

# NANOTEKNOLOJİ VE TEKSTİL UYGULAMALARI (Bölüm 2)\*

## NANOTECHNOLOGY AND ITS APPLICATIONS IN TEXTILE INDUSTRY (Part 2)

Yrd. Doç. Dr. Esen ÖZDOĞAN  
Ege Ü. Tekstil Mühendisliği Bölümü

Ar. Gör. Aslı DEMİR  
Ege Ü. Tekstil Mühendisliği Bölümü

Prof. Dr. Necdet SEVENTEKİN  
Ege Ü. Tekstil Mühendisliği Bölümü

### ÖZET

Nanoteknoloji, cihazların ve sistemlerin şeklini ve boyutunu nano düzeyde tutarak yapıların tasarımı üretimi ve uygulaması şeklinde tanımlanabilmektedir. Nanoteknoloji, tekstil endüstrisi için de fırsat sunmaktadır. Tekstil sektöründe nanoteknolojinin mevcut uygulamaları arasında lifler, iplikler, kumaşlar, terbiye, elektronik tekstiller, lif modifikasyonu sayılabilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Nano, nanoteknoloji, tekstil

### ABSTRACT

Nanotechnology is the design, production and application of structures, devices and systems by controlling shape and size at the nanoscale. Nanotechnology is an opportunity for the textile industry. Current Applications of nanotechnology in the textile industry include fibres, yarns, fabrics, finishing: dyeing and coating, electronic textiles, fibre modification.

**Key Words:** Nano, nanotechnology, textile

## 6. NANOTEKNOLOJİ VE TEKSTİL

Nanoteknoloji tekstil sektörüne de girmiş ve pek çok alanda, bununla ilgili olarak çalışmalar yoğunlaşmıştır.

Nano materyaller bir, iki veya üç boyutlu olabilmektedirler. Tek boyutlu nanomateryaller, çok ince yüzey filmleri veya kaplamaları (2-3 nm - < 100nm arasında değişebilmektedir) alanında kullanılabilirler. İki boyutlu nanomateryaller, nanolif veya karbon nanotüpleri kapsamaktadır. Havacılık, uzay gemileri, otomobil endüstrisi ve balistik tekstillerde kullanımı için son derece yüksek mukavemete sahip nanokompozit üretiminde kullanılmaktadır. Üç boyutlu yapıdaki nano materyaller yumuşatma, antimikrobiyal, yağ ve kir iticilik bitim işlemleri, güç tutuşurluk gibi çok geniş bir yelpazede kullanılmaktadır. Ayrıca, polimer içinde mikrokapsül olarak da farklı uygulamalarda kullanılabilirler.

\* *Tekstil ve Konfeksiyon* yıl 2006 sayı 3 den devam

Titanyumdioksit, alüminyum oksit, çinko oksit ve magnezyum oksitin sentetik lifler içine ilave edilmesiyle fotokatalitik etki, UV absorblama, elektriksel iletkenlik ve fotooksidasyon etkilerine sahiptirler. Fotooksidasyon özelliği özellikle kimyasal veya biyolojik maddelere karşı koruyucu kumaşlarda dekontaminasyon amaçlı kullanım açısından son derece uygundur. Metal oksitlerin nanopartiküllerine ilişkin yapılan yoğun çalışmalar askeri alanda ve insan sağlığı alanında kullanımları üzerinde yoğunlaşmıştır. Bunlar arasında antimikrobiyal özellik, kendi kendini temizleyebilme ve UV koruma sayılabilmektedir.

Örneğin, titanyum dioksidin bu şekilde lifler içerisine ilave edilmesiyle güneş ışığı veya UV ışık altında lekeleri uzaklaştırma amaçlı da kullanılabilirler. Dolgu materyali olarak ZnO kullanılan naylon liflerinin etkili bir UV koruma yanında antistatik özellik de kazandığı ifade edilmektedir. Bu durum kir iticilik işlemlerinde de avantaj olarak karşımıza çıkmaktadır. TiO<sub>2</sub>/MgO nanoparti-

külleri ile üretilen kompozit lifler kendi kendini sterilize etme özelliğine sahiptir (11).

Nanopartiküller aynı zamanda daha büyük boyuttaki partiküllere göre daha büyük yüzey alanı kazandırmaktadırlar. TiO<sub>2</sub> ve MgO gibi nanopartiküller, lif çekimi sırasında, life elektrostatik yöntem veya spreyleme yöntemine göre uygulanmaktadır.

Nanoteknolojinin tekstilde diğer bir uygulama alanı da güç tutuşurluktur. Nanopartikül formundaki güç tutuşurluk maddeleri naylon 6.6. liflerine uygulandığında güç tutuşurluğu önemli ölçüde arttırdığı ifade edilmektedir. Örneğin naylon 6.6 filmlerine fonksiyonel nanokil ilave edildiğinde, ısı açığa çıkarma oranının düştüğü ve kömür oluşumunu desteklediği görülmüştür. Fosfor esaslı bileşiklerle kombinasyon halinde uygulandığında ise, yine kömür oluşumunun desteklediği görülmüştür (9).

Nanopartiküller, tekstiller üzerindeki koku, antifungal ve biyosidlerin kon-

trollü salınımı amacıyla da kullanılmaktadır. Ciba Specialty Chemicals (CSC) bu amaçla antimikrobiyal nanokapsülleri ile lifleri modifiye ederek bakteri gelişimini önlediğini ifade etmektedir. Benzer teknoloji, kokuları absorplamada da kullanılmaktadır.

Kore'de "Mipan Nano-Magic Silver" lifi adı altında üretilen yeni antibiyotik life, gümüş metali nanopartikül formunda polimerizasyon işlemi sırasında ilave edilmektedir. Bu lif antibiyotik açıdan son derece iyi sonuçlar vermektedir.

Zylon (poly(p-phenylene-2,6-benzobisoxazole) (PBO) bilinen en güçlü liftir. Bu liflerin yapılarına % 10 karbon nanotüplerin ilave edilmesiyle mukavemetlerinin % 50 oranında daha arttırılabildiği belirtilmektedir (10).

Japon Kanebo Spinning Corp. Firması, normal poliesterden 30 kat daha fazla nem absorplama kapasitesine sahip

poliester ipliği üretmiştir. İplik özellikle iç çamaşırları yapımında kullanılmaktadır. PES iplik toplam 20 katmandan oluşmakta olup, tabakaların toplam kalınlığı 50 nm civarındadır. Yine Japon firması Toray Industries, Inc. ultra tarafından üretilen nano incelikte naylon iplikleri de üstün nem absorplama özelliğine sahiptir.

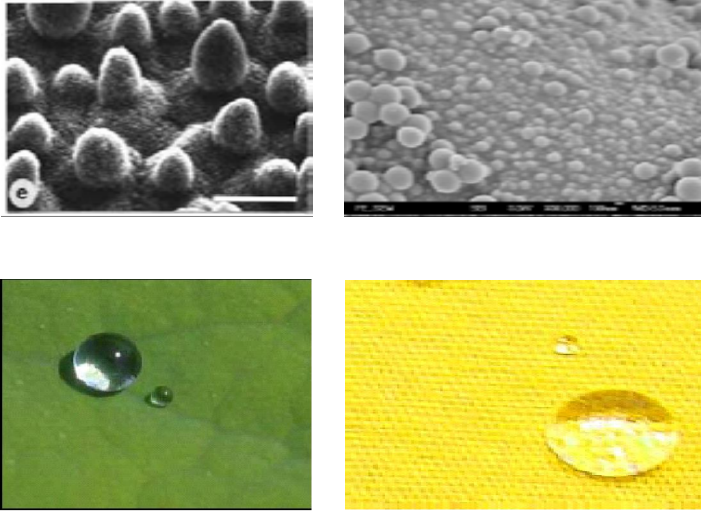
Japon Teijin Fibres Ltd parlak poliester üretimi için çalışmalarını sürdürmektedir. Poliester substratı farklı refraktif indekslere sahip yaklaşık 60 kat poliester ve naylon ile kaplanmıştır. Kalınlığı sadece 69 nm olan tabakalar, ışığı kırarak gözlemcinin bakış açısına ve ışığın kumaşa geliş açısına göre 'mistik' bir yansıma oluşturmaktadır (5).

Nanoteknoloji sadece çeşitli liflerin yapımında değil aynı zamanda kimyasal bitim işlemlerinde de kullanılmaktadır. Nano boyutta üretilen emülgatörler sayesinde daha düzgün ve hassas bir

şekilde aplikasyon yapılabilmektedir. Kir iticilik, hidrofilik, antistatik özellik, buruşmazlık ve çekmezlik gibi çok çeşitli gelişmiş performans özellikleri kazandırılabilir.

Nanoteknolojinin buruşmazlık bitim işlemlerinde kullanımı ile kumaşlar 10 nm boyutundaki küçük partiküllerle işleme sokulmakta, bu küçük partiküller selüloza bağlanmakta böylece sıvıların içeri girişine izin vermemektedir. Bu kavram lotus efektine de benzenmektedir. Lotus-etkisi, birçok bitkide görülebilmekte ve mikro yapıdaki hidrofob yüzeylere bağlı olmaktadır. Pürüzsüz yüzeylerde temas açısı 110° iken, mikron çapındaki pürüzlülük 170° temas açısı ile süper hidrofobluğa ulaşmaktadır. Bu tür durumlarda suyun adhezyonu için gerekli alan minimize olmakta ve damla ile her bir mum kristali arasında hava hapsolmektedir. Bu durum partiküller için de geçerlidir. Partikül ve pürüzlü yüzey arasındaki temas alanı minimize olmakta ve yaprak yüzeyi üzerinde yuvarlanan su damlasına partiküller tutunabilmektedir. Büyüklük ve kimyasal yapıdan bağımsız olarak partiküller süper hidrofob yüzey üzerinden az miktardaki yağmur ile uzaklaştırılabilmektedir. Yüzey bu işlem sayesinde nanopartiküllerle çok küçük düzeyde pürüzlü hale gelmektedir. Nanopartiküllerle işlem sonrası uygulanan kondenzasyon ile bu etkinin daha kalıcı olduğu belirtilmektedir (4,9).

Silikon esaslı yumuşatıcılar, makro ve mikro emülsiyon halinde kumaşlara uzun yıllardır uygulanmaktadır. Makro emülsiyonlar 150 nm ve altındaki, mikro emülsiyonlar ise 50-150 nm aralığındaki partiküllerden oluşmaktadır. Yeni jenerasyon nanopartikül boyutundaki silikon yumuşatıcılar da günümüzde pazara sunulmuştur. Sandopern SE1 maddesi (Clariant) kendi kendisini emülsiyeye etme özelliğindedir. Emülsiyeye edici madde yumuşatıcının polisiloksan zincirine kovalent bağla bağlanmaktadır. Ayrıca kumaşın iç kısımlarına kadar nüfuz edebilmekte ve çok daha iyi yumuşaklık hissi vermektedir (9, 13).



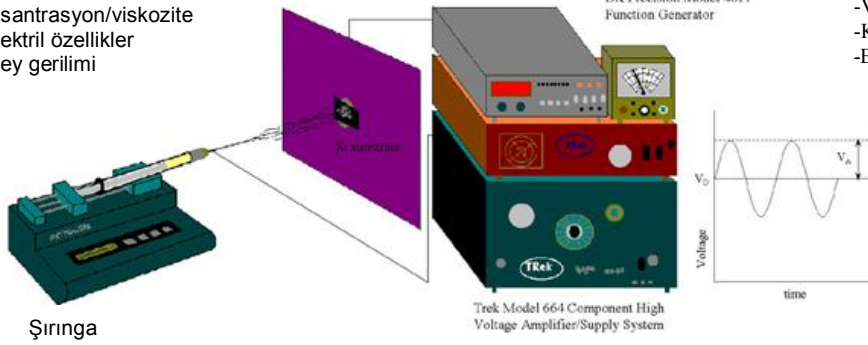
Şekil 7. Lotus efekti



Şekil 8. Nanoliflerin mikroskop altındaki görünümü

### Çözelti özellikleri

- Konsantrasyon/viskozite
- Dielektrik özellikler
- Yüzey gerilimi



### Kontrollü değişkenler

- Voltaj/elektrik alan/yük yoğunluğu
- Kapılar içindeki hidrostatik basınç
- Besleme miktarı

### Ortam parametreleri

- Sıcaklık
- Nem
- Hava akımı

Şekil 9. Elektrospinning yöntemi ile lif çekimi

Nano boyuttaki kristalin piezoseramik partiküller ile işleme tabi tutulan kumaşlar bir materyal sensör haline dönüştürülebilmektedir. Piezoseramik partiküller mekanik kuvvetleri elektriksel sinyallere dönüştürmektedir. Eğer bu tür kumaşlar cilde yakın giysi yapımında kullanılırsa kullanıcının kalp ritmi ve atışları gibi vücut fonksiyonları rahatlıkla gözlemlenebilecektir (8).

Diğer yandan nanoteknoloji uygulamaları akıllı tekstiller alanında da kendi kendini temizleyebilme ve yine kendi kendini tamir edebilme/onarabilme şeklinde karşımıza çıkmaktadır (11).

Klasik kaplama teknolojisinden tamamen farklı yeni bir teknoloji de "Nano kaplamalar"dır. Nano kaplamalar, kimyasal moleküllerin materyal üzerinde nanometre kalınlığında ve kendi kendine bir araya gelebilen mono tabakalardan oluşmaktadır. Her biri nanometre kalınlığında olan tabakaların sayısı istenildiği kadar artırılabilir. Kaplama kalınlığı yanında düzgünlük ve yoğunlukları da önem taşımaktadır. Sonsuz bir ince tabaka oluşturmak için teknik yaklaşımlardan birisi de kumaşı bir ön işleme tabi tutmaktır. Böylece yükler düzgün bir şekilde kumaş üzerinde dağılım gösterecek ve zıt yükteki istenen kimyasal maddeler elektrostatik kuvvetlerle aplat edilebilecektir. Ön işlem olarak plazma, iyon implantasyonu ve kimyasal işlemler kullanılabilmektedir. Polielektrolitler ve nano-

partiküller, farklı fonksiyonel özellikler kazandırmada en üst tabakada kullanılmaktadır. Nano kaplamalar konusunda seramik indiyum kalay oksit kullanılarak multi spektral kamuşaj materyalleri kullanımı üzerine çalışmalar devam etmektedir (11).

### 6.1. Nanolifler ve Kullanım Alanları

Lif sanayisinin ilgilendiği ve kullanım alanı bulan konulardan birisi de çapları 0,5 mikrondan daha az olan nanoliflerdir. Nanoliflerin çapı 50-300 nanometre arasında değişmektedir. Bu liflerde en küçük ölçü yaklaşık 50 nanometredir.

Nanoliflerin üretimi ile ilgili araştırmalar yaklaşık 20 yıldır devam etmektedir. Bu alanda en çok giyimde kullanılmak üzere geliştirilmiş bariyer kumaşları araştıran U.S. Army Natick Soldier Center çalışmaktadır. Natick son olarak çeşitli nonwoven kumaşların yüzeyindeki küçük miktardaki nanoliflerin su tutma özelliklerini büyük ölçüde artırdığını ve su temas açısını düşürdüğünü bildirmiştir. Hava direnci ve nefes alabilirlik gibi diğer özellikler de nonwoven kumaşların yüzeylerinde nanolifler kullanıldığında büyük çapta iyileştirme göstermektedir. Uygulama alanları aşağıdaki şekilde özetlenebilmektedir:

- Koruyucu kask ya da yelek için donatılmış ya da örülmüş ürünler

- Çok hassas sensörler
- Nano elektronikler
- Aşınma, biyolojik ve kimyasal dayanımlı dokusuz yüzeyler
- Mikro seviyede dokunmuş penetrasyon engelleyici kumaşlar
- Kumaş mühendisliği için üç boyutlu görünüme sahip materyaller
- Bitkilere böcek zehiri uygulamalarına filtre olarak
- Kompozitlerde kuvvetlendirmek amacıyla kullanılabilir
- Polimer filament içeren ayırıştırma membranları
- Yapay organlar

Özellikle askeri alanda nano lifler tene yapışık ikinci bir ten vazifesi yapacak şekilde tasarlanmıştır. Bu uygulama askerler için çok iyi bir koruma gerçekleştirilmesinin yanı sıra mikro gözenekleri sayesinde derinin nefes alabilmesi sağlandığından askerler için sağlık açısından da konfor sağlanmış olmaktadır.

### 6.2. Nano Lif Üretimi

Eriyikten lif çekimi, kuru ve yaş lif çekimi gibi konvansiyonel lif üretim teknikleri mekanik kuvvetlerle eriyiğin ya da çözeltinin bir düzeden geçirilmesini sağlama ve daha sonra katılaştırılması esasına dayanmaktadır. Ancak konvansiyonel lif üretim yöntemlerinde kullanılan düze çaplarının nano liflerin

üretiminde kullanılabilecek kadar küçültülmesinin imkânsız olması nedeniyle bu yöntemlerle nano liflerin üretilmesi mümkün olmamaktadır. Nano liflerin üretimleri temel olarak iki gruba ayrılmaktadır:

### 6.2.1. Konvansiyonel yöntemlerde düze modifikasyonlarıyla lif üretimi

Konvansiyonel yöntemlerde düze içerisinden bikomponent lifler geçirilmekte ve bu lif karışımları daha sonra ayrılmaktadır. Ancak bu yöntemlerle üretilen nano liflerin inceliği üniform olmamakta ve enine kesit görünüşleri de süreklilik taşımadığı için istenilen özellikleri taşımamaktadır.

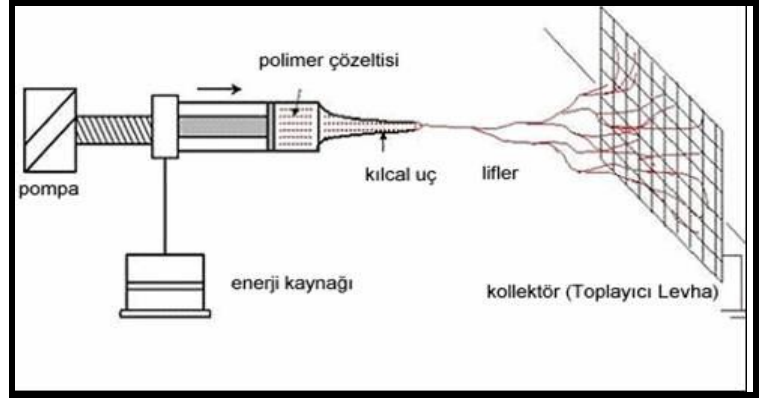
### 6.2.2. Elektrostatik yöntemlerle lif üretimi

Nanolif üretim yöntemleri arasında elektrostatik yöntemle elde edilen lifler istenilen tüm özellikleri sağlayabilmekte, lif inceliği kontrol altında tutulabilmektedir. Bu yöntemde, polimer çözeltisi veya lif eriyiğinden lif eldesi için elektrostatik kuvvet kullanılmaktadır.

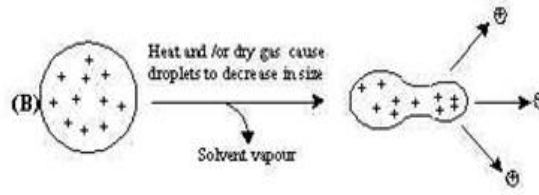
1934 yılında Formhals tarafından, elektrostatik kuvvetler kullanılmak suretiyle polimerlerden filament lif üretilmesi işleminin patenti alınmış ve kullanılan bu yöntem "elektrospinning" olarak tanımlanmıştır

5 kV ile 30 kV arasındaki elektrik akımı bir polimerin yüzey gerilimini yok etmektedir. Herhangi bir yüzey gerilimine sahip olmayan polimer çözeltisi, özel tasarlanmış ve çok ince yapıdaki jet düzesinden geçirilerek düzenin karşısına yerleştirilmiş olan topraklanmış hedefe doğru akmaktadır. Lif ışını şeklinde topraklanmış yüzeyde biriken lifler ise sürekli olarak çekilmektedir. Böylece elektrospinning yöntemi, polimerlerin önce çok yüksek voltajlı elektrik akımı ile yüklenmesi daha sonrada bir düzeden topraklı bir plakaya doğru akması esnasında katılaşması ve lif halini alması şeklinde özetlenebilmektedir.

Elde edilecek life ait polimer sıvısı ile doldurulmuş kılcal boru sistemine bir



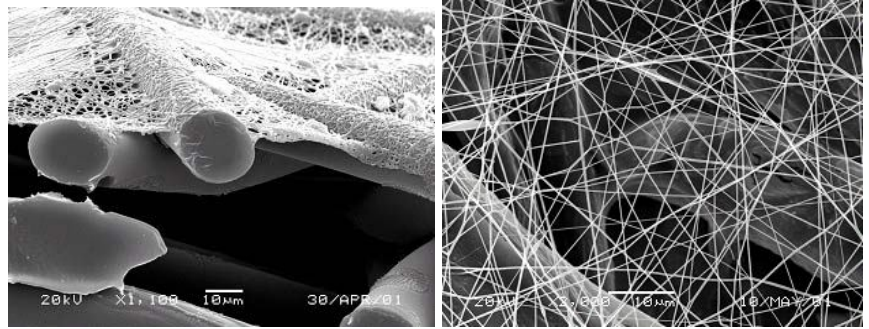
Şekil 10. Elektrospinning Üretimi (14)



Şekil 11. Taylor koni oluşumu

Tablo 2. Kullanılan polimerler ve çözücüler (12)

Polimer Sınıfı	Polimerler	Çözücü
Yüksek performans polimerleri	Poliimidler	Fenol
Sıvı kristalin bölgeye sahip polimerler	Poliamik asit	m-Kresol
Kopolimerler	Poliamid 6 - Poliimid	Formik asit
İletken polimerler	Polianilin	Sülfirik asit
Biyopolimerler	Polihidroksibütirat-valerat	Kloroform



Şekil 12. Hava filtrasyonu için WETLAID selüloz materyalleri üzerine uygulanan nanolifler

elektrod yardımı ile yüksek voltaj uygulanmakta ve lifler bu yüksek voltajlı elektriksel alanda üretilmektedir. Polimer çözeltisi veya eriyiği içinde piston olan bir şırınga içerisine doldurulmaktadır. Şırınganın ucu paslanmaz çelikten yapılmıştır ve elektrod görevi görmektedir. Karşıt elektrod olan metal plaka bu kılcal borunun altına yerleşti-

rilmştir. Bu kılcal boru ucu ile elektrod arasına yüksek voltaj uygulanmaktadır. Kontrollü hız altında şırınga içindeki piston bir motor ile tahrik edilerek hareket ettirilmektedir.

Polimer çözeltisinin bir damlası şırınga ucundan çıkmakta ve sıvı yüzey gerilimi sayesinde damlamadan bir süre için asılı kalmaktadır. Eğer voltaj bir



eşik değeri geçerse elektrostatik kuvvetler yüzey gerilimini aşmakta ve çözüldüğü damlanın uzaklaşmasına neden olmaktadır. Elektriksel alanın kuvveti arttıkça sıvının yarım küre şeklindeki yüzeyi konik şekil oluşturacak şekilde uzamaktadır. Buna "Taylor koni" adı verilmektedir.

Böylece karşı elektroda doğru hareket başlamaktadır. Bu fıçkırmakta olan damlaya "jet" denilmektedir. Bu jet (yüksüz) içerisindeki çözgen karşı elektroda hareket esnasında buharlaşmakta ve katı halde lifler oluşmaktadır. Bunlar yüksek oranda çekilmiş ve metal plaka üzerinde toplanmadan önce yaptığı rasgele hareket sırasında incelenmiştir. Lifler, karşı elektrodun üzerinde veya bu elektrod üstüne yerleştirilmiş olan bir materyal üzerinde toplanmaktadır. Bu şekilde çapları 5 nm'den başlayan lifler elde edilebilmektedir (7, 11, 12,14).

Elektrospinning yöntemi ile üretilen tülbentlerde, liflerin küçük çaplı olması sebebiyle, nanolif tülbentinin kalınlığı da oldukça küçüktür ve yaklaşık olarak 1 mikron civarındadır. Bu ince tülbentlerin düşük mekaniksel özellikleri, kullanımını sınırlamakta, bunun sonucu olarak da nanolif tülbentleri çeşitli materyaller üzerine uygulanmaktadır. Materyaller uygun mekanik özellikleri sağlayacak ve nanolif tülbentinin işlevselliğini arttıracak şekilde seçilmektedirler.

Nanolifler cam, poliester, poliamid ve selüloz gibi çok değişik materyallerin üzerine filtrasyon amacı ile uygulanabilmektedir.

Nanolifler yüksek mekaniksel özelliklere ve iyi esnekliğe sahiptir. Çapı 3-5 nm olan liflerin üretilebilirliğinden bahsediliyorsa da, 50 nm çapından daha düşük çapa sahip lifler üniform olmayan bir yapıya sahip olmaktadır. İnce çapa sahip liflerde, çözgenin buharlaşması ve jet stabilitesinin sağlanamaması, üzerinde çalışılması gereken konulardır.

Tekstilde uygulamalara örnek olarak aşağıdaki uygulamalar da ilave edilebilmektedir:

- Oto döşemelikleri
- Vinil esaslı kaplamalar
- Çadır,branda kaplamaları
- UV dayanımlı günlük giysiler
- Askeri amaçlı smart tekstiller
- Antimikrobiyal kaplamalar
- Hidrofilik poliester ve poliamid kumaşlar(Nano dry)
- Doğal lif tutumuna sahip, nefes alabilen, antistatik sentetikler (Nanotouch)
- Kalıcı (En az 30 yıkama)su-kir-yağ itici nefes alabilen kumaşlar (Nano pel)
- Yüksek buruşmazlık dayanımı, çekmez, su-kir-iticipamuklu, keten kumaşlar (Nano-Care)[4]

## SONUÇ

Nanoteknoloji atomik-moleküler boyuttaki bir maddenin yeni özelliklerinin açığa çıkarılmasıdır. Nano boyutlara inildiğinde madde makro-boyutlardan çok daha farklı fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikler kazanmaktadır. Nanosistemlerin fabrikasyonu, karakterizasyonu ile daha önce varlığı bilinmeyen çeşitli fonksiyonlar ortaya çıkartılmakta bunların verimli bir şekilde insanlığın kullanımına sunulması ile de hayat standartlarında önemli ilerlemeler kaydedilmektedir.

Nano seviyelerde görüntüleme, mekanik kuvvetler uygulayabilme ve mekanik özellik tayini, nanosaniyelerde başlayıp biten çeşitli işlemlerin yakalanabilmesi ve izlenmesi, nano-ölçeklerde kimyasal analiz gibi analitik inceleme tekniklerindeki ilerlemeler, beraberinde nanoteknoloji bilimini mühendisliğe ve oradan da uygulamalara ulaştırmış ve sensörlerde, hafıza elemanlarında, tıpta etkili yeni cihazların ortaya çıkmasını sağlamıştır.

Bu yeni bilim alanı, tıptan havacılık ve uzay alanına kadar çok geniş bir yelpazede atomsal büyüklükte cihazlar ve makineler üretilmesini sağlayabilmektedir.

Benzer şekilde nanoteknoloji tekstil sektörüne de girmiş ve pek çok alanda bununla ilgili çalışmalar yoğunlaşmış durumdadır. Gelecekte nanoteknoloji

ile üretilen liflerin ve yeni fonksiyonel ürünlerin hayatımızı kolaylaştıracağı düşünülmektedir.

Pekçok avantaja sahip nano materyallerin, henüz insan sağlığı ve çevreye olan etkileri tam olarak bilinmemektedir. Bu durumun detaylı bir şekilde incelenmesi önem taşımaktadır.

## KAYNAKLAR

1. Prof. Dr. Salim Çıracı, Prof. Dr. Ekmel Özbay Doç. Dr. Oğuz Gülsüren, Yrd. Doç. Dr. Hilmi Volkan Demir, Dr. Mehmet Bayındır , Ahmet Oral, Tuğrul Senger, Atilla Aydın, Aykutlu Dana, "Yeni Ufuklar, Türkiye'de Nanoteknoloji", Bilim ve Teknik Dergisi, Ağustos 2005
2. Tübitak nanobilim ve Nanoteknoloji Stratejileri Vizyon 2023 Projesi Nanoteknoloji Strateji Grubu, 2004
3. <http://physics.nist.gov/GenInt/STM/stm.html>
4. Özdoğan E., Demir A., Seventekin N., Lotus Etkili Yüzeyler, Tekstil ve Konfeksiyon, 1/2006, 287-290
5. [http://www.nanoteknoloji.net/NT\\_tarihi.htm](http://www.nanoteknoloji.net/NT_tarihi.htm)
6. Fong H., Reneker H., Electrospinning and the Formation of Nanofibres,
7. Yasemin BOZKAYA, Anadolu Üniversitesi İleri Teknolojiler Araştırma Birimleri, Nanoteknoloji Bilim Dalı Nanoteknoloji Bilim Dalı, Nanoteknolojiler Sunumu
8. Karbon Nanoyapılar, Şakir Erkoç, Bilim ve Teknik Dergisi, Ocak 2001
9. Karbon nanotüpler, Gamze DOĞAN, Fikri ŞENOL, Ebru Tayyar, Necla YAMAN, Tekstil ve Konfeksiyon, 3/2005, 135-138.
10. Nanotechnology in textiles, INNEUROTEX, March 2004.
11. Nanotechnology, Ian Holme, International Dyer, July 2005, 5-7.
12. Yıldırım D., Öktem T., Seventekin N., "Nanolifler", Tekstil ve Konfeksiyon, 1-2004, 7-10.
13. The base of molecular nanotechnology and its implication in textiles, Ghosh T., Colourage March 2005, 39-43
14. NANO LİFLER, Tekstil Müh. Gamze Süpüren, Tekstil Müh. Z. Evrim Kanat, Arş. Gör Ahmet Çay, Dr. Tülay Gülümser, Prof. Dr. Işık Tarakçıoğlu, Tekstil Müh. Tuba KIRCI, Prof. Dr. Işık Tarakçıoğlu, [www.ttamege.edu.tr](http://www.ttamege.edu.tr)