni bir anlayışı beraberinde getirmiştir. Bu aşamada kuantum bilgi işleme yöntemleri geliştirilecek ve kuantum bilgisayarların devreye girmesi söz konusu olacaktır. Erişilebilecek çok yüksek bilgi işlem hızları, dünyada hemen hemen her gelişmiş ülkede standart bilgisayarın yerini alacak olan kuantum bilgisayarını bilim ve teknolojisini ve buna bağlı olarak kuantum bilgi işlemede yoğun araştırma faaliyetlerini tetiklemiştir. Aslında, günlük yaşantımızın birçok yerinde çok hızlı bilgi işlemeye büyük ihtiyaç duyulmakta; bu konuda yetersiz kalınması gelişmeyi engellemektedir. Oysaki kuantum bilgi işlemede erişilebilecek çok yüksek hızlar sayesinde karşılaştığımız birçok karmaşık problemin çözümü mümkün olabilecek, bilim ve teknolojinin daha hızlı gelişmesi için ortam hazırlanacaktır. Onaltı bitlik işlem kapasitesi olan bir kuantum bilgisayar, normal bilgisayarlar ile hesaplanması 300 yıl

sürebilecek bir karmaşık hesabı bir ayda tamamlayabilecektir. Örneğin, ekonomik dengeler, sosyal davranışlar gibi pek çok parametreye bağlı en uygun sonucu elde etmeye yönelik problemlerinin çözümünü gerektirmektedir. Bu çok parametrelili karmaşık problemlerin doğru çözümleri ve geliştirilebilecek modellerden yola çıkarak sosyal davranışlar hakkında yapılacak doğru tahminler ekonomik çalkantıları ve krizleri önleyebilecektir.

Benzer şekilde stratejik planlama çalışmalarında çok sayıda parametreyi dikkate alarak anında doğru karar vermeye yönelik işlemler, kuantum bilgisayarlar kullanarak daha etkin bir şekilde gerçekleştirilebilecektir. DNA molekülünün sırlarının atomal seviyede çözülmesi (örneğin genom projesi) ve canlıların temel yapısının kısa sürede anlaşılması insanlığın önüne daha sorunsuz bir yaşam için sınırsız olanaklar sunabilecektir. Yine benzer şekilde, hızlı bilgi işleme sayesinde çeşitli temel bilim ve mühendislik problemlerinin doğru ve ayrıntılı çözümleri yapılabilir, bilim kurgu filmlerini doğrulayan nitelikte yeni ve modern bir teknoloji çağı başlayacaktır. [Vizyon 2023]

Nanoteknoloji sabit disk sürücülerin gelmiş olduğu şu anki seviyenin en baş sorumlusudur. Sabit disklerdeki bu büyük gelişmelere ilave olarak nanotüpler sayesinde çok küçük transistörlerin yapılması ile 2001 Ağustos ayında IBM tarafından mantık devrelerinin nanoteknoloji ile üretilmesi, nano bilgisayarlar için çok önemli adımlardır.



Şekil – 2 Karbon Nanotüp

Şekil-2’de dikey olarak sıralanmış, yonga soğutma maksadıyla kullanılan karbon nanotüpler gözükmemektedir.

2002 Mayıs ayında IBM karbon t p transistörlerinin ileri seviye silikon ayg tlarından ve ilk üretilen yüksek kapasitede elektrik akımı taşıyabilen nano tüplerden bile daha iyi performans sergilediği bildirmiştir.

4.3.4. Enerji Sektörü :

1913 yılında, Lee De Forest, (Triyot Radyo Lambasının mucidi) insan sesini, birkaç yıl içinde Atlantik okyanusundan öteye ula tırabileceğini iddia edince posta sahteciliği yaptığı suçlamasıyla aleyhinde dava açılmıştır. "Radyonun Babası" ve radyo sinyali amplifikasyonunu geliştiren ve Audion Tüpü ismi verilen aleti icat eden De Forest, o dönemde teknolojiye inançsızlık diyebileceğimiz bir duvara maalesef hızlıca  arpmı tır. Davadaki savcı "bu absürt ve yanlış yönlendirici ifadelere bakıldığında, yanlış yönlendirilen halk, bu şirketin hisselerini satın almaya itilmi tir." demiştir. De Forest davadan beraat etmiş ve dava d  m  t r. Elbette, hakim, De .Forest'a bir daha böyle tuhaf açıklamalar yapmamasını nasihat etmekten geri kalmamıştır. Bu durum enerji için de geçerlidir. Nanoteknoloji desteğiyle ortaya çıkacak daha uzun süre dayanan ve daha güçlü bataryalar, yakıt hücreli muadilleriyle nükleer bir güçle savaş halinde olacaktır. Amaç: enerji pazarında kendine yer bulmaktır. Bunların her biri, nanoteknoloji ile daha da geli tirilecekler ve hepsinin de kendine çok büyük ve yaygın pazar uygulama sahası bulacağı kesin gibi görünmektedir. Güvenlik, hükümet yönetmelikleri, yerel tercihler ve lokal koşullar, hangi teknolojinin kazanacağının belirlenmesinde önemli etkenler olacaktır [Uldrich and Newberry,2005]

Her gün, tüm dünyanın enerji ihtiyaçlarını karşılamaya yetecek güneş ışığından daha fazlası dünyaya ulaşmaktadır. Bu enerjinin mahsullerini toplamak, onlarca yıldır mümkün bir durumdadır. Yine de güneşten gelen bu enerjiyi, elektriğe çevirme işlemi zorluk seviyesi yüksek bir sorundur. Nanoteknoloji, güneş pili teknolojisini geliştirerek bu sorunun da üstesinden gelecektir. Elektrik yüklerinin, nano ölçekte nasıl hareket ettiğini daha iyi anlar hale geldiğimizde, bu aksiyonu büyüten ve akıtan yeni nano materyaller ve nano araçlar (nano tabaka veya nanorod formatında) geli tirilebilecektir.

Böylece güneş enerjisinden, elektrik enerjisine dönüşüm çok daha iyi koşul ve sonuçlarda gerçekleşecektir.

Bunun alt kırılımlarını daha iyi anlamak için, günümüzün en iyi güneş pillerinin, güneş ışınlarının yaklaşık %35'ini enerjiye dönüştürdüğünü bilmek gerekir. Bu oranı yüzde ellilere ya da daha yukarılara taşıdığımızda, güneş enerjisi birden bire gerçek bir enerji alternatifi haline dönüştürülebilecektir. Hatta bulutlarla kaplı kuzey şehirlerinde de durum bundan farklı olmayacaktır. Özellikle bu gelişme, gerçeğe dönüşmesi en çabuk olacak gelişmelerden bir tanesidir. Zira, yeni materyaller alanındaki nanoteknoloji gelişmeleri, düşük maliyetli nano materyallerin, pahalı silikon malzemelerle (günümüzdeki güneş pillerinin oluşturulması için kullanılmaktadır) yer değiştirmesine yardımcı olacaktır. Yakıt hücrelerindeki gelişmeler, bu zaman çerçevesinde de hızla devam edecektir. Dünyanın üçte birinin halen merkezi olarak üretilen elektriğe erişiminin olmadığı düşünüldüğünde, ufak ve portatif yakıt hücrelerinin büyük ölçekli bir ticari platformda değerlendirilmesi, enerji değerler dengesini gözle görülür biçimde değiştirme potansiyeline sahip olacaktır. Artık insanlar, büyük ve merkezi olarak yerleştirilmiş enerji şebekelerine bağlı kalmayacaktır. Dahası, enerjiyi üretme ve depolama yetenekleriyle yakıt hücreleri, evlerin ve işyerlerinin (hatta potansiyel olarak arabaların) enerji üreticileri haline dönüşme imkânı verecektir. Isıdan üretilen elektrik olan termoelektrik enerji, yıllardır etkili enerji üretimi konusunda bir rüya olagelmıştır. Nanoteknoloji, bu rüyayı gerçeğe çevirmeye çok yakındır.

Son zamanlarda, pek çok laboratuarda çalışmalar yapan bilim adamları, tekil yarı iletken nano materyaller geliştirmişler ve bu suretle de ilk örnek termoelektrik materyaller oluşturmuşlardır. Uygulamalardan bir tanesi, arabaların egzozsundan çıkan ısıyı elektrik üretimi için kullanmak olacaktır. Bu elektrik, arabaların daha etkin biçimde (hibrid motorlar) çalışması ya da mesela kampa gidildiğinde üzerinde yemek pişirmek için kullanılabilir. Amerikan Ulusal Bilim Vakfı'nda (NSF) nanoteknoloji konusunda üst düzey sözcü olan Mike Roco, nanoteknoloji temelli ışıklandırma gelişmelerinin, dünyanın enerji tüketimini önümüzdeki on yıl içinde. yüzde 10'luk bir oranla

düşüreceğine inandıklarını belirtmektedir. Bu veri, 100 milyar dolardan daha fazla bir tasarrufu müjdelemektedir. Ayrıca, havaya saçılan karbondioksit miktarında da 200 milyon tonluk bir azalmanın olacağına işaret etmektedir [Uldrich and Newberry,2005]

Nano skala yapıların, her elektrikle çalışan ürün ya da süreç için çok kritik iki unsur olan bilgi ve enerji depolama teknolojilerinde çok etkin bir rol oynaması beklenmektedir. Nanoteknolojinin enerji sektöründe uygulamaları olarak aşağıdaki başlıkları ifade edebiliriz.

- Nano teknoloji ürünü enerji kaynakları sayesinde fosil yakıtlar ve hidro elektrik enerjisine ve onlara yönelik alt yapıya bağımlılık azalacaktır.
- Hidrojen yakıtının depolanmasında nano malzemeden yapılmış sistemler geliştirilmeye başlanmıştır. Bu sayede verimlilikte gerçekleşecek büyük artış benzinle çalışan arabaların fiyatlarında büyük indirimlere sebep olacaktır.

Enerji, üretimi ve kullanımı kadar depolanması ve taşınması, günümüzün en önemli konularından biridir. Bugünün başlıca enerji kaynağı olan fosil yakıtların her geçen gün daha fazla kullanımı çevremizi ve küresel ekonomiyi derinden etkilemektedir. Rezervleri giderek azalan petrole bağımlılıktan kurtulmak için daha temiz enerji kaynaklarına yönelinmelidir. Güneş enerjisi, nükleer enerji, rüzgâr ve hidrolik enerji, jeotermal enerji gibi değişik birincil enerji kaynakları bulunmasına karşın, bu kaynakların yakıtı dönüştürülmesi ve taşımada kullanması gerekmektedir. Çeşitli alternatifler arasında hidrojen en uygun bir aday olarak görülmektedir. Hidrojen sudan ayrıştırılmakta ve yakıldıktan sonra sera etkisini değil artırmak azaltıcı bir etki bile göstermektedir. Hidrojen gazı doğrudan yakılarak ısı enerjisi veya yakıt hücrelerinde okside edilerek elektrik enerjisi elde edilmektedir. Bu nedenle otomotiv endüstrisi yakıt hücresi ile çalışan araba yapımı konusunda yoğun çalışmalar sürdürmektedir. Hidrojen gazını enerji kaynağı olarak kullanmak isteyen teknolojiler hızla gelişirken, hidrojen gazının depolanması da her geçen daha çok önem kazanmaktadır.

Araçta taşınan normal bir gaz tankı yeterli miktarda hidrojen depolayamamaktadır. Hedefler, ağırlığın % 6.2'si olarak konmaktadır. Hidrojen depolama teknikleri dört katagoride ele alınmaktadır: sıkıştırılmış gaz, kirojenik sıvı hidrojen depolaması, metalhidritler ve fiziksel soğurma. İlk iki yöntem yapılabilir olmamaktadır. Hidrojen gazının küçük ölçekli sistemlerde yakıt olarak kullanılmasında nanoteknolojiden büyük beklentiler mevcuttur. Çeşitli nano yapılarda verimli bir şekilde depolanan gazın, yine küçük ölçekli yakıt hücrelerinde elektrik enerjisine çevrilerek taşınabilir bilgisayarlar, telsiz telefonlarda daha uzun süre çalışabilen enerji kaynaklarının yapılması planlanmaktadır. Hidrojen gazından küçük ölçekli sistemler için enerji elde edilmesinde AR-GE çalışmalarının üç konuya yoğunlaşması beklenmektedir: Bunlar;

- Suyun analiz edilerek hidrojen gazının elde edilmesi;
- Elde edilen hidrojen gazının depolanması;
- Depolanan gazdan yakıt hücrelerinde elektrik enerjisi elde edilmesi.

Suyun analizi güneş hücreleri ile yapılabilmektedir. Güneş hücrelerinin veriminin artırılması yoğun ve sürekli araştırma konusudur. İlgili disiplinlerce ele alınmaktadır. Dev ekonomiler hidrojen gazının depolanması ve yakıt hücrelerinin geliştirilmesine büyük kaynaklar tahsis ederken, bu konuda “Türkiye ne yapabilir?” sorusu önem kazanmaktadır. Ancak bu tip araştırmalarda başlangıçta fiziksel ve kimyasal mekanizmasının iyi tanımlanması araştırma sonuçlarını çok etkilemekte, bazen küçük ölçekli araştırma programlarından büyük sonuçlar elde edilebilmektedir. Bu nedenle bu konularda da araştırma faaliyetlerinin ülkemizde zaman kaybetmeden başlatılması gerekir. Hidrojen gazının depolanması ve yakıt hücreleri için nanoteknolojiden destek ve yöntem ithal edilmesi konusu gelecek yıllarda yoğun araştırmalara konu olacaktır. Gelecek on yıl için üniversitelerimizde bu konudaki araştırmaları desteklenmesi gerekmektedir. [Vizyon 2023]

4.3.5. Silah Sektörü:

İnternet, Radar, Velcro, Tang ve hatta marketlerde kasa sıralarından geçişlerinizi hızlandıran barkodlar, hükümetlerin bir jesti olarak hayatımıza girmemiştir. Konu edilen teknoloji ve ürünlerdeki araştırmaların çoğu, topluma evrim geçirtmek, bir endüstriyi yeniden şekillendirmek ya da vatandaşların markette fazla sıra beklememesini sağlamak için yapılmamıştır. Daha çok, bunlar başta silahlı kuvvetler için geliştirilmiş olup daha sonra bu kurumdan ayrılarak halka inmiş ve becerikli birileri tarafından, teknolojiye kazançlı bir kullanım aracı haline dönüşümü gerçekleştirmiştir. Nanoteknolojiye de değişiklikler, az çok aynı anlayışla gerçekleşecektir. Nanoteknolojideki fark ise şudur, hükümete bağlı araştırmacılar ve bilim adamlarının hepsi, nanoteknolojinin tüm endüstrileri ve topluma, tepeden tırnağa evrim geçerteceği yönünde görüş bildirmektedir.

"Nanobilim" ve "nanoteknoloji" sözcükleri altında toplanabilecek bu farklılıklar yaklaşık 10 yıldan beri dünya ülkelerinin sivil-askeri bilim ve teknoloji stratejilerini belirler hale gelmiş bulunuyor." [Çıracı ve ark, 2005].

Ülkelerin nanoteknolojiyi sokmak istedikleri, daha doğrusu soktukları bir yer daha var: Savunma ve Saldırı Araçları. Küresel üstünlüklerinin devamını isteyen güçler nanoteknolojinin vaat ettiği imkânların farkındalar ve bu yeni endüstriyel devrimden azami faydayı sağlamak için yatırımlarını planlamış durumdadır. Yakında insanlık olarak materyal zenginliğinin ve geliştirilmiş fiziki sağlığın eşiğine ulaşacaktır. Tarihte hep olageldiği gibi, nanoteknoloji de ilk ortaya çıktığında onu anlayıp kullanamayanlarda panik etkisi yaratacak ve sahipleri onu iyi amaçlara yönelik kullanabilecekleri gibi tiranlıklar kurup geri kalmışları sömürmeye çalışabileceklerdir. Konu silah sektörü olunca insanlığın bu alandaki araştırma ve hedeflerini tarihe bakarak korku verici olabileceğini söyleyebiliriz. En masum olarak gözüken hedeflerden birisini örnek olarak verecek olursak, zırh yapımında kullanılması planlanan nanoteknolojik malzemeler sayesinde zırhlar, daha sağlam ve çok daha hafif

olacaktır. Şüphesiz bu bütün dünya ülkelerinin sabırsızlıkla beklediği bir gelişmedir [NanoTechnology Magazine, Çeşitli Sayılar].

A.B.D. Hava Kuvvetleri sıradan yağdanlıklarla kıyaslandığında ciddi anlamda çok daha yüksek ısılarda çalışabilecek nano yağdanlıklar geliştirmiş ve tanıtımını yapmışlardır (nano parçacıklar, çok ama çok daha fazla yüksek ısıya ulaşınca kadar erime ya da yapışma yapmazlar). Aynı zamanda motor yağına bakır nano parçacıklar ekleyerek, motorun yıpranmasını asgari seviyeye indirmektedirler. Bu gelişmelerde başarılı olunursa, makine ekipmanı ve süreçleri kullanarak imalat yapan tüm firmalar konuyla ilgili bilgi sahibi olmak isteyeceklerdir [Uldrich and Newberry,2005]

Ulusal güvenliği ilgilendiren yeni savunma sistemlerinin geliştirilmesi, haber alma/gizlilik konularına yönelik çok küçük boyutlarda aygıtların yapılması gibi konulara nano malzeme bilimi damgasını vuracaktır. Birim ağırlık başına şu andakinden 50 kat daha hafif ve çok daha dayanıklı malzemeler üretililecek ve bunların sonucu olarak insanın günlük yaşamında kullandığı tekstil gibi ürünler değişecektir. Bununla birlikte uzay araştırmalarında ve havacılıkta yeni roket ve uçak tasarımlarının ortaya çıkması mümkün olacaktır. Sonuçta bu teknolojiye sahip ülkelerin refah seviyesi, ekonomisi ve ulusal güvenliği çok daha güçlü konuma gelecektir [Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu,2004].

2002 yılında, MIT (Massachusetts Institute of Technology (Massachusetts Teknoloji Enstitüsü)), yeni Askeri Nanoteknoloji Enstitüsü'nü kurmak için 50 milyon dolar bağış almıştır. Bu enstitü, geleceğin askerleri için materyal ve alet geliştirmek üzere tasarlanmış bir merkez niteliğinde olacaktır. DuPont, Raytheon ve Tam Teşekküllü Massachusetts Hastanesi'nin de içinde bulunduğu özel sektör, enstitünün gelişimine katkıda bulunmak için ilave bir 40 milyon dolarlık destek yapmaktadır. Ordu'nun ticari uygulamaları da ayrıca yönetmesi beklentisi içinde olduğu bu merkez, tehdit tespiti (E. coli (bir çeşit tehlikeli bakteri) sensörleri), gerçek zamanlı otomatik tıbbi tedaviler, tehditlerin etkisiz hale getirilmesi (daha ince kurşun geçirmez

giysiler, vs.), kamuflaj (renk değiştiren ya da kullanan kişiyi hemen hemen görünmez yapan giysiler), lojistik anlamında daha az emek (ekipmanların daha hafifletilmesi) ve geliştirilmiş insan gücü performansı (metrelerce sıçrayabilecek askerler) beklentilerini karşılayacaktır. Bu son yeterliliğin, bir askerin botlarının tabanına yerleştirilecek olan nanoskopik moleküllerin doğal halindeyken akordiyon gibi havayı boşaltması, daha sonra elektrik uygulandığında hızla genişlemesi suretiyle sağlanabileceği düşünülmektedir. Akım (askerin kontrolünde olacak olan) kesilirse, molekül doğal şekline geri dönecek ve bir sonraki sıçrayışı beklemeye başlayacaktır [Uldrich and Newberry,2005]



şekil – 3 Casus Sinek

Böceklerin uçuşunun anlaşılmasına yönelik ilk çalışmalar 1930'lu yıllarda Göttingen niversitesi'nde başladı. zerinde çalışılan ilk böcek arıydı. O tarihlerden bugüne kadar bilim adamları ve mühendisler birçok uçan böcek üzerinde onlarca çalışma yaptılar. Son olarak Cambridge niversitesi'nden Charles Ellington adlı bir bilim adamı casusluk amacıyla kullanılacak bir robot sinek (şekil-3) geliştirdi. Ellington yıllardır böceklerin aerodinamik yapılarını inceliyordu. Amerikan Savunma Bakanlığı bu çalışmaların kendi bünyesinde yürütülmesi için Ellington ile anlaştı. Araştırmalarını San Francisco yakınlarındaki Berkeley niversitesi'nde yürüten Ellington'un amacı el büyüklüğünde bir "sinek" retmek. Bu sineğin kanatları, daha önceki birçok araştırmada olduğu gibi sabit (uçak kanadı gibi)

olmayacaktı. Robot sinek gerçek sinekler gibi kanat çırpacaktı. Normal uçakların aerodinamik yapısıyla bu denli küçük boyutlardaki uçan makinelerin aerodinamik yapısı büyük farklılıklar gösteriyordu. Bu nedenle Ellington ve bu alanda çalışan öteki araştırmacılar doğadan esinlenmeye yöneldiler. Bu yönelişin sonunda taklit edilmesi gereken böcek türü olarak sinek üzerinde karar kıldılar. Her yüzeye inip kalkabilen ve çok hızlı yön değiştirebilen sineklerin uçuş becerileri çok etkileyici idi. Bilim adamlarının ilk denemelerinde çok başarılı ürünler çıkmadı ama zamanla çok daha yetkin modeller geliştireceklerdir. Bunun için başta nanoteknoloji olmak üzere teknolojinin yeni gelişmekte olan birçok alanından yardım alacakları aşikârdır. Saniyede 180 kez çırpacak süper ince çelik kanatlar, 1 mm çaplı jiroskoplar, enerjiyi güneş ışığından toplayacak mikro güneş panelleri, kontrol işlemlerinin yapılacağı mikrobilgisayarlar ve daha pek çok yeni icat kullanılacaktır. Gerçek sineklerden farklı olarak dört kanatlı olması planlanan robot sinek, uçuşmanın yanı sıra yürüyebilecek, fotoğraf çekebilecek, ses kaydı yapabilecek ve tüm bu topladığı verileri uydulara gönderebilecektir. Yön bulmak için ses ötesi algılayıcıları ve insanları fark etmek için de kimyasal detektörleri olacak. Bir başka deyişle kusursuz bir casus olacaktır.

ABD Savunma Bakanlığı bu tür makinelere dayanan casusluk etkinliklerinin gelecekte önemli bir bilgi kaynağı olacağını düşünmekte ve küçük bir "sinek" filosuna sahip olmayı planlamaktadır. Bu tür makineler, casusluk etkinliklerinin yanı sıra, teröristlerin izlenmesi, deprem enkazlarında insan arama ve hasarlı nükleer santrallerin girilemeyen kısımlarının incelenmesi gibi daha birçok alanda kullanılabileceği düşünülmektedir. ABD Savunma Bakanlığı'nın önem verdiği iki benzer proje daha mevcuttur, bunlardan biri Northeastern Üniversitesi'nde Joseph Ayers ve 22 arkadaşının üzerinde çalıştığı "robot ıstakoz". 1,8 milyon dolarlık bütçesi olan bu projenin amacı insanların inemediği ya da uzun süre kalamadığı derinliklerde denizaltı araştırmaları yapabilmektir. Diğer proje ise Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nde yürütülen "robot balık" projesidir. Bundaki amaç da daha hızlı ve verimli gemiler, denizaltılar geliştirmek ve yine casusluk yapabilmektir.



Şekil – 4 Mikro Araba

Japonların geliştirdiği 1 mm lik mikro-araba (Şekil-4), mikro ürünlerin askeri alanlara kayması için örnek teşkil edebilir.



Şekil – 5 Mini Robot

Madeni para büyüklüğündeki bu robot(Şekil-5) belki doğal felaketlerden insanları kurtarmak için belki de düşmanları gözetlemek için kullanılacaktır.

Savunma sanayi çok küçük fakat çok hızlı bilgisayarlar ve optoelektronik aygıtlar için potansiyel bir uygulama alanı oluşturmaktadır.

Örneğin, çok kısa zamanda çok sayıda bilgi işlemeyi az miktarda enerji harcayarak yapabilecek olan ve füze başlıklarına yerleştirilebilen süper bilgisayarlar sayesinde füzelerin hedeflerini büyük bir hassasiyetle bulabilmeleri sağlanabilecektir. Süper bilgisayarlar ve nano motorların gelişen nanoteknolojiler sayesinde ucuz ve mükemmel bir şekilde yapılabileceği beklentisi ile bu tür cihazlarla top mermilerinin bile kendi kendine kumanda edebilecek duruma gelebileceği, dolayısı ile istenildiği şekilde ve istenilen hedef üzerinde infilakının sağlanabileceği düşünülmektedir. Bu bağlamda tasarlanan diğer bir önemli uygulama alanı bilim kurgu filmlerinden bilinen ve nanoteknolojilerle yapılabilen mikro robotlardır. Havadan bırakılan çok sayıda mikro savaşçılar robotik tekniklerle hareket edip hedefe ilerleyebilmekte ve hedefi değişik şekillerde tahrip edebilmektedir. Bu tür teknolojiler sayesinde teknolojiye sahip tarafın zayıfatı asgari seviyede kalmaktadır. Ulusal güvenliği ilgilendiren konularda nano malzeme bilimi, yeni savunma sistemlerinin geliştirilmesinde, istihbarat konularına yönelik çok küçük boyutlarda aygıtların yapılmasında kullanılacaktır. Birim ağırlık başına şu andakinden 50 kat daha hafif ve çok dayanıklı malzemeler üretilebilecektir. Bunların sonucu olarak insanın günlük yaşamındaki tekstil ürünleri değişebileceği gibi, uzay araştırmalarında ve havacılıkta yeni roket ve uçak tasarımlarının ortaya çıkması söz konusu olacaktır.

ABD'de yapılan teknik çalışmalar göstermektedir ki nano yapılar kullanılarak geliştirilen silahların üstünlüğüne karşı ancak benzer teknolojiler kullanan bir savunma sistemi ile hazırlıklı olunabilir. Öngörülen savunma sistemleri içinde çok hafif malzeme kullanılarak yapılan kapasitesi yükseltilmiş silahlar, kendi yolunu bulan mermiler, birer asker görevi gören mikro robotlar gibi konular gelmektedir. ABD'nin ileriye yönelik olarak düşündüğü uygulamalar arasında yüksek performanslı nano elektronik sistemler kullanılarak bilgi üstünlüğü sağlamak, bu sistemler kullanılarak daha yoğun ve etkin eğitim simülatörlerini yapmak, savunma sistemlerinin daha fonksiyonel hale getirilmesiyle savaş esnasında insan kaybı riskini azaltmak, biyolojik, kimyasal ve nükleer silahlara karşı daha etkin mikro detektör ve erken uyarı sistemlerini kurmak, nano ve mikro mekanik

sistemlerin entegrasyonu ile nükleer sistemlerin daha etkin ve az riskli çalışmasını sağlamak gibi konular da gelmektedir.

Ulusal güvenliği en çok ilgilendiren konulardan bir diğeri de kuantum bilgi işleme bilimi ve teknolojisidir. Bir kuantum bilgisayarını inşa eden güç ertesi gün tüm dünya ülkelerinin güvenlik sistemlerine girmiş, nükleer silah sistemlerinin şifrelerini çözmüş, banka hesaplarına girmiş olabilecektir. ABD ulusal güvenlik sisteminde nanoteknoloji kullanılarak kuantum bilgisayar araştırmaları da ön planda gelmektedir. Bu konularda strateji belirlemek amacı ile özel komisyonlar kurulmuştur. Washington'daki Ulusal Savunma Üniversitesinin kuruluşuna son 20 yıl içindeki bu hızlı gelişmeler neden olmuştur.

ABD savunma bakanlığının her yıl düzenlediği nanoteknoloji üzerine üniversitelerarası araştırma projeleri yarışmasının (Defense –University Research Initiative on Nanotechnology – DURINT) 2001 yılında yer alan projelerin başlıkları ulusal savunmada nanoteknolojinin kullanım alanları konusunda fikir vermektedir. Sırasıyla, Nano boyutta makinalar ve motorlar; nanoelektronik ve nanomanyetik yapıların oluşmasında biyomoleküler kontrol mekanizmaları; nano boyutta sistemlerin ve aygıtların karakterizasyonu; karbon nanotüplerinin sentezleri, saflaştırılması ve etkinleştirilmesi; nanoelektronik aygıt mimarisi ve tasarımı; nanogeçirgen yarıiletkenler, Yüksek hızda polimer nanokompozit maddelerin uzay araştırmalarındaki kullanımı; organik nanofotonik ve nanoelektronik; kuantum bilgi işleme ve nano kuantum aygıtlar; manyetik nanoparçacıkların biyoteknolojik araştırmalarda kullanılması, bu projelerden bazılarıdır.

Öyle görünmektedir ki, nanoteknoloji önümüzdeki on-yirmi yıl içinde uygarlığa damgasını vuracaktır. Bu teknolojilere sahip olan güçlü ülkeler ile nanoteknolojiden uzakta kalmış zayıf ülkeler arasında ekonomik ve askeri güç bakımından fark artacaktır. Yakın gelecekte ulusal güvenliğimiz için bu kadar hayati öneme haiz olan nanobilim ve nanoteknoloji AR-GE çalışmalarına kaynak tahsis edip zaman kaybetmeden yoğun çalışmalara

başlanmalıdır. Bu aşamada, geç kalınmadan Türk Silahlı Kuvvetleri, TÜBİTAK ve diğer ulusal araştırmaları destekleyen kuruluşların kritik araştırmaları daha çok desteklemesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Önerilen bu araştırma projesi kapsamı içinde yeni nanoyapılar ve nano-optoelektronik aygıtlar tasarlanıp ilk örnekleri yapılacaktır. Böylece ulusal güvenlik ve geleceğin savunma sanayii için kritik nanoteknolojiler geliştirilecektir. [MSB-Nanoteknoloji Raporu]

4.4. Ülkemizde ve Dünyada Nanoteknolojiye Yönelik Araştırmalar Uygulamalar ve Yatırımlar:

Bugün çok değişik nanoteknoloji dalları dikkat çekmeyi başarmış durumdadır. 2004 yılında dünyadaki nanoteknoloji yatırımları 8,6 milyar dolardır ve nanoteknoloji ürünlerinden elde edilen bu para iletişim teknolojilerinden 10 yılda elde edilen miktar ile eşittir. Başkan Bush, 21. yüzyılın Nanoteknoloji Araştırma ve Geliştirme Merkezi'nin kurulması için hazırlanan kanunu imzalayarak 3,7 milyar dolarlık bir bütçeyi de 2005 yılı itibariyle bu merkez için ayırmıştır. Bu miktar ile Amerikan hükümeti, uzay programlarından bu yana en yüksek bütçeyi Nanoteknoloji konusuna ayırmış bulunmaktadır. [Glenn, 2005]

“Jeostratejik bir yaklaşım ile öncelikli muhataplarımız ülke bazında normal olarak komşularımızdır diye değerlendirme yaparak komşularımızın nanoteknoloji bilimindeki yerlerini yorumlayacak olursak; Bu konuda doğudaki komşularımızı göz ardı edebileceğimizi söyleyebiliriz. İran kapalı bir ülke, Suriye bilimle uğraşan bir ülke değil, Irak'ın hali ortada, Gürcistan ve Ermenistan'ı da kendi dertleri uğraşan ülkeler olarak değerlendirebiliriz. Bu konu temelinde doğu komşularımız kendi sıkıntılarını yaşıyorlar diyebiliriz. Rusya'da komşumuz değil. Karşılaştırma yapacağımız Yunanistan ve Bulgaristan kalıyor. Yunanistan bizden iyi durumda, Avrupa birliğinden kaynaklanan iyi seviyede bir ekonomik destek aldı. Benim Yunanistan ile üç

projem var. Girit adasında 2000 kişilik nanoteknoloji odaklı araştırma merkezleri var. Ortak araştırma merkezleri var. Onların bu konuya yatırımları da Avrupa Birliğinden geliyor. Ulusal kaynaklarından değil. Bulgaristan'ı da tanıyorum, bizle aynı seviyede belki biraz daha kötü diyebilirim. Bunun sebebi de doğu bloku ülkesi kisvesinden henüz sıyrılamamış olmalarından kaynaklanıyor ama beklersek Bulgaristan'da Avrupa birliğine üye oldu, 5 sene sonra bizden daha iyi seviyeye gelebilir.

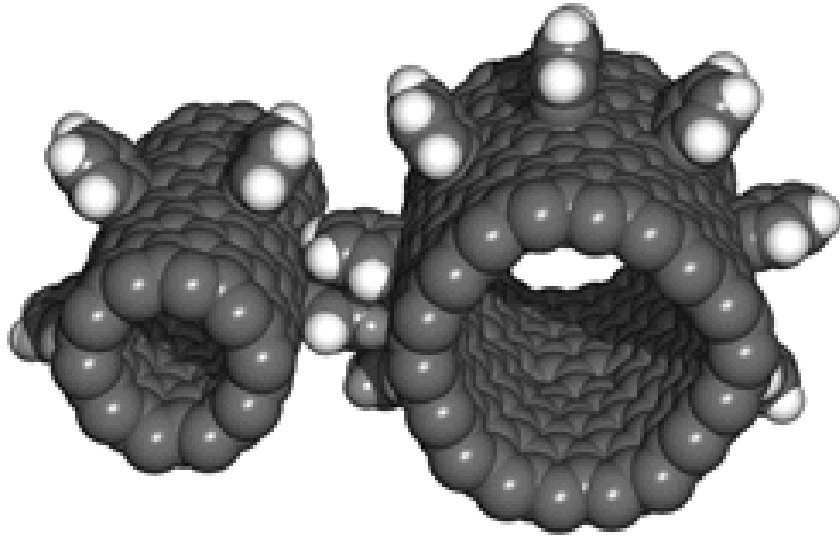
İyi demek aslında o konu üzerinde güzel sonuçlar elde eden, akademik faaliyet yapan, buluş yapan, bunu ekonomik veya stratejik kazanca dönüştüren imkânların mevcudiyeti demek. Bu bir kaynak aktarımı ve yönetimi meselesidir. Bu kaynak da, ya devletten ya da başka bir yerden gelecektir, sanayi de bir yere kadar bunu yapabilir. Sürekli sanayiden beklemek çok mantıklı değil. Sanayi, üç-altı ay sonrasını düşünür. Arçelik bir yatırım yaptığı zaman 5 sene sonra gelecek bir paraya bakmaz, bakamaz.

Devlet bilinci önemli, çok uzun vadeli yatırımları yönlendirme işini şirketler yapamaz. Şirketler pay sahiplerine kar dağıtmakla yükümlü, bu nedenle on sene sonra kar getirecek bir hususa büyük para yatıramaz. Belki sermayesinin bir kısmını aktarmasını beklersiniz ama bu kısıtlıdır. Şirketler üç ayda bir bilanço açıklayarak karlılık oranlarını sunuyorlar. Eğer büyük oranda para aktarır veya zarar açıklarlarsa kar payları düştüğü için borsada öz sermayeleri azaldığı için AR-GE için ayırdığı para da otomatik olarak sığır düşer.” [ÖZBAY, 2007]

Komşularımızı kısaca ele aldıktan sonra dünyada nanoteknolojiye yaklaşım olarak ise; Kore'de nanoteknoloji konusunda çok yoğun çalışmaların başladığını. Karbon nano tüpten monitörlerin yapılabildiğini. Shimon Peres'in İsrail'de Nanoteknoloji araştırmalarına gerekli olan finansmanın sağlanması için kurulan komisyona başkanlık ettiğini, Technion'da bilim adamları DNA'dan transistör yapmayı başardıklarını, Weizmann'da insan vücudunda kanseri sürekli olarak algılayıp ikaz verebilecek bir biyolojik bilgisayar yapıldığını, USA National Science

Foundation 2015 yılına kadar Nanoteknolojinin ABD ekonomisine 1 trilyon dolar katkı sağlamasını beklediğini ifade edebiliriz.

Nanoteknoloji temelli patentler ivmesi on yıl içerisinde hızla artmaya başlamıştır. 70'li yıllarda ilk 10 sırada yer alan ülkelerin yıllık 673 adet patent ortalamasına sahip olan nanoteknoloji patentleri, 80'lerde yılda 1213'e yükselmiş, 90'lardaki ortalama 3209 adet olmuş ve 2000'li yıllarla birlikte sayı ortalaması şimdilik 7536 olmuştur. Patentlerin çoğu nanoteknolojiye yatırım yapmakta olan büyük şirketler tarafından (IBM, Xerox, Micron, Eastman, Kodak, Motorola, Texas Instruments, NEC, Canon, Advanced Microdevices ve GE) alınmaktadır. Bahse konu firmaların ilgilendikleri alan olarak, ham metalden başlayarak bütün materyal ve ürün yelpazesinin (örn. plastik, seramik, birleşik(hibrid) ürünler, basit karbon nanoyapıları, nanotüpler (Şekil - 6) ((High definition televizyonlarda) katod ışın tüpünün yerine, nanoteknoloji tabanlı göz ameliyatı bıçakları, vb...) geliştirilmesi olarak ifade edebiliriz. Halihazırda en hızlı gelişen nanoteknoloji alanları olarak ise kimya, ilaç sektörü, elektronik, yarı iletken ürünler ve materyalleri sayabiliriz. [Shea, 2005]



Şekil – 6 Karbon Nanotüpler

Tablo -1 Dünyada Nanoteknoloji ürünlerinde en çok patent alan ülkeler;

Table 1

Patenting activity by country by year

	Total	U.S.	Japan	France	UK	Switzerland	China (Taiwan)	Italy	Republic of Korea	Netherlands	Australia
1976	615	538	40	21	0	7	0	6	0	2	1
1977	727	670	21	19	0	6	0	6	0	0	5
1978	766	670	36	34	5	8	0	1	0	4	8
1979	583	516	27	20	3	9	0	4	0	2	2
1980	810	718	39	24	15	6	0	5	0	1	2
1981	921	806	53	20	13	8	0	12	0	4	5
1982	825	724	43	29	17	3	0	5	0	2	2
1983	1003	874	57	41	10	7	0	7	0	2	5
1984	1109	975	65	25	21	12	0	5	0	4	2
1985	1158	1005	64	56	16	2	0	7	0	4	4
1986	1279	1104	93	44	14	9	0	8	0	1	6
1987	1590	1376	112	51	24	5	0	14	0	4	4
1988	1490	1263	129	52	22	10	0	8	0	1	5
1989	1945	1647	172	59	30	13	0	13	0	5	6
1990	1982	1666	179	65	33	11	2	12	1	5	8
1991	2179	1824	214	60	45	12	4	9	4	4	3
1992	2496	2072	280	68	24	16	6	10	2	5	13
1993	2759	2289	312	67	38	10	5	18	3	6	11
1994	2574	2049	373	73	29	9	2	12	7	4	16
1995	667	426	199	9	8	3	3	3	6	4	6
1996	3132	2519	423	75	40	11	17	15	14	5	13
1997	4440	3623	513	146	56	15	16	26	18	8	19
1998	5799	4731	643	164	82	27	36	28	51	12	25
1999	6064	4883	694	182	84	37	60	28	56	18	22
2000	6486	5181	820	182	68	45	65	33	43	21	28
2001	7903	6254	923	256	74	63	80	38	76	114	25
2002	8219	6425	1050	245	100	55	86	44	87	66	61
Total	69521	56828	7574	2087	871	419	382	377	368	308	307

Source: Huang et al. (2003).

Tablo – 2 Dünyada Nanoteknoloji ürünlerinde en çok patent alan şirketler;

Sıra	Firma	Adet
1	L'Oreal (Kozmetik)	266
2	IBM (Teknoloji)	125
3	Regents of the University of California	107
4	Eastman Kodak Company (Teknoloji)	84
5	Massachusetts Institute of Technology	79
6	Henkel (Kimya)	76
7	Japan S&T Corp	76
8	BASF (Kimya)	66
9	Allied Signal	65
10	Micron Technology, Inc. (Teknoloji)	62

[Yayın Tarihi: 27-11-2005 Link: <http://www.sabah.com.tr/2005/11/27/tek101-20051127.html>]

Bugüne kadar nanoteknoloji ile yapılmış en büyük buluş herhalde IBM'in Ar-Ge mühendisleri tarafından bulunmuş olan "Atomic force Microscopy (AFM)" ve "Scanning Tunneling Microscopy (STM)"dir. Bu buluş ile artık mühendisler atom seviyesinde maddeleri gözlemleyebilip onlara kumanda edebilir hale geldiler. Nanoskopik fenomendeki bu kabiliyeti hızla teknolojik gelişmeler takip etti. ABD'de 1976'dan bu güne 80.000'in üzerinde nanoteknoloji ile ilgili patent alındı. [Shea, 2005]

ABD'de mevcut teknolojiler doyum noktasına yaklaşırken ve uluslararası rekabet karşısında kar marjları düşerken, nanoteknolojide oluşabilecek pazar ve elde edilecek karı iyi, çok sayıda laboratuvar kuruldu.

Günümüzde ABD dışında Japonya, Avrupa Birliği ülkeleri, İsrail, Çin ve Kore'de de nanoteknolojiye önem verilmektedir. Nanoteknolojiyi ulusal bir öncelik olarak gören güçlü iş lobisi Keiranden'in talebi doğrultusunda, Japonya hükümeti de yılda 465 milyon dolarlık yatırım yapmaktadır. Nanoteknolojiye yatırım yapan diğer şirketler ise, 200 milyon dolarla Güney Kore, tahmini 200 milyon dolarla Çin, 120 milyon dolarla nanoteknoloji konusunda bir milyon uzman ve araştırmacı yetiştirmek üzere yeni bir program başlatılmış durumda. Kanada, 110 milyon dolarla Tayvan, 100 milyon dolarla İsrail ve 50 milyon dolarla Avustralya'dır. Avrupa Birliği 2010 yılında ABD ve Japonya'yı yakalamak için 6. Çerçeve Programında nanoteknolojiyi öncelikli alan ilan etti. Bilimsel araştırma ve teknolojik kapasitesini güçlendirip ABD ve Japonya ile rekabet etmek ve bilgi tabanlı bir ekonomi ve toplum düzenine geçmek amacıyla (yani kendine özgü bir amaçla) başlattığı Çerçeve Programlarının altıncısına 17,5 Milyar Avro'luk bütçe ayırdı. Türkiye bu programa 290 Milyon Avro pay ile ilk defa katılmakta. Bu program uzay teknolojileri de dahil, sağlık, bilgi toplumu teknolojileri, akıllı malzemeler, gıda, yönetim ve nanoteknoloji alanlarında oluşturulacak projeleri kapsamakta. Ayrıca bu program Küçük ve Orta Boy İşletmeler (KOBİ) için de büyük önem taşımakta. AB'nin KOBİ'lere ayırdığı bütçe 1,8 Milyar Avro. Program, ARGE' si olan KOBİ'lere öncelik tanımaktadır. Ayrıca ARGE'si olmayıpta yerel ölçekte yaratıcılığa dayalı buluş ve projeleri olan

KOBİ'lere de olanaklar sunulacaktır. AB 6. çerçeve programının ana koşullarından birisi üye ülkelerin birlikte çalışmaları ve çok uluslu ortaklıklar oluşturarak araştırma ve geliştirme yapmalarıdır [Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu, 2004]

Rusya, Almanya, İngiltere, Fransa ve diğer bir dizi daha küçük ölçekli ülkeler de nanoteknolojiye benzer yatırımlar yapmaktadır. Toplamda bakıldığında, bu alanda dünya çapında yapılan yatırımlar yaklaşık 2 milyar dolardır. Bu durum şunu ortaya koymaktadır, A.B.D. bugün en büyük yatırımcı olsa da, liderliği asla güvenli bir noktada değildir [Uldrich et al, 2005].

Bu paralar nanoteknolojinin neredeyse her alana giren ilgi alanları (tıp, insan, ekoloji, uzay, robot, bilgisayar...) yüzünden çok fazla rakamlara ulaşabiliyor. Durum böyle olunca ülkelerin yatırım planları nanoteknolojinin ucuzluk ve kolaylık sunduğu yöne doğru oluyor. Nanoteknolojinin önümüzdeki 10-15 yıl içinde yeni bir teknoloji devrimi olarak ortaya çıkacağına inanılması temelinde teknolojiye ilerlemiş ülkeler nanoteknolojiye odaklanarak, bu devrimin içinde yer almalarını sağlayacak programlar üzerinde ciddi çalışmalar yapmaktalar. Bütün bu çabaların altında teknoloji yarışında geri kalma endişesi yatıyor. Gelişmiş ülkeler, otomotiv sanayii ve benzer sanayileri daha az gelişmiş ülkelere bırakıp rekabetsiz bir ortamda yüksek karlı teknolojilere yönelmektedirler [Uldrich et al, 2005].

4.4.1. Türkiye Cumhuriyeti'nde Nanoteknoloji Uygulamaları:

"Günümüzde nanoteknoloji ülkeler için stratejik bir önem taşımaya başlamış durumdadır. Gelişmiş ülkeler öncelikli alanlarını belirleyip çalışma ve eğitim programlarını geliştirirken, ülkemizde nanoteknoloji araştırmalarının çoğu kuramsal ve bireysel düzeydedir. Bu arada nanoteknoloji, TÜBİTAK tarafından hazırlanan Vizyon 2023 Programı'na öncelikli alanlardan biri

olarak alınmış bulunmaktadır. T.C. Savunma Sanayii Müsteşarlığı tarafından desteklenen ileri Araştırmalar Laboratuvarı kurulmuştur. [Çıracı ve ark, 2005]

“Dünya’da ne en gelişmiş durumdayız, ne de çok gerideyiz belli bir yerimiz mevcut. En önemlisi, dünya bu konuda daha başlangıç seviyesindedir. Bazı ülkeler İsrail, Hollanda gibi bizden küçük olanlar ve tabi ki Amerika gibi ihtiyaç duyulan kaynağa kolay ulaşabilen ülkeler, bizden ileri durumdadır. Biz bu ülkelerden akılsız değiliz, önemli olan hedeflenen konuya kaynak ayırabilmek ve bu kaynağı doğru yönetebilmektir. Zamanında yapılan hedeflemeler, teşvikler ve kaynak aktarımları yıllar geçtikçe ülkeleri birbirlerine oranla farklı seviyelere getirebiliyor. Türkiye belli konularda da ileri çıkmış durumdadır. Avrupa’da satılan televizyonların yarısı Türkiye’de üretilmektedir. Bu nasıl oldu? Zamanında verilen teşviklerle mümkün oldu. Örneğin araba pazarında da biraz geriden geldik ama zaman içerisinde ciddi bir otomobil endüstri seviyesine ulaştık. Bu iki endüstride lider ve yönlendirici güç olduğumuzu söyleyen kişi devlet bakanıdır.

Ayrıca tekstilde de oldukça ileri durumdayız fakat elektronikte değil. Bizim ana konumuz elektronik, elektronikte kayda değer bir seviyede değiliz. Elektronik olarak, televizyonda seviye sahibiyiz. Beyaz eşyada da iyi sayılırız. Fakat mikro elektronikte gelişmiş durumda değiliz. Bunun olmamasının sebebi nedir? Zamanında bu konuya hem kaynak hem de insan yönünden yatırım yapılmamış olmasıdır. Zamanında kaynağı iyi yönlendirirseniz konuda ilerleme kaydedersiniz, tarım da önemlidir, ormancılık da önemlidir fakat yüksek getiri getiren konu nedir? Elektronikdir. Bugün otomobilde araba başına elde edilen kar payı yaklaşık 500 dolardır. Yani % 2-3 kar payı için çalışıyorsunuz. Bu tarım için de böyledir, oysa yüksek teknolojilerde bu oran farklıdır. Daha yüksek kar paylarında çalışılır. Pastanın önemli bir kısmı kar olarak geri döner. Sonuç olarak bu tür konuların hem bilimsel anlamda hem de üretim anlamında gelişmesi (sadece üniversiteyi desteklemekle olmaz endüstriyi de bu döngünün içerisine sokmak gerekir) önemlidir. Türkiye’de nanoteknolojinin iş yaratan bir endüstri olarak oluşması önemli ve

nanoteknoloji zaten birçok endüstri ile kesişiyor, nanoteknoloji ağırlıklı endüstrilerin Türkiye’de işgücü olarak oluşması liderliğimizi de arttıracaktır.

Ben iyimser bir insanım. Ülkemizin seviyesini başlangıç olarak iyi buluyorum. Fakat durmamamız lazım, ama adı geçen ülkelere oranla çok gerideyiz. Şu an nanoteknoloji akademik çevrelerin ilgilendiği, hala laboratuarda olan, gerçek hayata yavaş yavaş giren bir konu ve örnekleri var. Bununla birlikte sürekli olarak belli konularda birtakım ülkelerin ilerisinde birtakım ülkelerin de gerisinde olacağız. Kısa vadede bir Amerika, Japonya Almanya gibi ülkelerin ilerisinde olmamız beklenemez. Önceliklerimiz önemlidir. Örneğin biz Bilkent Üniversitesinde bir nanoteknoloji araştırma merkezi oluşturduk buna yeni bir bina da ekleyerek geliştiriyoruz, bunun başka bir örneği Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsünde var ama Amerika’da her eyalette iki üç adet benzeri var. Kaliforniya’da 10-15 tane var. Avrupa’da da her eyalet seviyesinde bu merkezler mevcut”. [ÖZBAY, 2007]

Ulusal Nanoteknoloji Merkezi’nde kuramsal araştırmaların dışında uygulamaya yönelik çalışmalar da yapılacaktır. Hedeflenen ürünler arasında nano sensörler, nano elektronik ve nanofotonik yapılar, duyarlı ölçü aygıtları, elektronik fiberler ve bunlarla dokunmuş akıllı tekstiller bulunuyor. Askerlerin sağlık durumları, yaralanmanın düzeyi vb. konularda sürekli bilgi ileten “akıllı üniformalar”, başlıklar orduların yanı sıra Türk Silahlı Kuvvetleri’nin de ilgisini üzerinde toplayan ürünler. Askeri olanın yanı sıra, sivil kullanımlı akıllı tekstillerin hammaddesi olarak da kirlenmeyen, ıslanmayan, zararlı radyasyonu emerek hapseden fiberler üzerinde çalışılacaktır. Ulusal Nanoteknoloji Merkezi’nin geliştirmeyi hedeflediği ürünler arasında duyarlı ölçüm aletleri ve lazerler de var.

4.4.1.1. Bilkent Ulusal Nanoteknoloji Araştırma Merkezi’nde Nanoteknoloji Eğitimi:

“Biz özellikle nano aygıt üzerinde çalışıyoruz. Nanometre boyutlarında çalışan elektronik ve fotonik devrelerden bahsediyoruz. Transistörler, diyotlar,

modölatörler, sensörler, lazerler, fotosensörler, güneş pilleri üzerinde çalışmalarımız mevcut. Oldukça fazla projelerimiz var. Bu projelerde diğer kurumlar ile çalışmalarımızda çoğunlukla koordinatör konumundayız. Sadece nano tıp konusunda alt yüklenici konumundayız. [ÖZBAY, 2007]

Bilkent Üniversitesi Nanoteknoloji Araştırma Merkezi'nde yapılan çalışmalar sonucunda, dünyanın en küçük boyutlarına sahip negatif kırılma indisli meta malzemeler üretilmiş bulunmaktadır. Günümüzde entegre devrelerin minimum boyutlarını sınırlayan en önemli faktör, bu devreleri yapmak için kullanılan merceklerin optik çözünürlüklerinin yetersiz kalmasıdır. Oysa nano boyutlarda sahip nano meta malzemeler kullanarak, geleneksel merceklerden çok daha yüksek çözünürlüğe sahip süper mercekler yapmak mümkündür. Bu süper merceklerin çözünürlüğü geleneksel merceklerden 20-30 kat daha üstündür. Entegre devre yapımında süper merceklerin kullanımıyla, günümüzde ancak 1 milyar transistörün sığabildiği bir alana 1 trilyon transistör sığdırmak olasıdır. Meta malzemelerle üretilen ve 3-10 nm boyutlarında nanotransistörlerden oluşan nano elektronik entegre devrelerse günümüzdeki bilgisayarlardan binlerce kat daha hızlı ve kapasiteli yeni nesil bilgisayarların yapılmasında kullanılacaktır. [Çıracı ve ark, 2005].

Bilkent Üniversitesi Fizik Bölümü Nanoteknoloji eğitiminde öncülük etmiş ve Türkiye'deki ilk resmi nanobilim ve nanoteknoloji dersi 2004-2005 akademik yılı güz döneminde Fizik Bölümünde verilmiştir. "PHYS420/PHYS520 nanobilim ve nanoteknoloji-I" isimli bu ders öğrencilerin geniş ve önemli alana bir giriş yapmalarını sağlamayı amaçlamıştır. Fizik, Kimya ve Elektrik-Elektronik Mühendisliği bölümlerinden son sınıf/yüksek lisans seviyesinde 28 öğrenci kredili olarak bu dersi alarak kariyerlerinde nanoteknoloji alanında bir başlangıç yapmışlardır. 2003-2004 bahar döneminde açılan "PHYS550 Yarı İletken Aygıt Fiziği, Nano Aygıt Fiziği" isimli dersi ile lisans ve yüksek lisans öğrencileri nano aygıtların kuantum mekanik temelli çalışma prensiplerini ve bunların tasarımı üzerine temel bilgileri edinmişlerdir. Bunu takip eden 2004-2005 akademik yılı bahar

döneminde açılan “PHYS549 Yarı İletken Aygıt Fiziği: Nano Aygıt Fabrikasyon Yöntemleri” isimli ders ile lisans ve yüksek lisans öğrencileri nano aygıtların üretim ve fabrikasyonu üzerine en güncel bilgileri edinmişlerdir. Bu derslerin devamı niteliğindeki ders serilerinin ileriki dönemlerde düzenli olarak açılması planlanmıştır.

Bilkent Üniversitesi Kimya Bölümü yüksek lisans ve doktora seviyesinde dört ayrı dersin içeriğine Nano bilim konuları eklenmiştir. Bu dersler, “CHEM 542 İleri Anorganik Kimya II”, “CHEM 537 Süpramoleküler Kimya”, “CHEM 515 Moleküler Spektroskopi” ve “CHEM 521 Yüzey Kimyası ve Kataliz” dir. Bu derslerin ileride daha nano bilim odaklı hale getirilmesi planlanmaktadır. Nanoteknoloji eğitiminin en büyük sınavı, nanoteknolojinin gerçek anlamda disiplinler arası bir alan olmasından kaynaklanmaktadır. Nano bilim ve nanoteknoloji, yoğun madde fiziği, kimya, mühendislik bilimleri, moleküler biyoloji ve genetik ve malzeme biliminin arakesitinde olduğundan dolayı Nanoteknoloji ders programı da disiplinler arası olmak zorundadır. Bu temelden yola çıkarak Bilkent Üniversitesi Fen Fakültesinde “Nanoteknoloji ve Malzeme Bilimi Yüksek Lisans Programı” oluşturma çalışmaları başlamıştır. Tamamen disiplinler arası olup, fizik, kimya, moleküler biyoloji ve genetik ve matematik programlarının alt yapısından da yararlanarak hem temel bilimler hem de mühendislik bilimlerinden gelecek öğrencileri çağımızın teknolojisi nanoteknolojiye hazırlamayı amaçlamaktadır.

Nanoteknolojiler, teknoloji S-eğrisinin başlangıcında olduğundan dolayı her gün artan bir şekilde yeni gelişmeler ile karşılaşmaktadır. Bu yüzden gündemi kaçırmadan, sonradan “know-how” için para harcamamak için diğer önemli bir hususta bu alandaki konferans ve çalıştaylardır. Bu toplantılar sayesinde hem alandaki yeni gelişmeleri takip etmek, hem de bunları öğrencilerin eğitimi için kullanmak mümkün olabilir.

25-27 Mayıs 2005 tarihlerinde Ankara'da Bilkent Üniversitesi'nin ev sahipliğinde nano bilim ve nanoteknoloji konusunda bir bilimsel konferans düzenlenmiştir. “NANOTR-I Nanoscience and Nanotechnology” 2005 adlı bu

konferansın ana teması nanobilim ve nanoteknoloji olup amacı, yoğun madde fiziği, kimya, mühendislik bilimleri, moleküler biyoloji, genetik ve malzeme biliminin arakesitindeki nanobilimin gelmiş olduğu son durumu ve yeni gelişmeleri yurt içi ve yurt dışı konuşmacılar ile ortaya koymak ve aktif bir tartışma ve bilimsel alışveriş ortamı yaratmaktır. Konferansta, bildirilerin yanı sıra yurt dışından ve yurt içinden konularının uzmanı davetli konuşmacılara da yer verilerek nanobilim ve nanoteknoloji alanındaki son gelişmeler ile Türkiye'nin durumu ve yapılması gerekenler tespit edilip gerekli yeni araştırmaların başlatılmasına öncü olmak amaçlanmıştır. Ayrıca, yoğunlaştırılmış kurslar ile genç veya konuya yeni ilgi duyan araştırmacıların bilgilenmesi ve eğitime katkıda bulunulmuştur. Bilkent Üniversitesi ile özel sektörün ortak çalışmaları olarak şunları ifade edebiliriz.

“DPT projesine başvurduk kabul edileceğini umuyoruz. Nano kaplama teknolojisinde ilk kez Koç grubunun üç büyük şirketi yer aldı Arçelik, Tofaş, bir de DYO var. Bunlarla beraber nanoteknolojide beyaz eşyadaki uygulamaları çalışacağız. Buzdolabının içerisine ışık koyacağız ki koku oluşmasın yüzeyi temiz kalsın. Bu yüzeylerde kendi kendini temizleyen hijyenik anti bakteriyel yüzeylerde çalışacağız. Klima, buzdolabı, çamaşır makinesinde çalışmalar yaptık. Arçelik'te bir projeyi bitirdik. Bulaşık makinesinde su kullanımını azaltacak bir algılayıcı projesinde çalıştık. Suyun bulanık olduğu oranda ihtiyacı kadar su kullanacak bir sistem oluşturduk. Eğer suyun bulanık değilse makine suyu az kullanıyor. Arçelik ve DYO projesinde hem çok verimli ışık kaynağı yaratmak ve bunları belkide güneş pili olarak kullanımını düşündük. Demirdöküm ile güneş enerjisi projemiz mevcut. Endüstri de, nanoteknolojiyi bir tehdit olarak görüyor, geride ve dışında kalmak istemiyor. Endüstri, teknolojisini geliştirdiğinde ne kadar ileri gidilebildiğini görüyor fakat teknoloji geliştirme konusunda sıkıntıları mevcut. Nanoteknoloji ne işimize yarar? Nerede kullanırız? şeklinde Koç holdingden yaklaşım aldık.” [ÖZBAY, 2007]

4.4.1.2. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü'nde Nanoteknoloji Eğitimi:

“Misyonumuza uygun öğrenci alımına dikkat ediyoruz” diyen Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Rektörü Prof. Dr. Alinur Büyükkaksoy, son derece gelişmiş araştırma laboratuvarlarında bilimsel çalışmalar gerçekleştirdiklerini ifade etti. “Diğer üniversiteler gibi kitle eğitimi yaptıran bir kurum değiliz. Araştırmaya yönelik, lisansüstü eğitime ağırlık veren, civarındaki sanayi kurum ve kuruluşlarına teknolojik destek sağlayan, proje üreten ve bunun için ARGE görevlisi yetiştiren ihtisas üniversitesi olarak tanımlanıyoruz. Birinci amacımız araştırma yapmak” diye konuşan Büyükkaksoy, “Yüzyıla damgasını vuracak teknolojiler” şeklinde ifade ettiği ‘Nanoteknoloji Araştırma Merkezi’ hakkında detaylı bilgi verdi. Prof. Dr. Alinur Büyükkaksoy, “En önemli yatırımımız nanoteknoloji konusunda. Bu merkezde şu anda iki önemli proje yürütülmektedir. Bir tanesi IBM ile birlikte yürüttüğümüz bilgisayarların hafıza ünitelerindeki nano magnetik malzemeler konusundaki çalışma, diğeri de hidrojen enerjisi konusunda çalıştığımız proje. Şu anda bu tip enerjiyle çalışan bir arabayı da enstitümüz projelendirme aşamasında. Bu ilk örneği gerçekleştirdikten sonra birikimimizi otomotiv sanayine aktaracağız” [Gazete KADIKÖY 25 Kasım 2005]

Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü'nde açılan ve nanoteknoloji ile ilgili içeriği olan dersler ve etkinlikler şunlardır.

- **Yüzey Fiziği:** Yüzey Fiziği için Deneysel Gereksinimler (Yüksek ve Ultra yüksek Vakum sistemleri), Yüzeyin Kristal Elektronik ve Titreşimsel Yapısı, Yüzey Yapı ve Analitik Teknikleri (LEED RHEED XPS UPS AES AFM STM SEM TEM), Katı-gaz Etkileşimleri, Uygulama Örnekleri (Mikrosensörler, Mikro ve Optoelektronik.
- **Sensörler ve transdüserler:** Sensör Sinyalleri ve Arayüzler, Silisyum Chip Prosesleri, (Difüzyon, İmplantasyon, Oksidasyon, Litografi, İnce Film Kaplama Metalizasyon Teknikleri) Özel Malzeme Prosesleri, Mikrosensör

Malemeleri, Termal, Radyasyon, Mekanik, Magnetik Mikrosensörler Biyo-kimyasal Mikrosensörler, Smart Sensörler, Mikrosensör Dizileri.

- **Ferromagnetic Rezonans** (Manyetik rezonansın teorisi ve uygulama alanları: Manyetik ince filmlerin hazırlanma teknikleri, fiziksel özellikler, fiziksel karakterizasyon teknikleri ve uygulama alanları).
- **Magnetic malzemeler** Manyetizmanın temel teorisi, Yumuşak ve sert manyetik malzemeler, düşük boyutlu manyetik sistemler, manyetik ince filmler, nanoteller, spring magnetler, magnetiz malzemelerin fiziksel karakterizasyon teknikleri.
- **Yarıiletken cihazlar:** P-n eklemler, p-n eklemin enerji diyagramı. Düz ve ters uygulanan elektrik alanı. P-n eklem kapasitansı, p-n eklem akımları, difüzyon, jenerasyon-rekombinasyon ve doyum akımları. Diyotlar, fotodiyotlar, güneş pilleri, doğrultucu diyotlar, tünel diyotları, ışın yayıcı diyotlar (LED), stabiltronlar. Metal-yarıiletken ve yarıiletken hetero eklemleri. Bipolyar tranzistör ve onun operasyon modları. Alan etkili tranzistör, MOSFET-in temelleri ve I-V karakteristikleri. Heterolazerler. Negatif diferansiyel direnç, N- ve S-tip I-V karakteristikli yarıiletken cihazlar.
- **Ferroelektrik malzemeler:** Sıvı kristal ve tek kristal ferroelektrik malzemelerde non-lineer optiksel etkiler. İnce ferroelektrik filmler. Ferroelektrik malzemelerin teknolojisi, yapısal ve kimyasal kriterler. Ferroelektriklerin uygulamaları.
- **Katıhal Fiziği II:** Düşük boyutlu sistemlerin fiziksel özellikleri.
- **Yüzey Bilimi:** Malzeme yüzey yapıları ve enerjilerinin anlaşılması. Yüzeyin oluşumu ve malzemelerde yüzeye bağlı adsorption gibi fiziksel olaylar, yüzeyin termodinamiği ve analizi konuları, nanometrik ölçülerde oluşturulan yüzeylerin enerjisi ve özelliklere yansması.
- **Elektronik ve Fotonik Malzemeler ve Cihazlar:** Malzemelerin elektronik, manyetik, optik ve ısısal özelliklerinin kullanıldığı katı hal cihazları, mikro/nano elektronik, optik ve manyetik aletler üretim ve özellikleri.
- **Hidrojen Enerjisi Teknolojileri:** Hidrojen üretimi, depolama, dağıtım ve hidrojeni elektriğe çeviren yakıt pili teknolojileri. Yakıt pillerinin çalışma prensipleri.

- **Nanomalzemeler:** Nanoteknoloji hakkında genel bilgiler, Nanomalzemelerin sentezlenmesi, nanomalzemeler için üretim süreçleri, üretim süreci-özellik ilişkileri, karakterizasyon yöntemleri, uygulamalar.
- **Yüzey Termodinamiği:** Sıvı ve çözeltilerde yüzey gerilim, kapilarite, değme açısı ve katıların yüzey gerilimi, kapalı sistemler termodinamiği, açık sistemler termodinamiği, fazlar termodinamiği, ara yüzeylerde Gibbs adsorpsiyon, çözeltiden adsorpsiyon modelleri ve Langmuir-Blodgett monotabaka oluşumu ve kaplamalar.
- **Uluslararası Bilimsel Toplantılar:** GYTE, nanoteknoloji ile ve özellikle de nanomanyetizma ile ilgili olarak dünyadaki en ileri düzeyde araştırma yapan kuruluşlardan katılan bilim adamları ile aşağıdaki uluslar arası toplantıları düzenleyerek ülkemiz araştırmacılarının bu konudaki gelişmelere katkısı olan bilim adamları ile birebir iletişim kurmalarına katkısını sağlamaya çalışmaktadır.
 - International Workshop on Nanostructured Magnetic Materials and their Applications (NMMA-2001), Gebze Institute of Technology, Turkey (3-7 Eylül, 2001).
 - NATO Advanced Research Workshop on Nanostructured Magnetic Materials and their Applications (ARW NMMA 2003), Istanbul, Turkey (1-4 Temmuz, 2003).
 - International Conference on Nanoscale Magnetism (ICNM-2005), Gebze, Turkey (3-7 Temmuz, 2005).

4.4.1.3. Koç Üniversitesi'nde Nanoteknoloji Eğitimi:

Koç Üniversitesi'nde nanoteknoloji konusunda lisans ve yüksek lisans ve doktora seviyesinde Elektrik Mühendisliği, Makine Mühendisliği, Kimya-Biyoloji Mühendisliği ve Malzeme Bilimi-Mühendisliği bölümlerinde seçmeli dersler açılmaktadır. Bu dersler uygulama dersi olup öğrenciler her hafta bir öğretim üyesinin laboratuvarında nano yapıları malzemeler ve nanoteknoloji konularını da içeren deneyler yapmaktadırlar. Lisans, yüksek lisans, ve doktora öğrencileri, nanoteknoloji konusunda araştırma yapan öğretim

üyelerinin yanında araştırma asistanı olarak çalışarak tecrübe kazanma ve uygulamalı eğitim alma imkanı bulmaktadırlar.

- **Mikro-optik-elektro mekanik Sistemler:** Mikro sistemlere giriş, mikro-elektro-mekanik-sistemlerin optik özellikleri, mikrofabrikasyon, Tasarım ve bilgisayar analizi, algılayıcı tasarımı, optik sistem tasarımına giriş, paketlenme, uygulamalar, tarama sistemleri, görüntüleme sistemleri, ultraviyole kameralar, telekomünikasyonda kullanılan optik anahtarlar.
- **Mikro ve Nano Fabrikasyon:** Mikro ve nanoelektro mekanik sistemlerin fabrikasyonu ve karakterizasyonu, yarı iletken nanoteknolojisi, nanotüpler ve nanoteller, biyolojik sistemler, moleküler elektronik.
- **Biomimetik:** Doğada var olan yöntem ve tekniklerin malzeme, makine ve mekanizmaların tasarımında taklit edilmesi. Geniş bir yelpaze içerisinde uygulamalar. Proteinlerin organizasyonu ve işlemleri, moleküler makineler, akıllı minipompalar, yumuşak elektroaktif membran sensörler, polimerik kas lifleri.
- **Biyoteknoloji:** DNA, enzimler ve diğer biyomoleküller, moleküler genetik, hücresel reaktörler, biyoayrıştırma yöntemleri, gen terapisi, çevre, ilaç ve tarım sektöründe biyoteknoloji.
- **Malzemelerin Sentezi, Karakterizasyonu ve İşlenmesi:** Polimer sentezi, kompozit malzemeler, anorganik/seramik prosesi, metal prosesi, optik özellikler, elektro manyetik özellikler, ara yüzey özellikleri gibi konularda laboratuvar uygulamalı projeler.
- **Nanoparçacık Bilim ve Teknolojisi:** Nano parçacıkların boyuta dayalı özellikleri, karakterizasyon ekipmanları, yüzey fonksiyonellemesi, teknik uygulamalar.

4.4.1.4. Orta Doğu Teknik Üniversitesi'nde Nanoteknoloji Eğitimi:

ODTÜ Mühendislik ve Fen Fakültesi'ne bağlı bölümlerde nanobilim ve nanoteknoloji alanında çeşitli araştırma projeleri ve bu projelere paralel

olarak eğitim çalışmaları yürütülmektedir. ODTÜ'nün sahip olduğu zengin fen bilimleri programı içerisinde bulunan bazı dersler ve yürütülen tez çalışmaları zaten nanobilim ve nanoteknoloji alanında yer almaktadır. Son yıllarda bu alandaki gelişmelere paralel olarak yeni programlar ve dersler açılmakta ya da mevcut dersler bu gelişmeleri de kapsayacak biçimde zenginleştirilmektedir.

Diğer yandan, geleneksel eğitim programlarına ek olarak üniversitenin bütün kesimlerini (öğretim üyesi, uzman, öğrenci) kapsayan yeni bazı programlar da uygulanmaya başlayacaktır. Bu programlardan bir tanesi ODTÜ Merkezi Laboratuvar tarafından hazırlanan ve AB 6.Çerçeve Programı tarafından desteklenen METU-CENTER projesidir. Bu proje ile Avrupa Komisyonu, ODTÜ'de var olan nanoteknoloji ve bioteknoloji çalışmalarını eğitim ve araştırma boyutu olan bir proje ile desteklemeye karar vermiştir.

ODTÜ'de yürütülen eğitim programının önemli bir ayağını Türkiye'deki diğer üniversiteler ile ortak yürütülen programlar oluşturmaktadır. ODTÜ'nün girişimi ve DPT'nin desteği ile uygulanan Öğretim Üyesi Yetiştirme Programı (ÖYP) ile, birçok doktora öğrencisinin başka üniversiteler adına ODTÜ'de eğitim görmesi sağlanmıştır. 19 üniversite adına 467 öğrenci ODTÜ'de doktora eğitimini sürdürmektedir. Bu program, bir yandan yeni üniversitelerin öğretim üyesi açığının kapatılmasına katkı sağlarken, öte yandan da ODTÜ'de yürütülen araştırma çalışmalarına önemli bir araştırmacı kaynağı sağlamıştır. Nanobilim ve nanoteknolojiler alanında yürütülen eğitim ve araştırma çalışmaları ÖYP sayesinde diğer üniversitelere de aktarılmış olacaktır.

Geçtiğimiz yıllarda ODTÜ tarafından ÖYP uygulamasına paralel olarak başlatılan bir diğer çalışma, Yaygınlaştırılmış Ulusal ve Uluslararası Projeler (YUUP) programıdır. Bu program, bireysel çalışmaları bütünleştirmeyi, araştırma altyapısının ortak kullanımı için yeniden yapılanmayı, mükerrer ve birbirinden kopuk araştırmaları ülkemizin öncelikli alanlarında gerçekleştirilecek ortak projeler altında toplayarak güçlendirmeyi

hedeflemektedir. YUUP girişimi ile üniversitenin AR-GE birikimini ÷lkemiz ve Avrupa'daki diğerk üniversitelerde, kamu ve özel sektör kurumlarında yürüt÷len benzer AR-GE faaliyetleriyle birleştirerek sinerji yaratma çalışmaları başlatılmıştır. Bu amaçla 14 ana temada Yaygınlaştırılmış Ulusal ve Uluslararası Proje (YUUP) grupları kurulmuştur. Nanobilim ve nanoteknolojiler bu alanlardan bir tanesidir.

ODTÜ'de yürüt÷len eğitim çalışmalarını verilen dersler, tez çalışmaları ve açılan ya da açılması planlanan programlar olarak sınıflandırılabilir. Bu çalışmaların kısa bir özeti aşağıda sunulmuştur.

- **ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Nanobilim ve Nanoteknolojiler yüksek lisans ve doktora programı :** ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü'sü, var olan eğitim çalışmalarını bir program etrafında toplayarak nanobilim ve nanoteknolojiler ana bilim dalını kurmaya ve bu alanda yüksek lisans ve doktora programları açmaya karar vermiştir. Mühendislik ve Fen Edebiyat Fak÷ltelerinden aşağıda adı ge÷en bölümlerin katkısı ile oluşan program, nanoteknoloji ve nanobilim alanında birçok konuyu kapsayacak nitelikte olacaktır.

ODTÜ lisans ve yüksek lisans programlarında halen verilmekte olan, nanobilim ve nanoteknolojiler alanındaki bazı derslerin başlıkları aşağıda verilmiştir.

- **Biyoloji Bölümü:** Kontrollü Bırakma Sistemleri ve İlaç Hedeflemesi.
- **Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü:** Yarıiletken Aygıtlarda Transport, Entegre Edilmiş Sensörler ve Sensör Sistemleri, Yüksek Hızlı Yarı İletken Aygıtlar ve Devreler.
- **Fizik Bölümü:** Kuantum Mekaniği, Principles of Measurement and Instrumentation I, II, Silikon Teknolojisinin Temelleri I, II, Yarıiletkenlerin Optik Özellikleri, Nanobilim ve nanoteknolojiler.

- **Kimya Bölümü:** Supramoleküler Kimya, Anorganik Reaksiyon Mekanizması, Moleküler Hareketin Bilgisayar Simülasyonu, Analitik Kimya – Özel Konular, Kuantum Kimyası.
- **Kimya Mühendisliği Bölümü:** Mikroelektronikte Kimyasal Proses, Heterojen Katalizin mikrokinetiği, Doğrusal Olmayan Problemler, Kaos ve Düzen Oluşumu, Polimer Katkıları, Karışımlar ve Kompozitler, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Malzemelerin Elektrik, Manyetik ve Optik Özellikleri, Malzemelerde Yüzey Prosesi,

ODTÜ Mühendislik ve Fen Edebiyat Fakültelerine bağlı bölümlerde son yıllarda yürütülen, nanobilim ve nanoteknolojiler alanındaki yüksek lisans ve doktora çalışmalarından bazılarının başlıkları aşağıda verilmiştir.

- Nano yapıli meso-gözenekli (gözenek çapları 2-3 nm) MCM-41 türü yüksek yüzey alanına sahip (1200 m²/g değerinin üzerinde) katalizörlerin sentezi, karakterizasyonu ve uygulamaları.
- Hidrojen depolama ve saflaştırma amaçlı Pd-MCM-41 türü nanokompozit malzemelerin sentezi.
- Nanocrystal formation by ion implantation.
- Optical properties of semiconductor nanocrystals.
- Magnetic Characterization of Nanoparticles.
- Maghemite Nanocomposites (M.Sc. Tezi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü ve Kimya Bölümü ortak disiplinlerarası ortak çalışma).
- Nanostructured Magnetite Thin Films (M.Sc. tezi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü).
- Emisyon ve yanma gazlarının Ni/TiO₂ ve Pd/TiO₂ katalizörleri üzerinde adsorpsiyon ve desorpsiyon mekanizmalarının manyetik geçirgenlik tekniği ile incelenmesi.
- SnO₂ bazlı yarı iletken ince filmlerin indirgeyici ve yükseltici gaz atmosferlerinde iletkenlik değişiminin dinamik yöntemlerle incelenmesi.
- Alkali metaller ile toplanmış yarı iletken Pd/SnO₂ katalizörlerinin emisyon gazları algılayıcısı olarak karakterizasyonu.
- CO gazının alkali metallerle dopinglenmiş yarı iletken Pd/SnO₂ katalizörleri ile düşük sıcaklıkta oksidasyonu.

- İnce film yarı iletken metal oksitlerin antibakteriyel özelliklerinin karakterizasyonu.

METU-CENTER, ODTÜ Merkezi Laboratuvarı tarafından AB 6. Çerçeve Programı kapsamında Avrupa Komisyonu tarafından desteklenmek üzere seçilen, nanoteknoloji ve biyoteknoloji alanında yürütülecek olan 'Specific Supported Action (SSA)' türünde bir projedir. Avrupa Komisyonu'nun yaptığı proje çağrısına Türkiye'den 138 proje başvurmuş ve aralarında METU-CENTER projesinin de bulunduğu 11 projenin desteklenmesine karar verilmiştir.

METU-CENTER projesinin en önemli hedefi, ODTÜ Merkezi Laboratuvar'ın insan ve cihaz altyapısını, araştırma yeteneklerini ve kapasitesini geliştirmektir. Eğitim, projenin en önemli boyutunu oluşturmaktadır. Bu proje sonunda Merkezi Laboratuvar'ın ve ODTÜ'nün nano- ve bio-teknolojiler alanında Avrupa düzeyinde tanınan bir araştırma merkezi haline gelmesi beklenmektedir. METU-CENTER projesinin eğitim alanındaki yürüteceği çalışmaları şöyle sıralamak mümkündür :

- Öğrenci, uzman ve öğretim üyelerinin Avrupa'daki gelişmiş araştırma merkezlerine ziyaretini sağlayarak insan potansiyelini geliştirmek.
- Avrupadaki diğer araştırma merkezlerinden bilim insanlarını davet ederek ODTÜ'nün araştırma potansiyeline katkıda bulunmalarını sağlamak.
- Bilim insanları arasında iletişimi geliştirmek amacı ile ulusal ve uluslararası düzeyde yaygın bir iletişim ağı kurmak ve bu yolla işbirliği ortamı yaratmak.
- AB programlarına etkin katılımı sağlamak.

4.4.1.5. İstanbul Teknik Üniversitesi'nde Nanoteknoloji Eğitimi:

İTÜ Mühendislik Fakültelerinde ve Fen Edebiyat Fakültesi'ne bağlı bölümlerde nanobilim ve nanoteknoloji alanında çeşitli araştırma projeleri ve bu projelere paralel olarak eğitim çalışmaları yürütülmektedir. Fen Bilimleri Enstitüsüne bağlı Polymer Science & Technology Interdisciplinary Graduate Program ve İleri Teknolojiler programında bulunan bazı dersler ve yürütülen tez çalışmaları nanobilim ve nanoteknoloji alanında yer almaktadır. Son yıllarda bu alandaki gelişmelere paralel olarak yeni programlar ve dersler açılmakta ya da mevcut dersler bu gelişmeleri de kapsayacak biçimde zenginleştirilmektedir.

Özellikle Polymer Science & Technology Interdisciplinary Graduate Programda polimerik malzemelerin nanokarakterizasyonu ve karbon fiberlerle güçlendirilmiş kompozitleri ve iletken polimerlerin nanokarakterizasyonu konularında önemli altyapı ve araştırma olanakları oluşmuş ve bu konuda uluslararası yayınlar yapılmış ve Materials & Surface Science Institute University of Limerick –İrlanda ve Technical University of Berlin ile yapılan işbirlikleri ile karbon fiber yüzeyinin elektrokimyasal Modifikasyonu ve bu yüzeylerin ileri tekniklerle nanodüzeyde karakterizasyonları gerçekleştirilmiştir.

Bu bilgi birikimi ve İTÜ de değişik projeler TÜBİTAK Uluslararası -COST projesi, DPT ve İTÜ projeleri ile alınan cihazlarla araştırmacı sayısı artırılarak bu konularda, bitirme projesi, Master ve Doktora projeleri başlatılmış ve halen yürütülmektedir.

Öte yandan, Bu araştırma ve eğitim faaliyetlerine ek olarak İTÜ Kimya Mühendisliği ve Malzeme grubu ile karbon köpük malzemelerin iletken polimerlerle elektrokimyasal kaplanması ve bunların elektrokimyasal özellikleri, nanokarakterizasyon, Empedans ve iletkenlik ve mekanik özellikleri konusunda 2 öğrenci ile ortak araştırma devam etmektedir. Ayrıca yakıt

pillerinde karbon kompozit malzemelerin proton değişim membranlarında kullanımı ve yüksek kapasitansa sahip karbon-iletken polimer malzeme geliştirmeye yönelik ve uzun ömürlü pil üretimini sağlayacak TÜBİTAK-MAM kadrosunda bir elemana araştırma grubunda Y.Lisans çalışması başlatılmıştır. Bu kapsamda birkaç öğrencinin daha bu konuda çalışmaya başlaması beklenmektedir.

İTÜ'nün kuvvetli bilimsel alt yapısı yürütölen eğitim programlarının çeşitliliği ve Y.Lisans ve Doktora Eğitime verdiği önem nedeniyle DPT destekli birçok projeden sağlanan gelişmeler nanoteknoloji konusunda gelişmelere önemli bir altyapı oluşturacaktır.

İTÜ'de yürütölen eğitim çalışmalarını verilen dersler, tez çalışmaları ve açılan ya da açılması planlanan programların yanında değişik bölümlerdeki yarıiletkenler, elektronik cihazlar ve sensörler ve Fizik ve Kimya programındaki nanoteknoloji ve bu teknoloji için gerekli cihazların tanıtımı yanında polimerik malzemelerin nanokarakterizasyonu ve karbon fiberlerle güçlendirilmiş kompozitleri ve iletken polimerlerin nanokarakterizasyonu konuları ile ilgili olarak özellikle;

- Advances in Electrochemistry Polymer Science & Technology dersinde, Nanodüzeyde Yüzey Karakterizasyon Teknikleri (SEM,AFM, XPS, FIBSIMS, Reflectance FTIRATR, Reflectance Uv-vis Spektrophotometers,Raman Spektrophotometers, vs) tanıtılmakta ve bazıları laboratuarda öğrenci deneyi olarak gösterilmeye başlanmıştır.
- Ayrıca Electropolymerization dersinde iletken polimerler ve kompozitlerinin elektrokimyasal yöntemle sentezi ve bunların elektrokimyasal yöntemlerle özelliklerinin saptanması işlenmektedir. (Cyclic voltammetry, Chronoamperometry, Chronopotentiometry, Linear Sweep Volammetry, Electrochemical Impedance Spectroscopy, Four-point Probe Conductivities, Charge Measurements, etc)

4.4.1.6. Sabancı Üniversitesi'nde Nanoteknoloji Eğitimi:

Sabancı Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri'nde her yıl lisans ve yüksek lisans derecelerinde nanoteknoloji ile ilgili pek çok ders açılmaktadır. Bunlardan bir bölümü tüm dönem boyunca nanoteknoloji ile ilgili konuları işlerken, bir bölümü ise mikro düzeyde temel kuramları işledikten sonra dersin son bölümünde nano uygulamaları, nano düzeyde yapı/aygıt/sistem modellerini, zorlukları ve avantajları tartışmaktadır. Özellikle Malzeme Mühendisliği ve Mikroelektronik Mühendisliği programlarındaki pek çok ders müfredat dolayısıyla nanoteknoloji ve uygulamalarına yer vermektedir. Fakültede sunulan nanoteknoloji içerikli dersler aşağıda verilmiştir;

- **Nanoteknolojiye Giriş:** Farklı zaman ve uzunluk ölçeklerinde fiziksel ve kimyasal prensiplerin tekrarı. 1-100 nm aralığındaki yapılarla ilgili olaylara detaylı bakış. Bu ölçekteki moleküllerin ve molekül gruplarının davranışını yöneten fiziğin incelenmesi. Molekül içi ve moleküllerarası kuvvetler. Moleküllerin tümleşkesi. Nanoyapıların mekanik, optik, ve manyetik özellikleri. Nanoyapıların üretilmesi. Biyolojiden nanosistem örnekleri. Yüksek teknoloji malzemesi elde edilmesinde biyolojik moleküllerin taklit edilmesi.
- **Malzemelerin Elektrik, Optik ve Manyetik Özellikleri:** Bu derste malzemelerin genel özellikleri incelendikten sonra, nanoyapılarda bu elektrik, optik ve manyetik özelliklerin nasıl değiştiği ele alınmaktadır.
- **Malzeme Nitelendirme:** Malzemelerin atomik kompozisyonlarına ve uygulama alanlarına göre sınıflandırılması, malzemelerin kimyacı, fizikçi ve mühendisleri ilgilendiren konuları, fiziksel ve kimyasal özellikleri, yüzey ve kütle özellikleri, moleküler ve morfolojik bazda fizikokimyasal özellikleri, malzemelerin DSC, TGA, yüzey temas açısı, rheometrik, FT-IR, X-RD ve katı faz NMR karakterizasyonları ders ve uygulamalı laboratuvar olarak işlenmektedir.
- **Yarıiletken Aygıt Modelleme:** Bu derste CMOS elektronik devrelerde kanal boyu nano seviyelere doğru indikçe, transistör işleyişinin ileri fiziksel

analizi yapılmakta, kuvantum limitine yaklaştıkça transistörlerin elektronik özelliklerinin nasıl değiştiği incelenmektedir.

- **Mikroelektromekanik Sistemler:** Bu derste MEMS yapılar ve işleyiş prensipleri ayrıntılarıyla işlendikten sonra nanoelektromekanik sistemler (NEMS) ve işleyiş prensibindeki farklılıklar işlenmektedir.
- **Mikroişleme Teknolojileri:** Bu ders genel olarak CMOS mikro işleme teknolojileri üzerinde durmaktadır. Özellikle nanooptik desenleme sistemleri, ve nano desenleme ile ilgili sorunlar ayrıntıyla tartışılmaktadır.
- **Mikrosistemlerin Temelleri:** Bu dersin içerdiği temel konular mikro ve nanomekanik sistemlerin, mikro ve nano hareketin ve mikroskopik dünyadaki transportun modellenmesidir. Özel olarak incelenen konular mikron ve mikronaltı dünyada konuşlandırma; mikro hareketlerin kinematik ve dinamiği; elektrostatik, mikrosensör ve mikroaktüatörlerin modellenmesi ve dinamik mikro akışlar ve mikro ısı transferi.
- **Mekatronikte Özel Konular:** Bu dersin kapsamında yapılan çalışmalardan biri Karbon Nano Tüplerin (KNT) kimyasal sensörlerde kullanılması konusunda olmuştur. Bu çalışmada bir yüzeyi KNT'lerle kaplanmış iki elektrot arasındaki gazın ionizasyonunu sağlamak için elektrotlara uygulanan voltajın KNT yerleştirilmesinin fonksiyonu olarak nasıl değiştiği sayısal modelleme yoluyla elde edilmiştir.
- **Mikrosistemlerin İleri Analizi:** Bu dersin amacı mikro ve nano sistemlerin, mekanik, elektrostatik, magnetostatik, hidrolik, termal ve optik özelliklerinin ileri analiz ve modelleme yöntemlerinin öğretilmesidir. Ele alınacak başlıca konular şunlardır: mikrosistemlerin statik deformasyonu, rezonans karakteristikleri, ve elastik özellikleri; mikroakışların analizi, mikromekanik sistemlerin kayganlık özellikleri, vizkoz sönümleme, süreklilik hipotezi, ve moleküler akışlar; mikrosistemlerde enerji kaybı ve ısı transferi; elektrostatik, piezoelektrik, manyetik, termomekanik, hydropnömatik ve electoreolojik tahrik elemanları, enerji dönüşüm sistemleri.
- **Kuantum Hesaplama ve Kuantum Bilişi:** Ders, Sabancı Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi'nce açılmaktadır. Boğaziçi ve Koç Üniversitesi öğrencileri de almaktadır. Ders, üniversitelerin mühendislik ya da

fen programlarına devam eden lisans ve lisansüstü öğrencilere yöneliktir. Dersi takip etmek için kuantum mekaniğiyle ilgili bir ders almış olmak gerekmemektedir. Konular için gerektiği kadarı, ders sırasında tartışılmaktadır. Ders, kuantum mekaniğine genel bir girişle başlamakta, kuantum algoritmaları ve bilgisayarlarıyla devam etmektedir. Kuantum kriptografi ve ışınlama, bahsi geçen diğer konular arasındadır. Ders kitabı *Quantum Computation and Quantum Information* (M. A. Nielsen, I. L. Chuang, Cambridge, 2000) adlı eserdir.

- **Yarıiletken İşleme Teknolojileri:** Bu derste nanoteknoloji ile ilgili olarak ince film kaplama, ve kaplanan ince filmlerin yapısal karakterizasyonu, nano desenleme sistemleri, nanooptik desenleme, holografik desenleme, ve MBE, MOCVD gibi epitaksiyel büyütme sistemleri işlenmektedir.
- **Elektron Mikroskopisine Giriş:** Elektron optik ve difraksiyonu. Değişik türde elektron mikroskobu ve detektörlerin üretilmesi. Elektron optiği ve difraksiyon fiziği kullanılarak malzemelerin analizi ve bozukluklarının bulunması. Elektron mikroskopisi deneyleri.
- **İleri Yarıiletken Elemanlar Kuramı:** Yari iletken ve kati hal fiziğinde seçilmiş güncel konular; hidrodinamik ve Monte Carlo modelleri ile ilgili kapsamlı benzeşimler. Güncel çift kutuplu, ara bağlantısı ve alan etkili elemanlar. Mikronalti derin MOSFET teknolojileri, eleman modelleme yaklaşımları. Nanofotonik aletler ve işleme prensipleri.
- **Kuantum Elektroniği:** Radyasyonun uyarılmış emme ve yayınımları. Lazer salınıcıları. Doğrusal olmayan optik. Işığın kuantum kuramı.
- **Tümleşik Optik ve Optoelektronik:** Bu derste tümleşik fotonik devreler için optik aletlerin tasarımı ve incelenmesi yer almaktadır. Mikro/nano rezonator aletler, fotonik tümleştirme teknolojileri, fotonik kristaller işlenen konular arasındadır.
- **Katı Hal Fiziğinde Güncel Konular:** Nanoyapı malzemeler, sözde iki boyutlu sistemler ve süperörgüler, kuantum telleri, kuantum noktaları. Mezoskopik elektron sistemleri, uyumlu kuantum taşınımı, yerelleşme, evrensel iletkenlik salınımları, Bohm-Aharonov etkisi. Tek elektron olguları.

Quantum Hall etkileri. Nanoboyutlarda manyetizma, spin taşınımı. Taramalı tünelleme mikroskopisi ve ilgili teknikler.

4.4.1.7. TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi'nde Nanoteknoloji Eğitimi:

TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Gebze Yerleşkesinde nanoteknoloji konusu ile ilgili eğitim çalışmaları yapılmamaktadır. Ancak, Nanomalzeme, Sentez, Process ve Teknoloji Merkezinde konu ile ilgili Teknoloji Tanıtım Konferanslar ve Seminerler yapılmaktadır. Merkezde yapılan seminerler aşağıda verilmiştir.

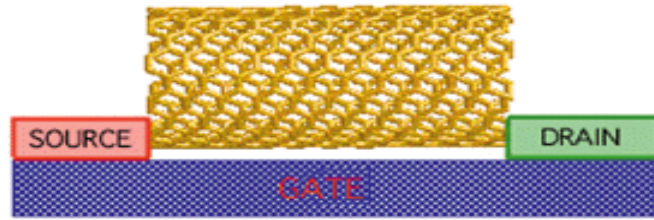
- Kuantum Yapılar: Kuyu, Nokta, Tel - Nedir?
- Nanoteknolojiler ve Nano-yapılı Malzeme Teknolojileri ve Uygulamaları,
- İleri Karbon Teknolojileri ve Uygulamaları,
- Püskürtme Pirofiz Yöntemi ile Nanokristal Toz Sentezi,
- Nanoteknolojilere Genel Bakış,
- Organik Yarıiletkenler,
- Nanolif Üretimi ve Kullanım Alanları,
- Karbon Nanotüpler,
- Tabakalı Kristal Nanopartikülleri ve Uygulamaları,

4.4.1.8. Yıldız Teknik Üniversitesi'nde Nanoteknoloji Eğitimi:

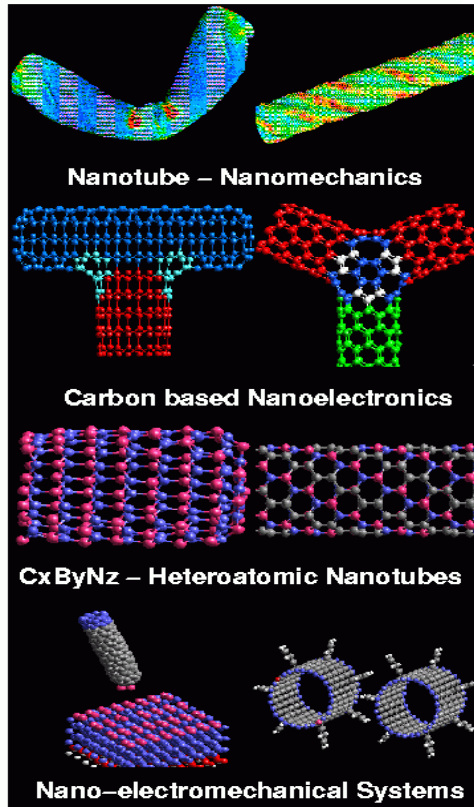
Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümünde “Nanoteknolojilerde ve Nanobilimde Karbon Nanotüpler” konulu ders mevcuttur. Bu ders, yüksek lisans ve doktora programlarının seçmeli dersi olarak kabul edilmiştir. Derste “Physical Properties of Carbon Nanotubes, R.Saito, G.Dresselhaus, M.S.Dresselhaus” kitabından faydalanılarak hazırlanan ders Türkçe olarak anlatıldıktan sonra öğrenciler güncel nanoteknoloji makalelerini proje olarak sunmaktadırlar. Ayrıca laboratuardaki bilgisayarlarda Karbon Nanotüp oluşturmak imkanı mevcuttur.

Dördüncü sınıf öğrencilerine Bitirme Tezi kapsamında Nanoteknolojinin ilginç konuları Türkçe olarak hazırlanmaktadır.

Aşağıda karbon nanotüplerin oluşturdukları şekiller resim ve gerçek görüntüleri ile verilmiştir. Karbon nanotüpler metal veya yarı iletken olabildikleri gibi, bir elmas sertliğinde ve 200 Giga Pascallık bir aksenal sağlamlıkta olabilmektedirler. Gelecekte karbon nanotüp kullanılarak nanoelektronikler, cihazlar, devreler ve bilgisayarlar yapılacağı öngörülmektedir.



Şekil – 7 Karbon Nanotüp



Şekil – 8 Üretilmiş karbon nanotüp modelleri

4.4.1.9. MSB AR-GE ve Teknoloji Dairesi Nanoteknoloji Çalışma Grubuna Sunulan Projeler:

Tablo – 3 Nanoteknoloji Projeleri

No	Kuruluş	Başlık
1	ODTÜ-Fizik	Daha Hızlı ve Yüksek Hassasiyete Sahip Yarı İletken Katalitik Özelliklere Sahip Malzemelerin ve ChemFET Türü Kimyasal Sensörlerin Geliştirilmesi
2	GYTE	Demir-Aluminat Nanofazlı yapıların oluşturulması
3	Yıldız Teknik Üniversitesi	Farklı Yapılı Nanotüplerin Sağlamlıklarının Simülasyon Yöntemi İle Test Edilmesi
4	İstanbul Teknik Üniversitesi	Karbonla güçlendirilmiş Polimerik kompozit malzeme, Elektrokimyasal,Morfolojik ve Spektroskopik Nanokompozit karakterizasyonu ve Modifiye edilmiş Karbon Fiber sensor
5	TÜBİTAK-MAM	Ulusal Güvenlik Sistemleri İçin Amaca Uygun İşlev Değiştirebilen Nano Yapılı Malzeme Sistemleri: Sentez, Proses Ve Üretim Teknolojisinin Geliştirilmesi
6.a.	Bilkent-Kimya	Yakın IR-Vis-UV aralığında Yüksek Soğurmalı Nanoyapılı ve Nanogözenekli Yarıiletkenleri Sentezi, Karakterizasyonu ve İşlenmesi
6.b.	Bilkent-Kimya	Optik sıcaklık sensörü ve ışık yayın diyotlar yapımında kullanılabilecek akıllı malzemeler
7	Bilkent-Fizik	Nano enerjetik: nano yapılara dayanan yeni yüksek patlayıcılar ve yakıt hücre uygulamaları
8	GYTE	Stealth Teknoloji ve mikrodalga uygulamaları için mikrodalga soğurucu nano malzeme geliştirme
9	Dokuz Eylül Üniversitesi	Nanoteknolojik yöntemler ile malzeme yüzey özelliklerinin iyileştirilmesi
10	Sabancı Üniversitesi	Nano yapı taşlarının manipülasyonu ve nano üretim

4.4.2. Rusya'da Nanoteknoloji Uygulamaları:

Rusya'da sadece bugünkü yapıda değil, nörolojik yapıda da olabilen çok hızlı bilgisayarların üretimine, Opto elektronikle yüksek bant genişliğinde foto alıcıların yapımına, Kimya endüstrisinde radikal değişiklik yapacak nanoteknolojik elektronik üretim mümkün olacaktır. Başlıca laboratuvarlarda oldukça ileri mesafe alınmıştır. Endüstride alışılan üretim teknikleri yerine molekül robotları ile atom ve moleküllerden kopyalama aletleri ile sentezlenecektir. 21. yy başında bu alanda her tür maddenin sentezlendiği önemli başarı sağlanabilecektir. Tarımda bitki ve hayvanlar gibi yiyecek üreten doğal makineler, yani moleküler robotlar geliştirilip kullanılacaktır. Yaşayan organlardaki gibi, ama çok kısa sürede ve etkili şekilde üretilecektir. Bu tür tarım doğa koşullarına bağımlı olmayacak ve büyük bir fiziksel iş istemeyecektir. Yiyecek sorununu da kökünden çözecektir. Bu tür üretimler 21.yy ortalarında gerçekleşecektir. 21. yy başına kadar iki boyutlu elektronik devre yerine hacimsel devreler yapılacaktır.

Rusya'da boyutları atom ve moleküllerle karşılaştırılabilir ölçüde elektronik devrelerin yapımı konusunda ve bir molekül büyüklüğünde nano aletlerin, nano robotların geliştirilmesi konularında çalışmalar yürütülmektedir. Tuğla ve briket örerek bir binanın yapımına benzer şekilde atom ve molekülleri tek, tek yakalayarak çeşitli maddelerin sentezlenmesi konusunda çalışma yapılmaktadır.

Bu, iki şekilde yapılmaktadır:

- Mevcut bir maddenin yapısında atomların düzenini değiştirmek. Karbon yapısını değiştirerek elmas üretmek bu uygulamaya güzel bir örnektir.
- Küçük moleküllerden büyük molekülleri sentezleme, buna su ve karbondioksitten bitkiler gibi şeker ve nişastayı sentezlemek örnek gösterilebilir.

Yakın gelecekte nanoteknoloji akıllı devrelerin yapımında da uygulama bulacaktır. Bugün litografi örneklerinde uygun yarı iletkenler içine sedimente

edilerek kullanımının sınırları zorlanmaktadır. Kişisel bilgisayarların çalışma frekansı terahertz büyüklüğüne ulaşacaktır. Nöron benzeri protein molekülleri ile PC hafızaları Terabite (TB) ulaşacaktır. Ekolojide 21.yüzyılın ortasında insanların aktifliği ile zararlı maddelerin oluşumu önlenmiş olacaktır. Moleküler hijyen robotları geliştirilecektir. Atıklar bir başka maddenin üretilmesi için çıkış maddesi olarak kullanılırken, bir yandan da tarımsal üretimde nanoteknolojik tekniklerle atık üretilmesi önlenecektir. Tıpta 21.yüzyılın ilk yarısında moleküler doktor robotlar geliştirilecektir. İnsan organında yaşayan bu robotlar organın zarar görmesini önleyecek veya gördüğü zararı tamir edecektir. Biyolojide 21.yüzyılın ortasında insan organı içinde doğrudan zarar gören veya ölen organın atomlarından tekrar sentezini sağlayacaktır. Yeni tip biyo robotlar geliştirilecektir.

4.4.3. Polonya’da Nanoteknoloji Uygulamaları:

Polonyanın nanoteknoloji dalındaki çalışmaları olarak ;

- Nanokristal tozlar,
- Metallerden nano maddeler ve nano maddelerin elektronikte kullanılması,
- Organik nano maddelerin sentezi, yumuşak, manyetik nano maddeler,
- Şarj edilebilir Lityum pil ve aküler üretimi için seramik nano maddeler sentezi,
- Polimer yapı ve yüzey hacim özelliğinden nano bağlantı araçlar yapımı, konularını sayabiliriz.

4.4.4. Çek Cumhuriyeti’nde Nanoteknoloji Uygulamaları:

Çek Cumhuriyeti’nin nanoteknoloji dalındaki çalışmaları olarak ;

- Yeni teknoloji ve yoğun madde nano maddeler,
- Moleküler biyofizik ve nükleik asitler, proteinler ve porfirinler araştırılırken, bir yandan da yarı iletkenler manyetooptik çalışmalar yapılıyor.
- Nano kompozitler ve magnezyum alaşımları,

- Nano kristal tozlar,
 - İnce tabaka ve metal kaplama,
 - Makro molekül fiziği ve plazma polimerleri, yüzey değiştirme, plazma polimer matrislerde yarı iletken ve metaller, nano kompozit maddeler üretimi,
 - Fizikokimya enstitüsünde cam üzerinde CDSe nano kristalleri çöktürme, CsCl matrisinde CsPbCl ve InAs nano kristalleri araştırılıyor. Yeni bilgisayar malzeme ve araçları üzerinde çalışma,
 - Blok copolimer mişeller,
 - Nano kaplama yüzeyler ve yarı iletken nano yapılar,
 - Fulleron ve nano tüp üretimi,
 - NMR spektroskopisi ile organik, biyoorganik molekküller ve moleküler modellerin incelenmesi,
 - Nükleik asitler, proteinler, polimerlerin yapıları ve tayini,
 - Süper manyetik toz nano parçacıklar
 - Akıllı molekküller ve yapılar,
 - Nanometrik boyutta ince yüzey kaplamaları, fonksiyon derecelendirme araçları, nano yapılar, yapısal seramikler, gelişmiş teknolojik işlemler, kesit yerlerinin dayanıklılığı,
 - Nano benzerlik ölçümleri,
 - Silisyum üzerinde halogram oluşumu,
- konularını sayabiliriz.

4.4.5. ABD’de Nanoteknoloji Uygulamaları:

Birleşik Devletler Ulusal Nanoteknoloji Merkezi 2001 yılında ileriye dönük olarak destekleyeceği 8 adet nanoteknoloji konu başlığını, materyaller, elektronik, sağlık, enerji, çevre, robotlar, emniyet, meteoroloji olarak belirlemiştir. Bunlardan ilk üçü ise en hızlı gelişen sektörler olarak ifade edilmiştir. [Shea, 2005]

ABD savunma bakanlığı (DoD), ABD’de nanoteknoloji araştırmaları için devlet desteği alan ikinci büyük kurumdur. (Birinci kurum National Science

Foundation). Artan terörizm tehditi ve teknoloji ile sürülen harp nevelerine olan ihtiyaçtaki büyüme ABD silahlı kuvvetlerinin atom teknolojilerine yatırım yapma kararlılığını arttırmıştır.

Mart 2002’de ABD kara kuvvetleri 50 milyon dolar bütçe ile Massachusetts Institute of Technology, MIT bünyesinde 5 yıllık bir enstitü kurmuştur (Institute for Soldier Nanotechnologies). Bu enstitünün çalışmalarına başta Raytheon olmak üzere pek çok savunma sanayii firması katılmakta olup, askerin korunması ve hayatta kalabilirliğini arttırmak üzere “atomtech” üzerine araştırmalar yapılmaktadır.

ABD nanoteknolojiye en büyük yatırımı yapan ülke durumundadır. ABD 2005’de başlayıp 4 yıla yayılacak olan nano initiative için 3.7 milyar dolar ayırmayı planlamış ve araştırma ve geliştirme faaliyetlerine ayırmıştır. Bush yönetiminde hükümet tarafından desteklenen yaklaşık 10 merkeze 2006 yılında 1milyar dolar ayrılması planlanmıştır. ABD hükümetine bağlı DOE, DOD, NSF, NIH, NIST, EPA, NASA bu kurumlar arasındadır.

Doğrudan ABD başkanına bağlı ‘Ulusal Bilim ve Teknoloji Komitesinin’ altında çalışan ‘Nano boyutta Bilim Mühendislik ve Teknoloji Alt Komitesi’ nanoteknoloji alanındaki araştırmaların sivil ve askeri boyutlarını ve önceliklerini belirleyip başkana sunmaktadır. Bu komitenin çalışmaları stratejik açıdan olduğu kadar bilimsel gelişme ve kalkınma alanında da büyük önem taşımaktadır. Bu komitenin Aralık ayı raporu http://www.nano.gov/NNI_Strategic_Plan_2004.pdf adresinden temin edilebilir. Bu rapordaki önemli başlıklar aşağıda sıralanmıştır. [MSB-Nano Teknoloji Raporu]

4.4.5.1. Nanoteknoloji Çalışmalarının Amaçları:

- Nanoteknolojinin potansiyelinin tamamıyla çıkartılması için dünya çapında araştırma geliştirme çalışmalarının idame ettirilmesi,
- Geliştirilen teknolojilerin ürüne dönüştürülmesini sağlamak,
- Eğitim ve deneyimli beceri edinmiş iş gücünün geliştirilmesi,

- Nanoteknolojinin sorumlulukla geliştirilmesine destek olunması.

4.4.5.2. Yatırım öncelikli alanlar:

- Nano boyuttaki dünyanın doğası ve süreçlerinde temel araştırmalar,
- Nanomalzemeler,
- Nano boyutlu aygıtlar ve sistemler,
- Ölçme ve standartların geliştirilmesi,
- Nano üretim,
- Başlıca araştırma merkezlerinin kurulması,
- Toplumsal boyutlar,

4.4.6. Japonya’da Nanoteknoloji Uygulamaları:

Japonya, ABD’yi takip eden ve çok iyi bir alt yapıya sahip, çok güçlü bir devlet politikası izleyen ikinci ülke durumundadır. Japonya bir yıl içerisinde yaklaşık 90%’ı hükümet tarafından olmak üzere 1 milyar doları AR-GE ve üretime yakın projelerin desteklenmesine harcamıştır. ABD’yi yakından izleyen Japon hükümeti de daha önce benzeri görülmemiş parasal destekleri nanoteknoloji için seferber etmiştir. [MSB-Nano Teknoloji Raporu]

4.4.7. Avrupa Birliği’nde Nanoteknoloji Uygulamaları:

Avrupa Birliğinde, ABD ve Japonya’yı takip edebilmek için, Nanoteknoloji öncelikli bir alan olarak seçilmiştir. Beş yıllık bir süre için nanoteknoloji ve ilgili alanlara 1.3 milyar Avro destek ayrılmıştır. Bir sonraki beş yıllık araştırma destekleme döneminde bu desteğin iki katına çıkartılması planlanmaktadır. 2004 de yayınlanan 'Towards a European strategy for nanotechnology` raporunda Avrupa da bu sahadaki atılımlar için gerekli adımlar AR-GE yatırımı ve gerekli altyapının oluşturulması, bu sahada araştırmacı yetiştirilmesi, teknoloji transferi ve uluslararası işbirliği olarak ifade edilmiştir. Almanya, Avrupa’da nanoteknolojide lider olan ülke

durumundadır. Almanya’da birçok yere Nanoteknoloji araştırma merkezleri kurulmaktadır. Avrupa’daki nanoteknoloji firmalarının yarısından çoğu Almanya kökenlidir. Patent sahasındaysa ABD’den sonra ikinci sıradadır. Alman hükümeti yılda yaklaşık 300 milyon Avro’luk kaynağı nanoteknolojiye yatırmaktadır. Bu bütçeler hükümetlere bağlı araştırma merkezlerinde, üniversitelerde ve özel sektöre ait araştırma/geliştirme merkezlerinde nanoteknolojinin altyapısını oluşturmak, nanoteknoloji konusunda temel araştırmayı desteklemek, yeni buluşlara yol açmak ve nano ürünlere ulaşmak amacını taşımaktadır.

Nanoteknoloji sahasındaki çalışmaların büyük bir kısmı savunma, enerji, sağlık, enformasyon, çevre ve ulaşım sahalarında bir etkiyi hedeflemektedir. Birliğin küçük ülkelerinden olan İrlanda yeni teknolojilere yaptığı yatırımla son 15 yıl içerisinde milli gelirini 5 kat arttırarak İngiltere’nin üzerinde yer almıştır. Nüfusu 5 Milyon olan bu ülke nanoteknolojinin ileride ekonomik açıdan çok önemli olacağı düşüncesi ile bu konuya 500 Milyon Avro ayırmış ve şimdiden Tyndall Institute gibi tüm Avrupa tarafından bilinen bir Avrupa nanoteknoloji merkezi kurmuştur.

Birlik ülkelerinden özellikle Fransa ve İngiltere de nanoteknoloji alanında projelere yüksek maddi destek sağlanmaktadır. Avrupa’da üniversitelerinde nanobilim ve nanoteknoloji konusunda eğitim veren bölümler açılmıştır. Bu gün nanoteknoloji konusunda öncül araştırma yapan birçok bilim adamı Fransa ve İspanya’dan çıkmaktadır. AB desteği ile Doğu Avrupa ülkelerinin işbirliği ile FP6 çerçevesinde birçok merkez kurulmuş ve bu konuda Doğu Avrupa ülkelerinin hızla gelişmesine hizmet vermektedir. ABD ve Japonya’daki nanoteknolojide kaydedilen gelişmeler Avrupa Birliği tarafından yakından takip edilmekte ve bu konularda Avrupa’nın bu iki devletin gerisinde kalmaması hedeflenmektedir. [MSB-Nano Teknoloji Raporu]

4.4.8. İsrail’de Nanoteknoloji Uygulamaları:

Nanoteknoloji İsrail’in bilim ve araştırma projelerinde en öncelikli konumdadır. Nanoteknoloji faaliyetleri eski başbakan Simon Perez tarafından koordine edilmektedir. Çok sayıda bilim adamı araştırmalarını nanoteknolojiye kaydırmış bulunmaktadır. Oluşturdukları üniversite temelli araştırma merkezlerinde yaklaşık 100 milyon dolarlık bir altyapı ve yılda yaklaşık 20 milyon dolarlık operasyon harcamasıyla orta doğu bölgesindeki nanoteknoloji faaliyetlerinin en kapsamlısını yapmaktadırlar. Önümüzdeki 5 yıllık planlarında bu bütçeyi 300 milyon dolara artırmayı planlamaktadırlar. ABD ile olan teknolojik işbirliği İsrail’e büyük bir avantaj sağlamaktadır. [MSB-Nano Teknoloji Raporu]

4.4.9. Asya’da Nanoteknoloji Uygulamaları:

Nanoteknoloji konusunda Asya’da Kore ve Çin parlayan yıldız olarak uygulamaya yönelik çeşitli projelerle ilgilenmektedirler. Asya’da Tayvan yaklaşık 600 milyon dolarlık bir bütçeyle önümüzdeki 6 yıllık bir program dahilinde nanoteknoloji alt yapısını ve endüstrisini hazırlamaya çalışmaktadır. 2010 yılında 1500 firma ve 1 trilyon dolarlık bir geri dönüşüm öngörmektedirler.

Asya’daki bir diğer göze çarpan ülke Kore olup son yıllarda yapmış olduğu alt yapı yatırımları ve hükümet politikalarıyla önümüzdeki yıllarda dünya çapında bir ülke olma yolundadır. Geçen süre içerisinde karbon nanotüplerden monitör yapmışlardır.

4.4.10. Diğer Ülkelerde Nanoteknoloji Uygulamaları:

Rusya, Yunanistan, Bulgaristan, Romanya, Ukrayna’da nanoteknoloji alanında araştırma sayıları hızla artmaktadır. Yunanistan Avrupa Birliğinden nanoteknoloji projeleri için büyük destekler sağlamaktadır. Yunanistan AB girdikten sonra aldığı finansman ve eğitim desteği ile teknolojik konulardaki

araştırmalarında sıçrama yapmıştır. Kuluğka döneminde olan bu nanoteknoloji araştırmalarının yakın bir gelecekte meyvelerini alacaktır.

Sonuç olarak tüm ileri gelen dünya devletleri nanoteknoloji konusunda önemli bir atılım halindedir. 21. yüzyılın ekonomik ve siyasi dengelerini belirleyecek olan bu yeni teknolojilerin ülkemizde gelişmesi ve bu teknolojiye dayalı rnlerin Türkiye’de üretilmesi ülkemizin gelişmiş ülkeler kategorisinde yer almasında önemli bir yer alacaktır. [MSB-Nano Teknoloji Raporu]

4.5. Nanoteknolojinin Günümüzde Tipik Uygulama rnekleri:

lkeler nanoteknoloji hedeflerini belirlemiş olarak aşağıda belirtilmiş olan ana başlıklarda AR-GE, ve yatırımlarını planlamaktadırlar.

- Karbon nanotüp ve nano litografi,
- Karbon lifler üreterek hidrojen bataryası olarak kullanma,
- Nano kütüphaneler,
- Veri bilgi depolama (Noval data storage system),
- Hücre onarım robotları (Cell repair units),
- Coca-Cola plastik şişelerin monolayer silisyum dioksitle kaplayarak cam ve plastiğin üstün özelliklerinin birleştirilmesi,
- Polietilen retiminde zincir yapısı değişimi ile çelikten sağlam taşıyıcı halat retimi (Kevlar),
- n ve p tipi transistör ve elektronik devrelerin imali,
- Femto saniye nanoteknoloji ile moleküllerde birçok kimyasal ve fiziksel özelliğin llmesi.

4.6. Nanotehlike:

Mini robotları roket, füze, casusluk alanında kullanmayı planlayan beyinler, nanoteknolojinin, atom bombasında olduğu gibi ülkelerin glk

gösterisinde önemli rol oynayacağını düşünmekteler. Nanoteknolojinin öncüsü Drexler'in kaygılarının ana teması da savaş alanında fikirlerinin kullanılmasıdır. Onun düşüncelerine göre füze veya uzay istasyonu imalatı normalde çok pahalı ve yüksek teknoloji ürünü olması nedeniyle siyasi güç dengesini bozuyor. Oysa nanoteknolojiyle kimyasal silahların ya da casusluk aracı olarak kullanılması laboratuvarlarda gerçekleşeceği için her ülkenin sahip olabileceği bir güçtür ve işin tehlikeli yanını da burası oluşturmaktadır.

Gelecek bilimcileri 3. Dünya savaşının çıkma sebebinin büyük bir ihtimalle nanoteknoloji olacağını ifade ediyorlar. Dinleme cihazlarından gizli kameralara, radarların baştan değiştirilmesini gerektirecek bombalar, roketler hep nanoteknolojinin marifeti olacağı öngörülüyor. Drexler'in genetik ve bilgisayar sistemleri için düşündüğü nanoteknolojinin bu alanlara kayması tarihe bakıldığında çok normal karşılanabilir. Fakat iş sırf savaş alanında da bitmiyor. İnsan DNA'sını tamir eden nano robotlar aynı zamanda hasar da verebilir. Kimyasal silahlar baştan nano yapılar sayesinde ele alınabilir.

Kapitalist devletlerin bu alana yaptıkları hızlı yatırım aslında 2. Dünya ülkelerini bu teknolojiyi elde edene kadar mağdur edebilir. Arkadan gelecek olan ülkelerin ürünlerini çok daha önceden yapabilecek olan kapitalist devletler atomlardan mısırı, şekeri, petrolü, elmayı yapabilir duruma gelebilirler. Bu ise ithalat-ihracat dengelerini ciddi bir biçimde sarsacaktır. Durumun ciddi olduğunu anlayan hukuk adamları ise nanoteknoloji yasasının da insan klonlama, kolonileşme, yada DNA şifrelerinde gösterilen hassasiyet ölçüsünde değerlendirilmesi gerektiğini belirtiyorlar. Hükümetlerin kendi aralarında ortak olarak değerlendirip hakem kurulu önünde karara bağlayacakları bu durum ceza, idari ve çevresel olarak belirlenmesi daha şimdilerden bir zorunluluk olarak gözükmektedir.

Nanoteknoloji yukarıda sıraladığımız yeni yeteneklerin yanı sıra, yeni tehditlerin de ortaya çıkmasına sebep olabilecektir. Özellikle, etik nedenlerle

hükümetlerin yapmayacağı ve kullanmayacağı varsayılan silahlar terör örgütleri tarafından kullanılma tehlikesi ile karşı karşıyadır.

Hayvan ve bitki türlerinin nanoteknolojik manipölasyonu sonucu yeni tehditlerin ortaya çıkması muhtemeldir ve bunların tespiti de çok zor olacaktır. Yine teröristlerin ulusal altyapılara yönelteceği, tarımsal ve hayvansal ürünleri etkileyecek, takip edilemeyecek aktiviteler ciddi tehditler oluşturmaktadır.

[MSB-Nano Teknoloji Raporu]

5. ÜLKE OLARAK NANOTEKNOLOJİYE STRATEJİK YAKLAŞIMIMIZ NASIL OLMALIDIR?

“Devletin her konuda bilinçlendirilmesi zordur. Devlet dediğimiz de kişilerden oluşuyor. Aslında nanoteknolojinin önemi konusunda toplumda bir bilinçlenme var. İki sene önceye oranla şu an daha fazla ilgi mevcut. BİLKENT’in de buna katkısı oldu, gazetelere çıktık, yayınlar yaptık. Bununla birlikte silahlı kuvvetlere, MSB’ye DPT’ye savunma sanayine yani devlete gidip genel tanıtımlar yaptık. Bu gün Başbakan’a, DPT Müsteşarına, Savunma Sanayi Bakanı’na gidip sorsanız “Nanoteknoloji önemlidir” der. Çünkü biz onlara gittik ve bu konunun önemini anlattık onlar da inandılar ama bir süre sonra da unutulur bu yüzden sık sık hatırlatmak lazım. Toplumsal olaylarda da bu böyledir. İlk etapta bu olay çok önemli imiş diyorsunuz konuyu daha önceden bilseniz bile gazetelerde çıkınca konu daha da dikkatinizi çekiyor.

Çoğunlukla devletlerarası ilişkilerde gücün tanımı aslında ekonomik olarak güçlülüğün de tanımı anlamına gelebiliyor. Bu durumda da hem kurum, hem kişi hem proje için güç, muhteviyatında bulundurduğu ekonomik güç anlamına geliyor. Bu temelde devletin nanoteknolojiye ayırdığı kaynak, aslında ona verdiği önemin de bir göstergesidir. Fakat bununla birlikte elimizde Türkiye Cumhuriyeti Nanoteknolojiye şu kadar kaynak ayırdı diye bir istatistik yok. Bunu biz yapamayız. Devlet istatistik kurumu da henüz böyle bir şey yapmadı fakat bir artış söz konusu. Bu artış aynı zamanda TÜBİTAK’ın bütçesinin artmasından da kaynaklanıyor. Fakat diğer konulara oranla daha fazla artış var mı derseniz evet var ama büyük oranda değil. “[ÖZBAY, 2007]

Nanobilim ve nanoteknoloji olarak nitelendirilen bu farklılıklar yaklaşık 10 seneden beri dünya ülkelerinin sivil, askeri bilim ve teknoloji stratejilerini belirler hale gelmiştir. Nano ölçek seviyesinde malzemelerin özellikleri makroskopik ölçekten tamamen farklı olup nano ölçeğe yaklaştıkça birçok

özel ve yararlı olay ve yeni özellikler ortaya çıkmaktadır. Örneğin, iletim özellikleri (momentum, enerji ve kütle) artık sürekli olarak değil ancak kesikli olarak tarif edilmektedir. Benzer olarak, optik, elektronik, manyetik ve kimyasal davranışlar klasik değil kuantum fiziği temelli olarak tanımlanmaktadır. Şimdi maddeyi nanometre seviyesinde işleyerek ve ortaya çıkan değişik özellikleri kullanarak, yeni teknolojik nano ölçekte aygıtlar ve malzemeler yapmak mümkün olmuştur. Örneğin, tarama tünelleme ve atomik kuvvet mikroskoplarını kullanarak yüzey üzerinde atomları iterek birbirlerinden ayırmak ve istenilen şekilde dizmek mümkündür.

Bütün bu gelişmeler, 19. yüzyılda dünyayı yeniden şekillendiren sanayi devrimine eşdeğer bir bilimsel ve teknolojik devrim başlatmıştır. Bu şekilde atom ve moleküller ile oynayarak tek molekülden oluşan transistör ve elektronik aygıtlar gerçekleştirilmiştir ve dünyada birçok grubun aktif çalışmaları ile geliştirilmektedir. Bütün bu çalışmalar ve gelişmeler elektronik, kimya, fizik, malzeme bilimi, uzay ve hatta sağlık bilimlerini bir ortak arakesitte buluşturmuştur. Önümüzdeki birkaç on yıl içerisinde nanoteknoloji sayesinde süper hızlı bilgisayarlara mikroskop altında bakılabilecek, insan vücudunun içinde hastalıklı dokuyu bulup iyileştiren, ameliyat yapan nano robotlar bulunabilecek, insan beyninin kapasitesi ek nano hafızalarla güçlendirilebilecek, kirliliği önleyen nano parçacıklar sayesinde fabrikalar çevreyi çok daha az kirletecektir. Ulusal güvenliği ilgilendiren konularda nano malzeme bilimi, yeni savunma sistemlerinin geliştirilmesinde, haber alma/gizlilik konularına yönelik çok küçük boyutlarda aygıtların yapılmasında kullanılacaktır.

Birim ağırlık başına şu andakinden 50 kat daha hafif ve çok daha dayanıklı malzemeler üretilebilecek ve bunların sonucu olarak insanın günlük yaşamında kullandığı tekstil ürünleri gibi ürünler değişebilecektir. Uzay araştırmalarında ve havacılıkta yeni roket ve uçak tasarımlarının ortaya çıkması mümkün olacaktır.

Nano bilim ve nanoteknolojinin odak noktaları, düşük boyutlarda baskın hale geçen boyut, sınır ve kuantum etkileri gibi temel fizik araştırması içeren konuların yanında, atomik boyutlarda görüntülemeye deneysel yöntemlerin geliştirilmesi, Angström altı (10⁻¹⁰ metreden küçük) boyutlarda ölçüm yapabilme teknikleri, düşük boyutlarda eş tip malzeme üretebilme, malzeme yapısını atomik boyutlarda kontrol edebilme, kızılaltı ve morötesi radyasyonlara tepkisi kontrol edilebilir malzeme ve özel amaca yönelik aygıt geliştirme yöntemleridir. Bilgisayar çağının başları olan 1950'lerden bu yana yaklaşık her 18 ayda bir bilgisayar performansının iki katına çıktığı ve büyüklüğünün yarıya indiği bilinmektedir (Moore kuralı). Bu kural 2020'li yıllara kadar geçerliliğini koruyacak; bu yıllarda, üretilen bilgisayarlar moleküler boyutlara kadar gelip dayanacaktır. Şu anda 40 milyon transistörlü bir işlemci, 2015 yılında 5 milyar transistörden oluşacaktır. Bu şekilde bilgi işleme hızı oldukça artarken enerji kullanımı çok az indirilebilecektir.

Nanoteknoloji devriminin insanlığın yakın geleceğinde yaratacağı değişiklik sadece ana hatları ile tahmin edilebilir. Öyle görünmektedir ki, nanoteknoloji önümüzdeki birkaç on yıl içinde uygarlığa damgasını vuracaktır. Bu gelişmelere hazırlık açısından zayıf ve güçlü ülkeler arasındaki fark artacaktır. Ulusal güvenliğimiz için tek yol bu teknolojiye hazırlıklı olmak ve bu tür konularda hem temel bilimler açısından hemde teknolojik olarak ön sıralarda yer almaktır. Geç kalınmadan TÜBİTAK ve diğer ulusal araştırmaları destekleyen kuruluşların bu tür kritik araştırmaları desteklenmelidir. Nanobilim ve nanoteknoloji çok çeşitli alanlarda hızla yaşamımıza girmektedir. Bu etki bilişim ve haberleşmeden başlamakta, savunma sanayi, uzay ve uçak teknolojileri ve hatta moleküler biyoloji ve gen mühendisliğine kadar uzanmaktadır.

Nanoteknoloji ABD'de, ekonomistlerin yönlendirmesi ile, Başkan Bill Clinton tarafından yaklaşık 10 sene önce en öncelikli ve kritik alan olarak ilan edilmiş, dolayısı ile ABD'nin en çok desteklenen programlarından olmuştur. Bunun sonucunda ABD'de büyük araştırma merkezleri ve üniversite araştırma üçgenleri kurulmuştur. ABD'de yalnızca devlet ajanslarının

nanobilim ve nanoteknoloji için ayırdıkları araştırma bütçeleri milyar dolardan fazladır. ABD'yi yakından izleyen Japon hükümeti de daha önce benzeri görülmemiş parasal destekleri nanoteknoloji için seferber etmiştir. ABD ve Japonyadaki gelişmeleri kaygı ile izleyen Avrupa Birliği, teknolojilerinin 10 yıl sonra bu iki ülke ile yarışabilmesi için 6. Çerçeve Programında nanobilim ve nanoteknolojiyi öncelikli alan olarak ilan etmiş ve son dört yıl boyunca bu alandaki araştırmaları desteklemek üzere 1.3 Milyar Avro ödenek ayırmıştır. Ancak, bu meblağın birlik ülkelerinin milli bütçelerinden ayırdıkları kaynakların toplamının çok küçük bir bölümü olduğu ifade edilmektedir. Ülke bazında özel ve kamu kuruluşları ise bu miktarın belki toplam 7-8 katını bulabilecek harcamalar yapmayı planlamaktadırlar.

Komşumuz Yunanistan'ın Girit adasında kurulu, 500 doktoralı araştırmacının çalıştığı Heraklion Araştırma Merkezinde nanoteknoloji geliştirme üzerine yoğun araştırmalar yapılmakta ve bu araştırmalara Avrupa Birliği'nden milyonlarca Avro destek verilmektedir. İsrail bu konuda çok hızlı davranarak çok sayıda tanınmış bilim adamını "Nanocenter" kuruluşlarında toplamıştır. İrlanda nüfus olarak çok küçük bir ülke olmasına rağmen 630 Milyon Avro miktarında bir kaynağı nanoteknolojiye aktarmıştır. Nanoteknolojiden gelecek 10-15 yıl içinde büyük ve sürpriz çıktılar ve yeni pazarlar beklenmektedir.

Avrupa'da, ABD'de ve Japonya'da yüzlerce nanoteknoloji araştırma merkezi, üniversitelerde bölümler kurulduğu ve uzman kadroların bu merkezlerde bir yarış ortamında, önce ulusal, sonra ticari çıkarlarına yönelik olarak bilgi ve teknoloji ürettikleri gerçeği çok açık bir şekilde görülmektedir. Nanoteknoloji ile gelişmiş ülkelerle gelişmemiş ülkeler arasındaki ara kapanamayacak ve katlanarak artacak; nanoteknolojiye sahip olan ülkelerin refah seviyesi, ulusal savunması ve ekonomisi daha güçlü bir konuma gelecektir. Bu bağlamda zamanında endüstriyel ve mikro elektronik enformatik devrimlerini yakalayamayan ülkemizde, ekonomik ve bilimsel gelişme ve refah için nanoteknoloji yakalanabilinecek en son fırsat olmaktadır. Bu fırsatın yakalanabilmesi ancak, ulusal boyutta uzman

kadronun güçlendirilmesi, eğitim ve nesilden nesile aktarılacak teknoloji birikiminin önünün açılması ile mümkün olacaktır. Bu yolların açılması ile ülkemiz, kritik olan bu uygarlık ve refah düzeyine çok daha aktif olarak katkı sağlayabilecektir.

Nanoteknolojinin belli alanlarına girip teknoloji geliştiren Türkiye, Finlandiya'daki Nokia örneği uluslararası dev nanoteknoloji ürünü çıkarabilen bir ülke konumuna gelecektir. Bunun ülke refahına ve ekonomik gücüne, yaşayan halkının kendisi ve dünya ile daha bütünleşik olarak yaşamasına büyük katkısı olacaktır. Ülkemiz, çağımızın insan yaşamını birkaç onyıl içinde büyük ölçekte yeniden düzenleyecek olan bu kritik gelişmelere şu ana kadar seyirci kalmıştır. Özel olarak nano bilim ve nano teknoloji araştırmalarına yönelik kapsamlı bir araştırma planımız bulunmamaktadır. Avrupa Birliği 6. Çerçeve Programı için hazırlanan bir raporda Avrupa'da ulusal bir nanoteknoloji planı bulunmayan ülkelerin sadece MALTA ve TÜRKİYE olduğu belirtilmiştir. ["AB aday ülkelerinde nanoteknoloji raporu" <http://www.cordis.lu/nanotechnology/src/publication.htm>] veya [<http://www.nanoforum.org/dateien/temp/Nanotechnology%20in%20the%20Candidate%20Countries.pdf?12082003150227>]

Bu planın hazırlanması ve bunun gerektirdiği araştırma altyapısına verilecek destekte geç kalınması halinde, Türkiye bu son fırsatı da kaçıracaktır. En önemli husus ise, Türkiye bu fırsatı da kaçırırsa, nanoteknoloji ürünleri (aygıtlar, detektörler, hızlı bilgisayarlar, uzay, uçak teknolojileri, tıp teknolojisi, gen terapi vb) için bu teknolojiye hükmeden ülkelere alışık olduğumuzdan çok daha büyük bedeller ödemek zorunda kalacaktır. Özellikle ülke için hayati bir öneme haiz olan ulusal savunmaya nanoteknoloji hızla girmektedir ki bu durumda, yüksek olan bu bedeli ödemeyi göze alsa bile bu teknolojileri almak mümkün olmayabilir. Öte yandan, nanobilim ve nanoteknoloji için ayrılacak yılda 15 milyon dolarlık bir fon birkaç sene içersinde katlanmış olarak ülke ekonomisine geri dönecektir.

“İnsan elinde ne varsa onunla yetinmek zorunda. Bizim kendi (BİLKENT Üniversitesi) bilgi birikimimizi Aselsan vasıtasıyla ulusal savunma sanayine uyguladığımızı düşünüyorum ve buna devam edeceğiz. Şu an biz nano teknoloji kullanarak Türk Ordusunun gelecekte kullanacağı sistemleri geliştirmeye çalışıyoruz. Aselsan ile özellikle nanoteknoloji kullanarak ordunun elektrooptik sistemlerini geliştirdik. Aselsan bu konuda oldukça iyi bir örnektir. Sivil sektörde ise Arçelik ile beyaz eşyada önemli bir noktadayız, hem kendimizi geliştirmek hem de dünyadaki yerimizi tutmak istiyorsak çalışmalarımız başladığı şekilde ve artarak devam etmeli. Mesela bir buzdolabında 19 farklı sensör var eğer siz bunu nanoteknoloji ile daha ucuz ve daha iyi olarak yapabiliyorsanız öne geçiyorsunuz. DYÖ zaten nano kaplama alanında bir şeyler yapmış durumda. Bu konuda Türkiye olarak daha da iyi şeyler yapacağımızı düşünüyorum.

Nano Tıp konusunda sıfırdan yeni ve önemli bir projeye başlıyoruz. Kanser ilacının ufacık kutusu 2000 YTL. fiyatında. Biz bu fiyatı aslında ödüyoruz. İyi kötü dünyadaki tedavi ne ise onu getirmemiz lazım. Çünkü bunu öderken aslında bu üretim için zamanında yapılmış için AR-GE'yi de ödüyoruz. Bu Silahlı Kuvvetler için alınan teknoloji veya ürünlerde de böyle, yani her halükarda AR-GE için harcanmış olan her şeyin maliyeti %60 – 70 oranında AR-GE maliyeti olarak satın alınan ürünün içerisinde mevcut. Biz bunu geliştirmeden isek ödemeye devam edeceğiz. [ÖZBAY, 2007]

5.1. Önerilen Bilim ve Teknoloji Politikaları :

“Nanoteknoloji birbiri ile etkileşimli sıçramalar yapacak şekilde birçok sektöre etki edecektir. Faydalı bir şey üretildiğinde insanlar bunu kullanır. Nanoteknoloji var olan şeyleri daha faydalı hale getireceğini söylüyor ve yapıyor. Daha faydalı ne demek, daha hızlı, daha küçük, daha sağlam, bu ürünün nerede kullanılacağı tahmin edilemeyebiliyor. Siz iyi bir ürün yapın o zaman birileri bunu alıp bir yerlerde kullanır.” [ÖZBAY, 2007]

Weinert tarafından belirtildiği üzere 5 ila 15 yıl içerisinde “ikinci nesil” olarak isimlendirilecek bir nanoteknoloji gelişimi beklenmektedir. Bununla birlikte teknolojinin mantıksal ilerlemesi çerçevesinde bu “ikinci nesil” aslında “bilimsel uygulamalar” ile “bilim kurgu” arasında yer alacak olan nesil olacaktır. [Bowman, 2006]

Türkiye Cumhuriyeti’nin dünyanın geleceğine yön vereceği tahmin edilen nanoteknoloji yarışında geri kalmaması için öngörülen uygulama şekilleri olarak ;

- Yetişmiş eleman açığı öncelikle giderilmelidir. Bugün artık birçok ülkede, üniversitelerde nanobilim ve nanoteknoloji yüksek lisans ve doktora programları bulunmaktadır. Yeni bir konuda uzman sayılarının yeterli kritik kütleyle ulaşması için gerekli altyapı hazırlanmalıdır ve bu çok önemlidir. Biran önce disiplinler arası yüksek lisans ve doktora programları oluşturulmalı, bu programlara kayıtlı öğrenciler maddi olarak desteklenmeli, doktora sonrası araştırmalar için destek sağlanmalıdır.
- Üniversitelerin, küçük, orta ve büyük ölçekli sanayinin araştırma alt yapısının oluşturulması, yasal düzenlemelerle geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması gerekir.
- Araştırma merkezleri artırılmalı ve yaygınlaştırılmalı, sanayi tarafından yapılan veya yönlendirilen araştırmalar teşvik edilmeli ve desteklenmelidir.
- Teknoparkların yaygınlaştırılması ve geliştirilmesi, nanoteknolojilerin geliştirilmesi için özellikle önemlidir. Şu anda Teknoloji Bölgelerindeki şirketlerin AR-GE faaliyetlerinden oluşan kazançlara vergi muafiyeti sağlanmaktadır. Ayrıca TÜBİTAK’ın bir kuruluşu olan TİDEB aracılığıyla AR-GE projelerine %50’ye yakın hibe şeklinde destek verilmekte, TTGV aracılığı ile de bir kaç yıl vadeli AR-GE finansmanı sağlanmaktadır. Bu destekler yabana atılamayacak desteklerdir; ama desteğin kullanılması küçük şirketler için oldukça zahmetlidir ve şirketler harcamalarını en iyimser tahminle 6-9 ay sonra alabilmekte ve önceden parayı kendi kaynaklarından harcamaları gerekmektedir. Bu pratik sorunlar nedeniyle birçok küçük şirket bu kaynaktan yararlanamamaktadır.

Nanoteknoloji konusunda atılım yapabilecek şirketleri özendirmek ve güçlendirmek için ABD'deki "Small Enterprise Grant"e benzer şekilde "ürüne dönüşebilecek bir fikrin araştırılması, prototip ya da ilk ürün yapılması, ya da araştırma amaçlı" projelere tamamen hibe olarak destek verilmelidir. ABD'de bu projelere 750,000\$'a kadar destek verilmektedir. Kendi imkânlarıyla bu projeleri yapamayacak olan küçük şirketlerden beklenen, bu projelerle yeni fikirleri denemek ve bir süre sonra ürüne dönüştürmektir. Avrupa'da İngiltere, İrlanda, Fransa, Almanya vb. ülkelerde de benzer AR-GE destekleri mevcuttur ve küçük şirketlerin güçlendirilmesinde önemli rol oynamaktadır. Projeler akademisyen ve işadamlarından oluşan hakemler tarafından değerlendirilmeli; şirketler harcama konusunda olabildiğince serbest bırakılmalıdır. [TÜBİTAK Vizyon 2023]

Nanoteknolojiler çok hızlı gelişen bir konudur. Bu konunun oldukça önemli askeri uygulamaları bulunmaktadır. Hızla gelişen bu teknolojilerde ülke olarak hızlı davranmazsak hem siyasi hem de ekonomik açıdan dünya devletleri arasında arzu ettiğimiz yeri almamız çok zor olacaktır. Bu nedenle nanoteknolojilerin Türkiye'de geliştirilmesi üzerinde tüm yetkili organların da katılımıyla ortak bir strateji oluşturulmalıdır. Bu stratejinin önemli bir kısmı savunma ihtiyaçlarına yönelik nanoteknolojiler üzerine olmalıdır. Nanoteknolojik gelişmelerin hemen hepsi TSK'nın birinci dereceden ilgilenmesi gereken konulardır. Milli imkânlar ile geliştirilen savunma sistemleri hazır satın alma yöntemi ile gerçekleştirilen sistemlere göre belki ilk başta pahalı bir yöntem olarak algılanabilir. Ama hazır alınan sistemlerin teknolojisi eskiyince aynı yatırımı yeniden yapmak gerekir. Bu durumda uzun vadede bu tür bir yaklaşım ülkemizin sınırlı kaynaklarının verimsiz kullanılması sonucu doğuracaktır. Bu nedenle özellikle TÜBİTAK tarafından verilen araştırma kaynakları ile beraber MSB tarafından da savunma amaçlı araştırma kaynakları oluşturulmalıdır. Bu kaynaklar kısa ve uzun vadeli yol haritalarının öngörülerini etrafında seçilen nanoteknolojilerin ülkemizde geliştirilmesi ve bu teknolojilere dayalı ilk örneklerin ülkemizde üretimi hedeflenerek harcanmalıdır.

TSK'nın kısa vadede (2005-2010) anılan yeteneklere sahip olması için aşağıdaki stratejileri takip etmesi tavsiye edilir. Bu zaman zarfında zaten üniversitelerimizde ve TÜBİTAK MAM'da var olan altyapı MSB AR-GE dairesi tarafından stratejik odaklı projelerle desteklenebilir. Bu projelerin maliyeti proje başına yaklaşık 1-2 Milyon \$ olacaktır.

TSK'nın orta vadede (2010-2015) anılan yeteneklere sahip olması için bazı stratejileri takip etmesi gerekir. Bu zaman zarfında TSK'nın Kara, Hava, ve Deniz Kuvvetleri bünyesinde ve değişik şehirlerde kurulmuş olan araştırma ve geliştirmeye yönelik MSB Laboratuvarlarını nanoteknoloji alanında yurtiçindeki veya yurtdışındaki üniversitelerde yetişmiş doktoralı personel ve altyapıyla donatması düşünülebilir. Her birinin kurulma maliyeti yaklaşık 15-20 Milyon \$ olan bu laboratuvarlardan, üniversitelerden, TÜBİTAK'tan, ve ASELSAN, ROKETSAN, HAVELSAN gibi kurumların ARGE laboratuvarlarından çıkan teknoloji ve ürünler ülkemizin ihtiyacının bir kısmını karşılayabilecektir. [MSB-Nano Teknoloji Raporu]

Sağlık konusunda izlenecek strateji olarak biyolojik olayları kontrol eden biyolojik moleküllerin (başta proteinler olmak üzere) varlıklarının, fonksiyonlarının ve aralarındaki ilişkilerin tanımlanması gelişmiş moleküler analiz yöntemleri gerektirir. Bugün yeteri kadar hızlı, çok sayıda örneği aynı anda değerlendiren, çok düşük yoğunlaşmalarda ölçüm olanağı veren cihazlar yoktur. Biyoçip teknolojisi bu yönde geliştirilen en önemli teknoloji olarak gözüktüğü de henüz istenilen ölçümleri tanımlanan hızda, kalitatif/kantitatif şekilde yapan ve ekonomik (yaygın kullanıma olanak verecek şekilde) çözmekten çok uzaktır. Nano-biyoteknoloji alanında 2023'e kadar olan dönemde Türkiye'de, sağlık uygulamaları başta olmak üzere uluslararası düzeyde akademi-sanayi ortaklığı ile yürüyecek büyük bütçeli projeler oluşturulmalıdır. Uluslararası projelere (özellikle Avrupa Birliği projelerine) katılım teşvik edilmelidir. Yukarıda belirtilen hususlardan hareketle, nano biyoteknoloji alanında Türkiye'nin başlıca somut hedefler olarak sağlık alanında hızlı, yüksek kapasiteli ve hassas protein ve DNA tanı

sistemleri, nanoteknoloji kullanılarak geliştirmelidir. Bu amaçla kamu ve özel kuruluşlarda yürütülecek olan çevrimsel araştırma, teknoloji geliştirme ve ürün geliştirme etkinlikleri kamu olanakları ile desteklenmeli, çok yönlü araştırma ağları oluşturulmalı, girişim sermayesi uygulamalarında bu alanın desteklenmesine öncelik verilmelidir. Bu etkinliklerin hemen başlatılması ve ilk on yıl içinde somut sonuçların elde edilmesi hedeflenmelidir.

Hedefe yönelik yeni ilaç etken maddelerinin tanımlanmasında kullanılmak üzere hızlı tarama yöntemleri nanoteknoloji kullanılarak geliştirilmelidir. Özellikle moleküler mekanizmaları iyi tanımlanmış olan hastalıklara karşı hedefe yönelik ilaç etken madde tarama yöntemleri, ilaç adayları bulunmasında izlenmesi gereken bir yoldur. Bu bağlamda, özellikle Türkiye bitki örtüsü kaynak alınarak, doğal kimyasal madde bankaları oluşturulması öngörülmektedir. [Biyoteknoloji ve Gen Teknolojileri Strateji Raporu]

Bu bankalarda biriken ve sayılarının binleri bulması beklenen moleküllerin taranmasında kullanılmak üzere, nanoteknoloji temeline dayanan hızlı tarama yöntemleri geliştirilmelidir. Bu yöntemlerin geliştirilmesinde farklı dalların ortak çalışmasına yönelik işbirliği özendirilmelidir. Bu konularda çalışan kişi ve kurumlar arasında ağ kurulması desteklenmeli, bu ağlara kamu tarafından proje desteği sağlanmalıdır. Bu etkinliklere hemen başlanmalı ve bu yolda yapılacak araştırmaların ilk 10 yılında yeni hızlı ve yüksek kapasiteli tarama teknolojilerini geliştirerek etkin kullanımı sağlanmalıdır.[TÜBİTAK Vizyon 2023]

Gelecekte mutlaka moleküler düzeyde ölçüm yapan, nanoteknolojinin şimdilik çoğu bilinmeyen veya ürüne dönüştürülemeyen avantajlarını kullanan yeni yaklaşımlara gereksinim olacaktır. Bu, çok farklı disiplinlerden (temel bilimlerden, biyolojik bilimler ve mühendisliğe kadar) çok sayıda araştırmacı/uzman kişinin bir araya gelmesi ile çözülebilecek bir sorundur. Bunun başarılabilmesi için önce insan kaynağına gereksinim vardır. Her disiplin şüphesiz kendi içinde gelişmeler kaydedecektir. Nanoteknoloji tüm

disiplinleri kendi alanlarında moleküler düzeyde düşünmeye, tanımaya/anlamaya, tasarıma ve bunları ürüne dönüştürmeye yönlendirmektedir. Her disiplin kendi içinde bu yönde düşünen/davranan araştırmacı/uzman/mühendis/bilim adamlarının sayısını artırmalıdır. Nanoteknoloji ile ilgili projeler/burslar ve benzeri diğer destekler şüphesiz bu yönlenmede önemli rol oynayacaktır, ancak bu yetersizdir.

Nano biyoteknoloji ile farklı disiplinlerde bulunanları bir araya getirecek ara yüzeyler yaratılmalı ve bunların birlikte çalışması sağlanmalıdır. Alınacak önlemlerden biri biyo mühendislik programlarının yaygınlaştırılmasıdır. Bunun için özellikle yüksek lisans ve doktora düzeylerinde biyo mühendislik eğitim programları oluşturulmalı, bu eğitim programlarına özellikle sanayi katılımı/desteği sağlanmalıdır. Dolayısıyla, özellikle küçük ve orta büyüklükte sanayi kuruluşlarının akademisyenler ile ara yüzeyini oluşturacak programlar/yapılanmalar (teknokentler, üniversite/sanayi ortak araştırma merkezleri, vb.) kurulmalıdır. Disiplinler arası yapısı nedeniyle nano biyoteknolojinin geliştirilmesi için böyle ortaklık ağlarına ve entegre çalışmaları sağlayacak alt yapılara şiddetle gereksinim vardır. Bunun sağlanması için devlet gücünün ve yönlendirme politikalarının oluşturulması ve uygulanması gerekir.

Bilimsel ve ekonomik beklentiler yanında ülkelerin güvenliğine yönelik önemli unsurları da içeren kuantum bilgi işleme projeleri günümüzde çeşitli ülkelerin araştırma merkezlerinde sessizce sürdürülmektedir. Kuantum bilgi işleme ve bir bakıma onun kapsamı içinde bulunan kuantum kriptoloji ve kuantum iletişim konularına ve ilgili teknolojilere hükmedebilmek için ülkeler adeta yarış içine girmişlerdir. Kuantum bilgisayarlar inşa edildiğinde dünyadaki tüm kriptosistemlerini birkaç saatlik zamanlarda çözebilecek kapasitede olacaktır. Bu nedenle nanoteknoloji ile birlikte yapılan kuantum bilgi işleme araştırmaları, ulusal güvenlik ve bağımsızlığın teminatı olarak çeşitli ülkelerin öncelikli sivil ve askeri araştırma konuları arasına girmiştir. Böylesine yüksek sivil ve stratejik öneme sahip olan bir konu ülkemizin ekonomisi ve güvenliği için, kısacası hepimizin geleceği için büyük önem

taşımaktadır. Ülkemizde, bu kritik bilim ve teknoloji askeri ve sivil tüm konularda uygulama alanı bulacaktır.

Ulaşılması gereken stratejik amaçlar olarak, 2020'li yıllar için kuantum bilgi işleme konusunda sivil ve askeri tüm alanlarda AR-GE ilk uygulama ve üretim aşamalarında dünya paralelinin yakalanmış olması ve Türkiye'nin bu varolma yarışında "ben de varım" diyebilecek düzeye getirilmesini söyleyebiliriz. Bunu sağlamak için kuramsal ve deneysel düzlemlerde koordineli araştırma, insan gücü yetiştirme faaliyetlerinin desteklenmesine derhal başlanması gerekmektedir. Bununla birlikte yetkinlik kazanmamız gereken temel alanlar ve zamana bağlı hedefler olarak ise, bu doğrultuda piramidin en tepesinde bulunan alan kuramsal ve deneysel nano ölçek fiziğidir. 2010 yılına kadar maddenin nano boyutta manyetik, metalik, yalıtkan ve süperiletken özelliklerinin araştırılması ve bu konularda kuramsal ve deneysel olarak dünyanın güncel araştırma düzeyinin yakalanması, kuramsal ve deneysel doğrultularda birlikte çalışan araştırma gruplarının kuantum bilgi işlemeye yönelik qubit olarak kullanılabilecek nano ölçek ünitelerin kuramsal olarak tasarlanması, simülasyonları ve bunların 2020'li yıllara kadar ilk örneklerine ve üretimlerine geçişi ifade edebiliriz. Bu hedeflere ulaşabilmek için atılması gerekli somut adımlar olarak ise;

- Üniversitelerde lisansüstü ve doktora seviyesinde deneysel ve teorik eğitime yönelik temel araştırma ve deneysel uygulama derslerinin açılması,
- Resmi ve özel eğitim kurumlarının dışında yaz okulları, doktora projelerinin desteklenmesi, ödüllendirilmesi,
- Resmi ve kamu'ya ait (UEKAE, Aselsan gibi) araştırma kurumlarında bu konuda AR-GE alt birimleri oluşturulması ve laboratuvar faaliyetleri için gerekli altyapının desteklenmesi,
- Bu alt yapı faaliyetleri arasında nano ölçek kuantum bilgi işlemede kuramsal ve deneysel grup çalışmalarını birleştiren projelerin öncelikli olarak ve şimdiden desteklenmesi gerekmektedir.
- Ulusal Nanobilim ve Nanoteknoloji merkezinin ve bunun altında bir Nano ölçek Kuantum Bilgi İşleme biriminin kurulması [TÜBİTAK Vizyon 2023]

6. SONUÇ :

Maddenin atomik katmanda işlenebilme olasılığını ilk kez dile getiren Richard Fenyman, nanoteknoloji için şunları söylemiştir: "Nanoteknoloji, öyle zannediyorum ki, kaçınılmaz bir gelişme olacaktır". Kaçınılmaz olsa da, nanoteknolojinin mevcut düzeni kökten değiştirecek doğası önceden tahmin edilebilmektedir. Dolayısıyla, nanoteknolojinin gelişimini heyecanla bekleyen kişilerin, onunla birlikte gelen geniş değişikliğe kendilerini iyice hazırlamalarında ve bu yeni teknolojinin doğuracağı sayısız fırsattan faydalanacak şekilde kendilerini pozisyonlandırmalarında fayda vardır.

Beşinci bölümde belirtilen, odaklanılacak stratejik teknoloji alanları arasında öyle madde başlıkları vardır ki bunlar, uzun vadedeki geleceğin şekillendirilmesinde son derece belirgin bir rol oynayacaklardır ve bunlarda yetkinlik kazanmak daha da öncelikli hale gelecektir. Teknolojideki gelişmelerin tarihine bakıldığında, belirli aralıklarla tarih sahnesine çıkan bazı teknolojilerin neredeyse bütün ekonomik ve toplumsal faaliyet alanlarında devrimsel değişikliklere yol açtıkları görülür.

İş yapma biçimimizi kökten değiştiren bu tür teknolojilerin en çarpıcı örneği İngiliz sanayi devriminin temelinde yatan buhar teknolojisidir. Bu teknoloji, sınaî üretimden kara ve deniz ulaşımına kadar, iş sürecinde meydana getirdiği köklü değişikliklerle çağımızın modern sanayi kapitalizminin doğuşuna kaynaklık etmiştir. İngiliz sanayi devrimi sonrasında üniversite kendisinin doğrudan katılmadığı çok önemli bir değişim süreci yaşamış ve gelişen teknolojinin ampirik tabandan çıkıp bilimsel tabana oturması ile bilimle teknoloji arasında doğrudan, üniversiteyle üretim süreci arasında dolaylı bir bağ kurulur olmuştur. Üniversite ve bilim adamlarının gelişen teknolojiye olan gereksinimlerinin artması ve araştırmalar yapabilmek için daha fazla teknoloji kullanır hale gelmesi de teknolojinin giderayak bilim üretmenin önemli bir aracı haline geldiğinin göstergesi olmuştur. Sonraki evrelerde ortaya çıkan bazı teknolojilerin de, buhar teknolojisi kadar olmasa

da, mal ve hizmet üretiminde son derece önemli değişiklikler yaptıkları görülmüştür. Elektrik gücünün ve daha sonra da içten yanmalı motorların geniş kullanım alanı bulmasına yol açan teknolojiler ile sentetiklerin ortaya çıkmasına kaynaklık eden teknolojiler bunların tipik örnekleridir. Üretimde ve toplum yaşamında buhar teknolojisinin yarattığı köklü değişikliklere eşdeğer bir değişimi ise, günümüzün mikro elektronik temelli enformasyon ve telekomünikasyon teknolojilerinin yarattığına tanık oluyoruz.

Görülen odur ki, tarih sahnesine çıkan bu “jenerik” karakterdeki teknolojilerin geliştirilip ekonomik ve toplumsal faydaya dönüştürülmesinde yetkinlik kazanan uluslar dünya pazarlarında rekabet üstünlüğüne sahip olmakta ve dünya ticaretindeki paylarını artırarak toplumsal refahlarını hızla yükseltebilmektedirler. Zaten, jenerik karakterdeki bu tür teknolojilerin ayırt edici özelliği de, hemen hemen bütün ekonomik ve toplumsal faaliyet alanlarına uygulanabilirlikleri yanında, uygulandıkları alanlarda üretkenliğin artmasını; daha açık bir deyişle, birim işgücü ya da sermaye başına üretilen çıktı değerinin yükseltilebilmesini sağlamalarıdır. Bu tür teknolojilere egemen olabilen ulusların kazandıkları rekabet üstünlüğünün nedeni de budur. Ne var ki, her yeni teknolojinin sağlayabileceği üretkenlik artışının bir sınırı vardır. O sınırın aşılabilmesi, daha üst düzeyde yeni bir teknolojinin geliştirilebilmesine bağlıdır.

Günümüzü şekillendiren mikroelettronik temelli enformasyon ve telekomünikasyon teknolojileri de üretkenliği artırmada kendi doğal sınırlarına erişmek üzeredir. Beklenen, maddenin nanometre ölçeğinde, yani atomal ve moleküler yapılar düzeyinde denetlenmesi yoluyla yeni malzeme, cihaz ve sistemlerin tasarlanmasını ve üretilmesini konu alan nanoteknoloji ve yeni biyoteknolojinin (gen teknolojisi dahil) mikron ölçeği ile sınırlı günümüz jenerik teknolojilerinin yerini almalarıdır. Yarının dünyasında iddia sahibi bütün uluslar geleceğimizi şekillendirecek bu teknolojileri geliştirip ekonomik ve toplumsal faydaya dönüştürmekte yetkinlik kazanabilmenin peşindedirler. 2010’lu yıllardan itibaren pazara girmeye başlayacak ileri teknoloji ürünlerinin şu tür yeni özellikleri içereceği görülmektedir: Gelişmiş insan makine

arayüzleri, biyomekatronik yapılar, biyoelektronik devreler, yüksek yoğunluklu taşınabilir enerji birimleri. Bu temel özelliklerin ürünlere kazandırılması,

- Biyoteknoloji,
- Mikro Elektromekanik Sistemler,
- Nanoteknoloji,

alanlarında bilimsel ve teknolojik yetkinliğe sahip olunması ile mümkün olacaktır. Bu nedenle, çok geniş bir ürün ve üretim faaliyeti yelpazesinin teknoloji temelini oluşturacak bu üç teknoloji alanına odaklanma sürecine çok daha büyük bir önem atfedilmelidir. Stratejik teknolojilere odaklanma içinde daha üst düzeyde bir odaklanmayı işaret eden bu yaklaşımının, uzun erimli bir bakış açısıyla Türkiye'nin geleceğini garantiye alacağı gözden kaçırılmamalıdır. Ancak bu odaklanma stratejisi, istihdam yaratan geleneksel sektörlerimizin geleneksel alanlarda yürüteceği ARGE faaliyetlerinin desteklenmeyeceği anlamına gelmemektedir. Tam aksine, bu sektörlerin mevcut birikimlerini sürdürmeye ve daha da geliştirmeye yönelik ARGE ve yenilik faaliyetleri mutlaka desteklenmeye devam edilmelidir.

Ulusal Bilim Vakfı'nın düzenlediği bir seminerde, nanoteknoloji uzmanlarının yaptığı bir araştırma, muhtemel ticari uygulama türlerinin, önümüzdeki on beş ila yirmi yıl içinde büyük ihtimalle hayata geçeceğini ortaya çıkarmıştır. Üstelik olasılıklar ise yüzde 90 ila yüzde 100'lük kategorilere denk düşmektedir. Yani, buradaki soru, nanoteknolojinin gerçekten var olup olmayacağı değil, ne zaman hayatımıza dahil olacağıdır. Nanoteknoloji, modern endüstriyel spektrumu yeni gelişmelerle doldurup taşımaktadır. Üstelik yenilikler de her geçen gün daha çok göz önüne çıkmaktadır. Üstelik bundan on yıl sonra karşımıza çıkması muhtemel olarak adlandırılan gelişmeler, yepyeni ilerlemeler sayesinde sadece beş yıl sonra bile kapımızı çalıyor olabilecektir. Bu nedenle, birey, kurum ve ülkesel olarak önümüzdeki birkaç yıl içinde, değişmeye nasıl ve nerden başlanacağına dair stratejik kararları hızla almamız gereklidir. Zira nanoteknoloji birçok yönden, sadece sıradaki büyük şey olmakla kalmayacaktır nanoteknoloji herşey olacaktır.

Bahsedilen bu gelişmeler başka bir bakış açısından pek de olabilir gibi görülmediği ifade edilebilir. Fakat bununla birlikte, 1960'lı yıllarda doğmuş birisi tüm insanların yüzde yirmibeşinin tarımla uğraştığı ve ortalama insan ömrünün kırkyedi yıl olduğu yirminci yüzyıla girilirken yaşamış olan, büyük büyük babasının yüz yıldan daha kısa bir süre içinde, tüm dünya nüfusunun sadece yüzde birinin tarlalarda çalışacağını ve ortalama insan ömrü süresinin otuzlu yaşlardan yetmiş yedilere kadar çıkabileceğini tahmin edebilir miydi? Veya, 1946 yılında, 4.7 milyon dolarlık maliyetiyle, koca bir binanın bir katını tamamen kaplayan dünyanın ilk bilgisayarı ENIAC'ın imal edildiği, büyükbabasının yaşadığı neslin, o tarihten sadece elli yıl sonra, bir bilgisayarın, çok düşük bir güç sarf ederek, bir dolardan daha düşük bir maliyetle, "Mutlu Yıllar" yazılı bir elektronik kartı göndermesinin mümkün olacağını tahmin edebilir miydi? Ya da, DNA'yı okulda öğrenmiş annesinin, otuz yıldan daha kısa bir süre içinde, insan genlerinin tamamının haritasının çıkarılabileceğini ve insanoğlunun insan klonlama gerçeğini tartışıyor hale gelebileceğini tahmin edebilir miydi? Belkide gerçek şu ki, teknolojik anlamda bizlerin inanmaya çalıştığımız gelişmeler ve buna bağlı yaşayacağımız zorluklar, önceki nesillerin inanmaya çalıştıklarından ve yaşadıklarından çok daha fazla olacaktır. Öncelikle, nanoteknoloji hemen hemen toplumun tüm bölümlerini etkiliyor olacaktır ve ikincisi nanoteknoloji önceki bilimsel gelişmelerden çok daha hızlı bir şekilde hayatımıza girecektir, aslında girmeye başlamıştır bile.

Her zaman, "Değişmeyen tek şey değişimdir" denilmiştir. İnsanların gözden kaçırdıkları sorun, değişecek şeylerin sadece nesneler olmaması gerekliliğidir. Bizlerin de, aynı şekilde değişime açık olmamız gerekmektedir. Asıl sorun, değişimin hızının sabit olmamasıdır. Değişim artık hızlanmakta ve teknolojik gelişmeler yatay olarak değil, dikey olarak hareket etmektedir. (Moore'un ilk kanunu olarak bilinen, hesaplama gücünün her onsekiz ayda bir ikiye katlanması, bu tür hızlı değişikliklere şahitlik edecek örneklerden bir tanesidir.

Madalyonun öteki yüzüne bakıldığında, teknoloji, hükümetleri yeni ve daha sert kanunlar koymaya itecektir; zira denetim organları, emisyon standartlarını daha da yukarı çekmek isteyecektir. Ancak şunu görmeliyiz ki, küreselleşme en azından görülebilir bir gelecek için, ulusal çıkarların ortadan kalkacağı bir dünya vaat etmemektedir ve gerçekte bu süreç ulusal motiflerle örülmektedir. Özellikle de bilim, teknoloji ve sanayide yetkinleşmiş güçlülerin ulusal motifleriyle örülmektedir. Teknoloji ve onun kaynağını oluşturan bilim, doğrudan bir üretici güç haline gelmiştir ve bu, çağımızın ayırt edici, özelliğidir. Artık üretimde yetkinlik, bilim ve teknolojiye yetkinlik olarak anlaşılmaktadır. Dolayısıyla bilim ve teknoloji, ekonomik büyüme ve toplumsal refah açısından stratejik bir önem kazanmıştır. Ülkelerin bilim politikaları da, bu değişime paralel olarak bilim ve teknoloji politikaları haline gelmiş ve bu politikalar bütünüyle ekonomiye ve toplumsal yaşama ilişkin kavramlarla örülmeye başlanmıştır.

Sanayi Devriminin, İngiltere lehine yarattığı muazzam üstünlüğün en önemli faktörlerinden biri bu ülkenin teknolojiye kazandığı yetkinliktir. Bu noktada da inovasyon kavramı ortaya çıkmaktadır. Bilim ve teknolojiyi, ekonomik ve toplumsal faydaya dönüştürme becerisine "inovasyon becerisi" diyebiliriz. Yani, pazarlanabilir ya da toplumun yararına sunulabilir; yeni ya da daha gelişkin bir ürün, yeni bir üretim yöntemi, yeni bir sistem ya da hizmet üretmek. Demek ki burada yenilikçi, yaratıcı, ama her şeyden önce üretici bir toplum haline gelmek söz konusudur. Bunun başarılabilmesi için ise, öğretim ve eğitim politikasından istihdam politikasına, ekonomi sanayi ve para politikalarından yabancı sermaye ve ticaret politikalarına, enformasyon ve telekomünikasyon politikalarından bölgesel politikalara kadar pek çok politikada, bilim ve teknoloji politikasının gereklerini karşılayacak düzenlemelerin yapılmasına ihtiyaç vardır.

21.yüzyılın ilim devrimi nanoteknolojiye ülke olarak kaynak ayırıp, yatırım yapmak çok kritik önemdedir. Bunu gerçekleştiremediğimiz takdirde, şu anda nanoteknolojiyi yakalamak için yapmamız gereken harcamanın çok

daha fazlasını, bu teknolojinin ürünlerini satın almak için harcamak zorunda kalacağımız kaçınılmaz bir gerçek olacaktır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Hasan Tefrik, **Pamuk Prenses ve Katrilyonlarca Cüce**, 2005, Hayykitap Yayınevi.
- Aykut Göker, Orhan Bursalı, Prof.Dr.Haluk Geray, Prof.Dr.Osman Coşkunoğlu, Prof.Dr.Ramazan Aktaş, **Panel "Küreselleşme, Teknoloji ve Ulusal Strateji"**, 2005, Matsa Basımevi.
- Prof.Dr.Salim Çıracı, Prof.Dr.Ekmel Özbay, Doç.Dr.Oğuz Gülseren, Yrd.Doç.Dr.Hilmi Volkan Demir, Dr.Mehmet Bayındır, Ahmet Oral, Tuğrul Senger, Atilla Aydınli, Aykutlu Dana, **Yeni Ufuklara/ Türkiye’de Nanoteknoloji**, 2005, Tübitak Yayınları
- Prof.Dr.Ahmet Ayhan, **Dünden Bugüne Türkiye’de Bilim-Teknoloji ve Geleceğin Teknolojileri**, 2002, Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş. Çağaloğlu/İstanbul.
- Salih Zeki İmamoğlu, **Yenilik**,1999,Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Rektörlüğü
- James E. Mc.Clellan III, Harold Dorn, **Dünya Tarihinde Bilim ve Teknoloji**, 2006, Arkadaş Yayınevi
- Carl Sagan, **Karanlık Bir Dünyada Bilimin Mum Işığı**, 2000, TÜBİTAK
- Michael Gross, **Travels to the Nanoworld/ Miniature Machinery in Nature and Technology**, 1999, Cambridge, Massachusetts.
- Marc S. Gerstein, The **Technology Connection/ Strategy and Change in the Information Age**, 1987, Addison-Wesley Publishing Company.
- Barry Buzan, **An Introduction to Strategic Studies/ Military Technology and International Relations**, 1987, Macmillan Pres.
- Shai Feldman, **Technology and Strategy/ Future Trends**, 1989, Westview Pres.
- Jack Uldrich, Deb Newberry, **Nano Teknoloji**, 2005 Ledo Yayınları.

- Vuk Uskokovic, ' **Nanotechnologies: What we do not know**, 2007 Technology in Society, Joz'ef Stefan Institute, Advanced Materials Department, Jamova, Ljubljana, Slovenia
- Diana M. Bowman_, Graeme A. Hodge, **Nanotechnology: Mapping the wild regulatory frontier**, 2006, Monash University, Victoria
- Jerome C. Glenn, **Nanotechnology: Future military environmental health considerations**, 2005, American Council for the United Nations University, Washington, D.C. United States
- Christine M. Shea, **Future management research directions in Nanotechnology**, 2005, The Whittemore School of Business and Economics, The University of New Hampshire,
- Tanya Sheetza, Jorge Vidalb, Thomas D. Pearsonc, Karen Lozanoa, **Nanotechnology: Awareness and societal concerns**, 2005, Department of Mechanical Engineering, The University of Texas Pan American, Edinburg, USA
- Jyoti S.A. Bhat, **Concerns of new technology based industries—the case of nanotechnology**, 2005, Department of Scientific and Industrial Research, Government of India, Technology Bhawan, New Delhi, India
- www.elsevier.com/locate/techsoc
- NanoTechnology Magazine, Çeşitli Sayılar
- Zyvex Corporation <http://www.zyvex.com/nano/>
- The Institute of Nanotechnology <http://www.nano.org.uk/nano.htm>
- <http://www.nanotechnology.bilkent.edu.tr>
- MSB – Nanoteknoloji Çalışma Grubu **Türkiye'nin Savunma Alanında Nanoteknoloji Altyapısı ve Nanoteknoloji Öngörüler Raporu** Bilkent Üniversitesi – NANOTAM 2005
- Biyoteknoloji ve Gen Teknolojileri Strateji Raporu
- Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu, 2004
- TÜBİTAK **Vizyon 2023 Projesi** Nanoteknoloji Strateji Grubu
- Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaları Uygulama Planı
- Prof. Dr. Ekmel Özbay / Bilkent Üniversitesi Nanoteknoloji Araştırma Bölüm Başkanı ile yapılan görüşme **Ocak 2007**

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Bahadır TANYOLAÇ

Doğum Tarihi : 31 Mart 1970

Doğum Yeri : Tekirdağ / Saray

Medeni Hali : Evli

Adres : Yavuz Sultan Selim Mah. Mavi Ladin Sitesi. H-1 Blok Acısu Beldesi/
KOCAELİ

Telefon : 0262 3534400
0533 3517773

Eğitim :

1988-1993 Deniz Harp Okulu Komutanlığı

1984-1988 Deniz Lisesi Komutanlığı

Mesleki Eğitimler :

2004 Aviation Safety Officer Course Monterey / USA

2001 Elektronik Harp ve Pilot Taktikleri Kursu / Ankara

1998 Hayatta Kalma ve Kaçma Kurtulma Kursu / İzmir

1995-1996 Kara Havacılık Okulu Komutanlığı Pilotaj Kursu

