

**ELEKTROMANYETİK DALGA ENGELİ TEKSTİL ÜRÜNLERİ
ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA:**

**POLİMER KAPLAMA VE YÜZEY – ARAYÜZEYLER İLE
İLGİLİ YAPISAL İNCELEMELER**

**A RESEARCH ON ELECTROMAGNETIC WAVE SHIELD
TEXTILE PRODUCTS:**

**POLYMER COATING AND THE STRUCTURAL
INVESTIGATIONS RELATED WITH SURFACE -
INTERFACES**

EREN ÖZÜPEK

PROF. DR. SEMRA İDE

Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin Polimer Bilimi ve Teknolojisi
Anabilim Dalı için Öngördüğü YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

2018

EREN ÖZÜPEK' in hazırladığı **"Elektromanyetik Dalga Engeli Tekstil Ürünleri Üzerine Bir Araştırma: Polimer Kaplama ve Yüzey-Arayüzeyler ile İlgili Yapısal İncelemeler"** adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **POLİMER BİLİMİ VE TEKNOLOJİSİ ANABİLİM DALI'** nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Murat ŞEN

Başkan



Prof. Dr. Semra İDE

Danışman



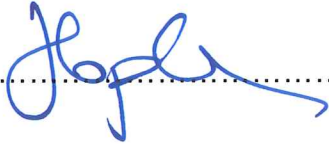
Prof. Dr. Mehmet KABAK

Üye



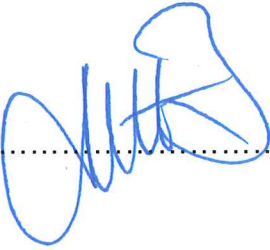
Prof Dr. Hatice KAPLAN CAN

Üye



Doç. Dr. Murat BARS BAY

Üye



Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Menemşe GÜMÜŞDERELİOĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

YAYINLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

- Tezimin/Raporumun tamamı dünya çapında erişime açılabilir ve bir kısmı veya tamamının fotokopisi alınabilir.

(Bu seçenekle teziniz arama motorlarında indekslenebilecek, daha sonra tezinizin erişim statüsünün değiştirilmesini talep etmeniz ve kütüphane bu talebinizi yerine getirirse bile, tezinin arama motorlarının önbelleklerinde kalmaya devam edebilecektir.)

- Tezimin/Raporumun tarihine kadar erişime açılmasını ve fotokopi alınmasını (İç Kapak, Özet, İçindekiler ve Kaynakça hariç) istemiyorum.

(Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir, kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı ve ya tamamının fotokopisi alınabilir)

- Tezimin/Raporumun tarihine kadar erişime açılmasını istemiyorum, ancak kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı veya tamamının fotokopisinin alınmasını onaylıyorum.

- Serbest Seçenek/Yazarın Seçimi

26 / 06 / 2018

(İmza)

Öğrencinin Adı Soyadı

EREN ÖZGÜR



ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversitede veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

26/06/2018

EREN ÖZÜPEK

ÖZET

ELEKTROMANYETİK DALGA ENGELİ TEKSTİL ÜRÜNLERİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA: POLİMER KAPLAMA VE YÜZEY – ARAYÜZEYLER İLE İLGİLİ YAPISAL İNCELEMELER

EREN ÖZÜPEK

Yüksek Lisans, Polimer Bilimi Ve Teknolojisi Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Semra İDE

Haziran 2018, 61 sayfa

Günümüzde yaşadığımız ortamlarda, yüksek gerilim hatları, haberleşme ve radar sistemleri, tıpta teşhis ve tedavi amaçlı kullanılan sistemler gibi pek çok uygulamaların neden olduğu radyasyon kirliliği gittikçe artmaktadır. Özellikle, havayolu ulaşımında etkin olan, uzaydan dünyamıza gelen (kozmetik ışınlar başta olmak üzere) zararlı elektromanyetik dalga (EMD) ların varlığı, ozon tabakasındaki incelmelerin artması ve var olan deliğin büyümesi vb. olumsuz gelişmeler, ileride insanoğlu için daha fazla zararlı EMD etkileri ile karşılaşılacağına da bir göstergesidir.

Bu tür zararlı radyasyondan korunma amacının yanında, güvenlik amacı ile farklı EMD yalıtımlarının da yapılma istekleri, yeni EMD engelli malzemelerin geliştirilmesine yol açmaktadır. Bu tür teknolojik istekler sonucunda bazı tekstil firmaları, önemli Ar-Ge faaliyetleri gerçekleştirmeye başlamıştır. Bu öncü Ar-Ge çalışmaları sonucunda, organik/organometalik özellikler taşıyan, EMD engeli olabilen pek çok kompozit ve nanofiber malzemeden üretilmiş tekstil ürünleri, yüksek maliyetlerle tüketim piyasasına kazandırılmaktadır.

Üniversitemiz, Fizik Mühendisliği Bölümü, SWAXS Araştırma Grubu'nda gerçekleştirilen bu tez çalışması ile öncelikle, tüketime sunulan EMD engeli tekstil ürünlerinin karmaşık yapıları nanoskopik ölçekte Small Angle X-ray Scattering (SAXS, küçük açı x-ışını saçılması) yöntemi ile incelenmiştir.

Yapılan öncü çalışmalar ile, iki tip SG (Steel Gray) ve ST (Silver Twin) kodları ile tanımlanan tekstil ürünü üzerine odaklanılmıştır. Bu iki ürün seçilirken, EMD kalkan özellikleri ve antibakteriyel özellikleri en güçlü olan ürünler olmasına dikkat edilmiştir. Ayrıca, yüzey özelliklerinin polimer kaplama işlemlerine uygun olup olmadıkları da Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) yöntemi kullanılarak belirlenmiştir.

Ardından karbon nanotüp (CN) ve grafen ile katkılanmış sanayi tipi bir polimer olan plastomer (Plasti-Dip) malzemeler hazırlanarak, farklı oranlarda iki boyutlu (2B) ve 3B nano parçacıklar içerecek şekilde, CN ve grafenle katkılanarak tekstil ürünlerini kaplayacak forma getirilmişlerdir. Sanayi tipi kullanıma uygun, basınçlı sıvı kompozit tüpleri ile püskürtme yöntemi kullanılarak kumaş kaplama işlemleri yapılmıştır.

Kaplama işleminden sonra, ara yüzey ve dış yüzey bilgilerini içerecek şekilde birkaç Angström büyüklükten, nanometre ve mikrometre ölçeklerine kadar yapılar incelenerek yapı-özellik ilişkileri kurulmaya çalışılmıştır. Yüzey ve ara yüzey yapı incelemelerinde, ağırlıklı olarak SAXS yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen kaplanmış kumaşların EMD ye karşı kalkan etkisi oluşturup oluşturmadıkları, Dalga Kılavuzu Metodu kullanılarak test edilmiştir.

İnsan kullanımına doğrudan sunulabilecek bu malzemelerin sağlık açısından bir sorun oluşturup oluşturmayacaklarını belirlemek için de araştırmalar başlatılmış ve kaplama öncesi/sonrası kumaş biyo aktiviteyi incelenmiştir.

Disiplinler arası bir çalışma olan bu tez kapsamında, Üniversitemiz, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü ve Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü bilim insanları ile iş birliği yapılmıştır.

Çalışmanın sonucunda, bu tür tekstil malzemeleri ile ilgili ilk kez nano ölçekli yapısal Ar-Ge faaliyetleri gerçekleştirilerek, yapılan CN ve Grafen katkılı polimer kaplama işlemleri ile 8-13 GHz aralığında EMD kalkanlama özelliklerinin ve antibakteriyel etkilerin yapı ile ilişkilendirilebildiği nano kompozit ürünler elde edilebilmiştir.

Grafen katkılı polimer kaplanan kumaşların yüzeyinde nano fraktal yapıların oluştuğu, CN katkılı kaplamalarda ise, Çekirdek-Kabuk Silindir (Core Shell Cylinder) formunda nano yapıların bulunduğu belirlenmiştir. Fraktal model ile yüzeye dağılan grafen nano oluşumlar, yüzey üzerinde daha pürüzsüz ve düzgün bir dağılımın elde edilmesine neden olmuş ve EMD kalkanlama özelliğinin, yüzeyin her bir noktasında daha uniform elde edilmesine katkıda bulunmuştur.

ST kumaş üzerine yapılan kaplamalar hem CN, hem de grafen katkılar için çok daha düzgün ve homojen elde edilmiştir. Bu durum AFM ve EMD etkileşim testleri ile doğrulanmıştır.

%4 CN-SG tekstil ürününde, kaplamasız SG'ye göre, 11-13 GHz frekanslı EMD için soğurma en yüksek değerde olup, yansımının da en az olması, bu malzemenin bu frekans bölgesinde görünmezlik çalışmalarında kullanılabileceğini göstermiştir. Kaplama işlemi ile soğurma değeri, 0,2 den 0,3'e artarak %50 oranında geliştirilmiştir. Ayrıca, 8-13 GHz aralığında geçirgenliğin en az olması, CN-SG nin SG ye göre kalkanlama özelliğinin de artırıldığının delili olmuştur.

%4 Grafen-SG, 8,5-13 GHz aralığında EMD ler için kaplanmış kumaşın yansıtma özelliğinin en fazla, geçirgenliği ve soğurmasının ise en az olduğu belirlenmiştir. Kaplama işlemi ile geçirgenlik değeri 1,2 den 0,5'e düşerek %33 artırılmıştır. Yani başlangıç malzemesi olan SG ye göre daha iyi bir kalkanlama özelliği elde edilmiştir.

%2 CN-ST malzemesi, 8-13 GHz aralığında, yansıtıcılığı en yüksek, soğurma ve geçirgenliği en düşük olması nedeni ile EMD kalkanı olarak önemli bir ürün olma özelliğine sahiptir. Kaplama işlemi sonrası geçirgenlik değeri 2,2 den 0,5'e düşerek %77 artırılmıştır.

%2 Grafen-ST, 9,8-13 GHz aralığında daha az geçirgenlik göstermiş ve ortalama geçirgenlik değeri 2,8 iken 1,4 değerine düşerek %50 oranında kalkanlama özelliğindeki artışına neden olmuştur. Bu ürünün aynı zamanda, Gr(+) mikroorganizma olan *Staphylococcus aureus* ve Gr (-) *Escherichia coli* üzerinde etkin bir biyoaktiviteye sahip olduğu da gözlenmiştir.

CN katkılı ST malzemeler için CN katkılama oranı arttıkça, nano ölçekte Rg yarıçap değerlerinin (8,96 – 11,80 nm) ve oluşan küme boyutlarının (24,63 - 34,29 nm) arttığı belirlenmiştir.

Bu çalışma sonucunda elde edilen en değerli ürün fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikler açısından %2 CN-ST malzemesidir. 8,96 nm yarıçaplı, homojen dağılımlı, nano globular parçacıklara sahip bu malzeme iyi bir EMD engeli olup aynı zamanda çok iyi bir mikroorganizma karşıtı özelliğe sahiptir.

ABSTRACT

A RESEARCH ON ELECTROMAGNETIC WAVE SHIELD TEXTILE PRODUCTS: POLYMER COATING AND THE STRUCTURAL INVESTIGATIONS RELATED WITH SURFACE - INTERFACES

Eren Özüpek

Master's Degree, Department of Polymer Science and Technology

Supervisor: Prof. Dr. Semra İDE

June 2018, 61 pages

Nowadays, in the environment that we live, the radiation pollution caused by common applications such as high voltage power lines, communication and radar systems, systems used for diagnosis and cure in medicine increase every day. Especially, negative impacts like the existence of harmful electromagnetic waves (EMW) coming from space and effective on air transportation, the increasing thickness of the ozone layer and the expansion of the ozone hole etc. indicate that humankind will face much more harmful effects of EMW.

In order to avoid these harmful effects of waves/radiation, some companies are carrying out important R&D activities on textile. Several textile products manufactured from composite and nanofiber materials which have organic, organometallic compounds and potential to prevent EMW. Textile products should be coated with polymer to avoid such disruptions and negative external impacts may occur during use which may disable the EMW shield.

With this thesis study carried out in SWAXS Research Team of Hacettepe University Physics Engineering Department, at first, the complex structures of EMW shield textile products in the market were examined in nanoscopic scale with using Small Angle X-ray Scattering (SAXS).

Pioneering work done with two types of a textile product as defined by the codes SG (Steel Gray) and ST (Silver Twin) focused on. When selecting these two products, we chose the most powerful EMW shield and antibacterial properties products carefully. In addition,

whether they are also suitable for the surface properties of the polymer coating operations, Atomic Force Microscopy (AFM) was determined using the method.

Following those, coating studies were carried out by using a special plastomer (plastidip) doped with carbon nanotube and graphene which inside 2D and 3D nano particles. Prepared with graphene and carbon nanotubes at different rates into dissolved private polymer, a spray method was applied on textiles to coating.

After coating, the change in textile products' EMW shield, structural changes in their interfaces and their surface were examined from Angstrom to nanoscale and then, from nanoscale to microscale. Mainly method was used SAXS for surface and inter surface structures. Then, were tested Waveguide Methods for changing coated textiles EMW shielding efficiency.

These materials which can be directly available for human consumption were determined if they created a problem in terms of human health, bio activity before/after coating fabric.

An interdisciplinary study within the scope of this thesis, we collaborated with valuable scientist of Department of Electrical and Electronics Engineering and Department of Biology of Hacettepe University.

In the results of the study, for the first time such textile materials related to nano-scale structural R & D activities performed and polymer which doped CN and Graphene coating operations in the range 0-13 GHz made with the shielding properties and anti-bacterial effects can be associated with the structure of the nano-composite products could be obtained.

Graphene-doped polymer-coated fabric on the surface of nano-fractal structures formed, on the other hand, CN-doped polymer-coated fabric on the surface of Core Shell Cylinder nano-structures have revealed. The formation of dispersed nano-graphene on the surface with the fractal model have caused to be obtained a uniform distribution on the surface smooth and EMW shielding has contributed to achieve more uniform at each point of the surface of the property.

Coatings on ST fabrics for both grafene and CN were obtained much more smooth and homogeneous. In this case, it is verified by AFM and EMW interaction tests.

%4 CN-SG textile products have the highest value for absorption for 11-13 GHz EMW has the highest value for absorption according to uncoated SG and has shown that have a minimum of reflection of the material used in the study of invisibility in the region of this frequency. Absorption value of the coated sample respect to uncoated one was increased from 0.2 to 0.3 and so, 50% development was obtained by coating.

%4 Graphene-SG is a maximum reflectivity in the range of 8.5 to 13 GHz for EMW beside materials permeability and absorption are a minimum. So, SG is better shielding property which was obtained according to the starting material. Transmission value was increased from 1.2 to 0.5 with 33% development after the coating.

%2 CN-ST material is high reflectance, low absorption and permeability in the range of 8 to 13 GHz. Therefore EMW shield has the distinction of being important as a product. Transmission value was decreased from 2.2 to 0.5 with 77% increasing after the coating.

%2 Grafen-ST fabric materials are maximum reflectance, minimum absorption between in the range of 9.8 to 13 GHz and it is revealed that much less compared (from 2.8 to 1.4 with 50% increasing) to an uncoated fabric is permeable. At the same time, this textile products have effective bio-activity on Gr(+) *Staphylococcus aureus* and Gr (-) *Escherichia coli* microorganisms.

It was determined that when CN doping rate of CN doped ST materials increased, Rg semi-diameter values (8.96 – 11.80 nm) and cluster size (24.63 – 34.29 nm) also increased at the nanoscale.

The most valuable product obtained as a result of this study in terms of physical, chemical and biological properties was a 2% CN-ST material. 8.96 nm half-scale homogeneous dispersion of globular particles of the material is the best EMW shielding and also it has a very good anti-microorganism capability.

TEŞEKKÜR

Bu tezin oluşturulmasında ve içerdiği çalışmaların gerçekleştirilmesinde,

gösterdiği sabır ve teşvikleri, derin bilgisi, tecrübesi ve eksik etmediği ilgisinden dolayı, tez danışmanım Sayın, Prof. Dr. Semra İDE'ye,

bilgi ve deneyimlerini bizlerle paylaşan, tezin değerlendirilmesi aşamasında önemli bilimsel katkılarda bulunan değerli Jüri üyelerine,

bilgi ve deneyimlerini eksik etmeyen benim de mensubu olduğum, Hacettepe Üniversitesi Fizik Mühendisliği Bölümü SWAXS grubu çalışanlarına, özellikle yardımlarını hiç esirgemeyen Sayın, Dr. Ilgar Orujalipoor ve Yük. Lis. Öğrencisi değerli arkadaşım Damla Karaarslan'a,

polimerler konusunda engin bilgi ve bilimsel birikimlerinden faydalandığım, öğrencisi olduğum Anabilim Dalımızın kurucusu, Sayın, Prof. Dr. Murat ŞEN'e,

devam ettiğim derslerde edindiğim tüm bilgilerin kaynağı olan, kuramsal ve deneysel derslerin sorumlusu olan, Hacettepe Üniversitesi Polimer Bilimi ve Teknolojisi Anabilim Dalı bünyesinde görevli tüm değerli öğretim üyelerine,

bu günlere ulaşmamı sağlayan, sevgisi, emeği ve sabrı ile bana güç veren canım annem Emine YILDIRIM ve sevgili babam Emin ÖZÜPEK'e

içtenlikle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER.....	viii
ŞEKİLLER	x
ÇİZELGELER.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiii
1.GİRİŞ.....	1
2.ELEKTROMANYETİK DALGA VE ELEKTROMANYETİK DALGA KALKANLAMA	2
2.1. Elektromanyetik Dalga Kavramı	2
2.2. Elektromanyetik Kirlilik.....	6
2.3. Elektromanyetik Dalgaların İnsan Vücudu Üzerindeki Etkileri	6
2.4. Elektromanyetik Kalkanlama	8
3. DENEYSEL ÇALIŞMALARDA KULLANILAN MALZEMELER	10
3.1. Steel Gray (SG) ve Silver Twin (ST) Kumaşlar.....	11
3.1.1. Steel Gray (SG)	11
3.1.2. Silver Twin (ST).....	13
3.2. Grafen ve Karbon Nanotüp (CN) Katkılanmış Plasti-Dip (Plastomer).....	14
4. KULLANILAN YÖNTEMLERLE İLGİLİ KURAMSAL BİLGİ.....	16
4.1. X-Işınları.....	16
4.2. Laboratuvar Tipi X-ışını Kaynağı	17
4.3. SAXS (Small Angle X-Ray Scattering) Küçük Açılı X-ışını Saçılma Yöntemi.....	18
4.3.1. Küçük q Bölgesi	20
4.3.2. Jirasyon Yarıçapının Bulunması.....	21
4.3.3. Orta q Bölgesi.....	22
4.3.4. Büyük q Bölgesi ve Porod Yasası	22
4.3.5. Basit Geometrilere Sahip Oluşumlar İle İlgili Bazı Yapısal Bilgiler	24
4.4. Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) Metodu	26
4.5. Dalga Kılavuzu Metodu.....	27
5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	28
5.1. Polimer Malzemenin Grafen ve Karbon Nanotüp İle Belirli Oranlarda Katkılanması ve Kumaşa Uygulanması.....	28

5.2. Mikroskopik Ölçümler	29
5.3. SAXS Ölçümleri.....	32
5.4. AFM Ölçümleri	39
5.5. Radyo Frekans (RF) Ölçümleri	42
5.6. Biyolojik ve Anti-Bakteriyel Ölçümler	44
6.TARTIŞMA VE SONUÇ	47
KAYNAKLAR.....	57
ÖZGEÇMİŞ.....	60

ŞEKİLLER

SAYFA

Şekil 2.1. Manyetik Alan, Elektrik Alan ve Dalganın İleleme Yönü.....	3
Şekil 2.2. X Işınlarnın Oluşumu.....	5
Şekil 2.4. Ara Yüzeyi t Kalınlığında Olan Bir Duvar İçin Ekranlama Bileşenleri.....	8
Şekil 3.1 Bu Tezin Öncü Çalışmalarda Kullanılan Kumaş Örnekleri, Kodları ve Katalog İsimleri	11
Şekil 3.2. ST Kumaş.....	12
Şekil 3.3. SG Frekans-dB Grafiği.....	12
Şekil 3.4. ST Kumaş.....	13
Şekil 3.5. ST Frekans-dB Grafiği.....	14
Şekil 3.6. Plastomer Karışım Bilgisi.....	14
Şekil 3.7. Plasti-Dip ve Uygulamaları	15
Şekil 3.8. Nanografi Firması Grafen ve CN Örnekleri	15
Şekil 4.1. X-ışını Spektrumu	17
Şekil 4.2. X-ışını Tüpü.....	17
Şekil 4.3. SAXS Düzenegi Şeması	19
Şekil 4.4. SAXS Eğrisinin Bölgelere Göre Verdiği Bilgiler.....	20
Şekil 4.5. Guinier Bölgesi Grafiği.....	22
Şekil 4.6. Porod Bölgesi $I(q).q^4 - q^4$ Grafiği	23
Şekil 4.7. Üçgen Birimlerden Oluşan Bir Faktal Yapı (sol) ve Doğal Fraktal Yapılara İki Örnek (Ağaç ve Sebze Görseli).....	24
Şekil 4.8. Fraktal Model İçin Saçılma Deseni	24
Şekil 4.9. Silindirik Çekirdek Kabuk Şematik Gösterimi.....	25
Şekil 4.10 Silindirik Çekirdek Kabuk Modeli İçin Saçılma Deseni	26
Şekil 4.11. Cantilever Örneği ve AFM Mekanizması	26
Şekil 4.12. Dalga Kılavuzu Metodu Deney Şeması	27
Şekil 5.1. CN ve Grafen Katkılı Plastomer Kaplanmış Kumaş Örnekleri ve Püskürtme-Tarama İşlemi İle Elde Edilen Daha Büyük Formda Kaplanan Kumaş Örnekleri.....	29
Şekil 5.2. Grafen Katkılı Polimer İle Kaplanan ve Kaplanmayan Kumaşların Mikroskop Altındaki Görüntüsü	30
Şekil 5.3. CN Katkılı Polimer İle Kaplanan ve Kaplanmayan Kumaşların Mikroskop Altındaki Görüntüsü.....	31
Şekil 5.4. Grafen Katkılı ST Kumaşların Saçılma Desenleri	32
Şekil 5.5. Grafen Katkılı ST Kumaşların Saçılma Desenleri	32
Şekil 5.6. CN Katkılı SG Kumaşların Saçılma Desenleri	33
Şekil 5.7. CN Katkılı ST Kumaşların Saçılma Desenleri	32
Şekil 5.8. %2 Grafen ST Örneği İle İlgili Uyum Grafiği, PDD ve <i>ab-initio</i> Yapı Modeli.....	35
Şekil 5.9. %4 Grafen ST Örneği İle İlgili Uyum Grafiği, PDD ve <i>ab-initio</i> Yapı Modeli.....	35
Şekil 5.10. %6 Grafen ST Örneği İle İlgili Uyum Grafiği, PDD ve <i>ab-initio</i> Yapı Modeli.....	35
Şekil 5.11. %2 Grafen SG Örneği ile İlgili Uyum Grafiği, PDD ve <i>ab-initio</i> Yapı Modeli.....	36

Şekil 5.12. %4 Grafen SG Örneği İle İlgili Uyum Grafiği, PDD ve <i>ab-initio</i> Yapı Modeli.....	36
Şekil 5.13. %6 Grafen SG Örneği İle İlgili Uyum Grafiği, PDD ve <i>ab-initio</i> Yapı Modeli.....	36
Şekil 5.14. %2 CN ST Örneği İle İlgili Uyum Grafiği, PDD ve <i>ab-initio</i> Yapı Modeli.....	37
Şekil 5.15. %3 CN ST Örneği İle İlgili Uyum Grafiği, PDD ve <i>ab-initio</i> Yapı Modeli.....	37
Şekil 5.16. %4 CN ST Örneği İle İlgili Uyum Grafiği, PDD ve <i>ab-initio</i> Yapı Modeli.....	37
Şekil 5.17. %2 CN SG Örneği İle İlgili Uyum Grafiği, PDD ve <i>ab-initio</i> Yapı Modeli.....	38
Şekil 5.18. %3 CN SG Örneği İle İlgili Uyum Grafiği, PDD ve <i>ab-initio</i> Yapı Modeli.....	38
Şekil 5.19. %4 CN SG Örneği İle İlgili Uyum Grafiği, PDD ve <i>ab-initio</i> Yapı Modeli.....	38
Şekil 5.20. ST Kumaşların AFM Altında Topografi ve Faz Görüntüleri	39
Şekil 5.21. SG Kumaşın AFM Altında Topografi ve Faz Görüntüleri	39
Şekil 5.22. ST Kumaşın AFM Altında Üç Boyutlu Topografisi	40
Şekil 5.23. SG Kumaşın AFM Altında Üç Boyutlu Topografisi	40
Şekil 5.24. ST Kumaşın Belirlenen Kesitlerdeki Boyut Grafikleri	41
Şekil 5.25. SG Kumaşın Belirlenen Kesitlerdeki Boyut Grafikleri	41
Şekil 5.26. CN Steel Gray İçin Saçılma Parametreleri Karşılaştırma Ölçümleri; a)Yansım, b) Geçirgenlik, c) Soğurma	42
Şekil 5.27. CN Silver Twin İçin Saçılma Parametreleri Karşılaştırma Ölçümleri, a)Yansım, b) Geçirgenlik, c) Soğurma	43
Şekil 5.28. Grafen Steel Gray İçin Saçılma Parametreleri Karşılaştırma Ölçümleri, a) Yansım, b) Geçirgenlik, c) Soğurma	43
Şekil 5.29. CN Silver Twin İçin Saçılma Parametreleri Karşılaştırma Ölçümleri, a)Yansım, b) Geçirgenlik, c) Soğurma	44
Şekil 5.30. <i>Staphylococcus aureus</i> ile grafen ST üzerindeki etkilerin araştırılması.....	46
Şekil 5.31. <i>Escherichia coli</i> ile grafen ST üzerindeki etkilerin araştırılması	46
Şekil 6.1. Grafen kaplı kumaşların DAMMIN üzerinde modellemeleri.....	48
Şekil 6.2. CN kaplı kumaşların DAMMIN üzerinde modellemeleri.....	49
Şekil 6.3. %2 CN ST Porod Bölgesi Grafiği.....	50
Şekil 6.4. %2 Grafen ST Porod Bölgesi Grafiği.....	50
Şekil 6.5. % 4 Grafen SG Porod Bölgesi Grafiği.....	51
Şekil 6.6. % 4 CN SG Porod Bölgesi Grafiği.....	51
Şekil 6.7. % 4 Grafen ST Porod Bölgesi Grafiği.....	51
Şekil 6.8. CN Katkı Oranına Göre Rg ve D Değerlerindeki Değişim.....	53
Şekil 6.9. SG ve ST Kumaş Yüzeylerinin Aynı Ölçekte Gösterilmiş Topografik Ölçümleri.....	54
Şekil 6.10. <i>Staphylococcus aureus</i> Bakteri Kümeleri ve Yüzey İle Etkileşimleri.....	55
Şekil 6.11. Tez Çalışmasının Başlangıç Gelişme ve Sonuç Bölümlerini İçeren İş-Akış, Bulgu-Değerlendirme ve çıktı şeması.....	56

ÇİZELGELER

Sayfa

Çizelge 2.1. Sık Kullanılan Ev Aletlerinin Neden Oldukları Elektrik Alan Şiddetleri	6
Çizelge 2.2. Bazı Ekranlama Verileri (E: EM alan, P: EM güç)	9
Çizelge 3.1. SG Kumaşların Teknik Özellikleri.....	12
Çizelge 3.2. ST Kumaşların Teknik Özellikleri.....	13
Çizelge 3.3. Plastomer Teknik Verileri.....	15
Çizelge 3.4. MWCNT CN Özellikleri.....	16
Çizelge 3.5. Grafen Özellikleri.....	16
Çizelge 5.1. Grafen Katkılı Polimer İle Kaplanan Kumaşların Yapısal Bulguları.....	34
Çizelge 5.2. CN Katkılı Polimer İle Kaplanan Kumaşların Yapısal Bulguları.....	34
Çizelge 5.3. Farklı Organizmalara Karsın Kaplama Olmadan Kullanılan Kumaşların Etki Sınır Çapları (± 0.5 mm).....	45
Çizelge 5.4. Yıkama İşlemi Sonrası Biyoaktivitelere Değişimler(± 0.5 mm).....	45

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

Å	Angström
$A(q)$	Saçılma genliği
B	Manyetik Alan
ϵ	Soğurma katsayısı
c	Işık hızı
E	Enerji
E	Elektrik alan
I	Isın (saçılma) şiddeti
L	Silindir Uzunluğu
λ	Dalga boyu
$P(q)$	Form faktörü
$p(r)$	Uzaklık dağılım fonksiyonu
\vec{q}	Saçılma vektörü
\vec{r}	Yer değiştirme vektörü
R_g	Jirasyon yarıçapı
ρ	Elektron yoğunluğu
S	Saçılan ışınların dalga vektörleri
S	Yüzey Alanı
$S(q)$	Yapı Faktörü
S_0	Gelen ışınların dalga vektörü
EE	Ekranlama etkinliği
SE	Kalkanlama etkinliği
dB	Desibel
Q	Yapı değişmezi
V	Hacim
$\gamma(r)$	“r” komşuluğunda bulunan elektronlar
2θ	Saçılma açısı
L	Uzunluk

t Kalınlık

Kısaltmalar

AFM	Atomik Kuvvet Mikroskobu (Atomic Force Microscopy)
ALD	Atomic Layer Deposition
EMD	Elektromanyetik Dalga
EMR	Elektromanyetik Radyasyon
CN	Karbon nanotüp (Carbon Nanotube)
IR	Kırmızıaltı (Infrared)
PDD	Uzaklık Dağılım Fonksiyonu (Pair Distance Distribution)
SAXS	Küçük Açı X-ışını Saçılması (Small Angle X-Ray Scattering)
ST	Silver Twin
SG	Steel Gray
MWCNT	Multi Wall Carbon Nanotubes

1.GİRİŞ

Günümüzde yaşadığımız ortamlarda, yüksek gerilim hatları, haberleşme ve radar sistemleri, tıpta teşhis ve tedavi amaçlı kullanılan sistemler gibi pek çok uygulamaların neden olduğu radyasyon kirliliği gittikçe artmaktadır. Özellikle, havayolu ulaşımında etkin olan uzaydan dünyamıza gelen (kozmetik ışınlar başta olmak üzere) zararlı elektromanyetik dalga (EMD) ların varlığı, ozon tabakasındaki incelmelerin artması ve var olan deliğin büyümesi vb. olumsuz gelişmeler, ileride insanoğlu için daha fazla zararlı EMD etkileri ile karşılaşılacağına da bir göstergesidir.

EMD kavramı, bir vakum veya maddesel ortamda kendi kendine yayılan dalgaların genel formu ile ilgili bir tanımdır. Elektromanyetik dalgalar, yüklü bir parçacığın ivmeli hareketi sonucunda oluşmuş, birbirine dik elektrik (\mathbf{E}) ve manyetik alan (\mathbf{B}) bileşenleri içeren ve bu iki alanın oluşturduğu düzleme dik doğrultuda (\mathbf{ExB}) yayılan, yayılmaları için ortam gerekmeyen ve boşlukta c ışık hızı ile yayılan enine dalgalardır.

Dalgaların/Radyasyonun, zararlı/istenmeyen etkilerinden korunmak için bazı firmalar (YSHIELD GmbH&Co.KG–Germany gibi) tekstil konusunda önemli Ar-Ge faaliyetleri gerçekleştirmektedir. Organik, organometalik özellikler taşıyan EMD engeli olabilecek pek çok kompozit ve nanofiber malzemeden üretilmiş tekstil ürünleri, yüksek maliyetlerle tüketim piyasasında yer almaya başlamıştır. Bu ürünler yüksek maliyetlerle satılmakla birlikte, yapıları tam anlamı ile kontrol altına alınabilmiş değildir. Öyle ki, bu tekstil ürünleri nem ve ısı etkileri altında kolayca özelliklerini yitirebilmektedirler. Bu tür bozulmaların ve kullanım sırasında yapılarda ortaya çıkabilecek olumsuz dış etkilerin, EMD engeli oluşturma özelliğini önlememesi için bu tez kapsamında, tekstil ürünlerinin polimerlerle kaplanması amaçlanmıştır. Bu kaplama işlemi ile ulaşılması istenen hedefler,

1. Tekstil ürününün korunması ve nano ölçekte ideal sayılan polimer temelli kaplama yapılması.
 2. Kaplama işlemi ile EMD engeli olma özelliklerinin geliştirilmesi
 3. Kaplama işlemi ile (biyoaktivite özellikleri gibi) başka özelliklerin de geliştirilmeye çalışılması
 4. Nano yapı ve özellik ilişkilerinin kurularak üretim için yeni olası formasyonların belirlenmesi
 5. SAXS yöntemi ile bu tür tekstil ürünleri için ilk kez nano ölçekli yapı araştırmalarının Ar-Ge amaçlı kullanımı
 6. Grafen ve CN katkılı polimer kaplama işlemleri sonunda en iyi özelliklere sahip ürünlerin belirlenmesi
- şeklinde özetlenebilir.

Üniversitemiz Fizik Mühendisliği Bölümü, SWAXS Araştırma Grubu'nda gerçekleştirilen bu tez çalışması ile öncelikle, piyasada bulunan EMD engeli tekstil ürünlerinin karmaşık yapıları nanoskopik ölçekte incelenmiştir. Ardından EMD engeli olma özelliğini artırma olasılığı olan farklı nanokompozit polimerler ile kaplama çalışmaları başlatılarak, yapısal özellikler (arayüzeyleri ve dış yüzeyleri içerecek şekilde birkaç Angström büyüklükten, nanometre ve mikrometre skalalarına kadar) incelenmiş ve yapı-özellik ilişkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Yüzey ve ara yüzey yapı incelemelerinde, ağırlıklı olarak SAXS yöntemi kullanılmıştır. Gerçek uzayda görüntüleme (Mikroskopi) yöntemleri de, mikro düzeyde yapısal bilgilere ulaşmak için tercih edilmiştir.

Yapılan kaplama işlemlerinin moleküler, nano ve mikro boyutlarda homojen olup olmadığı, yüzey ve arayüzey özelliklerinin günlük kullanıma uygun olup olmadığı ve EMD engeli olma özelliklerinde bir değişim/gelişme gözlenip gözlenmediği de ayrıca belirlenmiştir. İnsan kulanımı ve teknolojik ürün olarak tanımlanabilmeleri için biyoaktivite çalışmaları da yapılmış ve sonuçta gram pozitif ve gram negatif mikrobiyal yapılara karşın biyo aktiviteler de belirlenmiştir.

Tezin içeriğinde sunulan bilgilerden de anlaşılacağı üzere, teknolojik kullanım hedefi ile öncü sayılabilecek Ar-Ge çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

2.ELEKTROMANYETİK DALGA VE ELEKTROMANYETİK DALGA KALKANLAMA

2.1. Elektromanyetik Dalga Kavramı

EMD kavramı ilk kez J. Clerk Maxwell ile ortaya atılmış, daha sonra Heinrich Hertz ile deneysel olarak varlıkları ispatlanmıştır. Maxwell, elektrik ve manyetik alanların dalga tipi yapılarını ve simetrisinin olduğunu açığa çıkararak, alan dalga denklemlerini türetmiştir. Maxwell, ışığın hızının, EM dalgaların hızlarıyla aynı olmasından dolayı, ışığın yapısını da bir EMD olarak tanımlamıştır. Bu tanımlamalara göre, hareketsiz bir elektrik yükünün etrafında sadece elektrik alan oluşturulurken, ivmeli hareket eden elektrik yükü ile elektrik alana ek olarak bir de manyetik alan oluşturulabilir. Bu alanların birbirlerine dik olarak eş fazlı salınımları ile EMR ortaya çıkar.

Maxwell denklemlerine göre, EMD, temelde bir yükün belirli bir doğrultuda harmonik hareket yapması sonucu oluşur. Faraday' ın ortaya attığı, elektrik alan kuramında ise, durgun bir yükten uzayın her yönüne elektrik alan kuvvet noktaları saçılır. Bu noktalar aynı yükten belli doğrultularda saçıldıkları için elektrik alan kuvvet noktaları birleşerek bir doğru halini alırlar. Bu doğrulara elektrik alan kuvvet çizgileri denir.

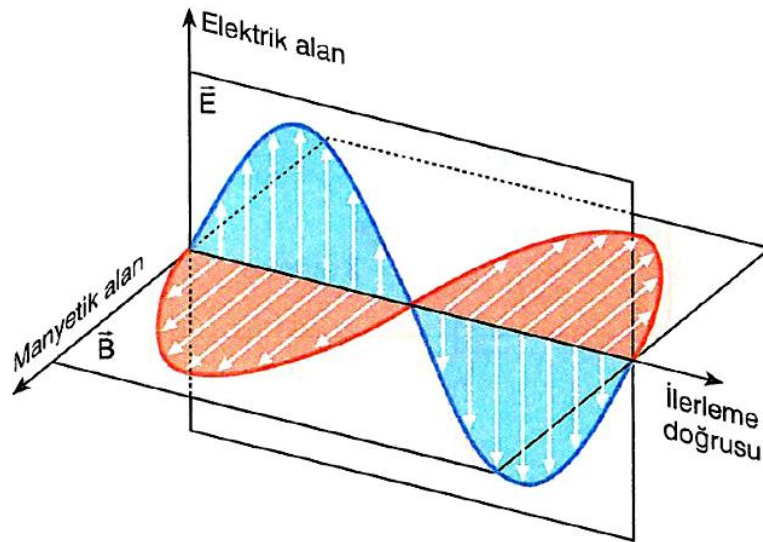
Sayfa düzleminde bulunan bir durgun pozitif yükü ele alırsak, pozitif yükü, sayfa düzlemini dik kesen bir doğrultuda, önce sayfa düzleminde içeri doğru, sonra da sayfa düzleminde dışarı yönde ivmelenecek şekilde, sürekli bu sırayla giden bir harmonik hareket düzeni oluşturulabilir. Böylece, yükten çıkan elektrik alan kuvvet noktalarının yükten ayrıldıkları konum sürekli değişime uğrar. Yukarı aşağı salınım hareketi yapan

yükten peşi sıra saçılan noktalar bir dalgasal hareket görüntüsü oluşturacak şekilde bir yörüngede yükten uzaklaşmış olurlar.

Sonuçta, bir yük sabit bir hızla hareket ediyor yada durgun ise elektrik alan kuvvet çizgileri yayınlarken herhangi bir salınım durumunda ise elektrik alan kuvvet dalgası yayımlar.

İvmeli şekilde aşağı ve yukarı hareket eden pozitif yük, Maxwell denklemlerine göre uzayda da elektrik alan değerinde ivmeli bir değişime neden olur. Maxwell denklemlerinin açıklamalarına göre uzay elektromanyetik eylemsizliğe sahiptir ve ivmelenmiş şekilde artan ve azalan elektrik alanı bir düzen içinde dengelemesi için uzayda meydana gelen manyetik alan kuvvet çizgileri şiddeti de harmonik olarak değişir.

Sonuçta, manyetik alan kuvvet çizgilerinin şiddeti bir dalgasal hareket görüntüsü gibi görülür. Pozitif yük salınım yaparken hareket yönü sürekli değiştiği için elektrik alana dik olan manyetik alanda devamlı yön değiştirecektir. Bu sebepten dolayı da manyetik alanın yön değiştirmesi de manyetik kuvvet çizgilerinin oluşmasına sebep olacaktır. Bunun sonucunda da bir elektromanyetik dalga olan ışığın yapısı oluşacaktır. Sonuç olarak, "salınımlı hareket yapan her yükten EMD yayılır" denir. Maxwell matematiksel yöntemlerle bunu kanıtlayan isim olmuştur. Manyetik alan ve elektrik alanı kuvvet noktalarının yükten uzaklaşırken uzayda hareket etmeleri, ışık hızıyla(c) gerçekleşir. Bu nedenle, elektrik ve manyetik alan kuvvet noktalarının birlikte davranıp dalgasal bir harekete neden olduğu elektromanyetik radyasyonun hareket hızı, vakum ortamı uzayda, ışık hızı ile tanımlanır. Elektromanyetik dalgaların yayılım hızının büyüklüğü, uzaydaki hızı ne olursa olsun, her bir gözlemci için aynı değerdedir. Bu temel bilgi ile Albert Einstein görelilik kuramının temellerini atmıştır. Şekil 2.1 de bir EMD nin alan bileşenleri ve yayılma doğrultusu gösterilmiştir. Bu gösterimden de anlaşılacağı üzere, Manyetik alan, elektrik alan bileşenleri ve dalganın yayılma doğrultusu birbirine diktir.



Şekil 2.1. Manyetik Alan, Elektrik Alan ve Dalganın İlerleme Yönü

Elektromanyetik dalgalar, sahip oldukları frekanslara, dalga boylarına veya enerjilerine göre sınıflandırılabilirler. Enerjileri (E) frekanslar (v) ile doğru orantılı olup, dalga boyu (λ) ile ters orantılı biçimde değişir ($E = hc/\lambda = hv$) . Aşağıda, bu dalga sınıflandırmaları, en düşük enerjili EMD den (radyo dalgalarından) başlanarak artacak şekilde sıralanmıştır.

Radyo Dalgaları

Elektriksel iletken bir anten yardımı ile elektriksel yüklerin ivmelendirilmesi sonucu oluşturulurlar. İyonosfer tabakası tarafından da yansıtılabilirler. Tuğla ve beton gibi malzemelerden rahatlıkla geçerken, dalga boyları 0,3 m – 1 km arasında değişebilir.

Mikrodalgalar

Mikrodalga fırınlar ve bazı elektronik aygıtlarda rahatlıkla üretilebilirler. Salınım yapan manyetik dipoller ile oluşturulabilirler. 0,3 m – 1 mm arasında dalgaboyuna sahiptirler. Atom ve moleküllerin incelenmesinden, radar sistemlerine kadar bir çok alanda mikrodalgalar kullanılır.

Kızıl Ötesi Işıklar

Sıcak cisimler kızıl ötesi ışınlar yayınlurlar. 1 mm – $7 \cdot 10^{-7}$ m arasında dalgaboyuna sahiptirler. Sağlıkta sağlam ya da hasarlı uzuvların teşhisinden, gece görüş kameralarına ve televizyon kumandalarına kadar bir çok alanda kullanılabilirler.

Görünür Işık

İnsan gözünün algılayabildiği ışıktır. $4 \cdot 10^{-7}$ m – $7 \cdot 10^{-7}$ m arasında dalgaboyuna sahiptirler. İnsan gözü için, Kırmızı- Mor ışık aralığında görüş sağlarlar.

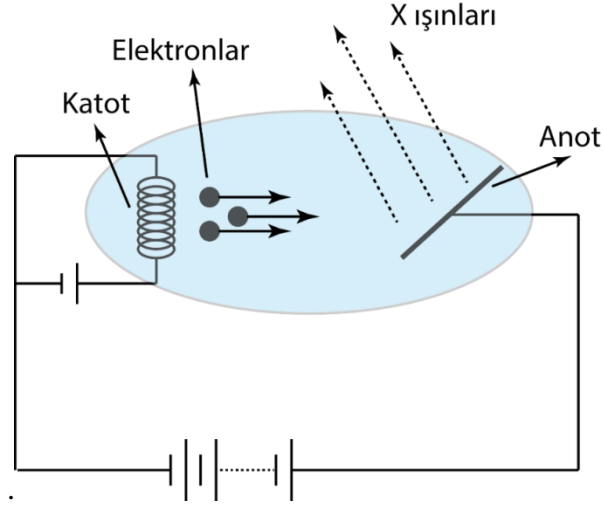
Mor Ötesi Işıklar

Bu tür ışınların kaynağı genelde güneş gibi yüksek enerji kaynaklarıdır. $4 \cdot 10^{-7}$ m – $6 \cdot 10^{-7}$ m arasında dalgaboyları vardır. Yeryüzüne çok az miktarlarda ulaşmasına karşın, güneş çarpmasının nedeni bu ışınlardır. İnsan sağlığını tehdit ettikleri için UV engeli oluşturan kremler ve tekstil ürünleri de bilim insanları için Ar-Ge odağında olan malzemelerdir.

X - Işıkları

Hızlandırılmış elektronların metal bir hedefe çarptırılıp durdurulması ile veya atomik iç yörüngelerde oluşturulan elektron boşluklarının, üst yörünge elektronları ile doldurulması sonucunda ortaya çıkarlar.

Şekil 2.2. de X-Işıklarının elde edilme düzeneği ile ilgili basit ve temel bir gösterim bulunmaktadır. Tezin 4. Bölümünde, bu ışınlar ile ilgili daha ayrıntılı bilgilere ulaşılabilir. Özellikle, bir kaç Å'luk atomik bağ ölçeğinden, 1000 Å gibi nanoskopik boyutlara kadar yapısal bilgilere ulaşmak için kullanılan ışınlar bu sınıflandırmada yer alır.



Şekil 2.2. X Işınlarının Oluşumu

Gama Işınları

Doğal ve yapay radyoaktif maddelerin çekirdek reaksiyonlarının sonucudur. Gama ışınları taşıdıkları enerji bakımında çok tehlikeli ve canlılara zararlı etkileri vardır. 10^{-10} m – 10^{-14} m arasında dalgaboyuna sahiptirler.

Elektromanyetik Dalga Özellikleri

- Yüklü cisimlerin ivmeli hareketleri sonucu oluşurlar.
- Elektrik ve manyetik alanlar birbirine diktir.
- Işık hızı olan 300,000 km/s hızla yayılırlar.
- Yükleri yoktur.
- Üzerlerinde yük olmadığı için elektrik ve manyetik alan herhangi bir etki etmez.
- Enerjilerini formüle edersek; $E=h \cdot v$ ile bulunur.
- Farklı ortamlarda hızları da farklı olur.
- Soğurulabilir oldukları için cisimleri soğurulduklarında ısıtırlar.
- Enine olan dalgalardır.
- Elektrik ve manyetik alanları aynı fazdadır.
- $E = B \cdot c$ dir.
- Polarize edilebilmektedir.
- Yansıma, girişim, kırınım ve kırılma yapabilirler.
- Boşlukta yayılırlar.

2.2. Elektromanyetik Kirlilik

Elektromanyetik kirlilik günlük hayat içerisinde çevremizde mevcut olan EMD yoğunluğuna bağlı olan bir kirlilik olarak kabul edilmektedir. Elektromanyetik kirliliğin oluşmasının nedenleri;

- 1-Televizyon ve radyo yayınları
- 2- Telekom, GPS, radar, uydu
- 3- Yüksek gerilim hatları
- 4- Elektrik dağıtım hatları, elektrikli ve hızlı trenler
- 5-Endüstri, medikal, araştırma cihazları: X-Ray, ısıtıcılar

Günlük hayatta sıkça kullanmakta olduğumuz ve elektrik ile çalışan aygıtların vücudumuz üzerinde olumsuz etkilere neden olduğu görülmüştür. AC motorlar, bilgisayarlar, yazıcılar, dijital devreler, modemler, akıllı telefonlar ve yüksek voltaj hatları gibi birçok araç ve gerecin neden olduğu EMD dalgalarının insan vücudu üzerinden zararlı etkilerinin azaltılması ya da bunların kaldırılmasını sağlayacak kalkanlama özelliği olan tekstil malzemelerine ihtiyaç artarak devam etmektedir [1].

Dünya Sağlık Örgütü'nün sağladığı verilere göre günlük hayatta kullandığımız elektrikli alet ve gereçlerin elektrik alan şiddetleri Çizelge 2.1. 'de verilmektedir.

Çizelge 2.1. Sık Kullanılan Ev Aletlerinin Neden Oldukları Elektrik Alan Şiddetleri[1]

Elektrikli cihaz	Elektrik alan şiddeti (V/m)
Stereo radyo	180
Ütü	120
Buzdolabı	120
Mikser	100
Tost makinesi	80
Saç kurutma makinası	80
Renkli TV	60
Kahve makinası	60
Elektrikli süpürge	50
Elektrikli fırın	8
Ampul	5

2.3. Elektromanyetik Dalgaların İnsan Vücudu Üzerindeki Etkileri

Elektromanyetik Radyasyon (EMR), dalga özelliğinin de olan radyasyonlar olarak gösterilir. EMR, dalga boyu ve frekans değerleriyle açıklanırken boşlukta yayılabilme özelliğine de sahiptir. EMD'ler, boşlukta hızı ışık hızına eşit ve 300,000 km/s hızla yayılırlar. EMD hızı, dalga boyu ve frekans arasındaki denklemsel bir ilişki mevcuttur ve bu ilişki aşağıdaki gibi açıklanmaktadır.

$$\text{Işık Hızı (3x10}^{10}\text{ cm/s)} = \text{Frekans (1/s)} \times \text{Dalga Boyu (cm)}$$

Dalga boyu çok küçüldüğünde bu dalgalar dalga gibi değil de enerji kümesi gibi davranır. Bu enerji kümelerini ise kuantum veya foton olarak adlandırılmaktadır. Bu tipteki EMR'lere X ve gamma ışınları denilirken bunların enerjileri çok yüksektir ve bu ışınlar moleküllere çarptığında onları iyonlaştırarak, molekül yapısını bozarak olumsuz biyokimyasal tepkimeler sonucunda kanser oluşumunu kolaylaştırabilmektedir. Yapılan çalışmalarda X-ışınlarına ve gamma ışınlarına maruz kalan insanlarda kanser olma riski yüksektir. "İyonlaştırıcı Elektromanyetik Radyasyon" şeklinde tanımlanarak literatüre girmişlerdir. Bir diğer EMR grubu ise, İyonlaştırmayan Elektromanyetik Radyasyonlar grubudur. Bu grup içine giren radyo dalgaları, mikro dalgalar, kızıl ötesi radyasyon, görünür ışınlar ve laser ışınları, ultraviyole ışınları olmak üzere sıralanırlar. Dalga boyu olarak, insan vücut kalınlığı içine düşen mikro dalgalar ve altındaki ışınların (kızıl ötesi radyasyon, görünür ışınlar ve laser ışınları, ultraviyole ışınları) insan vücuduna verdiği zararlar yapılan araştırmalarla belirlenmiştir. Mikro dalgaların pişirme özelliği, infrared ışınlarının göz merceğine, görünür ışınların göz dibine, ultraviyole ışınlarının deriye verdiği zararlar herkes tarafından bilinmektedir. EMD'lerin varlığı yüksek iletkenlik özelliğine sahip insan bedenine önemli ölçüde zarar vermektedir. Birleşmiş Milletler artık su, hava ve ses kirliliğinden sonra dördüncü kirlilik olarak elektromanyetik kirliliği yerleştirmiştir. Elektrik dalgası ve manyetik dalgadan oluşan EMD, hücre zarına işleyerek Na/K gibi iyon dağılımlarını değiştirmekte ve melatonin salgısının azalmasına neden olmaktadır. Bunun sonucu olarak da vücut ısısının yükselmesine ve vücut dengesinin bozulmasına sebep olmaktadır [2]. Akıllı telefonlarının ve baz istasyonlarının yaydığı radyasyonun insan üzerinde oluşturduğu etkiler için SAR değeri kavramı ortaya çıkmıştır. SAR yani Spesifik soğurma hızı bu kuruluşlar tarafından standartlara bağlanmıştır. "Ortalama bir insan vücudunun sıcaklığını 1°C arttıran EM enerji soğurulmasının zararlı olduğu" temel kabul edilmiştir. Burada normal bir insanda kilogram başına dokuların soğurabileceği maksimum güç 4 W olarak saptanmıştır. Fakat bu değer çalışan insanlar için 0,4 W/kg SAR, normal yaşamlarını sürdüren halk için 0,08 W/kg SAR değerinde belirlenmiştir. Bu değer ise güvenlik sınırı kabul edilmiştir.

Öte yandan EM alanlar içerisinde uzun süre kalan hayvanlar üzerinde yapılan deneylerde hayvanların olumsuz etkiler ile karşılaştıkları belirlenmiştir. Çalışanlar üzerine yapılan çalışmalar ile de EM etki alanlarında kalan bu insanlarda kan ve beyin kanseri vakalarının normal insanlardan daha yüksek olduğunu görülmüştür. Bu söz konusu alanlar, 50 kV üzerinde AC akım taşıyan hatlar veya indirme merkezlerinde yapılan deneylerdir. Daha düşük düzeydeki etkilenmeler, fön makineleri veya akıllı telefonlar gibi kullanımlar henüz araştırmalarla net bulgular bulunmamıştır. Ancak bu durum ileride ortaya çıkabilecek sorunların olmayacağı anlamına gelmemektedir. Konu ile alakalı riskler ve alınması gerekli önlemler konusunda çalışmalar birbirinden bağımsız fakat farklı bilim dallarında yapılmakta ve halkın bu konuda bilinçli bir halde olması için uğraşmaktadır [2].

EMD etkisine maruz kalan insanlarda baş ağrıları, kusma, reflekslerde zayıflama, yoğunlaşma bozukluğu, halsizlik, hafıza kaybı, göğüs ağrısı, kas ve eklemlerde ağrı, düşük veya hiper tansiyon, nefes alma sıklığında değişim, sinüzit, astım, bronşit, kaşıntı, yanma, ciltte tahriş, yüzde kızarıklık, göz yanması, görme bozukluğu, sindirim sorunları, burun kanamaları, kulak çınlaması, saç dökülmesi, koku alma duyusunda bozulma gibi olumsuzlukların sık sık ortaya çıktığı belirlenmiştir. Ayrıca ilerki dönemlerde kanser, sinir hasarları, beyin hasarları ve bebek düşüklerine neden olabilecek problemler görülmektedir [2].

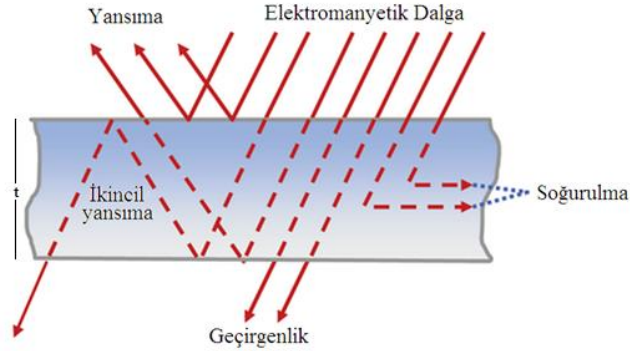
2.4. Elektromanyetik Kalkanlama

Kalkanlama, elektrik ve elektronik mühendisliğinde ekranlama ile açıklanmakta olduğundan burada ekranlama terimi de kullanılmıştır. Ekranlama, bir cihazdan içeri veya dışarı doğru giren veya çıkan istenmeyen alanların azaltılması için kullanılmaktadır. EE (ekranlama etkinliği) veya SE (shielding efficiency) ekranlamanın ne derece etkili olduğunu gösteren bir parametre iken etkisi desibel (dB) olarak ifade edilmektedir. EE değeri belirlenirken aşağıdaki hesaplamadan faydalanılır.

$$SE_{dB} = 10 \log_{10} (E_{\text{önce}} / E_{\text{sonra}})$$

Formül içinde yer alan “önce” ve “sonra” gibi indisleri, ekranlama kalkanı yokken ve varken aynı noktada ölçülen elektrik alan genliğini göstermektedir [3].

Yüksek SE değerleri iyi ekranlama etkinliğini göstermekte, negatif SE ise rezonans yani ekranlamadan çok işaretin kuvvetlenmesini göstermektedir [4].



Şekil 2.4. Ara Yüzeyi t Kalınlığında Olan Bir Duvar İçin Ekranlama Bileşenleri

Şekil 2.4’ te ara yüzeyi t kalınlığında olan bir duvarda ekranlamanın nasıl bir yol izlediği görülmektedir. Ara yüzey kalınlığı t olan kalkanlanmış bir duvar EMD’yi üç yolla güçsüzleştirmektedir. Duvardaki yansımalar, duvar içerisindeki devamlı olarak gerçekleşen yansımalar kayıpları ile duvar içindeki soğurulmalardır.

Ekranlama, malzemelerin cinsi ve özelliklerine, çalıştığı frekansa ve kaynakların tamamına bağlıdır. Ancak, bununla birlikte girişim kaynağının konumu, elemanların birbirleri arasındaki bağlantıları ve ekran üzerinde bulunan yapısal delikler ve boşluklar vb. başka etkenler de önemlidir. Düşük frekanslarda ($f < 30$ MHz) manyetik kalkanlama için önemlidir ve manyetik ekranlamada zayıflama, frekans ile artmaktadır.

Ekranlama için seçilecek malzemeler üç grupta gruplanabilir:

1. Performansı yüksek malzemeler: Çelik, paslanmaz çelik, bakır gibi malzemelerden yapılan tamamen metal kaplı kutular (80-120 dB ekranlama etkinliği)

2. Standart performanslı malzemeler: İçerisinde iletken metal tabakalar ya da metal parçacıklar bulunan plastikler (20-40 dB ekranlama etkinliği)

3. Zayıf performanslı malzemeler: Metalleştirilmiş kumaşlar, iletken kâğıt malzemeler (iletken polimerler), (15-30 dB ekranlama etkinliği)

Pratikte verilen ekranlama etkinliği değerlerinin düzgün bir şekilde anlaşılabilmesi için Çizelge 2.2.' de veriler verilmiştir. Çizelgeden görüleceği üzere ekranlama ortalama 30 dB olarak kabul edilmektedir. Bununla birlikte uygulamada birçok zararlı etkiyi 40 dB ekranlama etkinliği ile çözebilirken, askeri uygulamalarda 100 ila 120 dB arasında ekranlama etkinliği daha çok tercih edilir. İnternet ve telefon kablolarında kullanılan şartnamelerde bu değerler 80-90 dB civarındadır.

Çizelge 2.2. Bazı Ekranlama Verileri (E: EM alan, P: EM güç)[2]

Ekranlama(SE)(dB)	$E_{dış}/E_{iç}$ (%)	$P_{dış}/P_{iç}$ (%)	Açıklama
10	32	10	Kötü
20	10	1	Alt sınır
30	3.6	0.1	Ortalama
60	0.1	0.0001	İyi
90	0.0031	0.001 ppm	Çok iyi
120	0.0001	0.000001 ppm	Olağan üstü

Kalkanlama için malzemenin özelliklerine göre çok farklı ürünler kullanılmakta olup, kalkanlama kalitesi malzemenin performansına bağlı olmaktadır. Malzeme seçiminde üzerinde durmamız gereken en önemli etmenler aşağıdaki gibidir.

- Ana malzemelerin cinsi ve özellikleri (maksimum ekranlama maksimum performans).
- Süreksizlik bölgeleri belirleyicidir.
- Malzemede bulunan kusurlar delik, açıklık, çatlak vb.
- Malzemeye uygun dış yüzey kaplaması, üretilme kapasitesi, maliyet ve ısıl denge.
- Galvanik uyumluluk ve paslanma direnci [2].

3. DENEYSEL ÇALIŞMALARDA KULLANILAN MALZEMELER

Elektromanyetik uyumluluk (EMC, electromagnetic compability) bir cihazın veya sistemin herhangi bir elektromanyetik ortamda bir girişime sebep vermeden ya da diğer girişimlerden etkilenmeden çalışmaya devam etmesidir. Diğer bir deyişle, EMC, cihaz ve sistemlerin hedeflenmiş çalışma koşullarında hedeflenen koşullara hiçbir etki altında kalmadan çalışabilme yeteneğidir. Elektromanyetik uyumluluk, elektromanyetik kirliliğin yaygınlaşması ve elektronik araç ve gereçlerin elektromanyetik alan ile etkileşimlerin artmasıyla birlikte önem kazanmıştır. Kullanım alanlarına göre iki ana grup altında elektromanyetik radyasyondan korunma için üretilen tekstil ürünlerinin yüzeylerini incelemek mümkündür. Bu yüzeyler,

1. Tekstil yüzeylerinin sağlık sektöründe kullanılması,
2. Tekstil ürünlerinin endüstri ve savunma sanayisinde kullanılması olarak sınıflandırılır.

Ekranlama, çevremizi tamamıyla kuşatan EMD'lerin neden olduğu zararların azaltılması için kullanılan başlıca yöntemlerden birisidir. Ekranlamayı tanımlarken cihaz, platform (uçak, gemi vb.), yapı (oda, bina vb.) veya canlı bir organizmanın zararlı EM dalgalarından izole edilmesi şeklinde ifade etmek mümkündür. Ekranlama için kullanılması düşünülen malzemenin, dalgaların malzemeye nüfuzunu minimize etmek için, **iyi elektrik iletkenliğe** ve manyetik enerjiyi ısıya çevirmek için, **yüksek manyetik geçirgenliğe** sahip olmalıdır. Ekranlama için kullanılan klasik metal malzemelerin, esnekliğindeki sınırlamalar, ağırlığının fazlalığı, korozyon ve verimliliğini ayarlama zorluğu gibi çeşitli dezavantajları bulunmaktadır. Bu nedenle, ekranlamada günümüz şartlarına uygun olarak daha hafif, esnek ve daha düşük maliyetli olan tekstil ürünlerini tercih etmemize neden olmuştur [5].

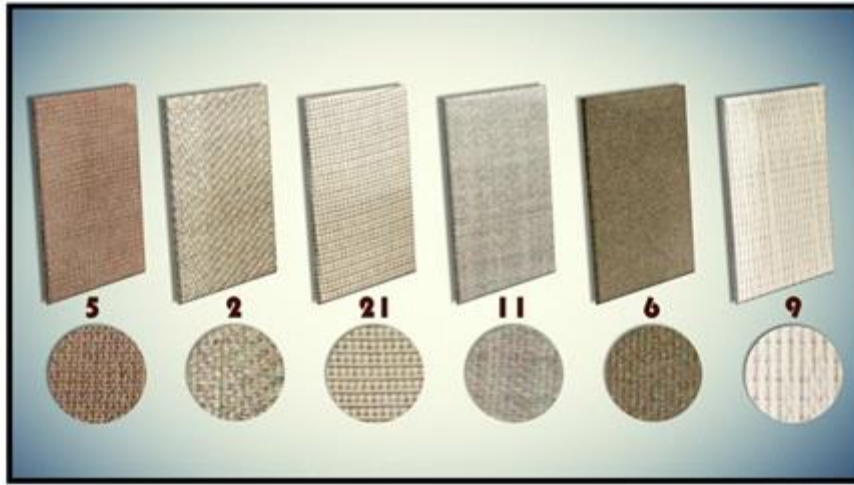
Literatürde, EMD'lerin ekranlama özelliğine sahip dokuma kumaş yapıları ile ilgili çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Cheng ve arkadaşlarının geliştirdiği, merkezinde paslanmaz çelik tel, örgü lifi olarak da paslanmaz çelik, elyaf ve kevlar ipliklerin kullanıldığı kumaşlar üretilmiş ve kumaşlara EMD engelli olma özellikleri kazandırılmıştır [6].

Daha sonra kaplama methodu ile merkezde bakır, lif olarak da paslanmaz çelikli kompozit iplikler kullanılan kumaşların üretimine geçilmiştir. Böylece, bu malzemelerin kullanımı ile üretilen tekstil ürünlerin elektromanyetik radyasyona karşı koruma sağladığını da gösterilmiştir [7].

Yapılan bu çalışmaların teknolojik olarak ileri aşamalarında, Ueng ve Cheng, kompozit ipliklerle ürettikleri kumaşlar üzerine odaklanmışlar ve elektromanyetik ekranlama, elektrostatik deşarj yapabilme özellikleri ile ilgili Ar-Ge çalışmalarını da başlatmışlardır. Bu çalışmalarla kumaşın sıklığı ve yapısal konstrüksiyon tasarımlarındaki farklılıkları ve yapısındaki iletken madde değişikliklerinin ekranlama üzerinde farklılıklar oluşturduğunu da belirlemişlerdir [8].

Bunların dışında, birçok araştırmacı da tekstil malzemeleri üzerine polimerik kaplamalar yaparak EMD engeli özelliklerini geliştirme üzerine halen çalışmaktadır [9].

Şekil 3.1 de bu tez kapsamında ilk kez çalışılacak, teknolojik üretim ile elde edilen EMD engeli olma özelliği olan tekstil ürünleri kumaşların genel görünüşleri ve çalışma kodları verilmiştir.



2) Silver Twin , 5) Silver Tulle , 6) Steel Gray 9) Silver Cloth
11) Steel Twin 21) Silver Cloth-5

Şekil 3.1. Bu Tezin Öncü Çalışmalarda Kullanılan Kumaş Örnekleri, Kodları ve Katalog İsimleri

Bir Alman tekstil firması olan YSHIELD tarafından üretilen teknolojik kumaşlar, Venart LTD. ŞTİ. aracılığı ile tedarik edilmiştir. Kumaşların kataloglarındaki EMD kalkanlama özellikleri 5 - 57 dB, ve 1 GHz değerleri ile karakterize edilmiştir.

Bu tez çalışmasında, Şekil 3.1.'de görülen örneklerden 2 ve 6 numaralı kumaşlar üzerinde ayrıntılı çalışmalar yapılmıştır. Bu kumaşların seçiminde en etkili yol, RF bölgesinde en iyi engel oluşturan kumaşlarının ölçümlerimiz sonucunda belirlenmesi olmuştur. Ayrıca tezin 5.4. AFM Ölçümleri bölümünde, belirtileceği üzere, yüzeyi polimer kaplama işlemlerine en uygun olan örneklerin seçimi de bu iki örneğe yönelim de etkili olmuştur.

3.1. Steel Gray (SG) ve Silver Twin (ST) Kumaşlar

3.1.1. Steel Gray (SG)

Çalışmalarımız sırasında kullandığımız Almanya merkezli YSHIELD® şirketinin üretimi olan Steel Gray tüller pamuk, polyester ve paslanmaz çelik içerikli olup aktif satışı bulunan ve kullanımı yaygın olan kumaşlardır. Etkin kalkanlama etkisi 35dB kadar olan bu kumaşlar tıp, endüstri, sanayi, veri koruma ve Ar-Ge alanlarında kullanılmaktadır. Bu alanların dışında günümüzde ev ve günlük yaşamamızda da hayatımıza artık bu tür ürünler girmektedir. Ev dekorasyonu, tül ve perdeler, elektrik topraklama vb. alanlarda karşımıza çıkmaktadır [10].

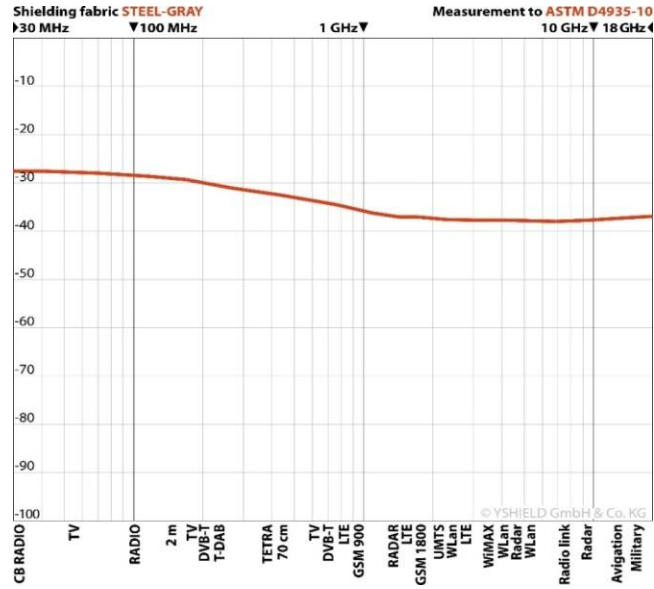


Şekil 3.2. SG Kumaş [10]

Şekil 3.2.'de görselleri verilen SG kumaşlar için firma tarafından sağlanan teknik veri Çizelge 3.1.'da verilmiştir.

Çizelge 3.1. SG Kumaşların Teknik Özellikleri

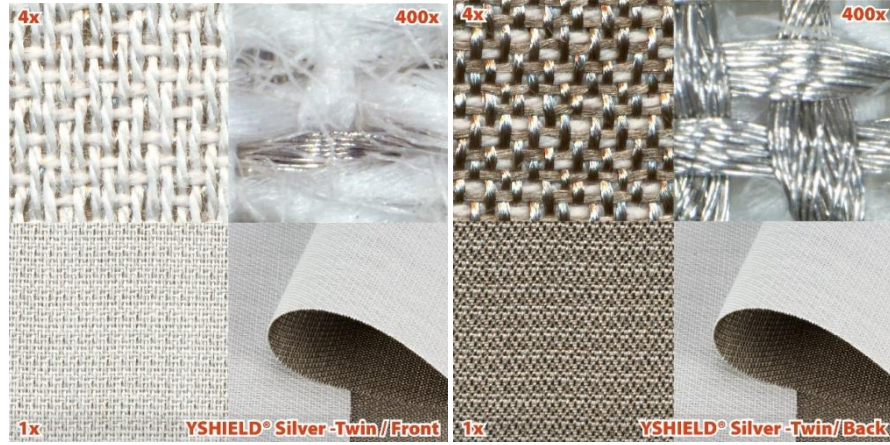
Genişlik	150 cm, ±2 cm
Zayıflatma	35 dB, iki katmanlı 50 dB
Renk	Gri
Hammaddeler	% 40 pamuk, %30 polyester, % 30 paslanmaz çelik
Yüzeysel Kütle Dağılımı	120 g / m ²
Boyut Stabilizesi	±3%
Yüzey İletkenliği	100-800 ohm



Şekil 3.3. SG Frekans-dB Grafiği [10]

3.1.2. Silver Twin (ST)

YSHIELD® şirketinin bir başka ürünü olan Silver Twin kumaşımız ise pamuk, polyester ve gümüş içerikli olup, ön tarafını pamuklu kumaş, arka tarafı ise gümüş polyester fiber şeklindedir.



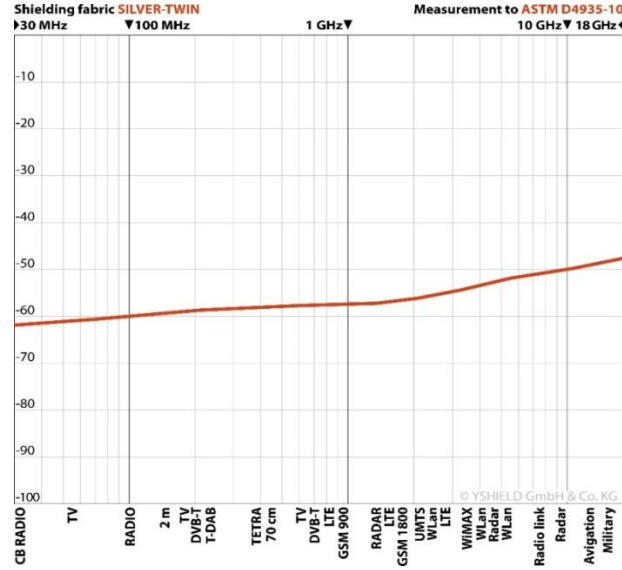
Şekil 3.4. ST Kumaş [11]

Daha çok perde ve pencerelerde kullanılan bu kumaş türü SG kumaşa göre daha etkin ekranlama imkanı sağlamaktadır. 57 dB engelleme ile daha kullanışlı fakat dayanıklılık ve renk seçeneğinden dolayı lekelenme fazla olduğu için dezavantajları olan bir üründür [11].

Şekil 3.4.'da görselleri verilen ST kumaşlar için firma tarafından sağlanan teknik veri Çizelge 3.2.'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. ST Kumaşların Teknik Özellikleri

Genişlik	150 cm, ±2 cm
Zayıflatma	57 dB
Renk	Ön taraf açık gri, arka gümüş. Gümüş oksidasyonuna bağlı olarak ön taraf çok az renk kaybına uğrayabilir.
Hammaddeler	% 50 pamuk, % 35 polyester, % 15 gümüş
Yüzeysel Kütle Dağılımı	150 g / m ²
Boyut Stabilizesi	±3%
Yüzey İletkenliği	0.25 ohm/inç



Şekil 3.5. ST Frekans-dB Grafiği [11]

3.2. Grafen ve Karbon Nanotüp (CN) Katkılanmış Plasti-Dip (Plastomer)

Deneylerimizde kullanmış olduğumuz piyasada Plasti-Dip boya olarak bilinen Sintaş markalı 330-51-T Plastomer ana çalışma ürünü olarak kullanıldı.

ksilen	40-60%
CAS numarası: 1330-20-7	EC numarası: 215-535-7
Sınıflandırma T.C. 28848 Alev. Sıvı 3- H226 Akut Tok. 4- H312 Akut Tok. 4- H332 Cilt Tah. 2- H315	
White Spirit, nafta (petroleum), hidrodesülfürize s	25-40%
CAS numarası: 64742-82-1	EC numarası: 265-185-4
Sınıflandırma T.C. 28848 Muta. 1B- H340 Kans. 1B- H350 BHOT Tekrar. Mrz.1- H372 Asp. Tok. 1- H304	

Şekil 3.6. Plastomer Karışım Bilgisi

Plasti-Dip; kaplama, koruma ve renk değişimi amacıyla kullanılan, geniş seçenekli renk kartelasına sahip, kolay çıkarılabilir, hava kurumalı bir plastik kaplamadır. Çizelge 3.3.'de detaylı olarak teknik özellikleri verilmiştir.

Çizelge 3.3. Plastomer Teknik Verileri

Görünüm	Renksiz Sıvı
Renk	Renksiz
Koku	Karakteristik
Bağıl Yoğunluk	0.86 g/mL, 20 °C
Çözünürlük	Suda Çözünmez
Viskozite	50 KU, 20 °C



Şekil 3.7. Plasti-Dip ve Uygulamaları

Çeşitli kaplama yöntemleri özellikle sıcak daldırma, sıcak eriyik, püskürtme, elektro transfer yöntemi, ALD (Atomic Layer Deposition), atmosferik plazma, magnetron sputtering vb. yöntemler çeşitli çalışmalarda kullanılan ortak yöntemlerdir [12].

Bizim çalışmalarımız sırasında kullandığımız Plasti-Dip malzeme, basit basınçlı tüplerde püskürtme yöntemiyle kaplama yapmamıza olanak sağlamıştır.

Araçların rengini değiştirmek, koruma ve kaplama amacıyla her türlü yüzeyde kullanılan bu ürünü elimizde bulunan Nanografi markalı CN ile %2, %3, %4 ve Grafen ile %2, %4, %6 oranlarında karıştırılıp, basınçlı tüpler içine dolduruldu.

CN ve grafen bazlı kompozit kaplamalarda çeşitli polimerler kullanıldığı daha önceki çalışmalarda birçok kez kullanılmış ve iyi sonuçlar alınmasına sebep olmuştur. Özellikle CN çok bilinen PA (Poliamit), PC (Polikarbonat), PE (Polietilen) polimerle iyi nano yapılar oluşturmuştur [13][14].



Şekil 3.8. Nanografi Firması Grafen ve CN Örnekleri

Şekil 3.8.'de görülen deneylerde kullandığımız Çok Katmanlı Karbon Nanotüpler (Multi Wall Carbon Nanotubes (MWCNT)) için Çizelge 3.4.'de Çizelge 3.5.'de ise Grafen için teknik özellikler verilmiştir.

Çizelge 3.4. MWCNT CN Özellikleri

Ortalama Çap	5-10 nm (TEM ölçümü)
Ortalama Uzunluk	10-30 µm (TEM ölçümü)
Karbon Saflığı	95+% (TGA ölçümü)

Çizelge 3.5. Grafen Özellikleri

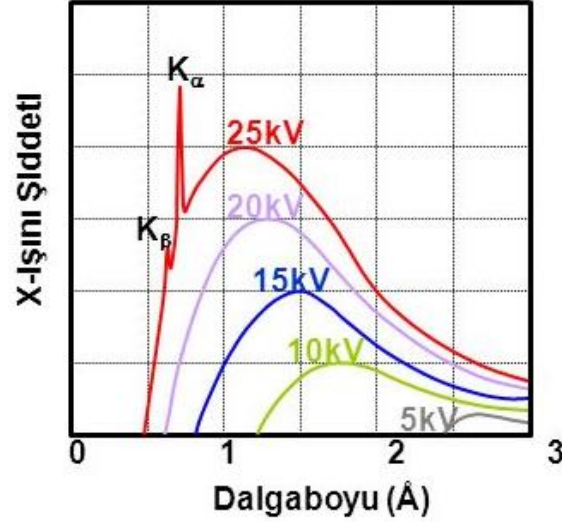
Çap	5-10 nm
Kalınlık	5-10 nm
Özel Yüzey Alanı	150 m²/g
Saflık	<99%
BulkYoğunluğu	~0.05 g/cm³
Raman Spectra ID/IG Oranı	0.08

CN ve Grafen 2000'ler den sonra çok fazla malzeme içerisine eklenerek çeşitli çalışmalarda özellikle kompozit kaplamalarda kullanılan ve aranan bir malzeme olmaya başlamıştır. Özellikle polimerle olan ilişkileri sebebiyle CN ve grafen bir yapı malzemesi için çalışmalarda kullanılmıştır [15][16][17].

4. KULLANILAN YÖNTEMLERLE İLGİLİ KURAMSAL BİLGİ

4.1. X-Işınları

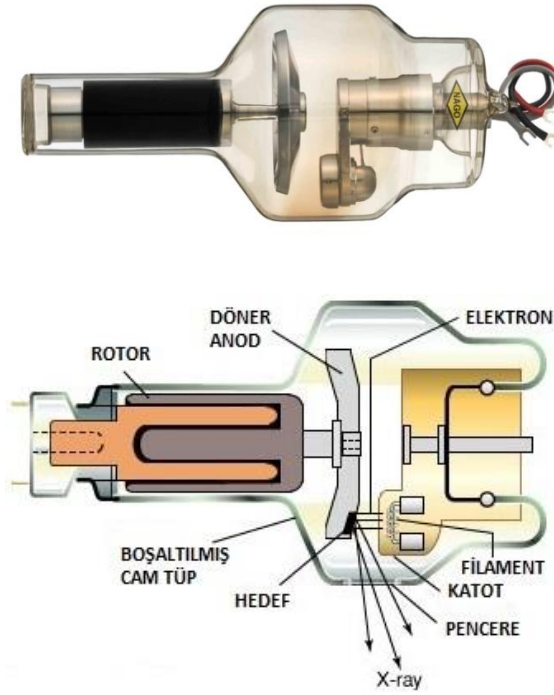
X-ışınları yüksek enerjili elektronların yavaşlatılması veya atomların iç yörüngelerindeki elektron geçişleri ile meydana gelen, dalga boyları 0,1-100 Å arasında değişen elektromanyetik dalgalardır. En önemli özellikleri, kısa dalga boylu ve yüksek enerjili olmalarıdır. X-ışınları hem dalga hem de tanecik özelliği gösterirler. Tanecik karakterleri (foton) söz konusu olduğunda, X-ışınlarının şiddeti birim zamanda birim yüzeye düşen foton sayısı ile belirlenir. Dalga özelliğini ortaya çıkaran deneyler gerçekleştirildiğinde şiddet, elektromanyetik ışınımın dalga genliğinin karesi ile orantılı biçimde tanımlanarak yapı incelemelerinde bu ifadeler üzerinden analiz yapılır. X-ışınları ile pek çok fiziksel olay gerçekleştirilebildiği için, yapı incelemelerinde bu ışınların kullanımı öncesinde genel özelliklerinin ve madde ile etkileşimlerinin bilinmesi önem taşımaktadır. Spektrumda geniş dağılıma sahip bölge sürekli spektrum ve diğer iki pik karakteristik spektrum olarak adlandırılır. K_{β} karakteristik piki ikincil kırınım etkilerinden uzaklaşmak tek dalga boyu kullanmak amacı ile filtrelenir. SAXS (Small Angle X-Ray Scattering) deneylerinde genelde, Şekil 4.1.'de görülen K_{α} karakteristik X-ışınları kullanılır.



Şekil 4.1. X-ışını Spektrumu

4.2. Laboratuvar Tipi X-ışını Kaynağı

Standart kapalı X-ışını tüpleri kullanılarak, XRD ve SAXS analizleri için gereken x-ışınları doğrudan laboratuvar ortamında elde edilebilir. Bir X-ışını tüpü Şekil 4.2.'de da görüldüğü gibi, temelde metal korunak, havası alınmış cam tüp, metal anot ve katottan oluşan elektron iletimi sağlayan vakumlu bir diyet yapı olarak tanımlanabilir.



Şekil 4.2. X-ışını Tüpü

X-ışını, havası boşaltılmış bu tüp içinde ısıtılan katottan çıkan elektronların, yüksek gerilim ile hızlandırılarak, Cu, Co, Mo vb. maddeden yapılmış anot metaline çarptırılması sonucu oluşur. Bu tez kapsamında kullanılan tüm X-ışını kaynakları bakır anota sahip kaynaklardır. X-ışını tüpü temel olarak hızlandırılan elektronların kinetik enerjisinin bir kısmını elektromanyetik enerji olan X-ışınına dönüştürmektir. Filaman üzerinden düşük bir akım verilerek filaman ısıtılır. Isıtılan Tungsten filamandaki atomlara ait dış yörünge elektronları serbest kalarak metal yüzeyden kopmaya başlar. Bu olayda termo-iyonik emisyon ismi verilir. Emisyon başladığında elektronlar hızlandırılarak odaklayıcı başlıkla anoda yönlendirilir. Uygun hızlandırma gerilimi sonrasında elektron akımı artırılır.

Hedef madde elektronları yörüngeden ayrılmadan uyarılıyor ise termal enerjiye, çekirdek ve yörünge elektronları ile etkileşime girer ise X-ışını oluşumunu sağlamaktadır. Elektron bombardımanında kinetik enerjinin büyük bir kısmı ısı enerjisine dönüşmektedir. ~40–50 kV gerilimlerde hızlandırılan elektronlar hedef metalin K, L yörüngelerinden elektron sökebilirler. Bu sökülen elektronların yeri üst yörüngelerdeki elektronlar tarafından doldurulurken enerji farkı X-ışını olarak EMD formunda yayınlanır. Anottan çıkan X-ışınları elektron geliş yoluna 90 derece açıyla salınır. Bu nedenle katot bir eğime alınarak X-ışınlarının istenen bir yönde çıkmasını sağlar.

4.3. SAXS (Small Angle X-Ray Scattering) Küçük Açılı X-ışını Saçılma Yöntemi

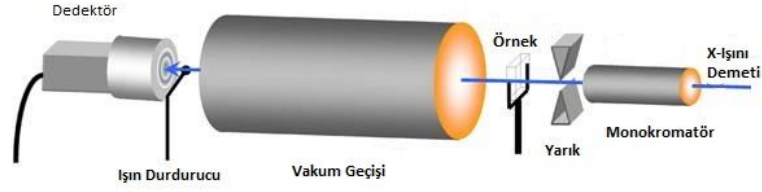
SAXS, 0,07 nm ile 0,3 nm aralığında dalga boyunda olan ve iyi şekilde polarizasyonu yapılmış X-ışınlarını kullanarak, büyüklüğü 0,1nm ile 100 nm mertebesinde olan nano oluşumlar içeren maddelerin yapılarını incelemeye yarayan bir yöntemdir. Analizlerde malzeme içerisindeki nano boyutta elektron yoğunluk farklılıkları algılanır ve yapısal bilgilerine ulaşılır.

X-ışını saçılma deneylerini diğer yöntemlerden ayıran en önemli üstünlüğü, küçük ve geniş açılı bölgelerindeki saçılma verilerini aynı anda kaydedilebilmesi ile hem moleküler boyut hem de nano boyuta ait yapısal bilgilere eş zamanlı ulaşabilmesidir. Bu şekilde incelenen örneğin hem faz diyagramları hemde yapısal dinamikleri de ayrıntılı olarak araştırılabilir olur. Bununla birlikte, incelenecek örneklerin üç boyutlu yapılarına ait ayrıntılı elektron yoğunluklarının elde edilmesi yerine, çok karmaşık yapıya sahip olan örneklerin yapılarında bulunan küresel, çubuk, plaka formundaki oluşumların sayıları, boyutları, dağılımları çok kısa sürede kolayca belirlenebilmektedir.

SAXS yöntemi ile deneylerde kullanılan örneğin küçük açılarda saçılan X-ışını şiddetlerinin saçılma vektörünün büyüklüğüne (q) göre elde edilerek bu verilerden yapısal bilgilere ulaşılır. X-ışınları kırınımındaki gibi, saçılma yapılarıdaki elektronlar tarafından gerçekleştiği için bu yöntem elektron yoğunluğundaki farklılıkların algılanması temeline dayanır. Bunun sonucu olarak, iki ya da daha farklı elektron yoğunluğuna sahip bölgelerin varlığı, bu bölgelerde bulunan 1-100nm boyut aralığındaki farklı geometrik şekillerin belirlenmesini sağlamaktadır.

X-ışını kırınımı yöntemi ile katı kristal, kristalin, film, toz, sıkıştırılmış toz vb. örnekler incelenebilmekte iken, X-ışını saçılma yöntemi ile sıvı, jel, yoğun gaz gibi farklı tiplerde örnekler ve biyolojik dokular ayrıntılı olarak incelenebilmektedir.

Küçük Açılı saçılması deney sistemi temel hali ile Şekil 4.3.'te görülmektedir.



Şekil 4.3. SAXS Düzenegi Şeması

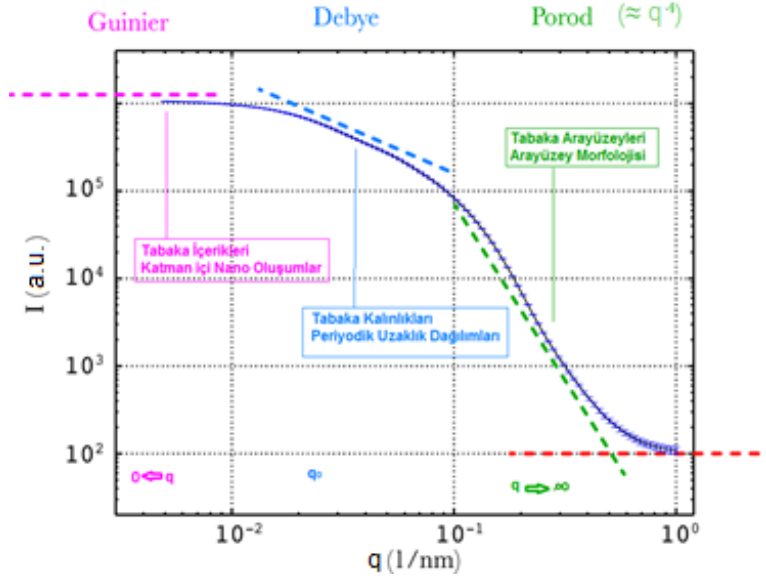
X-ışını kaynağından çıkan ışın demeti monokromatörler vasıtasıyla tek dalga boyuna düşürülür. Yarıklar ile istenilen boyut ve özelliklerde örnek üzerine düşmesi sağlanır. Büyük bir kısmı direk örnek üzerinden geçen ışınların yanında küçük bir kısmı farklı yönlere saçılır. Saçılma şiddeti saçılan ışınların açısına bağlı olarak dedektörler ile kaydedilir. Saçılma açılarının bir fonksiyonu olan saçılma şiddetinin analizi bize örneğin yapısı ve özellikleri hakkında bilgi verir.

Saçılma deneyleri ile bir nano oluşum üzerindeki iki nokta arasındaki saçılan ışınların geometrisi kullanılarak, iki ışın arasındaki δ (iki ışının yol farkı) bu yol farkından da \vec{q} saçılma vektörünün Θ yansıma açısına bağımlılığı elde edilir. Küçük açı saçılmalarında, nano oluşumlar belirli bir düzende oldukları için *Bragg Yasası* (Eşitlik 4.1) geçerli olur. Nanooluşumların yerleştiği düzlemler arası mesafe (d) nanometre mertebesinde olan saçılma, λ kullanılan X-ışını dalga boyu, Θ yansıma açısı ve n *Bragg* yansıma derecesi olarak aşağıdaki denklem 4.1'deki *Bragg* Kırınım koşulu ile gösterilir.

$$2d \sin \theta = n\lambda \quad (4.1)$$

Saçılma deneylerinde $I(q) - q$ saçılma verileri ve grafikleri kullanılarak yapı analizleri gerçekleştirilir. Bu saçılma desenlerinden elde edilen veriler ters uzaya ait bilgi içerdiğinden, *Fourier* analizi ile gerçek uzaya geçiş yapılır. Böylece, gerçek uzayda incelenen örneğin yapısına ait oluşum şekilleri, uzaklık dağılımları, ara yüzey alanları ile kalınlık ve elektron yoğunluğu gibi değerlere ulaşılır.

Bir SAXS eğrisi ile elde edilecek yapısal bilgiler eğri üzerindeki bölgeler halinde Şekil 4.4. ile gösterilebilir.



Şekil 4.4. SAXS Eğrisinin Bölgelere Göre Verdiği Bilgiler

Küçük q bölgesinde büyük nano oluşumlar, orta q bölgesinde orta boyutta oluşumlar, etkileşimleri, şekilleri ve büyük q bölgesinde faz ara yüzeyleri hakkında bilgi edinilir.

4.3.1. Küçük q Bölgesi

Bu bölgede büyük boyutlu yapılarla ilgilenileceği için bu yapıların öncü boyut bilgileri ile ilgili yapısal pencereler açılır. Böylece, saçıcıların konumu ve birbirlerine olan uzaklıklarının dağılımları da bulunur.

Analizler için, deneysel eğriye en uygun fonksiyon olan $S(q)$ yapı faktörü ifadeleri kullanılır. $S(q)$ yapı faktörü, saçıcı oluşumların yapı içinde birbirine göre nasıl dağıldıklarının göstergesi olan matematiksel bir ifadedir. $S(q)$ yapı faktörü zamana göre değişen bir yapı olduğu için ifade zamana göre ortalama alınarak eşitlik 4.2 deki gibi düzenlenir.

$$\langle S(q) \rangle = s(q) = 1 + 4\pi n_p \int_0^{\infty} [y(r) - 1] \frac{\sin qr}{qr} r^2 dr \quad (4.2)$$

n_p incelenen örnekteki saçıcı tanecik sayısı, $y(r)$ ise r komşuluğunda bulunan elektronlardır. Eğer örnek seyreltik bir sistem ise parçacıkların birbirleriyle olan etkileşimi ihmal edilerek, parçacıkların göreceli konumları anlamını yitireceği için yapı faktörü değeri "1" alınabilir.

Eğer ihmal edilemeyecek bir sistemle karşı karşıya kalınırsa saçılma şiddetinin, $P(q)$ form faktörü ve $S(q)$ yapı faktörüne bağımlılığı, aynı şekle sahip oluşumlar için,

$$I(q) = N[P(q)]^2 S(q) \quad (4.3)$$

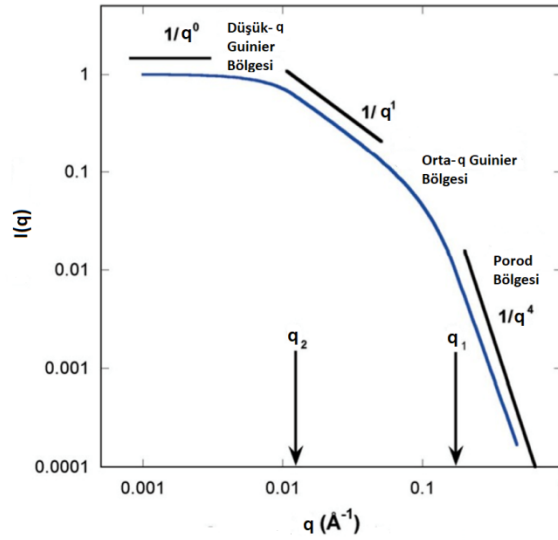
ifadesi kullanılır.

4.3.2. Jirasyon Yarıçapının Bulunması

Nano yapıları örneklerin elektron yoğunlukları özdeş ve farklı yönelimli oluştukları için jirasyon yarıçapı kavramı ortaya çıkar. Jirasyon yarıçapı, parçacıkların etkin büyüklüklerini ifade etmek için kullanılan bir parametre olmak üzere eylemsizlik momenti yardımı ile hesaplanır.

Jirasyon yarıçapı hesaplanırken ilk olarak parçacığın tüm olası konumlarının ortalaması alınır daha sonra parçacık içinde bir başlangıç noktası (\vec{r}) ya da diğer adıyla konum vektörü ile tüm yönelimlerin olasılığı incelenir.

Parametrelerin belirlenebilmesi için, Şekil 4.5.'deki grafikte görülen Guinier bölgesinden alınan veriler kullanılır.



Şekil 4.5. Guinier Bölgesi Grafiği

Guinier bölgesi küçük q bölgesinde tanımlandığı için limit durumunda ($q < 1$ için) Eşitlik (4.2) de yer alan Debye faktörü [18],

$$\sin((\vec{q} \cdot \vec{r})/(\vec{q} \cdot \vec{r})) = 1 - (\vec{q} \cdot \vec{r})^2/3! + \dots \quad (4.4)$$

ile verilir.

Küçük q yaklaşımı ile

$$I(q) = V \int_0^\infty 4\pi r^2 dr \cdot y(r) \left[\frac{\sin(\vec{q} \cdot \vec{r})}{\vec{q} \cdot \vec{r}} \right] = V \int_0^\infty \left[1 - \frac{(\vec{q} \cdot \vec{r})^2}{3} + \dots dr \cdot y(r) \right] = I(0) \left(1 - \frac{q^2 R_g^2}{3} \right) \quad (4.5)$$

eşitliği elde edilir [19].

R_g bir parçacığın elektron yoğunluğu $\rho(r)$ ile ilişkili olan

$$R_g^2 = \frac{\int \rho(r) r^2 d^3r}{\int \rho(r) d^3r} \quad (4.6)$$

etkin yarıçap değeridir.

$$R_g^2 = \frac{1/2 \int \rho(\vec{s})s^2 ds}{\int \rho(\vec{s})ds} \quad (4.7)$$

şekilde de verilebilir. Burada $\vec{s}, \rho(\vec{r})$ ' nin kütle merkezine göre konum vektörü olarak tanımlanır.

Jirasyon yarıçapı homojen yapıli parçacıklar için, geometriye bağıli üç boyutlu parametreler ile ilişkilidir [20].

Moonen'e göre küresel ve silindirik geometriler bir dizi yaklaşım yaparak Eşitlik (4.8) gibi basit bir form haline dönüşür.

$$I(q) = I(0) \exp \left[-\frac{q^2 R_g^2}{3} \right] \quad (4.8)$$

Bu eşitliğe, Guinier yasası denir.

Bu yasa SAXS yönteminde temel önem arz etmekte ve yapı analizi için etkin önem taşımaktadır. Bu bize yapısal model oluşturmak için gerekli donanımı sağlamaktadır.

Guinier yasası bazı durumlarda geçerliliğini korumaktadır. Bunlar,

- Eğim alınan verinin $1/R_g$ den küçük q değerlerinde olması.
- Sistemin seyrek yani parçacıkların bağımsız bir yapı olması.
- Sistem, parçacıkların yönelimlerinin farklı olmasından dolayı izotropik kabul edilmeli [21].

4.3.3. Orta q Bölgesi

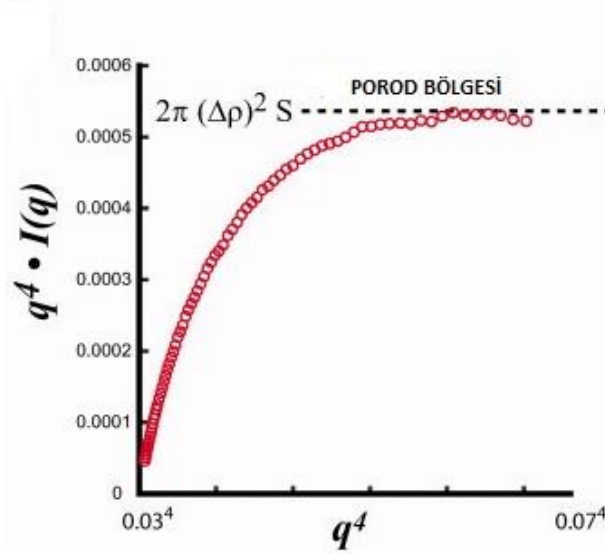
SAXS yöntemi ile boyut ve şekil analizi yaparken, saçıcı malzemenin içindeki elektro yoğunluğu farkından yararlanılır. Seyretilik bir sistemde, saçılma eğrisi Eşitlik (4.9) ile ifade edilir.

$$I(q) = N_1 [P_1(q)]^2 + \dots + N_N [P_N(q)]^2 \quad (4.9)$$

N , birim hacim içindeki $P(q)$ form faktörü parçacık sayısıdır. $P(q)$ ise tek bir parçacık için matematiksel form faktörüdür. Orta q bölgesinde önemli olan örnekte bulunan saçıcıların boyutudur. Saçıcının boyutu ile şekli ve iç yapısı hakkında bilgilere ulaşabiliriz.

4.3.4. Büyük q Bölgesi ve Porod Yasası

Büyük q bölgesi analizleri için, Şekil 4.6.'da çizilen $I \cdot q^4 - q^4$ grafiğı çizilerek, Porod bölgesinde sabit kalan değere ulaşılır.



Şekil 4.6. Porod Bölgesi $I(q) \cdot q^4 - q^4$ Grafiği

İki farklı fazlı yapılarda saçılma eğrisi q bölgesinde Eşitlik 4.10 ile ifade edilir.

$$I(q) = Aq^{-4} + B \quad (4.10)$$

A ve B değerleri Şekil 4.6. yardımı ile bulunur. Bu şekilde iki fazlı yapıların ara yüzey alanı olan S hakkında bilgi sahibi olunur.

$$Q = \int_0^\infty q^2 d(q) I(q) = 2\pi^2 \Delta\rho^2 V \quad (4.11)$$

Bununla birlikte Eşitlik 4.11 ile ifade edilen bir Q değeri hesaplanır. Bu eşitliğe göre çizilen bir başka grafiğin altındaki değerde Q değerini bulmamızı sağlar. Q değeri yapı değişimi olarak da adlandırılır.

Q, elektron yoğunluğu değişiminin karesi ile orantılıdır. Büyük q değerlerinde saçılma şiddeti Porod yasası ve Q birlikte kullanılırsa,

$$I(q)_{\lim q \rightarrow \infty} = (\Delta\rho^2) \frac{2\pi}{q^4} S \quad (4.12)$$

Eşitliği elde edilir. S yüzey alanıdır [22].

Büyük q bölgesi için hacim ifadesi,

$$V = 2\pi^2 \frac{I(0)}{Q} \quad (4.13)$$

ile ifade edilir. $I(0)$ örnekten doğrudan geçen x ışını demetinin şiddetini temsil eder.

En küçük q değerinde elde edilen $I(0)$ değerinin bir verisi olup, bu değer büyüdükçe örnek içindeki saçıcı olan elektron yoğunluğu da o kadar büyük olacaktır.

4.3.5. Basit Geometrilere Sahip Oluşumlar İle İlgili Bazı Yapısal Bilgiler

4.3.5.1. Fraktal Model

Klasik geometri anlayışı üçgenler, daireler, dikdörtgenler ve konik yapılardan ibaret iken gerçek doğada ise bu yapılar gerçeği yansıtmamaya başlamıştır. Şekil 4.7.'daki örnekte de olduğu gibi doğadaki farklı geometrik yapılar bize yeni bir yapı üzerinde durmamızı sağlamıştır. Bu yapı artık günümüzde fraktal model ile bir boyut kazanmıştır.



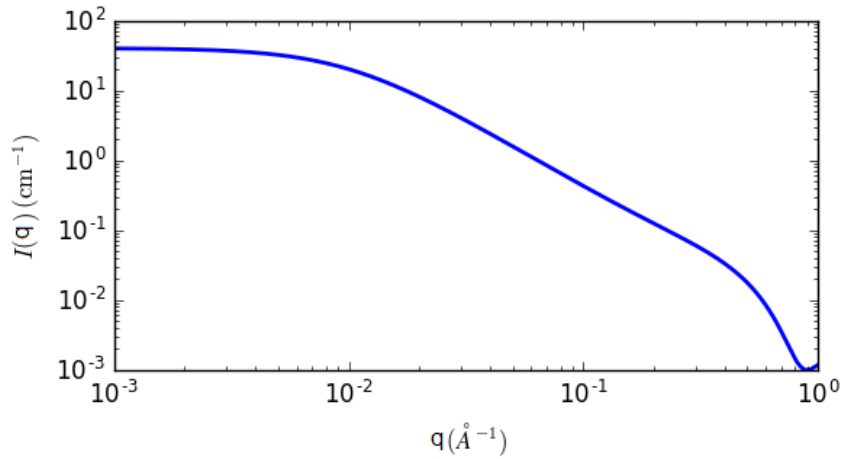
Şekil 4.7. Üçgen Birimlerden Oluşan Bir Fraktal Yapı (sol) ve Doğal Fraktal Yapılara İki Örnek (Ağaç ve sebze görseli)[23]

Fraktal yapılar için form faktörü,

$$P(q) = F(qR_0)^2 \quad (4.14)$$

$$F(q) = \frac{3(\sin x - x \cos x)}{x^3} \quad (4.15)$$

ile ifade edilir.



Şekil 4.8. Fraktal Model İçin Saçılma Deseni

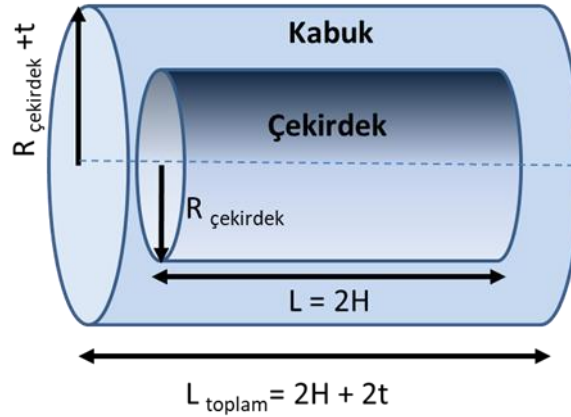
Şekil 4.8.'da saçılma deseni verilen bu model için jirasyon yarıçapı,

$$R_g = \sqrt{\frac{D(D+1)\xi^2}{2}} \quad (4.16)$$

ile ifade edilir. D, fraktal boyutudur.

4.3.5.2. Silindirik Çekirdek Kabuk Modeli (Core Shell Cylinder Model)

R yarıçaplı bir silindir ve t yarıçaplı kabuktan oluşan silindirik çekirdek kabuk şeması Şekil 4.9.' da gösterilmiştir.



Şekil 4.9. Silindirik Çekirdek Kabuk Şematik Gösterimi[24]

R yarıçaplı çekirdek ve t kalınlıkta kabuktan oluşan silindirik sistemin form faktörü aşağıdaki gibidir[23].

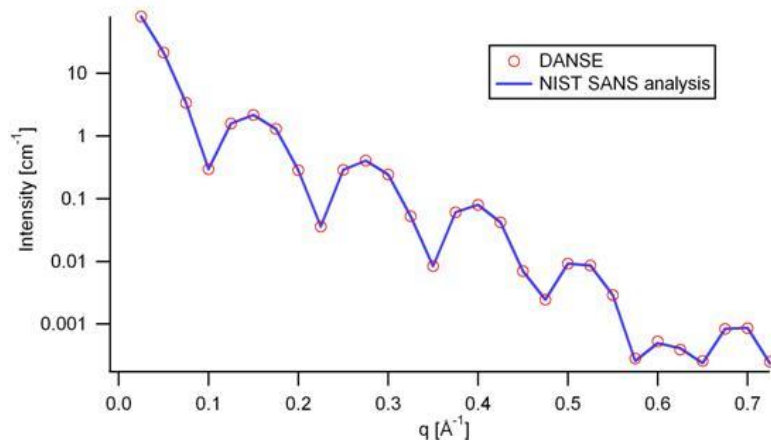
$$P(Q, \alpha) = \frac{scale}{V_s} F^2(Q) + background \quad (4.17)$$

$$F(Q) = (\rho_c - \rho_s)V_c \frac{\sin(Q\frac{1}{2}L \cos \alpha)}{Q\frac{1}{2}L \cos \alpha} \frac{2J_1(QR \sin \alpha)}{QR \sin \alpha} + (\rho_s - \rho_{soln})V_s \frac{\sin(Q(\frac{1}{2}L+T) \cos \alpha)}{Q(\frac{1}{2}L+T) \cos \alpha} \frac{2J_1(Q(R+T) \sin \alpha)}{Q(R+T) \sin \alpha} \quad (4.18)$$

ve

$$V_s = \pi(R + T)^2(L + 2T) \quad (4.19)$$

J_1 , birinci dereceden *Bessel* fonksiyonudur [25].



Şekil 4.10. Silindirik Çekirdek Kabuk Modeli İçin Saçılma Deseni[24]

Şekil 4.10.' da saçılma deseni verilen bu model için jirasyon yarıçapı,

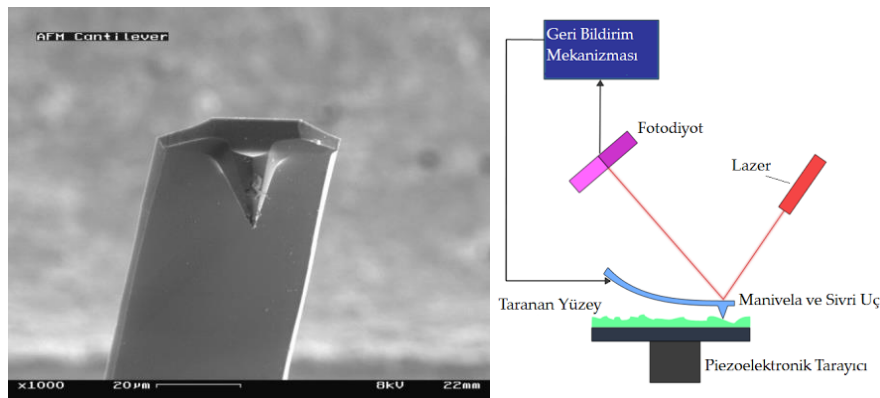
$$R_g^2 = \frac{3}{5} R_2^2 \left\{ \begin{array}{l} \frac{R_1^5 + 1}{R_2^5} \\ \frac{R_1^3 + 1}{R_2^3} \end{array} \right\} \quad (4.20)$$

ile ifade edilir.

4.4. Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) Metodu

Atomik kuvvet mikroskobu ya da diğer bilinen adıyla taramalı kuvvet mikroskobu yüksek çözünürlükte ve nanometre boyutunda ölçümler almamıza yarayan, optik yöntemlere göre 1000 kat daha sağlıklı sonuçlar veren bir yöntemdir.

AFM'ler Şekil 4.6.'da görüleceği üzere esnek bir cantilever adı verilen bir maniveladan ve buna bağlı bir sivri uçtan oluşur. Bu silikon yapıda ve nanometre ölçeğinde yarıçapı olan bir uçtur. Uç, numune üzerine yakın bir mesafeye getirildikten sonra uç ile yüzey arasında bir takım kuvvetlerin devreye girmesi sonucunda bu manivela bükülür. Bu kuvvetler; mekanik temas kuvvetleri, van der waals kuvveti, kılcallık kuvveti, kimyasal kuvvet, elektromanyetik kuvvet vb. birçok kuvvettir. Bu maniveladaki bükülmeler bir lazer ve dedektör yardımı ile ölçülerek yüzeyin tapografik görüntüsü elde edilir.

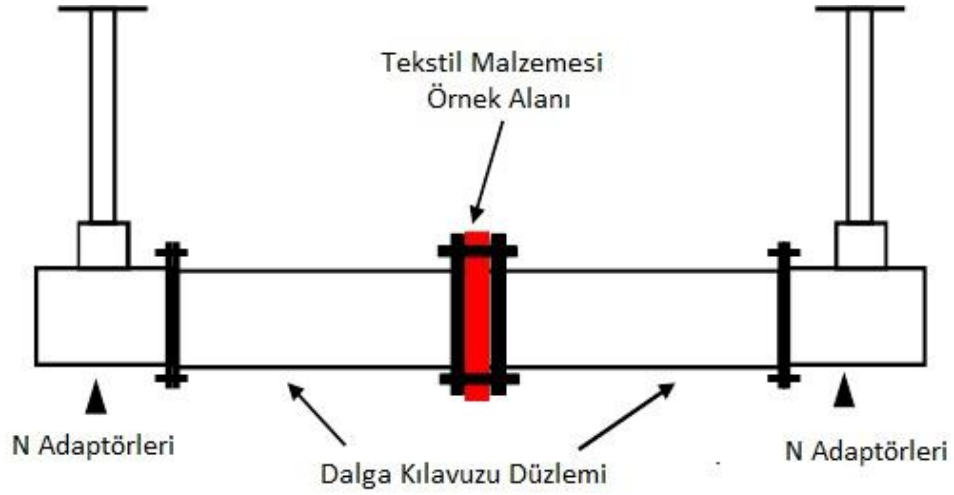


Şekil 4.11. Cantilever Örneği ve AFM Mekanizması[26]

AFM'ler kullanıma bağı olarak çeşitli modlarda kullanılabilir. Statik (temaslı) ya da dinamik (temassız) modlar en çok kullanılan modlardır [26].

4.5. Dalga Kılavuzu Metodu

Bu yöntem, materyallerin frekans ölçümleri ile elektromanyetik girişim ölçümlerinin alınması üzerine kurulur. Bunu da network analizör yardımıyla yapar. Network analizörler, deney sistemi girişine genliği ve faz değerleri bilinen bir sinyal uygulaması ve çıkışta ise bu sinyallerdeki değişimleri algılayarak sistemin yapısı hakkında bilgi vermesidir. Şekil 4.7' de de görüldüğü üzere, üretilen sinyalin ne kadarının test edilen sistem üzerinde yoluna devam ettiği ne kadarının geri yansıdığı ve sistem çıkışında genlik ve faz olarak ne kadar bozulduğu ayrıca ne kadar gecikmeye uğradığı gibi birçok parametre test edilebilir[27][28].



Şekil 4.12. Dalga Kılavuzu Metodu Deney Şeması

Bu yöntem ile S parametreleri denilen SE, Soğurma (Absorbance), Yansıma (Reflection) ve Geçirgenlik (Transmittance) değerleri alınabilir.

5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

5.1. Polimer Malzemenin Grafen ve Karbon Nanotüp İle Belirli Oranlarda Katkılanması ve Kumaşa Uygulanması

Deneysel çalışmalarımızda, EMD engelli kumaşların kalkanlama özelliğini artıracak şekilde uygun polimer kompozitlerin belirlenmesi ilk adımı oluşturdu. Öncelikle amaca hizmet edebilecek polimer malzemeler araştırıldı. Laboratuvar olanaklarımızda mevcut olan ikili bilimsel işbirliği ve projemiz (H.Ü. BAB projesi, FHD-2015-7868 Fizikokimyasal özellikleri olan yeni tasarım polimer-metal temelli malzemelerin yapısal değişimlerinin ve biyoaktivitelerinin araştırılması) kapsamında tedarik edebildiğimiz, Sulfonlanmış SEBS (Stiren-Etilen-Bütülen-Stiren), Akrlonitril Bütadien Stiren (ABS), Polikarbonat (PC) ve Poliamit (PA) gibi polimerlerle ilk çalışmalar gerçekleştirildi. Özellikle, H.Ü. Kimya Bölümü öğretim üyelerinden Prof. Dr. Murat Şen ve araştırma grubu tarafından sentezlenen, yapılarında eliptik kesitli silindirik şekillenimli proton iletim kanalları olan ve bu kanalların farklı yönelimlerinin olduğu SEBS polimerleri üzerine odaklanıldı. Farklı yönelime sahip iletim kanallarının EMD engeli olması açısından etkin olabileceği öngörüldü. Benzer kalkanlama etkileri, yukarıda bahsi geçen diğer polimer yapıların karbon nano tüp ve grafen nano parçacıklar ile katkılanması ile elde edilen polimer kompozitler için de öngörüldü. Bu polimer malzemelerin sıcaklık ve basınç etkileri ile kumaşa tatbik edilmeleri sırasında sorunlar yaşandı. Özellikle, kumaş ve polimer arayüzünde beklenen fizikokimyasal etkilerin oluşmaması ve başarılı kaplama uygulamalarının olmaması sonucunda bu polimer malzemelerin kullanımından vazgeçildi. Polimer malzemelerin başarılı bir kaplama işlemi için özellikle sıvı fazda olmasının daha iyi olabileceği kararı ile piyasada Plasti-Dip olarak bilinen ve basınçlı tüplerde püskürtme yöntemi ile malzemelere rahatlıkla uygulanabilen Plastomer malzemeye yönelim tercih edildi.

Bu polimer malzeme içeriğindeki “ksilen” sayesinde polimerin sıvı formda olması ve nano boyutlu CN ve Grafen katkılamasının tüp içinde rahatlıkla yapılabilmesi çalışmalarımıza büyük avantaj sağladı.

Grafen için %2, %4 ve %6 oranları rahat bir şekilde tüp formunda hazırlanabilirken, CN için %4 ün üzerine çıkılamadı. CN parçacıkların üç boyutlu olması nedeni ile basınçlı tüp içeriğine tıkanıklık oluşturması ve çok hafif malzeme olması nedeni fazla oranlarda tüpe basılamaması nedeni ile CN için %2, %3 ve %4 katkılama oranları kullanıldı.

Sıvı formda, sprey kutularında, belirli kütle oranlarında nanoboyutlu CN ve grafen katkılanmış polimer malzemeler SİNTAŞ Boya ve Kimya Şirketi ile işbirliği yaparak hazırlandı. Hazırlanan malzemelerin yapısal içerikleri şu şekilde sıralanabilir.

Ksilen (CH_3) $2\text{C}_6\text{H}_4$ (% 40-60, CAS numarası: 1330-20-7, EC No: 215-535-7)

Beyaz spririt ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$), **Nafta (petrol) Hydrodisulfurize s** (% 25-40, CAS numarası: 64742-82-1, EC No: 265-185-4) ve **grafen nanoplatları / karbon nanotüpler** (% 2-6, nanoparçacık boyutu aralığı 20-40 nm).

Bu malzemeler karıştırılarak, sızdırmaz sprey tüplerinin içinde sıvı formda olacak şekilde basınçlı hale getirilmiştir. Ksilen buhar basıncı 25 ° C'de 1.0 kPa olarak belirlenmiştir. Nanopartiküller olmadan renksiz halde olan karışımın yoğunluğu, 20 ° C'de 0,84-0,91 g/mL aralığındayken, aynı sıcaklıktaki viskozite, 50 KU (Krebs birimleri) olarak belirlenmiştir. Sprey kullanılarak yapılan, kumaş yüzeyine püskürtme işlemi 3 saniye boyunca 5 cm mesafeden uygulanmıştır. Bu işlem 5'er dakika aralıklar ile 3 kez tekrar edilmiştir. Daha sonra kaplanmış kumaşlar 24 saat boyunca temiz ortamda kurutulmuştur.

Şekil 5.1.'de kaplama yapılan kumaşların paketlere koyulmuş ilk halleri görülmektedir.

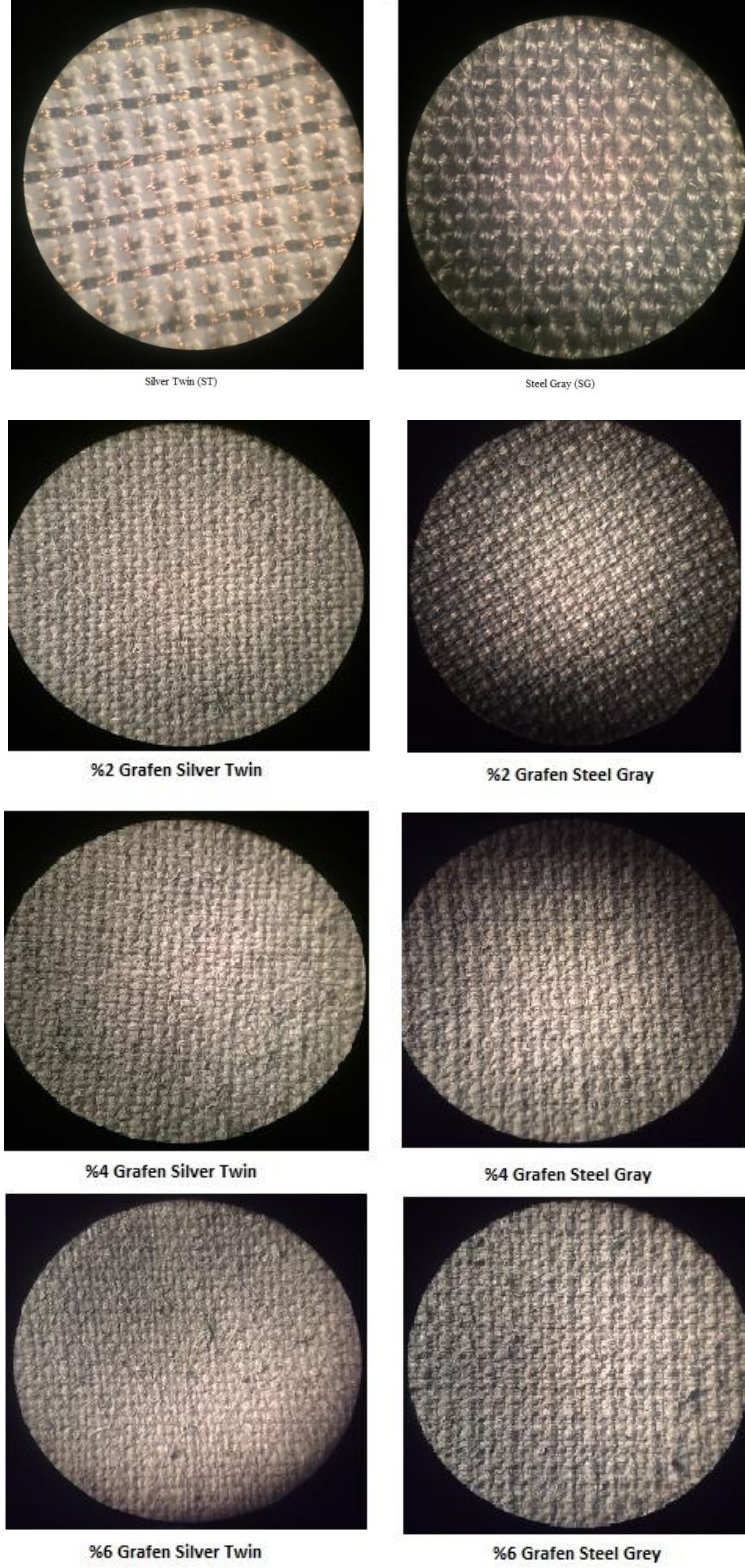


Şekil 5.1. CN ve Grafen Katkılı Plastomer Kaplanmış Kumaş Örnekleri ve Püskürtme - Tarama İşlemi İle Elde Edilen Daha Büyük Formda Kaplanan Kumaş Örnekleri

Sprey uygulamanın uniform olması için kumaş örneklerin daha çok merkez kısmında bulunan özdeş bölümleri araştırmalar için ayrılmıştır. Aynı özelliklere sahip örneklerden dört farklı gruplama yapılarak, mikroskopik incelemeler, SAXS analizleri, EMD engeli olma (soğurma, geçirgenlik ve yansıtma) özellikleri ölçümleri ve biyoaktivite ölçümleri için hazırlanmıştır.

5.2. Mikroskopik Ölçümler

Kaplama işlemi yapılan kumaşlar öncelikler mikroskop altında incelemeye alındı. Kullanılan mikroskop 1-10 kat büyütme imkanı olan alışlagelmiş bir mikroskop sistemidir. Bu incelemeler, yüzeyde oluşan deformasyonlar ve kaplama sonrası yüzey görüntüsündeki değişimler hakkında bilgi edinmemizi sağladı. Şekil 5.2. de görüldüğü üzere, grafen katkılanmış polimer uygulaması, kaplamanın başarılı olduğu ve yüzey pürüzlülüğünün mikroskopik boyutta sadece kumaş dokusundan kaynaklandığı sonucuna ulaşılmıştır.

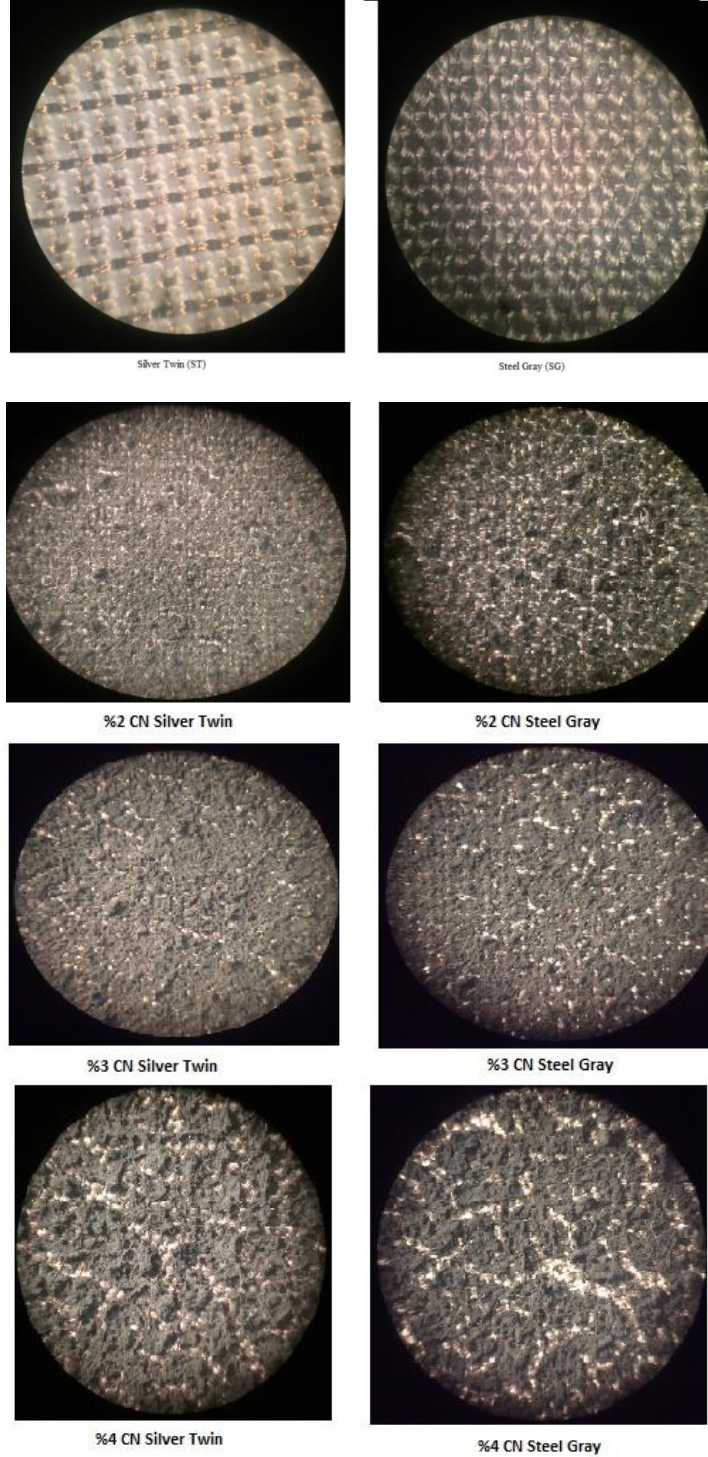


Şekil 5.2. Grafen Katkılı Polimer ile Kaplanan ve Kaplanmayan Kumaşların Mikroskop Altındaki Görüntüsü

Bunun yanı sıra, Şekil 5.3.de görüldüğü üzere, CN katkılı plastomer kaplanmış kumaşlar, bu noktada grafen ile elde edilen sonuca benzer bir beklentiyi olumlu sonuçlar ile desteklememiştir. Özellikle %3 oranlı CN katkılanmış kaplama sonucunda, kumaş

yüzeyinde oluşan topaklanmalar ve bunun sonucunda da yüzeyde gözlenen çatlaklaşmalar kaplamadaki katkı oranlarının daha düşük olması gerektiği sonucunu göstermiştir.

Yine de tez çalışmasının ileri aşamalarında yapılan EMD kalkanlama özellikleri incelenirken bu malzemelerin de iyi birer kalkan olabileceği, illaki tekstil ürünlerinin uygulamasının yapılacağı ortamlarda kullanılma zorunluluklarının olmadığı ve belki katmanlı engel malzemenin bir ara katmanının bu tür malzemelerin kullanımı ile de oluşturulabileceği yönünde fikirler oluşmuştur.

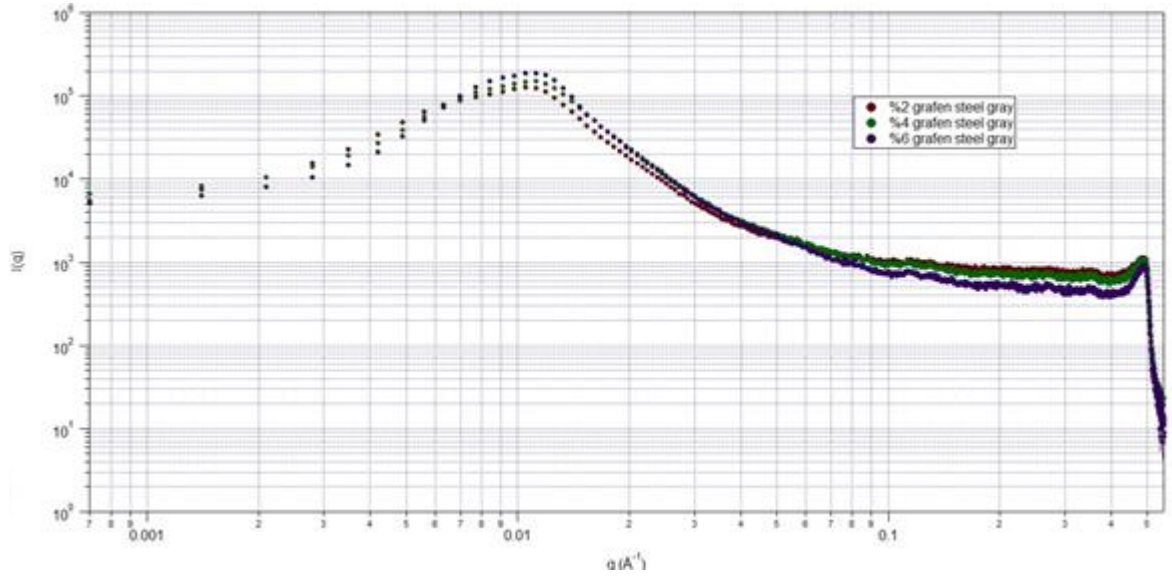


Şekil 5.3. CN Katkılı Polimer İle Kaplanan ve Kaplanmayan Kumaşların Mikroskop Altındaki Görüntüsü

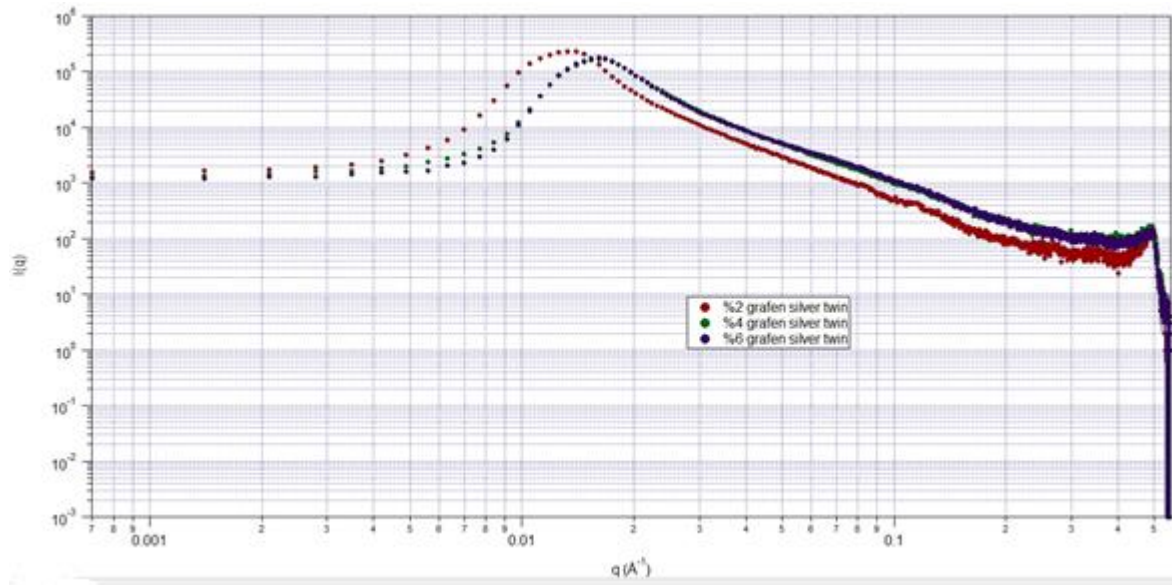
5.3. SAXS Ölçümleri

SAXS ölçümleri için Hacettepe Üniversitesi Fizik Mühendisliği Bölümü bünyesinde bulunan Hecus X-Ray sistemi ile yapılmıştır. Sistem lineer x-ışını kolimasyonuna sahip ve x-ışını tüpünde bakır hedef ($\lambda= 1,54 \text{ \AA}$) kullanılmıştır. Tüm örneklerimiz oda sıcaklığında ve 5 dakika deney süresi ayarlanarak yapılmıştır.

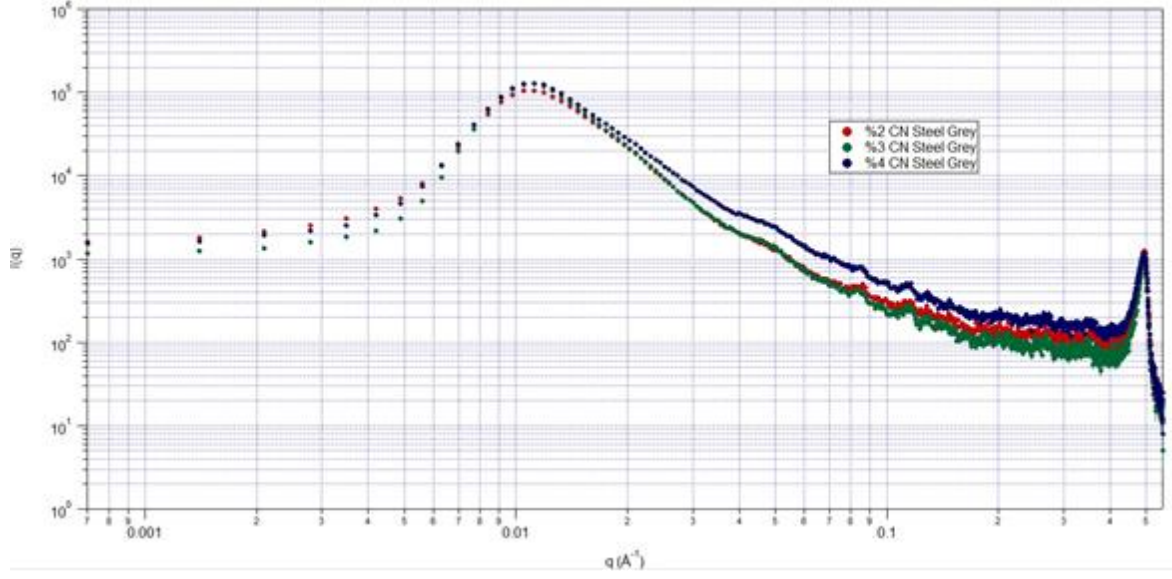
Denelerimiz de kullandığımız polimer kaplı grafen ve CN katlı kumaşlarımızın yüzeylerinde nano oluşumlar gözlemlendi. Bu oluşumların, saçılma desenlerinde farklılıklar ve farklı model yapıları görüldü. Aşağıda Şekil 5.4-5.7. saçılma desenleri örneklerimizin farklı katkı oranlarında farklı saçılmalar yaptığını ve malzemelerimizin yapısal olarak artık farklılıklar gösterdiğini belirtmektedir.



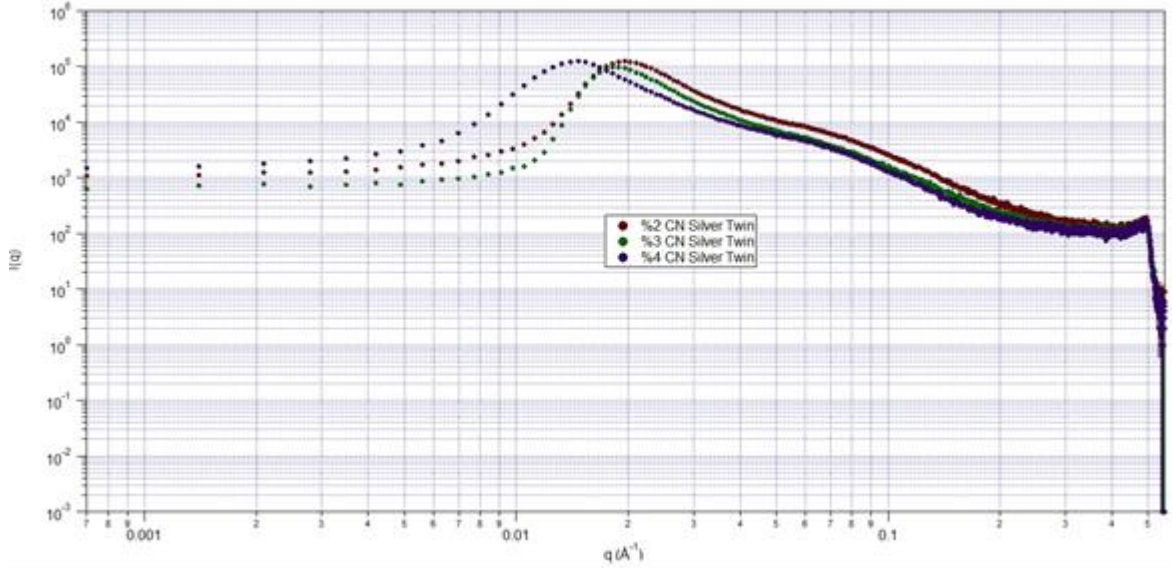
Şekil 5.4. Grafen Katkılı ST Kumaşların Saçılma Desenleri



Şekil 5.5. Grafen Katkılı ST Kumaşların Saçılma Desenleri



Şekil 5.6. CN Katkılı SG Kumaşların Saçılma Desenleri



Şekil 5.7. CN Katkılı ST Kumaşların Saçılma Desenleri

SAXS verileri kullanılarak örneklerimizin önce *EasySWAXS* yazılımı sayesinde önce hacimsel (globular), çubuk (rod) ve plaka (flat) olarak jirasyon yarıçapları hesaplandı.

Daha sonra bizim için asıl önem arz eden yapı analizi ve yapı modeli oluşturmak için *IGOR Pro 6.1* programı ile saçılma deseni verilerine uygun modelleme ve bu model yardımı ile jirasyon yarıçapları, χ^2 değeri ve max uzaklık bilgileri edinildi. Toplanan veriler Çizelge 5.1. ve Çizelge 5.2.'de verilmiştir.

SAXS analizlerinde, model yapı ile, deneysel saçılma verisinin $[I(q)-q]$ uyum (Fit) işlemleri gerçekleştirildiğinde ulaşılan χ^2 değerleri ideal yapı modelleri için 1-7 aralığında kalmaktadır. Katı fazlı malzemeler için bu değer aralığı 1-9' a kadar artabilmektedir. Bu tez kapsamında gerçekleştirilen SAXS analizleri için bahsi geçen χ^2 aralığı 5,2 - 8,3 olarak

belirlenmiştir. Bu değerler kabul edilebilir aralıkta olup yapı modellerinin, gerçek yapıda bulunan form faktörleri ile uyum içinde olduğunun bir göstergesidir.

Çizelge 5.1. Grafen Katkılı Polimer ile Kaplanan Kumaşların Yapısal Bulguları

			R(Globüler) (Å)	R(Çubuk) (Å)	R(Plaka) (Å)	Jirasyon Yarıçapı (Å)	χ^2	Maksimum D (Å)
G R A F E N	ST	%2	177,8	130,9	82,2	184,4	5,2	627,8
		%4	124,1	89,2	50,9	133,6	5,6	423,5
		%6	129,3	94,2	55,4	133,4	7,1	426,9
	SG	%2	168,7	120,9	70,6	183,6	8,3	571,0
		%4	168,1	114,4	66,7	171,6	8,2	559,0
		%6	187,3	132,7	84,7	202,5	7,9	615,0

*Belirlenen yapısal parametrelerde hassasiyet değerleri $\pm 0,2-0,5$ Å arasında değişmektedir.

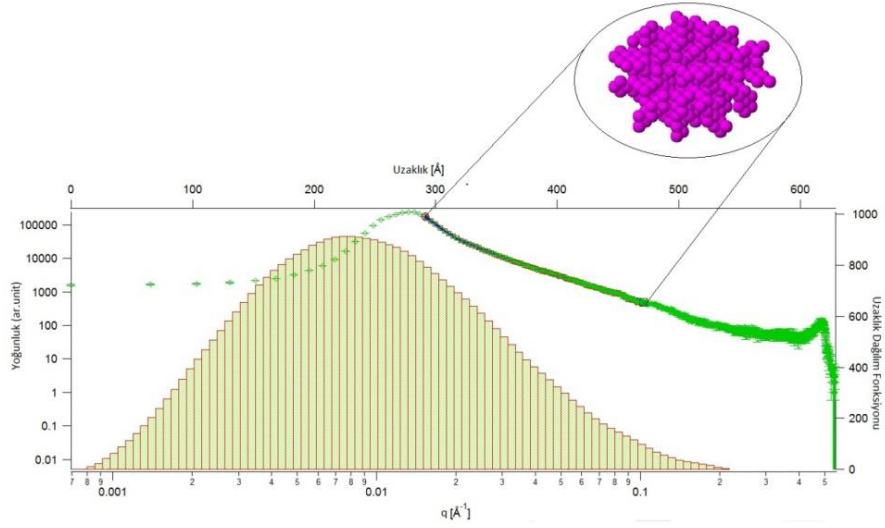
Çizelge 5.2. CN Katkılı Polimer ile Kaplanan Kumaşların Yapısal Bulguları

			R(Globüler) (Å)	R(Çubuk) (Å)	R(Plaka) (Å)	Jirasyon Yarıçapı (Å)	χ^2	Maksimum D (Å)
CN	ST	%2	58,8	44,4	28,6	89,6	6,9	246,3
		%3	63,2	47,0	28,7	96,4	5,5	269,5
		%4	78,1	56,5	34,6	118,0	7,8	342,9
	SG	%2	84,7	62,2	39,9	140,0	5,2	435,0
		%3	89,2	64,3	41,6	174,0	6,3	526,5
		%4	84,0	61,4	39,3	146,7	5,5	454,1

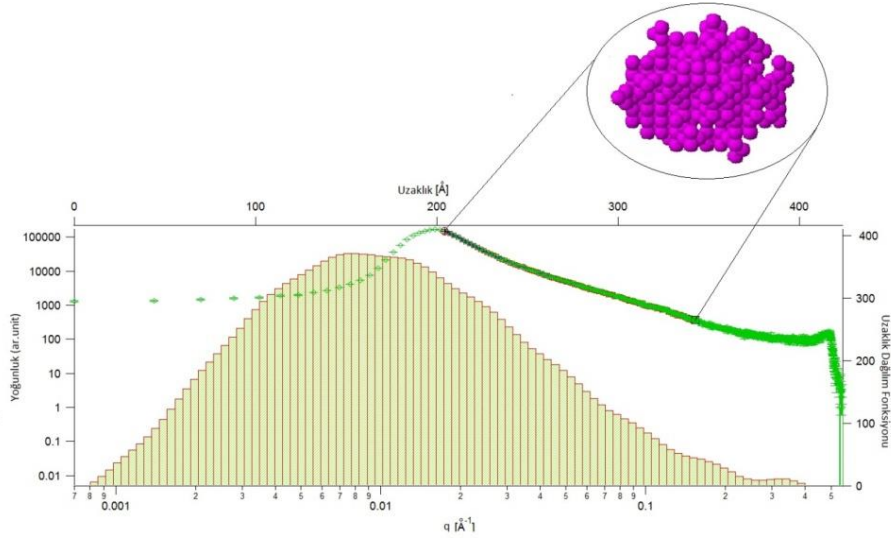
* Belirlenen yapısal parametrelerde hassasiyet değerleri $\pm 0,1-0,4$ Å arasında değişmektedir

IGOR Pro 6.1 programı bize yukarıda verilen bilgiler dışında, iki atom arası uzaklık farkından bize yapı modellemesi için gerekli bilgileri sağladı. Nano oluşumların uzaklık dağılımı (Pair Distance Distribution: PDD) grafikleri ve bu grafiklerden seçilen uygun verilerden *ATSAS 2.8.2* paket programında bulunan ve modelleme yapmaya yarayan *DAMMIN* programı ile uygun *ab-initio* yapı modelleri elde edildi. Bu modeller nano oluşumların en olası yapı morfolojilerini gösterecek şekilde pembe topçuklarla gösterildi. Bu pembe topçuklar, kaplanmış kumaş malzemeler için elektron yoğunlukları yüksek olan nano oluşumların en olası morfolojilerini belirlemede kullanılan matematiksel birimlerdir. Belirlenen sonuç morfolojisi, içeriğinde CN/grafen nano parçacıklar ve polimer matris yapının etkileşimi ile oluşan en olası nano çekirdeklenmeyi gösterir. Şekil 5.8.-5.19. nano ölçekli yapılar ile ilgili morfoloji, boyut ve uzaklık dağılımı hakkında elde edilen bulguları özetlemektedir.

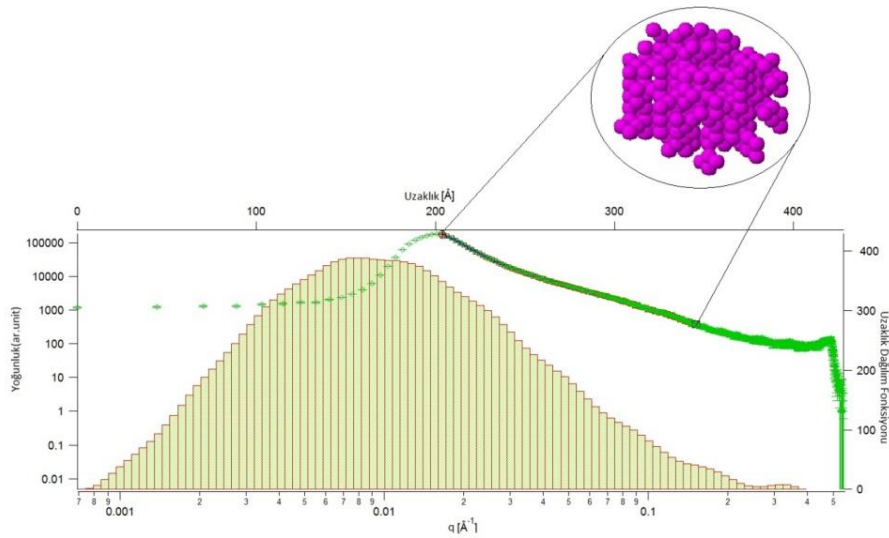
Çizelge 5.1 ve 5.2 de verilen jirasyon yarı çap bilgileri, arıtım parametresi ve Maksimum uzaklık bilgileri elde edilirken daha önce forma faktör bilgileri ve yapı model bilgileri verilen fraktal yapı modeli(Grafen katkılı kaplamalar için) ve çekirdek-kabuk silindir yapı modeli (CN katkılı kaplanan kumaşlar için) kullanılmıştır.



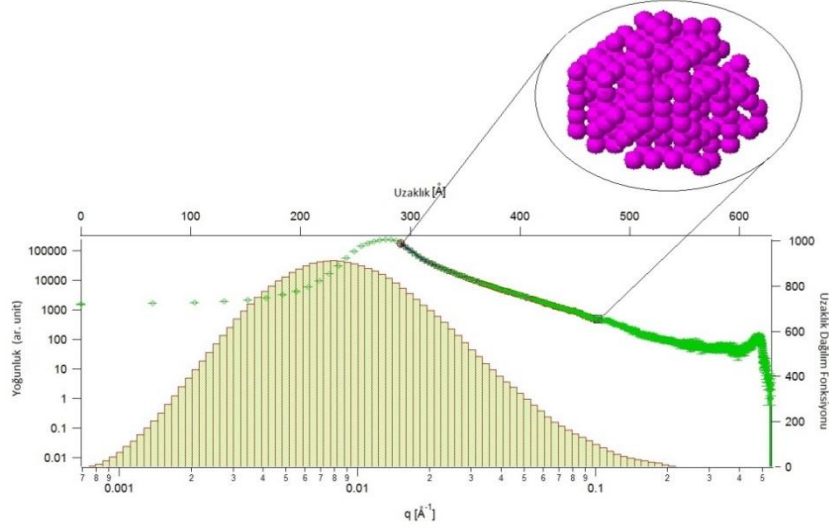
Şekil 5.8. %2 Grafen ST örneği ile ilgili Uyum Grafiği, PDD ve *ab-initio* Yapı Modeli



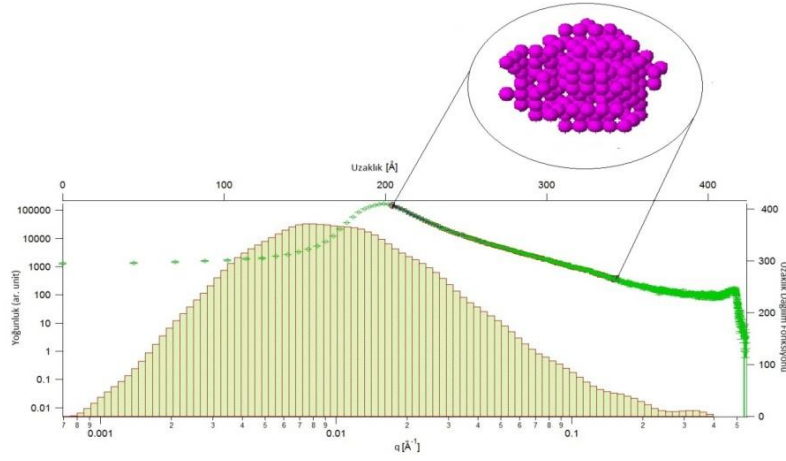
Şekil 5.9. %4 Grafen ST örneği ile ilgili Uyum Grafiği, PDD ve *ab-initio* Yapı Modeli



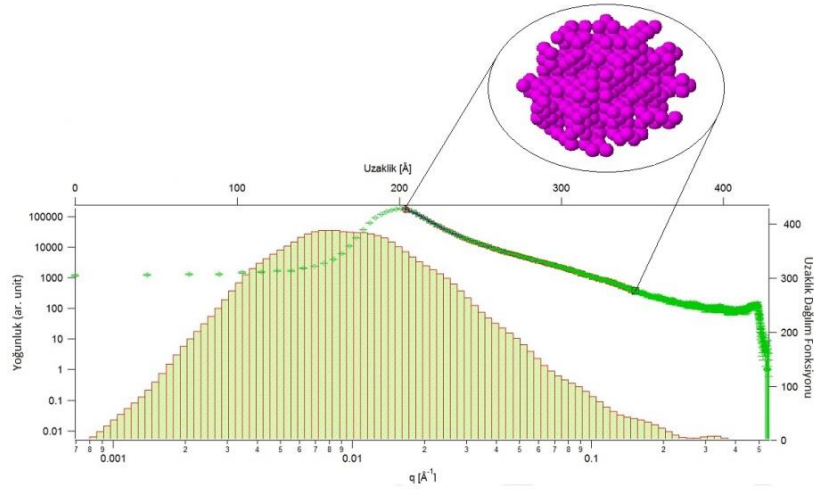
Şekil 5.10. %6 Grafen ST örneği ile ilgili Uyum Grafiği, PDD ve *ab-initio* Yapı Modeli



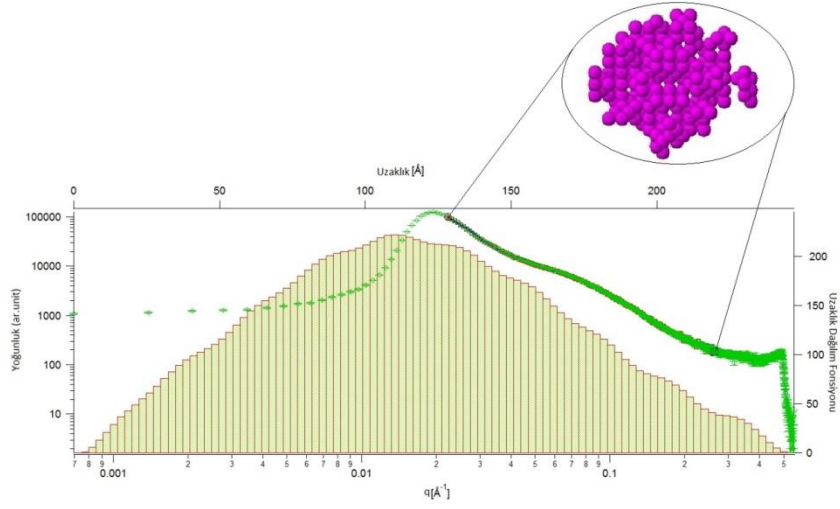
Şekil 5.11. %2 Grafen SG örneği ile ilgili Uyum Grafiği, PDD ve *ab-initio* Yapı Modeli



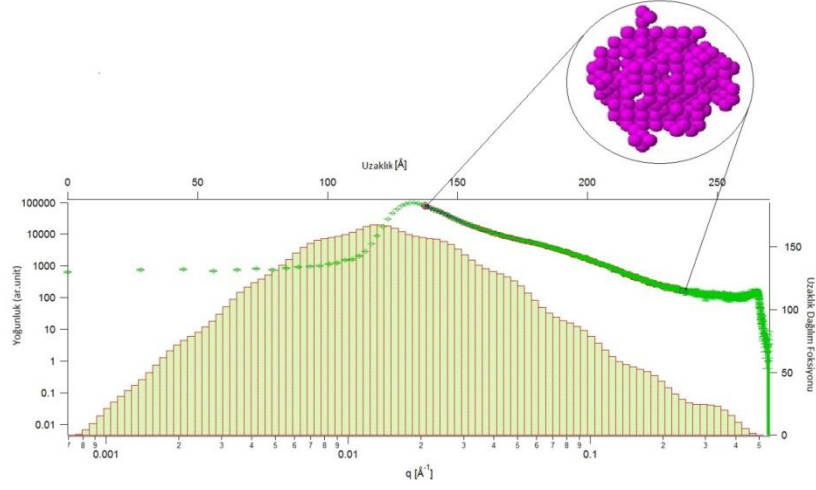
Şekil 5.12. %4 Grafen SG örneği ile ilgili Uyum Grafiği, PDD ve *ab-initio* Yapı Modeli



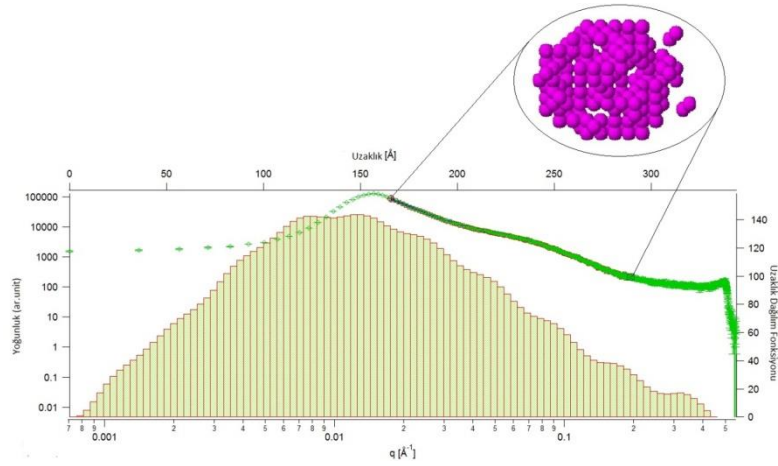
Şekil 5.13. %6 Grafen SG örneği ile ilgili Uyum Grafiği, PDD ve *ab-initio* Yapı Modeli



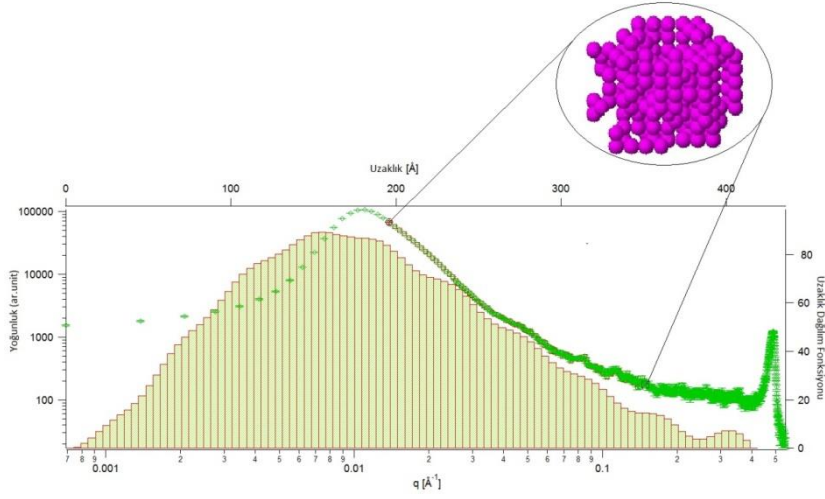
Şekil 5.14. %2 CN ST örneği ile ilgili Uyum Grafiği, PDD ve *ab-initio* Yapı Modeli



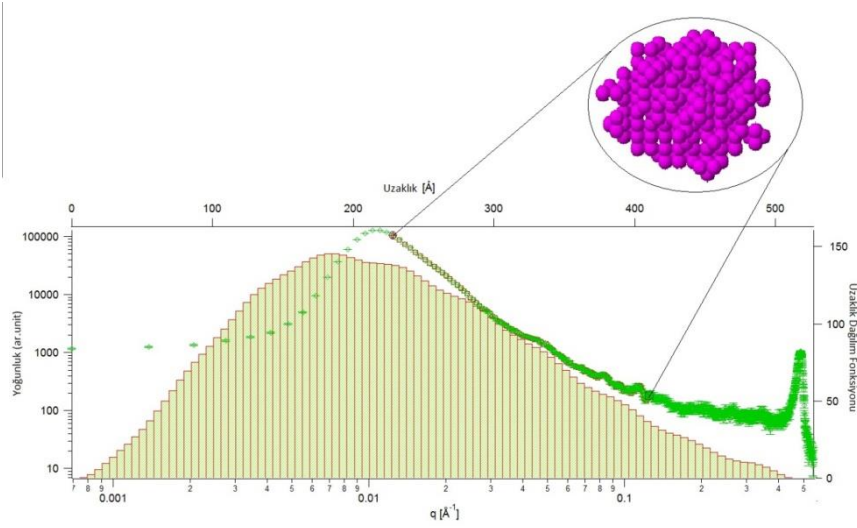
Şekil 5.15. %3 CN ST örneği ile ilgili Uyum Grafiği, PDD ve *ab-initio* Yapı Model



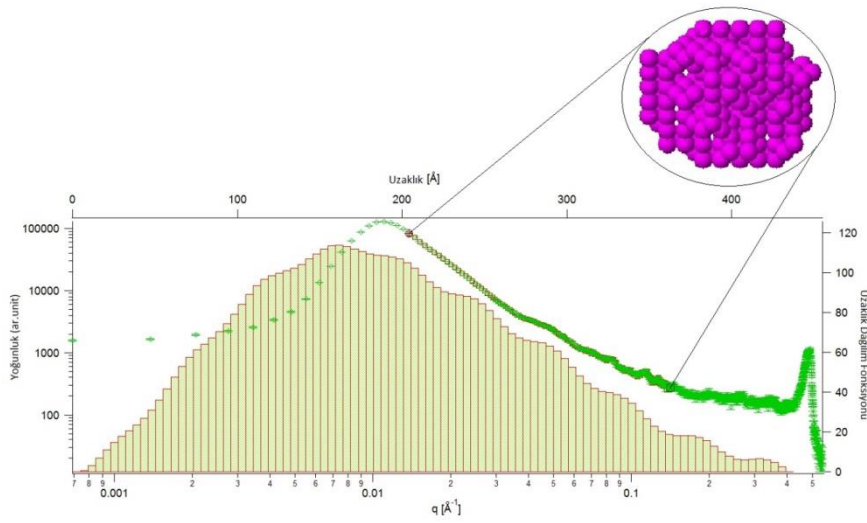
Şekil 5.16. %4 CN ST örneği ile ilgili Uyum Grafiği, PDD ve *ab-initio* Yapı Modeli



Şekil 5.17. %2 CN SG örneği ile ilgili Uyum Grafiği, PDD ve *ab-initio* Yapı Modeli



Şekil 5.18. %3 CN SG örneği ile ilgili Uyum Grafiği, PDD ve *ab-initio* Yapı Modeli

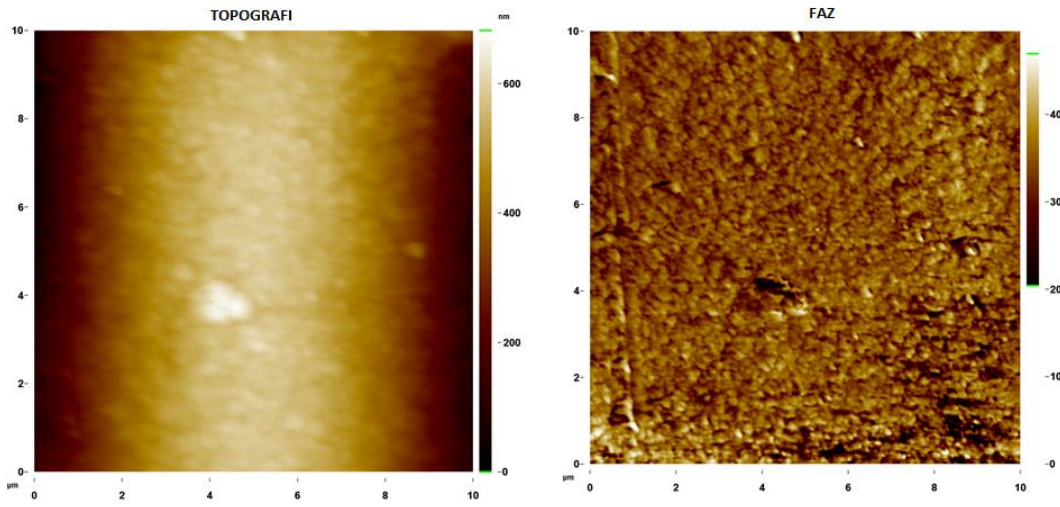


Şekil 5.19. %4 CN SG örneği ile ilgili Uyum Grafiği, PDD ve *ab-initio* Yapı Modeli

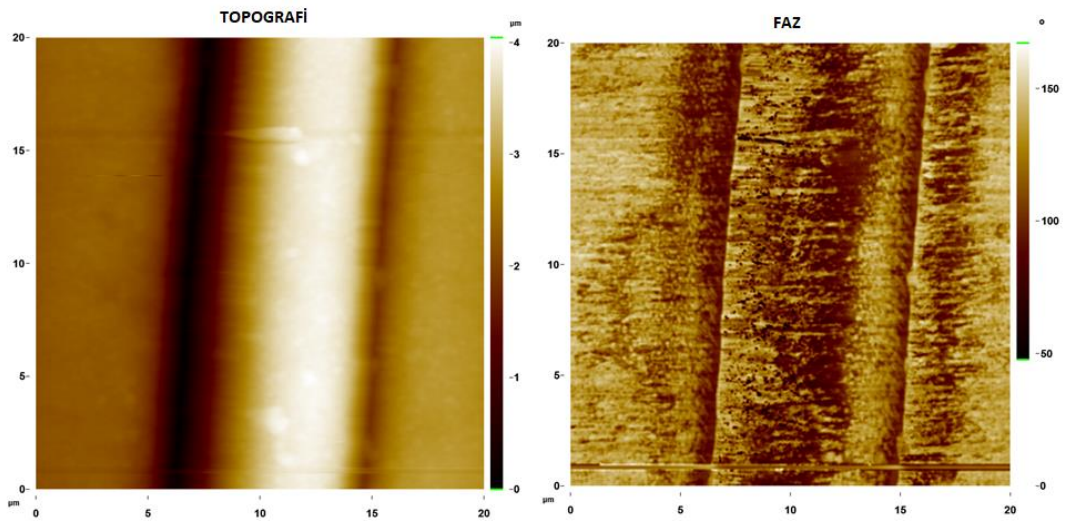
5.4. AFM Ölçümleri

Araştırmalarımız sırasında, Şekil 3.1 de görülen kumaşların yüzey-faz- topografi, kesit ve 3 boyutlu topografi analizleri için AFM yöntemi kullanılmıştır. En iyi yapısal özelliklere sahip olan ve kaplama işlemine en uygun bulgular sunan ST ve SG kumaşlar üzerinde çalışmalar detaylandırılmıştır. AFM analizlerinde, Nanomanyetik Bilimsel Cihazlar marka, ezAFM model AFM sistemi kullanılmış ve Dynamic modda ölçümler alınmıştır. Ölçümler sırasında PPP-NCLR cantilever ile $1.7 V_{RMS}$ titreşim genliği ve $3 V_{RMS}$ serbest titreşim genliği altında deneyler yapılmıştır.

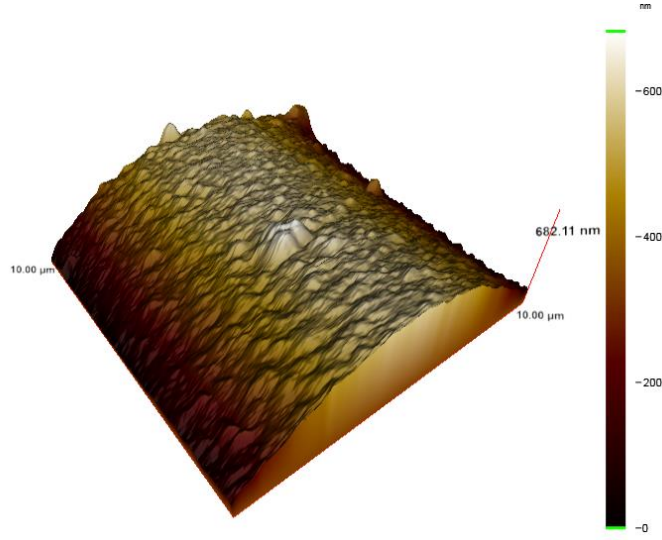
Şekil 5.20 ve Şekil 5.21. de $10 \times 10 \mu m$ kesit alanı içerisinde faz-topografi, ayrıca Şekil 5.22. ve Şekil 5.23.' de ise, üç boyutlu topografik sonuçlar bulunmaktadır.



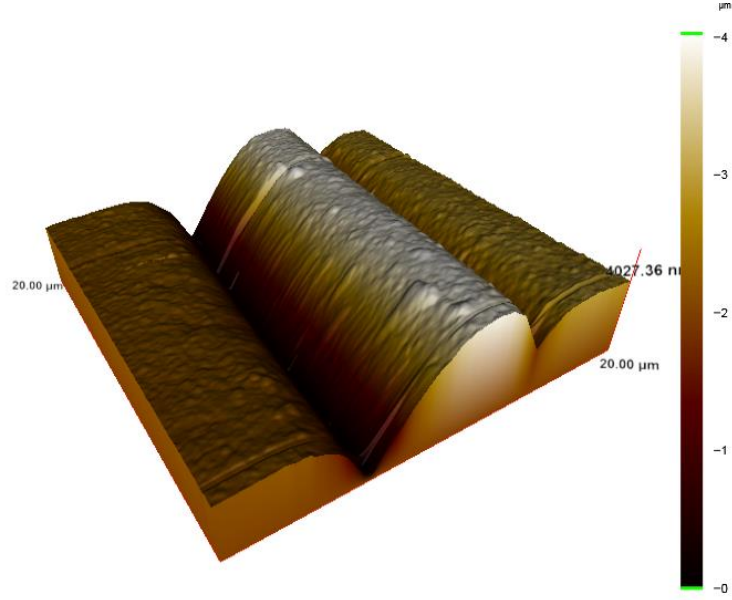
Şekil 5.20. ST Kumaşların AFM Altında Topografi Ve Faz Görüntüleri



Şekil 5.21. SG Kumaşın AFM Altında Topografi Ve Faz Görüntüleri

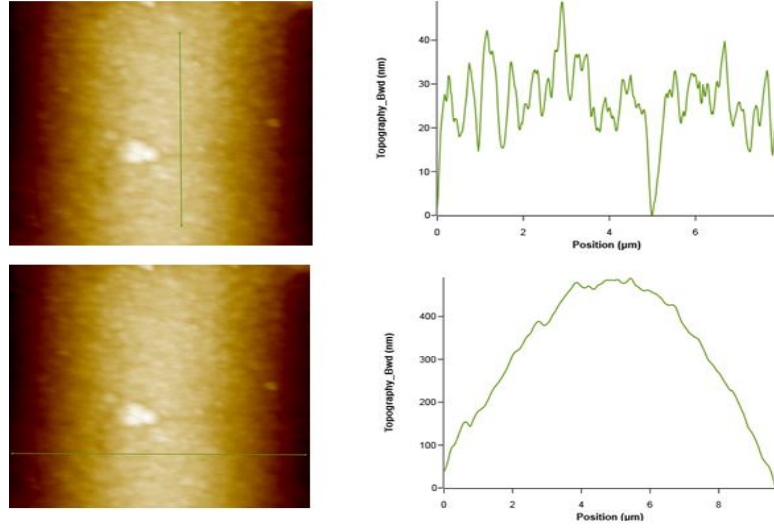


Şekil 5.22. ST Kumaşın AFM Altında Üç Boyutlu Topografisi

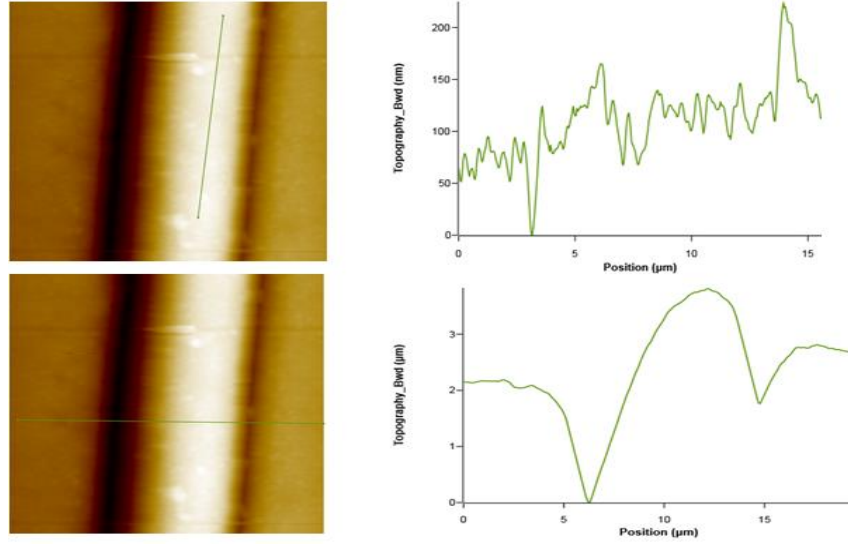


Şekil 5.23. SG Kumaşın AFM Altında Üç Boyutlu Topografisi

Aşağıda ST ve SG kumaşların kesit boyutları grafikler ile Şekil 5.24. ve Şekil 5.25. ile verilmiştir.



Şekil 5.24. ST Kumaşın Belirlenen Kesitlerdeki Boyut Grafikleri



Şekil 5.25. SG Kumaşın Belirlenen Kesitlerdeki Boyut Grafikleri

AFM görüntüleri kumaş malzemelerin dokusunu oluşturan fiber yapıların yakından görünümü ve CN/grafen katkılı plastomer malzemenin yüzeye rahat tutunup tutunamayacağı ile ilgili bilgiler sunmuştur. Bununla birlikte, kumaş dokumasında kullanılan fiber yapıların tamamının bir biri ile özdeş olamaması da dikkate alındığında, makroskopik ve mikroskopik göstergelerin kaplama işlemi ile ilgili arayüz adaptasyonunun başarısı hakkında daha önemli olduğu söylenebilir. Kaplama işleminin en başarılı göstergesi, nano ölçekteki nano oluşum dağılımlarının homojen olmasıdır.

AFM analizlerine geri dönülecek olursa, ilk bulgular şu şekilde değerlendirilebilir. Odaklanılan Kumaş dokumalarına ait fiber yapılarında yüzey girinti çıkıntı aralığının SG fiber yapısında (ST ye göre) daha fazla olduğu belirlenmiştir. SG için yüzeyden sapma aralığı 118 nm iken, ST ye ait değer 31 nm olarak ölçülmüştür. Bu ölçümler ile ilgili

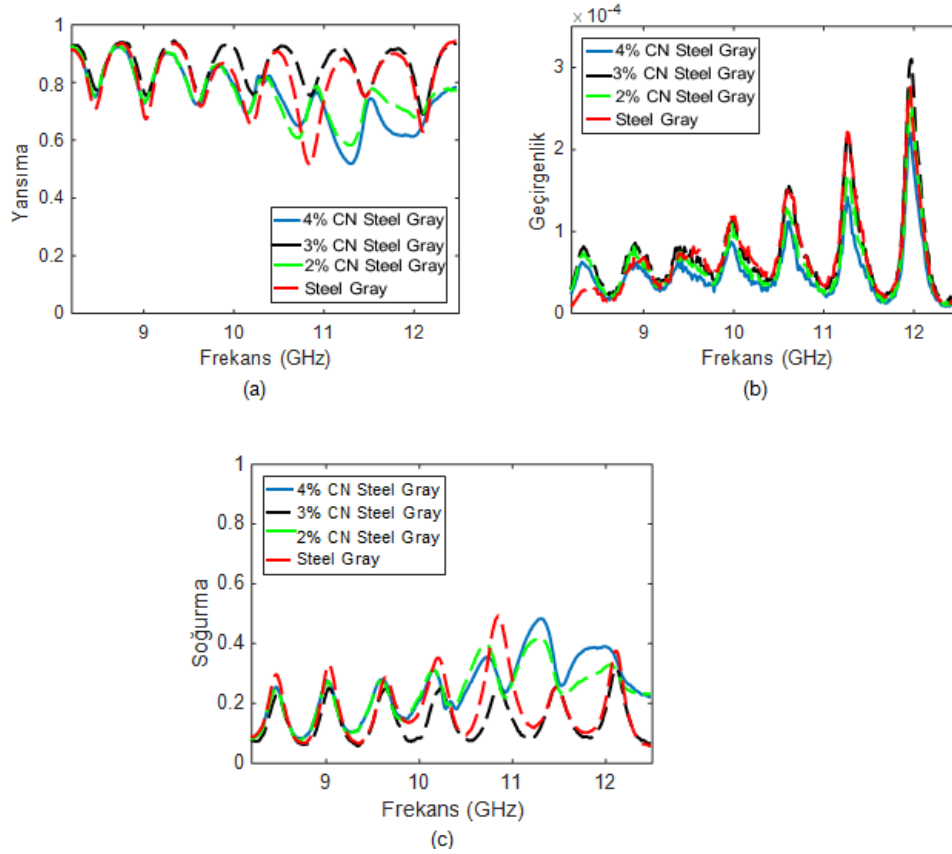
topografik yapı karşılaştırması aynı ölçekte olacak şekilde, tezin 6. Tartışma ve Sonuç bölümünde, Şekil 6.9 kullanılarak yapılmıştır.

5.5. Radyo Frekans (RF) Ölçümleri

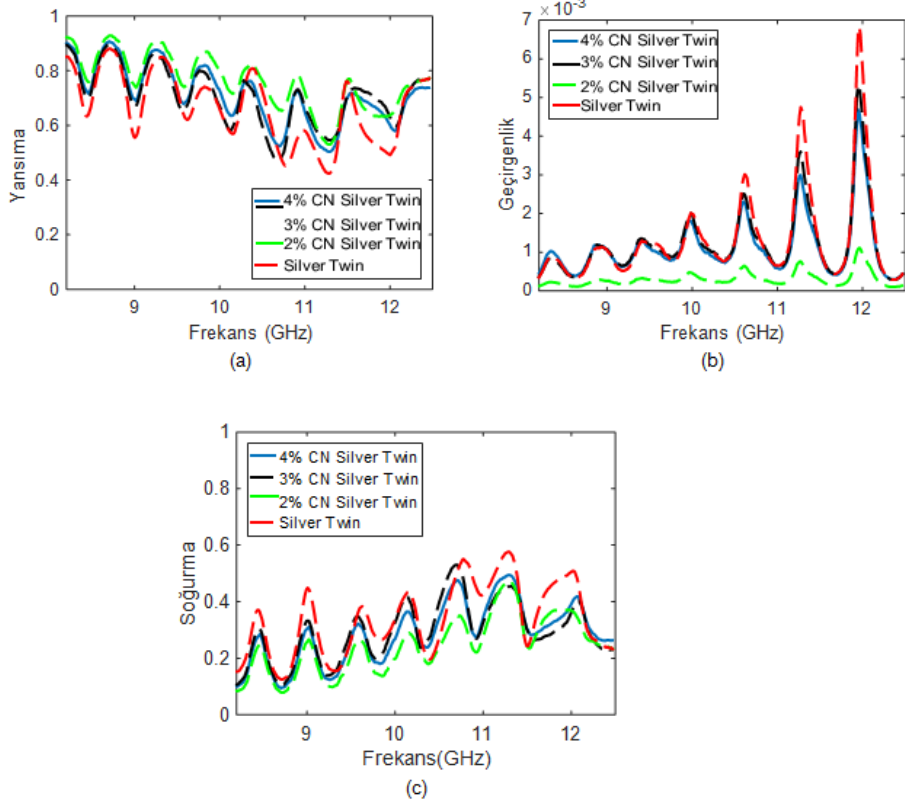
Belirli oranlarda polimerlerle kaplanmış olan kumaşların RF ölçümleri Hacettepe Üniversitesi Elektrik ve Elektronik Mühendisliği bölümü öğretim üyelerinden Prof. Dr. Birsen Saka ve araştırma grubu ile yapılan ortak çalışmalar kapsamında gerçekleştirildi.

SG ve ST kumaşlar üzerine yapılan bu detaylı incelemeler sonucunda genel oranda katkılanmış tüm kumaşlarda katkı yüzdesi arttıkça soğurma oranları düşmüştür. ST kumaşlarda yansımaya artmış, geçirgenlik düşmüştür.

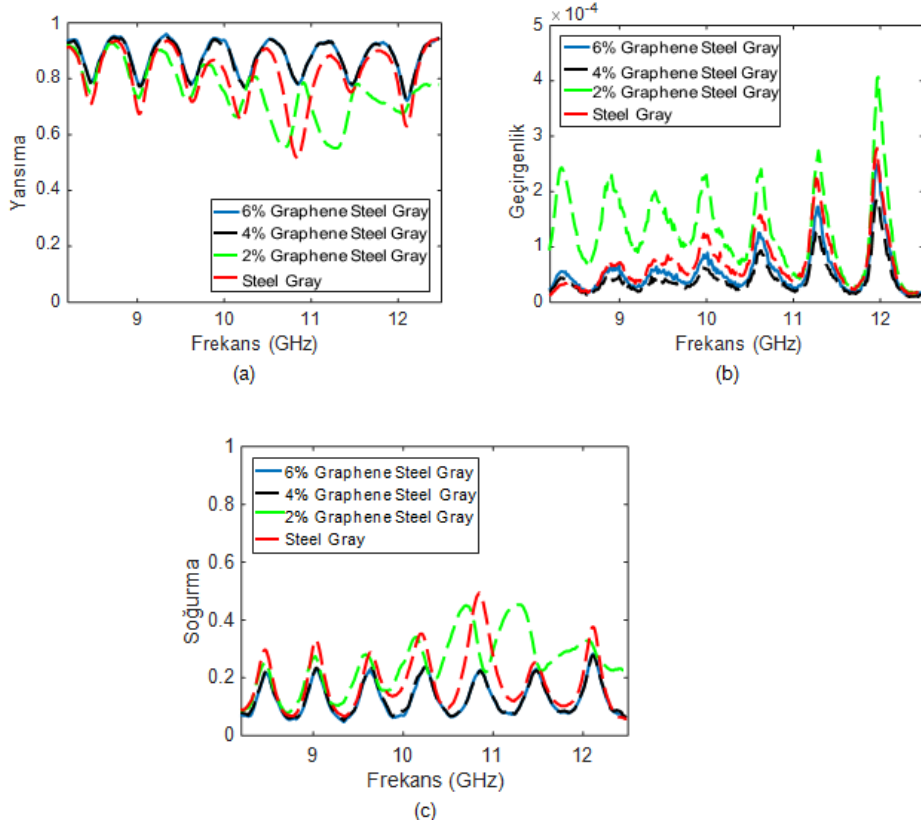
Bu ölçümler sayesinde Yansımaya (R) , Geçirgenlik (T) ve Soğurma (A) parametreleri karşılaştırma yapacak şekilde ölçüldü. Karşılaştırmalı sonuçlar detaylı olarak Şekil 5.26. - Şekil 5.29. ile gösterilmiştir.



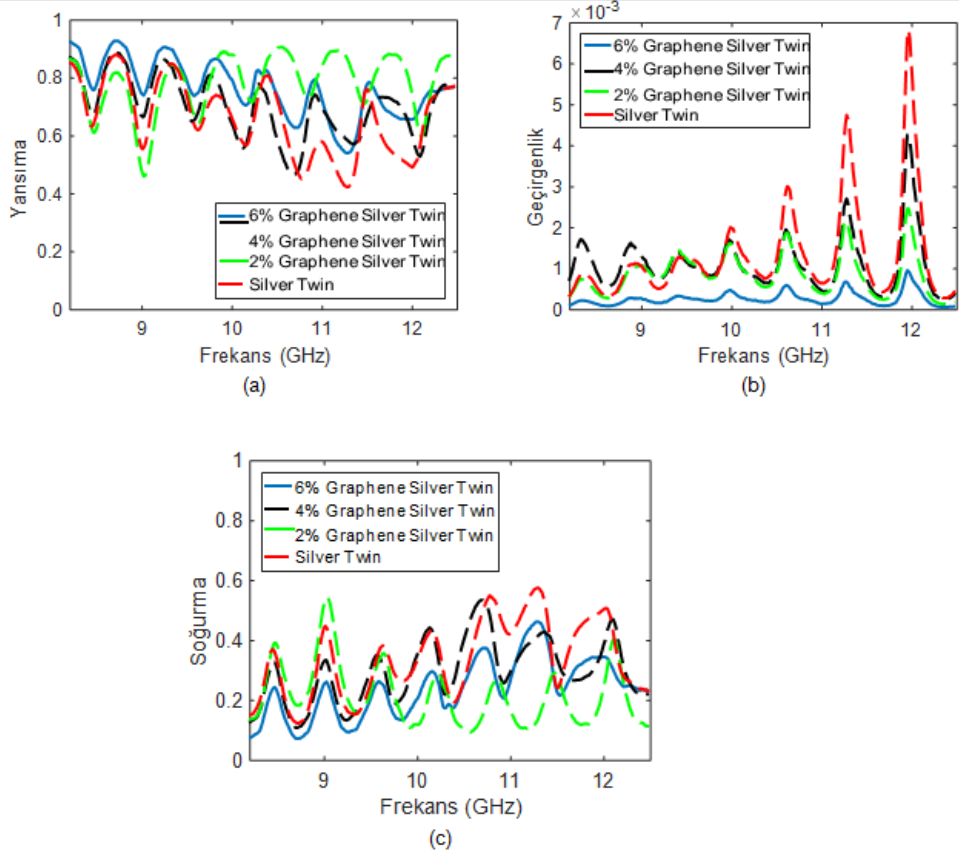
Şekil 5.26. CN Steel Gray İçin Saçılma Parametreleri Karşılaştırma Ölçümleri, a) Yansımaya , b) Geçirgenlik, c) Soğurma



Şekil 5.27. CN Silver Twin İçin Saçılma Parametreleri Karşılaştırma Ölçümleri, a) Yansırma , b) Geçirgenlik, c) Soğurma



Şekil 5.28. Grafen Steel Gray İçin Saçılma Parametreleri Karşılaştırma Ölçümleri, a) Yansırma , b) Geçirgenlik, c) Soğurma



Şekil 5.29. CN Silver Twin İçin Saçılma Parametreleri Karşılaştırma Ölçümleri, a) Yansıma , b) Geçirgenlik, c) Soğurma

5.6. Biyolojik ve Anti-Bakteriyel Ölçümler

Çalışmada kullanılan SG ve ST kumaşlar, kaplama öncesi biyo aktivitelerinin belirlenmesi için incelenmiş olup, yıkama sonrası biyo aktivitelerinde herhangi bir değişim olup olmadığı da incelenmiştir.

Bu bölümdeki tüm çalışmalar, Üniversitemiz, Biyoloji Bölümü'nden Araş. Gör. Dr. Sinem Diken Gür ile yapılan disiplinler arası işbirlikleri kapsamında gerçekleştirilmiştir.

Kaplama öncesi ve yıkama sonrası kumaşlarda gözlemlenen biyo aktiviteler Çizelge 5.3 ve 5.4 de biyo aktif özelliğin göstergesi olan zon çapları ile takip edilebilmektedir.

Çizelge 5.3. Farklı Organizmalara Karşın Kaplama Olmadan Kullanılan Kumaşların Etki Sınır Çapları ($\pm 0.5\text{mm}$)

Mikroorganizmalar	Çap(mm) SG	Çap(mm) ST
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	8.0	10.0
<i>Klebsiella pneumoniae</i> RSKK 574	8.0	8.0
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 27853	6.0	8.0
<i>Candida albicans</i> ATCC 10231	11.0	11.0

Çizelge 5.4. Yıkama İşlemi Sonrası Biyoaktivitelerdeki Değişimler ($\pm 0.5\text{mm}$)

Mikroorganizmalar	SG(mm)	ST(mm)
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	Kumaş altı inhibisyon	Kumaş altı inhibisyon
<i>Klebsiella pneumoniae</i> RSKK 574	Kumaş altı inhibisyon	Kumaş altı inhibisyon
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 27853	6.0	8.0
<i>Candida albicans</i> ATCC 10231	Kumaş altı inhibisyon	Kumaş altı inhibisyon

Çizelge 5.4 de kullanılan “kumaş altı inhibisyon” terimi ilgili bakterilere karşı biyoaktivitenin var olduğunu ancak, sadece kumaşa değen alt bölümde bulunduğunu ve kumaş sınırı biter bitmez aktivasyonun da ortadan kalktığını ifade etmektedir. Kumaş sınırını geçen etki bölgeleri daha fazla biyo aktivitenin göstergesi olduğu için en çok istenen durumdur.

Antimikrobiyal testlerde, El-Shishtawy ve arkadaşlarının kullandığı temel yöntemler kullanılmıştır[29].

Kumaşlar kare (4x4 mm) şeklinde hazırlanmış ve UV ışın ile steril edilmiştir.

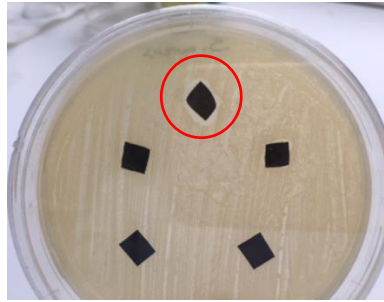
Turbidite değerleri 0,5 de sabit tutulan mikro organizmalar, McFarland standartlarına göre hazırlanmıştır. İnhibisyon zonları, Muller Hinton agarında ve pedri kaplarında disk difüzyon yöntemi kullanarak ölçülmüştür. Beş kez yapılan yıkama işleminde ise 1 g/L yoğunlukta, iyonik olmayan deterjan olan Triton X-100 kullanılmıştır. Yıkama sıcaklığı

ve süresi, sırası ile T= 80°C ve 30 dakika olarak alınmıştır. Yıkama sonrası, kumaşlar oda sıcaklığında kurutularak ardından antimikrobiyal testlere geçilmiştir.

Çizelgelerden de görüldüğü üzere yıkama işlemi sonucu biyo aktif özelliklerde belirgin azalmalar olmuştur.

Kaplama işlemi sonucunda, yapılan modifikasyonlar ile yeni anti bakteriyel özelliklerin ortaya çıkıp çıkmadığını öğrenmek için çalışılmıştır. Çok farklı mikro organizmalar yerine gram pozitif ve gram negatif iki mikro organizma üzerine odaklanılmıştır. Böylece, kaplama yapılarak işlem görmüş kumaşların *Staphylococcus aureus* ve *Escherichia coli* isimli biyolojik olarak iyi bilinen mikroorganizmalara karşı biyoaktiviteleri araştırılmıştır.

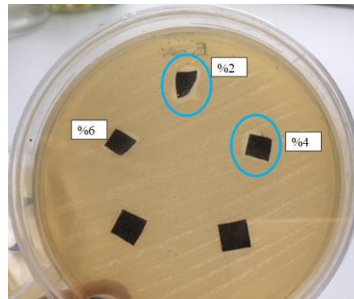
Gr (+) bir mikroorganizma olan *Staphylococcus aureus* üzerine yalnızca % 2 grafen ST kaplı kumaş antimikrobiyal etki göstermiştir. Bu işleme ile hem kumaş altı bölgede üreme engellenmiş, hem de kumaşın çevresinde de üremenin olmadığı bir 8 mm zone çapı ölçülmüştür. Diğer kumaşların (%4 ve %6 grafen katkılılarında) ise, bu mikroorganizma üzerinde bir antimikrobiyal etkinin olmadığı söylenebilir.



Şekil 5.30. *Staphylococcus aureus* İle Grafen ST Üzerindeki Etkilerin Araştırılması

Gr (-) bir mikroorganizma olan *Escherichia coli* üzerine %2, %4 ve %6 grafen ST kaplı kumaşların antimikrobiyal etki gösterdiği tespit edildi. Bunlardan %6 grafen ST kaplı kumaşta yalnızca kumaş altında üremenin inhibisyonu meydana gelirken diğer ikisinde kumaş çevresinde de inhibisyon görülmektedir. En yüksek inhibisyon %2 grafen ST için (zone çapı 10 mm) gözlenmiştir. Diğer kumaşlar için ise antimikrobiyal etki görülmemiştir.

Bu kesimde bahsedilen, Şekil 5.30 ve Şekil 5.31'deki alt sırada görülen kumaşlar, ST ve SG dışında incelenen kumaşlar olduğu için tez kapsamında tutulmamıştır.



Şekil 5.31. *Escherichia coli* İle Grafen ST Üzerindeki Etkilerin Araştırılması

6.TARTIŞMA VE SONUÇ

Tez kapsamında yapılan literatür çalışmaları, son yıllarda, özellikle EMD engelli ürünler üzerine çok fazla bilimsel araştırma yapıldığını ve bu konunun insanlığın geleceğinde ne kadar önemli olduğunu göstermektedir [30]-[33].

Bahsi geçen bu özgün çalışmaların temelinde ve odağında yeni tasarlanan, üretilen ve geliştirilen teknolojik kumaşların olması, bu tez çalışmasının da önemine vurgu yapmaktadır. Polimer temelli kaplama malzemesinde katkılama yapılan nanoskopik grafen ve CN malzemeler ile daha önce çalışılmamış olması ve bu tür malzemelerde yeni denenilen modern deneysel yöntemlerin kullanımı bu tez çalışmasına özgünlük kazandırmıştır. Bu tez çalışması ile aynı doğrultuda olan, fakat farklı yöntem ve malzemelerle yapılan çalışmaların varlığı da bu özgünlüğü doğrulamıştır [34]-[37].

Ana malzemeniz olan EMD engelli kumaşlar, tezin materyaller kısmında da belirttiğimiz gibi, son tüketici için çıkarılan ve aktif satışı bulunan bir ürün olup teknik bakımdan zengin ve EMD engeli olma özelliği bulunan kumaşlardır. Bu tez çalışması ile bu kumaşlar kaplama yolu ile modifiye edilmiş, kullanım ve EMD engelleme özellikleri geliştirilmiştir.

Grafen ve CN malzemeler ise Hacettepe Ü. BAP hızlı destek projesi kapsamında özel olarak hazırlatılıp alımı yapılan ve yapıları gereği nano partiküler formlarda üretilen nanoskopik malzemelerdir. Bu ürünler gelen elektromanyetik ışınların soğurularak veya yansıtılarak geçirgenliklerinin azaltılması amacı ile kullanılmıştır.

Tez kapsamında kumaş-nanomalzeme arası bağlayıcılığı arttırmak ve malzemenin daha sağlam, etkin ve kullanışlı olması için Plasti-Dip ya da diğer bir adıyla plastomer malzeme kullanılmıştır. Plasti-Dip malzeme özel sektör tarafından üretilen ve yapısal olarak son kullanıcıya hitap eden bir ürünken deneysel çalışmalar başlatılmadan önce kararlaştırılan fakat uygulamaya geçirilemeyen ABS (Akrilonitril bütadien stiren), PC (Polikarbonat) ve PA (Polyamide) polimerlerinin kaplanmasındaki zorluklar karşısında bir seçenek olarak karşımıza çıkmıştır. Kaplama yönteminin maliyetinin düşük ve malzeme kullanımının kolay olması, deneysel olarak rahatlatırken polimer kaplama işlemi de kolaylaştırılmıştır. Deneysel çalışmalar sırasında grafen ve CN katkılanmış polimer malzemelerin ilk önce mikroskopik incelemeleri yapıldı.

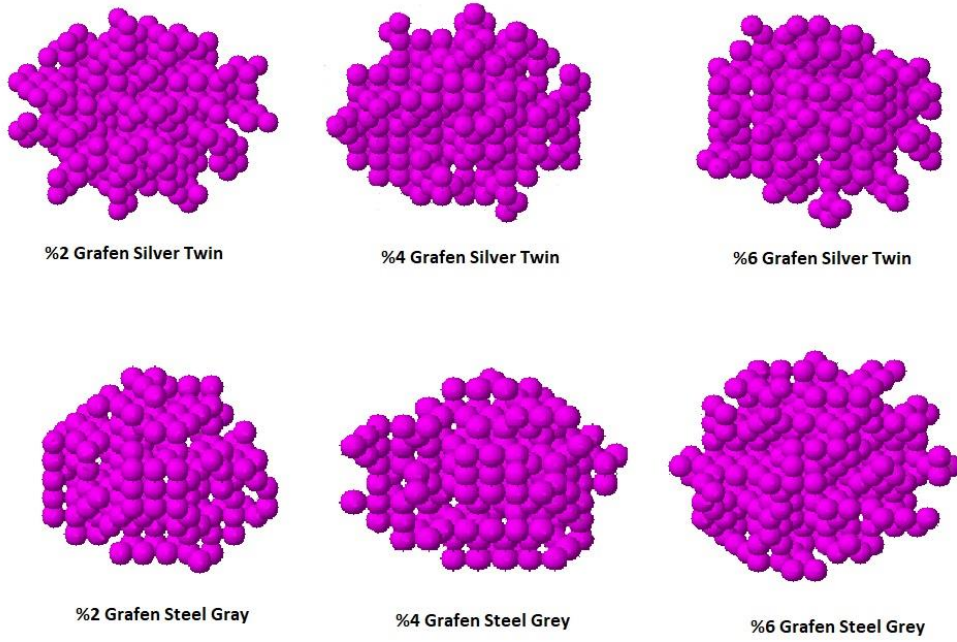
Genel olarak makroskopik boyutta kumaş kaplamalarımızda grafen nanoparçacıklar yüzeyle ve polimer yapı ile çok daha iyi uyum sağlayarak pürüzlülüğü az ve kumaşa daha derinlemesine yapışan başarılı sonuçlar verdi. CN ise beklenenin aksine katkı yüzdesi arttıkça yüzeyde topaklanma ve yüzeye tutunmama özellikleri göstermiştir. Ayrıca CN'nin kütle sinin az, yoğunluğunun fazla olması sebebiyle, Plasti-Dip basınçlı tüp içeriğine katkılanmasında zor olmuştur. Bu yüzden grafen ile %2, %4 ve %6 oranda katkılanma yapılırken, CN'de ancak %2, %3 ve %4 oranları kullanılmıştır.

Yapılan SAXS analizleri ile, mikro ve nano boyutta yapı analizleri yaparak kaplanan malzemelerin yapısal olarak nasıl değiştiği ve özelliklerinin geliştirilip geliştirilmediği hakkında bilgilere ulaşılmaya çalışıldı.

Edinilen en önemli yapı farklılığı, grafen katkılı kaplamanın malzeme üzerinde Fraktal bir yapı ile tutunduğu, CN katkılı polimer malzemenin ise kumaş üzerini çekirdek kabuk

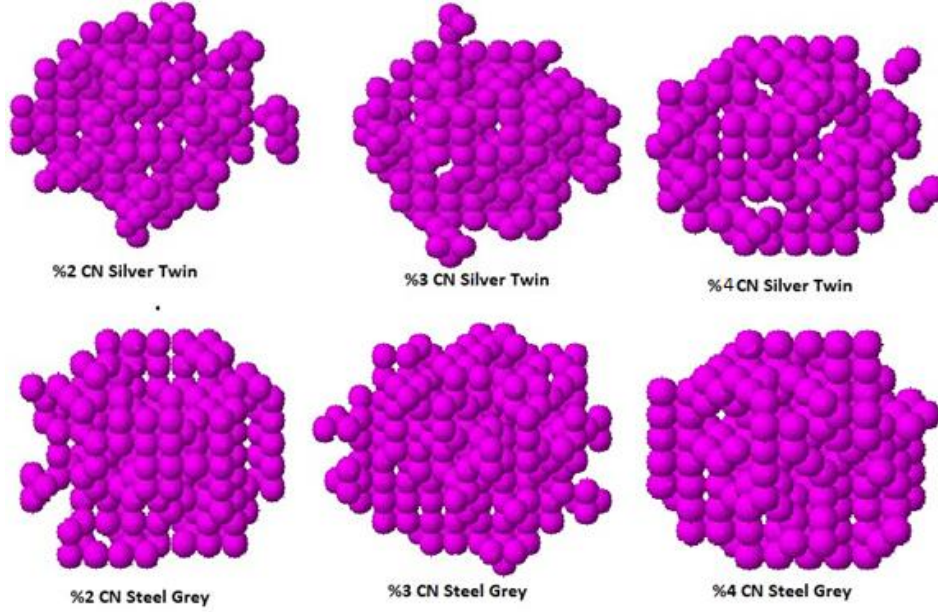
silindir formunda nano oluşumlar ile kapladığı şeklinde belirlenmiştir. CN katkı polimerler ile kaplanan kumaşlara ait bu yapısal sonuçlar makro boyutta neden topaklanma olduğu ve yüzeye tam yapışma olmadığını açıklaması olmuştur.

Fraktal model ile yüzeye yerleşen grafen, yüzey üzerinde daha pürüzsüz ve düzgün bir dağılım oluşturarak malzemenin tamamında homojen olarak dağılmış ve gelen EMD'ler için yüzeyin her noktasında engelleme sağlamıştır. Şekil 6.1.'den de görüldüğü gibi grafen kaplı kumaşlar (özellikle ST kumaşlarda) DAMMIN sonuçlarına göre daha saçaklanarak büyümeye eğilimli olan nanoparçacıklar içermektedir.



Şekil 6.1. Grafen Kaplı Kumaşların DAMMIN Üzerinde Modellemeleri

Bunun yanında CN ile kaplı olan kumaşlar iç boşlukları daha fazla olan ve sıkı bağlanmaları olmayan bir yapı göstermiştir. Bu Şekil 6.2.'de rahatlıkla gözlemlendi. Bu da CN kaplı kumaşların topaklanma ve yüzeye tam tutunamamasının yapısal olarak da kanıtıdır.



Şekil 6.2. CN Kaplı Kumaşların DAMMIN Üzerinde Modellemeleri

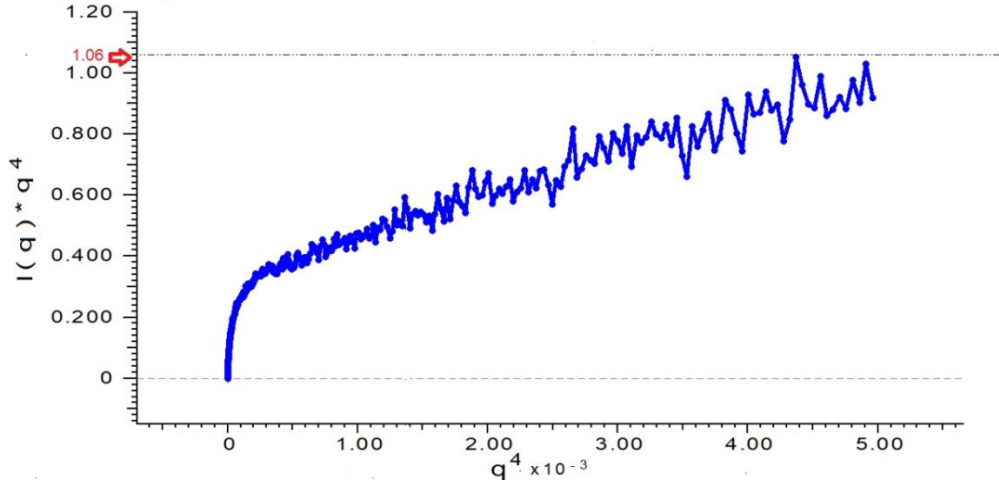
Genel olarak fraktal yapı gösteren grafen daha sık moleküller ve düzgün dağılım ile yüzeye yerleşirken, CN daha seyrek ve boşlukları fazla olan bir yapı sergiledi. Jirasyon yarıçapları ve maksimum uzaklık bakımından grafen daha büyük değerler gösterirken, CN ise daha küçük jirasyon yarıçapları ve maksimum uzaklık bakımından grafene göre daha küçük yapılar göstermiştir. SG ve ST kumaşlar üzerinde karşılaştırma yapacak olursak grafen katkıda da CN katkı da ST kumaş daha sıkı yapılar olarak gözlemlenmiştir.

Tez kapsamında yapılan radyo frekans ölçümlerinde ise genel olarak tüm yapılarda engellenmenin arttığı fakat CN katkılı kumaşlarda bu oranların daha yüksek oranda arttığı ve CN yapıların engellemede daha başarılı olduğu özellikle ST kumaşların yansıma oranları artmış, geçirgenliği ise azalmıştır. Genel olarak ise tüm kumaşlarda soğurma oranları katkı yüzdesi arttıkça azalmıştır. Bunun sebebi ise yansımanın artması ile soğurulacak ışınların miktarı azalmıştır.

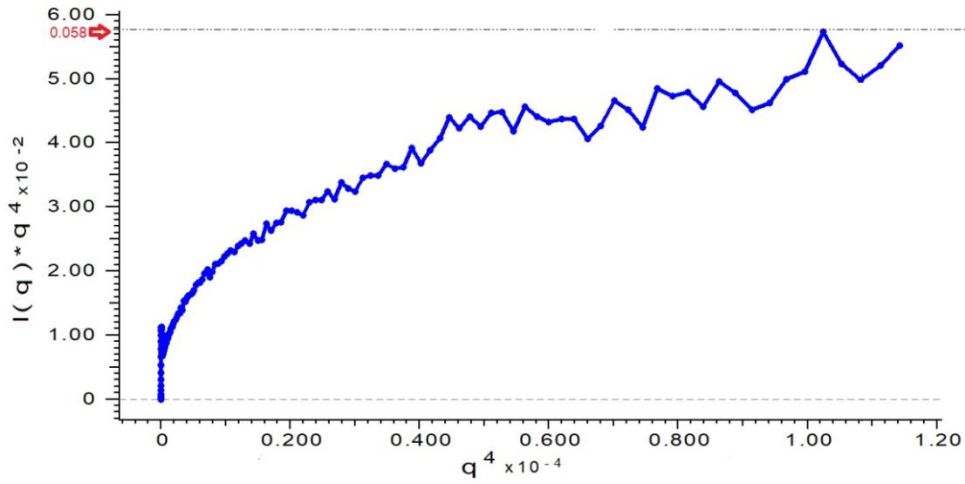
Biyoaktivite çalışmaları sonucunda % 2, %4 ve %6 grafen ST kumaşların antibakteriyel özelliklere sahip oldukları belirlenmiştir. Özellikle, %2 grafen ST kumaş en yüksek inhibisyonu göstermiştir. Kaplama öncesi inhibisyon zonu *Staphylococcus aureus*'a karşı 10 mm iken kaplama sonrası 8 mm ye düşmüş olmakla birlikte, yine de biyo aktif özelliğin korunduğu söylenebilmektedir. Grafen kaplama anti bakteriyel özelliğin devamı için çok büyük bir engel oluşturmamaktadır.

Nano parçacıkların polimer yapı ve kumaş yüzeyler ile etkileşmesinde oluşacak ara yüzey özellikleri, SAXS verilerinin ($q \rightarrow \infty$) bölgesi incelenerek araştırılmıştır.

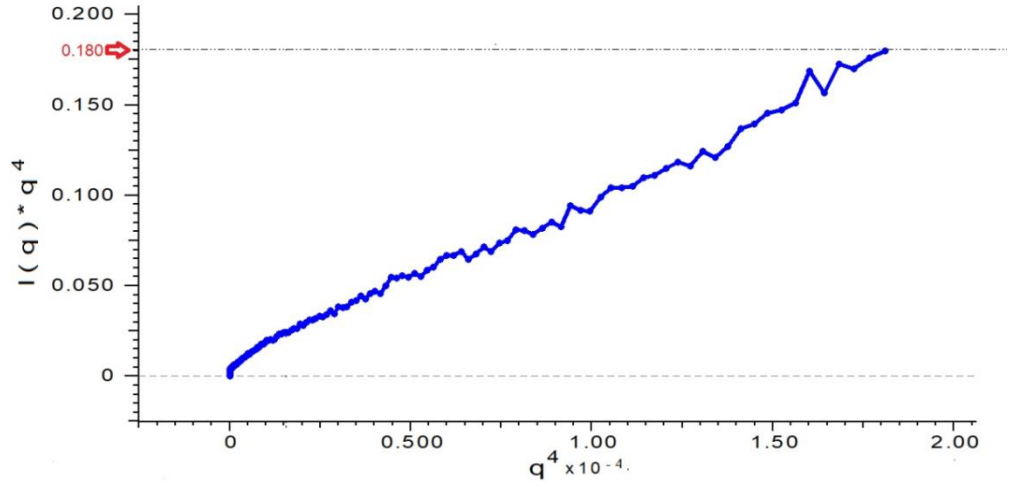
Şekil 6.3-6.7 bu amaçla oluşturulan logaritmik $I(q) \cdot q^{-4}$ grafiklerini göstermektedir.



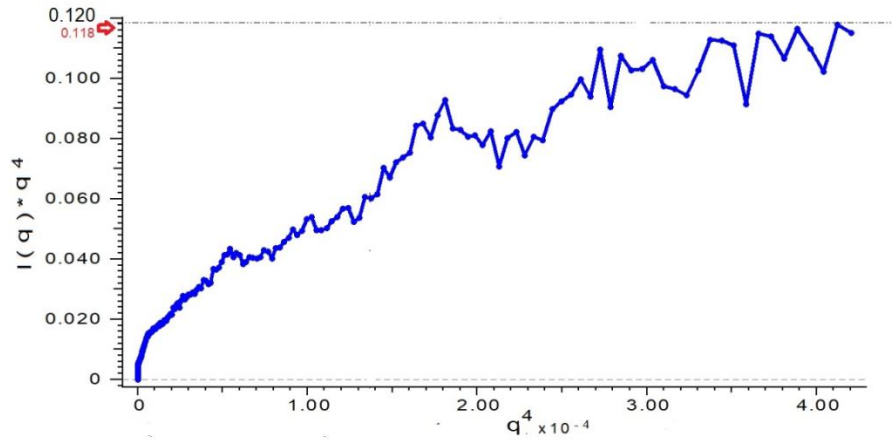
Şekil 6.3. %2 CN ST Porod Bölgesi Grafiği



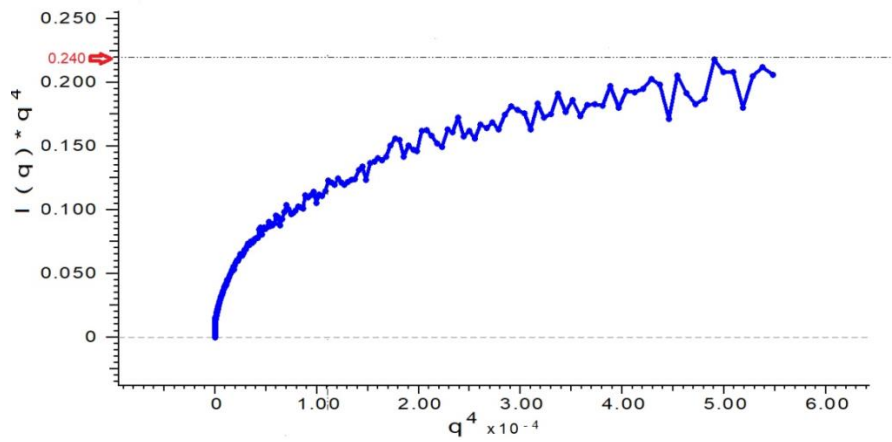
Şekil 6.4. %2 Grafen ST Porod Bölgesi Grafiği



Şekil 6.5. % 4 Grafen SG Porod Bölgesi Grafiği



Şekil 6.6. % 4 CN SG Porod Bölgesi Grafiği



Şekil 6.7. % 4 Grafen ST Porod Bölgesi Grafiği

Porod bölgesi grafikleri incelendiğinde, polimer matris-nanoparçacık arayüz alanlarının ve morfolojilerinin en iyi olanları %2 ve %4 grafen katkılı polimer kaplı ST kumaşlarında olduğu belirlenmiştir. Bu belirlemede, $I(q).q^4 - q^4$ grafiklerinde kesikli çizgiler ile gösterilen ve ara yüzey alanı ile doğru orantılı olan (ok ile kırmızı punto belirtilen) doyum değerlerinin etkisi ve verilerdeki dalgalanmaların en az olanlarının sabit sayılabilecek doyum değerlerine ulaşmaları etkin olmuştur. Bu sabit doyum değerleri, Şekil 4.6'da da belirtildiği üzere, $2\pi\Delta\rho^2S$ değerine eşittir. $\Delta\rho$ değeri kullanılan malzemedeki elektron yoğunluk farkına karşılık geldiği için kumaş ve kullanılan katkı maddesi değişmediği durumda sabittir. Yani bu doyum değeri doğrudan arayüz alanı ile doğru orantılıdır. Bu bağlamda en iyi arayüz morfolojisi %2 ve %4 Grafen-ST kumaşlarında elde edilmiş olup en yüksek arayüz alanı ise %4 Grafen ST de belirlenmiştir. SG kumaşında ise arayüz morfolojisi çok iyi olamamakla birlikte diğer SG uygulamalarına göre sadece %4 CN-SG de belirlenebilmiştir.

Genel sonuç olarak,

Odaklanılan tekstil malzemeleri ile ilgili ilk kez nano ölçekli yapısal Ar-Ge faaliyetleri gerçekleştirilerek, yapılan CN ve Grafen katkılı polimer kaplama işlemleri ile 0-13 GHz aralığında EMD kalkanlama özelliklerinin ve antibakteriyel etkilerin yapı ile ilişkilendirilebildiği nano kompozit ürünler elde edilebilmiştir.

Grafen katkılı polimer kaplanan kumaşların yüzeyinde nano fraktal yapıların oluştuğu, CN katkılı kaplamalarda ise, Çekirdek-Kabuk Silindir formunda nano yapıların bulunduğu belirlenmiştir. Fraktal model ile yüzeye dağılan grafen nano oluşumlar, yüzey üzerinde daha pürüzsüz ve düzgün bir dağılımın elde edilmesine neden olmuş ve EMD kalkanlama özelliğinin yüzeyin her bir noktasında daha uniform elde edilmesine katkıda bulunmuştur.

ST kumaş üzerine yapılan kaplamalar hem CN hem de grafen katkılımlar için çok daha düzgün ve homojen elde edilmiştir. Bu durum AFM ve EMD etkileşim testleri ile de doğrulanmıştır.

%4 CN-SG tekstil ürününde 11-13 GHz EMD için soğurucu özelliği, kaplanmamış SG kumaşına göre (soğurma değeri, 0,2 den 0,3'e artarak) %50 oranında geliştirilmiştir. 11-13 GHz EMD için soğurma, en yüksek değerde olup, yansımının da en az olması, bu malzemenin bu frekans bölgesinde görünmezlik çalışmalarında kullanılabileceğini göstermiştir. Ayrıca, 8-13 GHz aralığında geçirgenliğin en az olması, CN-SG nin SG ye göre kalkanlama özelliğinin de artırıldığının delili olmuştur. Bu örnek aynı zamanda arayüz morfolojisi en iyi olan SG kumaş kaplamasıdır. Bu durumda, ara yüz morfolojilerinin kalkanlama özelliği üzerinde etkin olduğu da söylenebilir.

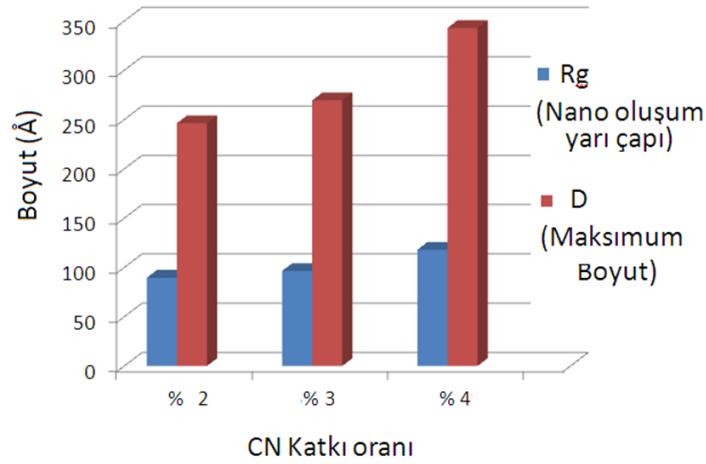
%4 Grafen-SG, 8,5-13 GHz aralığında kalkanlama özelliği, kaplanmamış SG kumaşa göre (geçirgenlik değeri 1,2 den 0,5'e düşerek) %33 artırılmıştır. 8,5-13 GHz aralığında EMD ler için yansıtma özelliği en fazla olup, geçirgenliği ve soğurması en az olan malzemedir. Yani başlangıç malzemesi olan SG ye göre daha iyi bir kalkanlama özelliği elde edilmiştir.

%2 CN-ST malzemesi, 8-13 GHz aralığında kalkanlama özelliği kaplanmamış ST kumaşa göre (geçirgenlik değeri 2,2 den 0,5'e düşerek) %77 artırılmıştır. Bu kumaşlar, yansıtıcılığı en yüksek, soğurma ve geçirgenliği en düşük olması nedeni ile EMD kalkanı olarak önemli bir ürün olma özelliğine sahiptir.

CN katkıli ST malzemeler için CN katkılama oranı arttıkça, nano ölçekte Rg yarı çap değerlerinin (8,96 – 11,80 nm) ve oluşan küme boyutlarının da (24,63 - 34,29 nm aralığında) arttığı belirlenmiştir.

Bu çalışma sonucunda elde edilen en değerli ürünlerden biri fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikler açısından %2 CN-ST malzemesidir. 8,96 nm yarıçaplı, homojen dağılımlı nano globular parçacıklara sahip bu malzeme iyi bir EMD engeli olup aynı zamanda mikroorganizma karşıtı özelliğe de sahiptir.

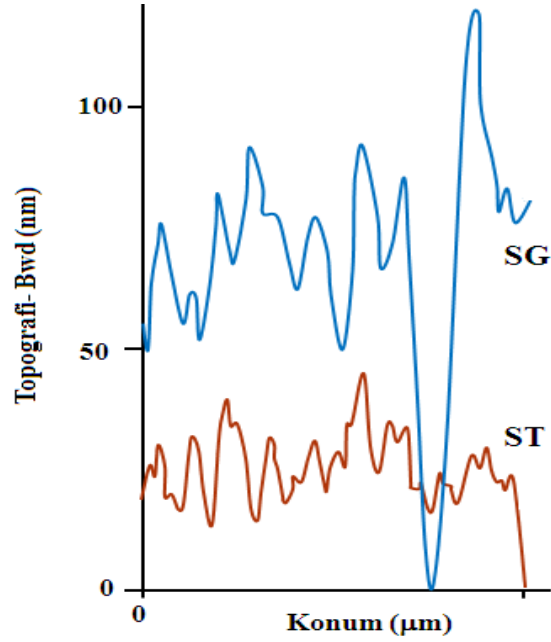
Yapı-Özelik açısından da CN katkıli kaplama yapılan ST kumaşlar için katkılama oranına göre nano oluşum boyutlarında da artış gözlenmiştir. Nano kompozit yapılarda boyut ne kadar küçük ise de nano parçacığın boyutu de Broglie dalga boyuna yaklaşmakta ve malzeme üstün özellikler kazanabilmektedir. Parçacık boyutunun artışı düzenli olmakla birlikte, en küçük boyutlu 8,96 nm yarıçaplı nano oluşum içeren %2 lik katkılama en iyi özelliklere sahip malzeme olarak belirlenmiştir.



Şekil 6.8. CN Katkı Oranına Göre Rg ve D Değerlerindeki Değişim.

Bir diğer değerli örnek, %6 grafen katkıli polimer ile kaplanmış ST kumaştır. 8-13 GHz aralığında yani en geniş aralıkta en az geçirgenlik ve dolayısı ile en iyi kalkanlama özelliği bu örnekte elde edilmiştir. Ayrıca 8-9,8 GHz frekans aralığında en az soğurma ve en fazla yansıtma özellikleri de bu malzemeyi değerli kılmaktadır.

Kaplama işlemi öncesinde, AFM ile ilgili yüzey incelemelerinde, yüzeyin girintili çıkıntılı olma özellikleri Şekil 6.9 da, aynı ölçekli gösterimle, ST ve SG için verilmiştir. Grafen malzemeler bu girintili çıkıntılı bölümlere, 2B ve plaka şeklinde oldukları için daha rahat tutunmaktadır. Silindirik çekirdek kabul modelinde olan CN oluşumları ise bu yüzeylere kısmen girebildiği ve tutunabildiği için kaplama sonrası kumaş yüzeyinde grainlerin oluşumuna yol açmaktadır. Grafen katkıli kaplamalarda en başarılı sonuç SG kumaş yüzeyinde elde edilmiş olup, derin (çukur) bölümler grafen plakalar ile doldurularak Şekil 5.2.'den de görüldüğü üzere, kaplama sonrasında kumaşın genel dokusu ile uyuşan daha doğal bir görünüm elde edilmiştir.



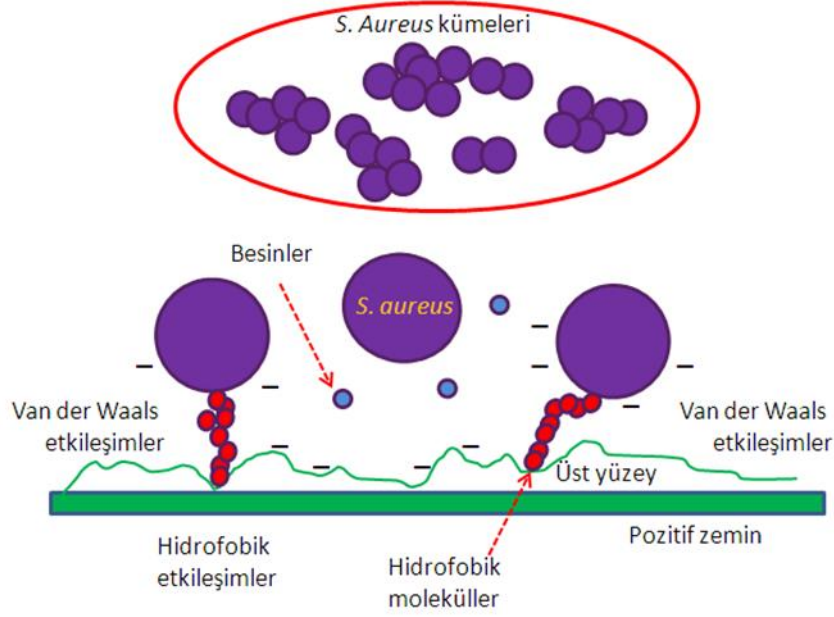
Şekil 6.9. SG ve ST Kumaş Yüzeylerinin Aynı Ölçekte Gösterilmiş Topografik Ölçümleri

%2 Grafen-ST, 9,8-13 GHz aralığında daha az geçirgenlik göstermiş ve ortalama geçirgenlik değeri 2,8 iken 1,4 değerine düşerek %50 oranında kalkanlama özelliğindeki artışına neden olmuştur. Bu kumaşlarda, maksimum yansıtma, minimum soğurma gözlenmiş ve ayrıca biyoaktiviteye sahip olduğu da belirlenmiştir. Şekil 6.1.'den de görüldüğü üzere bu örneğe ait nano oluşum morfolojisi çiçeksi bir görünüme sahip olup malzemeye daha rahat tutunabilecek yaprak benzeri çıkıntılar içermektedir. Bu çıkıntılar, kaplanmamış kumaşın doğal yapısında bulunan ve yaprak/çıkıntı aralarında kalan anti bakteriyel gümüş atomlarının etkilerini daha iyi göstermesine neden olabilir. Bu etkinin gümüş atomlarından gelmesinin yüksek olasılıkla olduğu söylenebilir. Çünkü benzer çiçeksi yapı %6 grafen-SG örneğinde olmakla birlikte, benzer biyoaktivite bu malzemede gözlenmemiştir. Yani çelik malzemede bulunan Co, Ni, Fe gibi atomik yapılar antibakteriyel özellikte etken olmamıştır.

Avrupa'da yapılan bir araştırmada, *Staphylococcus aureu*'un, tüm enfeksiyonların %30 undan sorumlu ve antibiyotiklere karşı dirençli bir bakteri olduğu bilinmektedir [38][39]. Ayrıca egzama gibi deri semptomlarının baş tetikleyicisi olup, cerrahi işlem sonrası hastane ortamında oluşan enfeksiyonların da baş sorumlusudur.

Bu nedenle enfeksiyonların kontrolü açısından bu tür tekstil ürünleri, hastalıkların rahat yayıldığı uçak içi donanımlar da veya hastanelerde de kullanılabilir.

Gram pozitif bakteri olan *Staphylococcus aureu*, 0,5 – 1,5 µm çaplı üzüm taneleri şeklinde kümeler oluştururlar. Şekil 6.10 da bu bakterinin genel görünümü ve bir yüzey ile etkileşimini gösteren bir görsel bulunmaktadır.

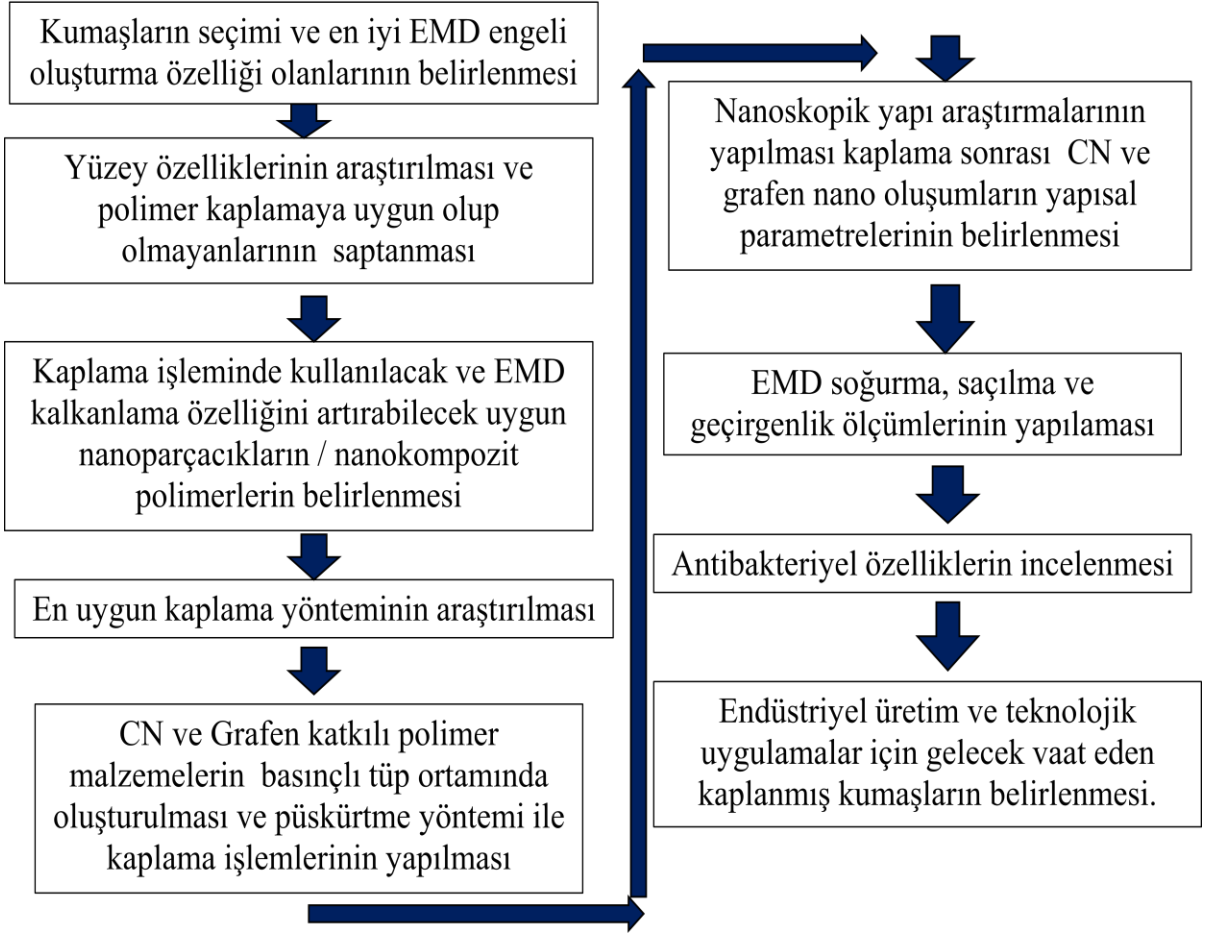


Şekil 6.10 *Staphylococcus aureus* Bakteri Kümeleri ve Yüzey İle Etkileşimleri

Bu görselden de çıkarımda bulunulabileceği üzere, %2 Grafen-ST örneğinin *Staphylococcus aureus* ve *Escherichia coli* üzerinde en etkin biyo aktivite göstermesinin nedenleri, ST dokusunun yüzey girinti-çıkıntısının (Şekil 6.9) yüzeyden daha az sapma göstermesi yani gümüş atomlarının yüze daha yakın ve etkin biçimde yerleşmesi ve bakterilerin yerleşebileceği daha büyük çukurların bu yüzeylerde fazla bulunmaması şeklinde açıklanabilir.

Escherichia coli ise, memeli hayvanların kalın bağırsağında yaşayan bakterilerdendir. Çoğu çeşidi, zararlı olmayıp, sentetik biyolojinin model organizması olarak da kullanılırlar. Diğer taraftan, ishal, idrar yolu enfeksiyonları ve solunum yolu enfeksiyonları gibi hastalıklara da neden olabilenleri de vardır. %2 Grafen ST kumaş malzemeleri, hayvan üretme çiftliklerinde, büyük insan topluluklarının buldukları ortak yaşam alanlarında, hastalıkların ve enfeksiyonların önlenmesi amaçlı kullanım potansiyeli olabilecek malzemelerdir.

Son bir kez tezde yapılan çalışmalar bir akış şeması ile genel değerlendirmeye sunulabilir. Şekil 6.11 de bu şema her bir çalışma fazını içerecek şekilde oluşturulmuştur.



Şekil 6.11. Tez Çalışmasının Başlangıç Gelişme ve Sonuç Bölümlerini İçeren İş-Akış , Bulgu-Değerlendirme ve Çıktı Şeması

Bu tez çalışması sonucunda elde edilen bulgu ve sonuçlar derlenerek, uluslararası bilimsel etkinliklerde sözlü ve poster sunum olarak kabul edilerek sunulmuş ve bilimsel ortamda tartışmaya açılmıştır [40][41]. SCI yayın oluşturma süreci devam etmektedir.

Genel sonuç olarak, tezin giriş bölümünde ifade edilen hedeflerin tamamına ulaşıldığı rahatlıkla söylenebilir.

KAYNAKLAR

- [1] İnce, T., *Elektromanyetik Kirlilik*, Yüksek Lisans Tezi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **2007**
- [2] Palamutcu, S., Dağ, N., *Fonksiyonel Tekstiller I : Elektromanyetik Kalkanlama Amaçlı Tekstil Yüzeyleri*, *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 3(1)87-101, **2009**
- [3] Özyalçın, M. O., Sevgi, L., Topuz, E., , *İletim Hattı Matrisi Yöntemi İle Ekranlama Etkinliği Ve Özgül Soğurma Oranı Hesabı*, *İTÜ dergisi / d*, Cilt:2, Sayı:2, **2003**
- [4] Sevgi, L., *EMC ve Korunma yöntemleri: (I) Ekranlama*, *Endüstriyel & Otomasyon*, Eylül, **2004**
- [5] Okyay, G., Bilgin, S., Akgül, E., Örtlek, H., G., *Farklı Yapılardaki Dokuma Kumaşların Elektromanyetik Ekranlama Özelliklerinin İncelenmesi*, *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5(1) s. 1-10., **2011**
- [6] Cheng, K., B., Cheng, T., W., Lee, K., C., Ueng, T., H., Hsing, W., H., *Effects of Yarn Constitutions and Fabric Specifications on Electrical Properties of Hybrid Woven Fabrics*, *Composites Part A: applied science and manufacturing*, vol: 34, pp: 971-978., **2003**
- [7] Chen, H., C., Lee, K., C., Lin, J., H., *Electromagnetic and Electrostatic Shielding Properties of Co-Weaving-Knitting Fabrics Reinforced Composites*, *Composites Part A: applied Science and Manufacturing*, vol: 35, pp: 1249-1256., **2004**
- [8] Ueng, T., H., Cheng, K., B., *Friction Core-Spun Yarns for Electrical Properties of Woven Fabrics*, *Composites Part A: applied science and manufacturing*, vol: 32, pp: 1491-1496., **2001**
- [9] Brzeziński S., Rybicki T., Karbownik I., Malinowska G., Rybicki E., Szugajew L., Lao M., Śledzińska K., *Textile Multi-layer Systems for Protection against, Electromagnetic Radiation. FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*, Vol. 17, No. 2 (73), pp. 66-71, **2009**
- [10] <https://www.yshield.com/ww/yshield-shielding-fabric-steel-gray-hf-lf-width-150-cm-1-meter#>
- [11] <https://www.yshield.com/ww/yshield-shielding-fabric-silver-twin-hf-lf-width-150-cm-1-meter?number=silver-twin#>
- [12] Yılmaz, R., *Electronic Journal of Vocational Collages* , 136-150., **2014**
- [13] S. Bhadra, D. Khastgir, N. K. Singha, *Progress in Polymer Science*, Vol.34, No 8, 783-810., **2009**
- [14] C.Y. Lee, H.G. Song, K.S. Jang, E.J. Oh, A.J. Epstein, J. Joo, *Electromagnetic interference shielding efficiency of polyaniline mixtures and multilayer films synthetic metals*, 102.1346-1349., **1999**
- [15] J. M. Benoit, B. Corraze, S. Lefrant, W. J. Blau, P. Bernier, O. Chauvet, *Transport properties of PMMA-Carbon Nanotubes composites*, *Synth. Met.*, 121, 1215-1216., **2001**

- [16] Yellampalli, S., *Carbon Nanotubes - Polymer Nanocomposites*, ISBN 978-953-307-498-6., **2011**
- [17] Kim, H.K., Kim, M.S., Song, K., Park, Y.H., Kim, S.H., Joo, J. and lee, J.Y. EMI Shielding Intrinsically Conducting Polymer/PET Textile Composite. *Synth. Met.* 135–136 105–106., **2003**
- [18] Debye., P, *Ann. Phys.*, 46, 809., **1915**
- [19] Guinier., A, *Ann. Phys.*, 12, 161., **1939**
- [20] Moonen, J. And Vrij, A., *Colloid Polym. Sci.*, 266: 1140,**1988**
- [21] Roe, R.J., *Methods of X-Ray and Neutron Scattering in Polymer Science*, Oxford University Press, Oxford, **2000**
- [22] Porod, G., *Kolloid-Zone*, New York, 1951, 124, 83., **2000**
- [23] <http://www.masterjules.net/fractalprofits.htm>
- [24] Steven R. Kline, *Reduction and analysis of SANS and USANS data using IGOR Pro*, Pages 895-900, **2006**
- [25] Guinier. A, and Fournet., G, *Small Angle Scattering of X-Rays*, Wiley, New York, **1955**
- [26] G. Binnig, C. F. Quate, C. Gerber, *Atomic force microscope. In: Physical Review Letters.* 56, S. 930–933., **1986**
- [27] Tamburrano, A., et al. *IEEE Trans. on Electromagn. Compat.*, 56(6), 1386, **2014**
- [28] N.I.Landy, et al. *Physical Review Letters* ,100(20), 207402, **2008**
- [29] R. M. E. A. M. Asiri, *In situ production of silver nanoparticle on cotton fabric and its antimicrobial evaluation*, pp. 75–82, **2011**
- [30] Šafařová, V., Militký, J., *Multifunctional metal composite textile shields against electromagnetic radiation—effect of various parameters on electromagnetic shielding effectiveness*, *Polymer Composites*, 38, 2, 309-323, **2015**
- [31] Srivastava, S. K., Mittal, V., *Advanced Nanostructured Materials in Electromagnetic Interference Shielding*, *Hybrid Nanomaterials*, 241-320, **2017**
- [32] Caldas, C., M., Calheiros, L., F., Soares, B., S., *Silica–polyaniline hybrid materials prepared by inverse emulsion polymerization for epoxy-based anticorrosive coating*, *Journal of Applied Polymer Science*, 134, 47, **2017**
- [33] Zou, L., Zhang, S., Li, X., Lan, C., Qiu, Y., Ma, Y., *Step-by-Step Strategy for Constructing Multilayer Structured Coatings toward High-Efficiency Electromagnetic Interference Shielding*, *Advanced Materials Interfaces*, 3, 5, **2016**
- [34] Gahlout, P., Choudhary, V., *5-Sulfoisophthalic acid monolithium salt doped polypyrrole/multiwalled carbon nanotubes composites for EMI shielding application in X-band (8.2–12.4 GHz)*, *Journal of Applied Polymer Science*, 134, 40, **2017**

- [35] Jia-Horng Lin, Zheng-Ian Lin, Yi-Jun Pan, Chih-Kuang Chen, Chien-Lin Huang, Chen-Hung Huang, Ching-Wen Lou, *Improvement in Mechanical Properties and Electromagnetic Interference Shielding Effectiveness of PVA-Based Composites: Synergistic Effect Between Graphene Nano-Sheets and Multi-Walled Carbon Nanotubes*, *Macromolecular Materials and Engineering*, 301, 2, 199-211, **2015**
- [36] He, H., Cheng, Lian, Y., Xing, Y., He, G., Huang, Z., Wu, M., *Electrical conductivity and electromagnetic interference shielding effectiveness of carbon black/sisal fiber/polyamide/polypropylene composites*, *Journal of Applied Polymer Science*, 132, 46, **2015**
- [37] Bluma G. Soares, Loan F. Calheiros, Adriana A. Silva, Tamara Indrusiak, Guilherme M. O. Barra and Sebastien Livi, *Conducting melt blending of polystyrene and EVA copolymer with carbon nanotube assisted by phosphonium-based ionic liquid*, *Journal of Applied Polymer Science*, 135, 24, **2017**
- [38] Vincent J.L., Bilhari D.J. Suter P.M. *The prevalence of nosocomial infection in intensive care units in Europe*, *JAMA*, 274, 639-644., **1995**
- [39] Diekema D.J, Pfaller M.A., Schmitz F.J., Samayevsky J., Bell J., Jones R.N., *Survey of infections due to Stap Staphylococcus species*, *Clin. Infect. Dis.*, 32 (Suppl. 2) 114-132., **2001**
- [40] Özdemir, S., Nasaer, N., Özüpek, E., İde, S., Saka, B., *Polymer Composite Coated Fabric Electromagnetic Shielding Characterization in X-Band and Nanostructured Analyses*, *TERAMETANANO-3, Terahertz Emission, Metamaterials and Nanophotonics*, Uxmal, Mexico, Talk, p.40., **2018**
- [41] Gür, S., D., Özüpek, E., İde, S., *Nanostructural and Antimicrobial Analyses on Technological Fabrics Which Have Electromagnetic Shielding Properties*, *International Eurasian Conference on Biological and Chemical Sciences*, Ankara, Turkey, www.EurasianBioChem.org, Poster , page 668., **2018**

ÖZGEÇMİŞ

Kimlik Bilgileri

Ad Soyad: Eren ÖZÜPEK

Doğum Yeri: ANKARA

Medeni Hali: Bekar

E-posta: erenozupek@gmail.com

Adresi: Tahran Caddesi 23/10 Barbaros Mahallesi Kavaklıdere Çankaya/ANKARA

Eğitim

Lise: 1995-2003 Kanuni Süper Lisesi, ANKARA

Lisans: 2008-2014 Hacettepe Üniversitesi,

Fizik Mühendisliği Bölümü, ANKARA

Yüksek Lisans: 2015-2018 Hacettepe Üniversitesi,

Polimer Bilimi ve Teknolojisi Anabilim Dalı, ANKARA

Yabancı Dil ve Düzeyi

İngilizce – İyi

İş Deneyimi

2014-2015: NanoManyetik Bilimsel Cihazlar Ltd., Satış Mühendisi ve Fuar Uzmanı, ANKARA

2016-2017: KayraLab Laboratuvar Teknolojileri Ltd., Satış Mühendisi, ANKARA

Deneyim Alanları

Ar&Ge Mühendisi

Satış Mühendisi

Fuar Uzmanı

Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçesi

Proje Adı: Fotokimyasal özellikleri olan yeni tasarım polimer-metal temelli malzemelerin yapısal değişimlerinin ve biyoaktivitelerinin araştırılması

Proje Kodu: FHD-2015-7868

Proje Bütçesi: 20.688,10 TL

Proje Yöneticisi: Prof. Dr. Semra İDE

Tezden Üretilmiş Yayınlar

Polymer Composite Coated Fabric Electromagnetic Shielding Characterization in X-Band and Nanostructured Analyses, Sevda Özdemir, Noaman Nasaer, Eren Özüpek, Semra İde, Birsen Saka, TERAMETANANO-3, Terahertz Emission, Metamaterials and Nanophotonics, Uxmal, Mexico, 2018, Talk, p.40.

Sinem Diken Gür, Eren Özüpek, Semra İde, Nanostructural and Antimicrobial Analyses on Technological Fabrics Which Have Electromagnetic Shielding Properties, International Eurasian Conference on Biological and Chemical Sciences (EurasianBioChem 2018), 26-27April 2018, Ankara, Turkey, www. EurasianBioChem.org, Poster, page 668.

Tezden Üretilmiş Tebliğ ve/veya Poster Sunumu ile Katıldığı Toplantılar



HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
POLİMER BİLİMİ VE TEKNOLOJİSİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih: 26/06/2018

Tez Başlığı / Konusu: ELEKTROMANYETİK DALGA ENGELİ TEKSTİL ÜRÜNLERİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA:
POLİMER KAPLAMA VE YÜZEY – ARAYÜZEYLER İLE İLGİLİ YAPISAL İNCELEMELER

Yukarıda başlığı gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 58 sayfalık kısmına ilişkin, 26/06/2018 tarihinde tez danışmanım tarafından *Turnitin* adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 9 'tür.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar hariç
- 3- 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Hacettepe Üniversitesi **Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları**'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Adı Soyadı: EREN ÖZÜPEK
Öğrenci No: N14326963
Anabilim Dalı: POLİMER BİLİMİ VE TEKNOLOJİSİ ANABİLİM DALI
Programı:
Statüsü: Y.Lisans Doktora Bütünleşik Dr.

Tarih ve İmza

26/06/2018

DANIŞMAN ONAYI

UYGUNDUR.

Prof. Dr. Serma IDE

(Unvan, Ad Soyad, İmza)