T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTROMANYETİK RADYASYONA KARŞI KORUYUCU ÖZELLİKTE ANTİSTATİK ÖRME KUMAŞLARIN ÜRETİMİ İÇİN FARKLI KOMPOZİT İPLİKLERİN GELİŞTİRİLMESİ

Tezi Hazırlayan
Gamze KILIÇ

Tezi Yöneten
Yrd. Doç. Dr. Hüseyin Gazi ÖRTLEK
Yrd. Doç. Dr. Ömer Galip SARAÇOĞLU

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

Mayıs 2010
KAYSERİ

T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTROMANYETİK RADYASYONA KARŞI KORUYUCU ÖZELLİKTE ANTİSTATİK ÖRME KUMAŞLARIN ÜRETİMİ İÇİN FARKLI KOMPOZİT İPLİKLERİN GELİŞTİRİLMESİ

Tezi Hazırlayan
Gamze KILIÇ

Tezi Yöneten
Yrd. Doç. Dr. Hüseyin Gazi ÖRTLEK
Yrd. Doç. Dr. Ömer Galip SARAÇOĞLU

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

Bu Çalışma, Sanayi ve Ticaret Bakanlığı ve Başyazıcıoğlu Tekstil İşletmesi tarafından "00231.STZ.2008-1" kodlu San-Tez projesi ile desteklenmiştir.

Mayıs 2010
KAYSERİ

Yrd. Doç. Dr. Hüseyin Gazi ÖRTLEK ve Yrd. Doç. Dr. Ömer Galip SARAÇOĞLU danışmanlığında **Gamze KILIÇ** tarafından hazırlanan **"Elektromanyetik Radyasyona Karşı Koruyucu Özellikte Antistatik Örme Kumaşların Üretimi İçin Farklı Kompozit İpliklerin Geliştirilmesi"** adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

25../.05/2010

JÜRİ:

Başkan : Prof. Dr. Ayşe Okur

Üye : Yrd. Doç. Dr. Hüseyin Gazi Örtlek

Üye : Yrd. Doç. Dr. Mustafa Tutak

ONAY:

Bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulunun 08/06/2010 tarih ve 2010./18...06. sayılı kararı ile onaylanmıştır.

08./06./2010..

N. Ayyıldız

Prof.Dr. Nusret AYYILDIZ

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın her aşamasında beni daima destekleyen, her konuda çok değerli bilgi ve deneyimiyle yönlendiren, tezimin tamamlanmasında yardımlarını hiçbir şekilde esirgemeyen değerli hocam Sayın Yrd. Doç Dr. Hüseyin Gazi ÖRTLEK'e teşekkür ederim.

Özellikle elektromanyetik konuları ile ilgili olmak üzere tez çalışmamda değerli bilgi ve tecrübeleri ile destek olan değerli hocam Sayın Yrd. Doç Dr. Ömer Galip SARAÇOĞLU'na teşekkür ederim.

Değerli bilgi ve tecrübeleri ile çalışmam süresince her zaman desteğini gördüğüm değerli hocam Sayın Prof. Dr. Ayşe OKUR'a teşekkür ederim.

Özellikle sayın Turan SÖNMEZ, sayın Mustafa BOYDAK, sayın Hasan Hüseyin ÖZ, sayın Tamer ŞİNİK, sayın Ali AYDENİZ, sayın Tamer ATABAY, sayın Resul SOLMAZ olmak üzere çalışmanın yapıldığı Başyazıcıoğlu Tekstil'in tüm çalışanlarına teşekkür ederim. Çalışmaya başından beri destek veren Başyazıcıoğlu Tekstil Yönetim Kurulu Üyesi Sayın Murat BAŞYAZICIOĞLU'na teşekkür ederim.

Çalışmadaki örgü kumaşların üretildiği Mesleki ve Teknik Eğitim Merkezi'nin (METEM) çok değerli hocalarına ve ilgili izni veren Sayın Mustafa ÇAKMAK'a teşekkür ederim.

Çalışmadaki kumaşların üretiminde ve örme konusundaki teknik konularda yardımını esirgemeyen Tekstil Yüksek Mühendisi Sayın Tuba ALPYILDIZ'a teşekkür ederim.

Çalışmada, özellikle boyama konusunda olmak üzere yardımını esirgemeyen Sayın Yrd. Doç. Dr. Mustafa TUTAK ve Arş.Gör. Sayın Gaye YOLAÇAN'a teşekkür ederim. Yardımlarını esirgemeyen değerli öğrenci arkadaşlarım Sinem BİLGİN ve Özlem BİLGET'e teşekkür ederim.

Yaşamım boyunca, daima bana destek olan canım annem ve babama, canım kardeşim Hande'ye, her zaman olduğu gibi tez çalışması boyunca da bana verdiği destek ve göstermiş olduğu büyük sabırdan dolayı sevgili eşim Gökmen KILIÇ'a teşekkür ederim. Hayatın bana verdiği en güzel armağanlar olan canım kızım D.Beril ve canım oğlum M.Utku'ya teşekkür ederim.

ELEKTROMANYETİK RADYASYONA KARŞI KORUYUCU ÖZELLİKTE ANTİSTATİK ÖRME KUMAŞLARIN ÜRETİMİ İÇİN FARKLI KOMPOZİT İPLİKLERİN GELİŞTİRİLMESİ

Gamze KILIÇ

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi, Mayıs 2010

Tez Danışmanları: Yrd. Doç. Dr. Hüseyin Gazi ÖRTLEK

Yrd. Doç. Dr. Ömer Galip SARAÇOĞLU

ÖZET

Günlük hayatımızda kullandığımız elektrikli ve elektronik aletler bir yandan hayatımızı kolaylaştırırken diğer yandan da çok önemli bir sorun olan elektromanyetik çevre kirliliğini beraberinde getirmektedir. Teknolojideki ilerlemelerle birlikte bu cihazların kullanımı arttıkça, statik elektriklenmeyi önleyici, elektromanyetik radyasyona karşı koruyucu özellikte iletken kumaşlara olan talep de giderek artmaktadır.

Bu çalışmada, elektromanyetik radyasyona karşı koruyucu özellikte örme kumaşların üretimine uygun metal içeren kompozit ipliklerin üretim imkan ve kabiliyetleri araştırılmıştır. Çalışmanın ilk aşamasında numune ipliklerin üretimi gerçekleştirilmiş ve ipliklerin özellikleri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgulara göre; siro eğirme metodu ile üretilen ipliklerin ring ve kompakt eğirme metodu ile üretilen ipliklere göre mukavemet, kopma uzaması daha yüksek, tüylülük değerlerinin ise daha düşük olduğu görülmüştür.

Çalışmanın ikinci aşamasında, metal içerikli kompozit ipliklerden uygun iplik tipi seçilerek elektromanyetik radyasyona karşı koruyucu özellikte kumaşlar geliştirilmiştir. Kumaş numunelerinin üretiminde süprem, lacost, ribana, interlok, atkı yatırımlı interlok, atkı yatırımlı askılı yapı gibi yapılar kullanılmıştır. Geliştirilen kumaşların fiziksel özellikleri ve elektromanyetik ekranlama etkinlikleri, karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Ekranlama etkinliklerinin ölçümü koaksiyel tutucu metodu ve yankısız oda metodu olmak üzere iki ayrı ölçüm metodu ile yapılmıştır. Yankısız oda metoduna göre yapılan ölçümlere göre; belirli frekanslarda kompozit ipliklerle üretilen kumaş numunelerinden bir kısmı ile 30 dB ve üzeri ekranlama yapılabileceği görülmüştür.

Çalışmanın son aşamasında, metal içeren ve metal içermeyen kumaşların boya alımlarındaki farklılıkları tespit etmek amacıyla, metal içeren ve içermeyen ipliklerden üretilen süprem yapıdaki kumaşların optik beyazlatma sonrası WCIE ve T_w değerleri ile boyama sonrası K/S değerleri ölçülerek değerlendirilmiştir. Yapıdaki metal oranı arttıkça beyazlık ve K/S değerlerinin genel olarak düştüğü görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Elektromanyetik radyasyon, metal içerikli kompozit iplikler, iletken kumaşlar, ekranlama etkinliği (SE)

DEVELOPMENT OF DIFFERENT COMPOSITE YARNS FOR PRODUCTION OF ANTI-STATIC PROTECTIVE KNITTED FABRICS AGAINST ELECTROMAGNETIC RADIATION

Gamze KILIÇ

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

M. SC. Thesis, May 2010

Thesis Supervisors: Assist. Prof. Dr. Hüseyin Gazi ÖRTLEK

Assist. Prof. Dr. Ömer Galip SARAÇOĞLU

ABSTRACT

Electrical and electronic devices which we use in our daily life make our life easier but also create a big electromagnetic pollution problem. Regarding the technological improvements and thus with the increase of the usage of these devices, the demand for conductive fabrics, which are protective against electromagnetic radiation, increases simultaneously.

In this study, the possibilities and capabilities of producing composite yarns containing metal wire which are suitable to produce protective knitted fabrics against electromagnetic radiation, are investigated . In the first stage of the study, sample yarns were produced and the properties of sample yarns were evaluated comparatively. According to the test results, it is seen that the hairiness of siro spun yarns is lower than that of ring and compact counterparts, whereas the tenacity and elongation at break values of siro spun yarns are higher than that of ring and compact counterparts,.

In the second stage of the study, protective fabrics against electromagnetic radiation were developed using appropriate composite yarns containing metal wire. Different fabric structures such as single jersey, lacoste, rib, interlock, interlock in laid, pique inlaid were used to produce fabric samples. Physical properties and electromagnetic shielding effectiveness of developed fabrics were comparatively evaluated. Shielding effectiveness measurement of fabrics samples is done both with the coaxial holder method and anechoic chamber method. According to the measurements done with the anechoic chamber method, it is seen that at certain frequencies, screening above 30 dB can be done with some of the fabric samples produced with composite yarns.

In the last stage of the study, to determine the difference of dying properties of fabric samples which contain and does not contain metal wire, WCIE ve T_w values of single jersey fabrics after optical bleaching and K/S values of fabrics after dying were measured and evaluated. The results show that the increase in metal ratio of yarns causes to decrease in whiteness and color strengths of fabrics, in general.

Keywords: Electromagnetic radiation, composite yarns containing metal, conductive fabrics, shielding effectiveness (SE)

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY……i
TEŞEKKÜR……ii
ÖZET…… iii
ABSTRACT… ……...v
KISALTMA VE SİMGELER……..….xii
TABLOLAR LİSTESİ…….xiii
ŞEKİLLER LİSTESİ…….. xv
1. BÖLÜM
GİRİŞ…… 1
2. BÖLÜM
GENEL BİLGİLER……. 3
2.1. Elektromanyetik Alanlar…..3
2.2. Elektromanyetik Alanların (EMA) Etkileri.. 7
2.2.1. Elektromanyetik Alanların İnsan Vücuduna Etkileri.. 7
2.2.2. Elektromanyetik Alanların Cihazlar Üzerindeki Etkileri.. 9
2.3. Elektromanyetik Alanlardan Korunmada Kullanılan Malzemeler 10
2.3.1. Klasik Malzemeler……. 10
2.3.2. Kompozit Malzemeler ve İletken Polimerler.. 10
2.3.3. Elektro-İletken Boyalar….. 13
2.3.4. İletken İplikler ve Kumaşlar.. 14
2.4. Tekstil Malzemelerinin Ekranlama Etkinliği Ölçümü.....23
2.4.1. Ekranlama ve Ekranlama Teorisi.. 23
2.4.1.1. Ekranlama Etkinliğine Soğurma Katkısı (SA).. 31
2.4.1.2. Ekranlama Etkinliğine Çoklu Yansıma Katkısı (SMR).. 33
2.4.1.3. Ekranlama Etkinliğine Yansıma Katkısı (SR)..…..33
2.4.1.3.1. E-Dipolün Yakın Alanının Zayıflatılması.. 33
2.4.1.3.2. H-Dipolün Yakın Alanının Zayıflatılması.....34
2.4.1.3.3. Uzak Alanın (Düzlem EM Dalgalar) Zayıflatılması.. 34
2.4.2. Ekranlama Etkinliği Ölçüm Yöntemleri..…..35
2.4.2.1. Kontrollü Test Alanlarında Ekranlama Etkinliği Ölçümü.…..35
2.4.2.1.1. Koaksiyel Tutucu Metodu (Coaxial Holder Method).....35

2.4.2.1.2. Çift-TEM Hücre Ölçüm Metodu (The Dual-TEM Cell Method).....37
2.4.2.1.3. Yankısız Oda Metodu (Anechoic Chamber with Aperture Method).. .38
2.4.2.2. Serbest Uzayda Ölçüm Metotları.. 40
2.4.2.2.1. Frekans Bölgesinde Serbest Uzay Ölçüm Teknikleri.. 40
2.4.2.2.2. Zaman Bölgesinde Serbest Uzay Ölçüm Teknikleri.. 42
3. BÖLÜM
MATERYAL VE YÖNTEM…….. 44
3.1. Materyal……. 44
3.2. Yöntem…… 45
3.2.1. Numune İplik ve Kumaşların Üretilmesi.....45
3.2.1.1. Numune İpliklerin Üretilmesi.....46
3.2.1.1.1. Ring Core-Spun Eğirme Metodu.. 48
3.2.1.1.2. Siro Core-Spun Eğirme Metodu.. 51
3.2.1.1.3. Kompakt Eğirme Metodu….. 53
3.2.1.1.4. Numune İpliklerin Bobinlenmesi.. 60
3.2.1.2. Numune Kumaşların Üretimi.. 62
3.2.1.2.1. Yuvarlak Örme Makinesinde Üretilen Numune Kumaşlar.. 63
3.2.1.2.2. Düz Örme Makinesinde Üretilen Numune Kumaşlar.. 66
3.2.2. Uygulanan Test Yöntemleri.....66
3.2.2.1. İplik Özelliklerinin Belirlenmesi İçin Uygulanan Testler.. 67
3.2.2.1.1. İplik Numarasının Belirlenmesi.....67
3.2.2.1.2. İplik Büküm Testleri…….....67
3.2.2.1.3. İplik Tüylülük Testleri…….....67
3.2.2.1.4. İplik Mukavemet Testleri…….. 68
3.2.2.1.5. Düzgünsüzlük ve Hata Testleri.....69
3.2.2.1.6. Fotoğraf Çekimi……......69
3.2.2.2. Kumaş Özelliklerinin Belirlenmesi İçin Uygulanan Testler.. 70
3.2.2.2.1. Kumaşların Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi İçin Uygulanan Testler…… 70
3.2.2.2.1.1. Kumaş Sıra ve Çubuk Sıklığı Ölçümü.. 70
3.2.2.2.1.2. Kumaşlarda Gramaj Tayini.. 71
3.2.2.2.1.3. İlmek İplik Uzunluğu Ölçümü.....71
3.2.2.2.1.4. Kumaş Kalınlık Ölçümü…….....71

3.2.2.2.1.5. Patlama Mukavemeti Testi.. 72
3.2.2.2.1.6. Fotoğraf Çekimi…….....72
3.2.2.2.2. Kumaşların Ekranlama Etkinliğinin (SE) Belirlenmesi İçin Uygulanan Testler…….. 73
3.2.2.2.2.1. Koaksiyel Tutucu Metodu (Coaxial Holder Method) ile Yapılan SE Ölçümleri……. 73
3.2.2.2.2.2. Yankısız Oda Metodu (Anechoic Chamber with Aperture Method) ile Yapılan SE Ölçümler..……. 78
3.2.2.2.2.3. Yüzey Direnci Testi……. 82
3.2.2.2.3. Kumaşların Boyama Sonrası Özelliklerinin Belirlenmesi İçin Uygulanan Testler……..... 83
3.2.2.2.3.1. Ön işlem ve Ağartma…….. 83
3.2.2.2.3.2. Optik Beyazlatma…….. 84
3.2.2.2.3.3. Boyama……. 84
3.2.2.2.3.4. Renk Ölçümü ve Beyazlık İndeksi.. 85
3.2.3. Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi.. 85
4.BÖLÜM
ARAŞTIRMA SONUÇLARI…… 89
4.1. Numune İpliklere ait Deneysel Çalışma Sonuçları.....89
4.1.1. %100 Pamuk İplik Numunelerine ait Deneysel Çalışma Sonuçları.. ...89
4.1.2. Metal İçerikli Kompozit İplik Numunelerine ait Deneysel Çalışma Sonuçları……. 92
4.2. Numune Kumaşlara ait Deneysel Çalışma Sonuçları..……..….96
4.2.1. Kumaşların Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi İçin Yapılan Deneysel Çalışma Sonuçları……. …….. 97
4.2.2. Kumaşların Ekranlama Etkinliğinin Belirlenmesi İçin Yapılan Deneysel Çalışma Sonuçları.. 99
4.2.2.1. Koaksiyel Tutucu Metodu (Coaxial Holder Method) ile Yapılan Ekranlama Etkinliği Ölçüm Sonuçları..... 99
4.2.2.2. Yankısız Oda Metodu (Anechoic Chamber with Aperture Method) ile Yapılan Ekranlama Etkinliği Ölçüm Sonuçları.. 99

4.2.2.3. Numune Kumaşların Yüzey Direncinin Belirlenmesi İçin Yapılan Deneysel Çalışma Sonuçları.. 99
4.2.3. Kumaş Numunelerinin Boyama Sonrası Özelliklerinin Belirlenmesi İçin Yapılan Deneysel Çalışma Sonuçları.. 100
5.BÖLÜM
TARTIŞMA VE SONUÇ……. 103
5.1. Numune İpliklere ait Deneysel Çalışma Sonuçlarının Değerlendirilmesi ……..…….. 103
5.1.1. %100 Pamuk İpliklere ait Deneysel Çalışma Sonuçlarının Değerlendirilmesi…… 103
5.1.1.1. Eğirme Metodu ve İplik Numarası Değişiminin Mukavemet Testi Sonuçları Üzerindeki Etkisi…… .....…….104
5.1.1.2. Eğirme Metodu ve İplik Numarası Değişiminin Düzgünsüzlük Sonuçları Üzerindeki Etkisi.. 109
5.1.1.3. Eğirme Metodu ve İplik Numarası Değişiminin Tüylülük Değerleri Üzerindeki Etkisi…….. 111
5.1.2. Metal İçerikli Kompozit İpliklere ait Deneysel Çalışma Sonuçlarının Değerlendirilmesi…… 116
5.1.2.1. Eğirme Metodu, İplik Numarası ve Metal Oranı Değişiminin Mukavemet Testi Sonuçları Üzerindeki Etkisi.. 116
5.1.2.2. Eğirme Metodu, İplik Numarası ve Metal Çapı Değişiminin S3 Tüylülük Değeri Üzerindeki Etkisi.....124
5.2. Numune Kumaşlara ait Deneysel Çalışma Sonuçlarının Değerlendirilmesi…… 127
5.2.1. Kumaşların Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi İçin Yapılan Deneysel Çalışma Sonuçlarının Değerlendirilmesi.. 127
5.2.1.1. Kumaşların Patlama Mukavemeti Değerlerinin Belirlenmesi için Yapılan Deneysel Çalışma Sonuçlarının Değerlendirilmesi.. 128
5.2.2. Kumaşların Ekranlama Etkinliğinin (SE) Belirlenmesi İçin Yapılan Deneysel Çalışma Sonuçlarının Değerlendirilmesi.. 129
5.2.2.1. Koaksiyel Tutucu Metodu (Coaxial Holder Method) ile Yapılan SE Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi.. 129

5.2.2.2. Yankısız Oda Metodu (Anechoic Chamber with Aperture Method) ile Yapılan SE Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....137
5.2.2.3. Yüzey Direnci Ölçüm Sonuçları.....145
5.2.3. Kumaş Numunelerinin Boyama Sonuçları 146
6.BÖLÜM
ÖNERİLER…….. 155
KAYNAKLAR……158
EKLER……....164
EK-1…….. 164
EK-2……. 168
EK-3…… 177
EK-4…….. 191
ÖZGEÇMİŞ…….. 194

KISALTMA VE SİMGELER

E	: Elektrik alan
H	: Manyetik alan
Hz	: Hertz
EMA	: Elektromanyetik Alanların
SAR	: Özgül Soğurma Oranı
EMC	: Elektromanyetik Uyumluluk
EMI	: Elektromanyetik girişim
RF	: Radyo frekans bandı
SE	: Ekranlama Etkinliği
Z	: Dalga Empedansı
E	: Bir inchteki iğne sayısı (Makine inceliği)

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2.1. SE ve % Azalma değerleri…..29

Tablo 3.1. Lot- 114 Pamuk harmanı fiziksel özellikleri.. 44

Tablo 3.2. Numune iplikler ve kodları.. 46

Tablo 3.3. Kumaş numunelerinin kodları.. 62

Tablo 3.4. Boya çalışması için üretilen kumaş numuneleri.. 83

Tablo 4.1. % 100 pamuk numune ipliklerin nominal ve ölçülen numaraları.. 90

Tablo 4.2. % 100 pamuk ipliklerin nominal ve ölçülen büküm sonuçları.. 90

Tablo 4.3. %100 pamuk ipliklerin Rkm ve kopma uzaması sonuçları.. 91

Tablo 4.4. %100 pamuk ipliklerin kütlesel düzgünsüzlük ve hata değerleri sonuçları…….....91

Tablo 4.5. %100 pamuk numune ipliklerin tüylülük ölçümü sonuçları.. 92

Tablo 4.6. Metal içerikli kompozit ipliklerin nominal ve ölçülen numaraları.. 93

Tablo 4.7. Metal içerikli kompozit ipliklerin nominal ve ölçülen büküm sonuçları ……. 94

Tablo 4.8. Metal içerikli kompozit numune ipliklerin Rkm ve kopma uzaması sonuçları…….....95

Tablo 4.9. Metal içerikli kompozit numune ipliklerin tüylülük ölçümü sonuçları…….....96

Tablo 4.10. Yuvarlak ve düz örme makinelerinde üretilen kumaş numunelerinin sıra/cm, çubuk/cm, kalınlık ve gramaj ölçüm sonuçları.. 97

Tablo 4.11. Boyama çalışması kumaş numunelerinin sıra/cm, çubuk/cm ve gramaj ölçüm sonuçları…….....98

Tablo 4.12. Numune kumaşları Patlatma Mukavemeti Sonuçları.. 98

Tablo 4.13. Kumaş numunelerinin yüzey direnci ölçüm sonuçları.. 100

Tablo 4.14. Optik beyazlatma öncesi ve sonrası kumaşların WCIE değerleri.. 101

Tablo 4.15. Optik beyazlatma öncesi ve sonrası kumaşların Tw değerleri.. 101

Tablo 4.16. Boyama sonrası K/S değerleri.. 102

Tablo 5.1. %100 pamuk ipliklerinin Rkm değerleri için ANOVA tablosu.. 105

Tablo 5.2. %100 pamuk ipliklerin Rkm değerleri için, faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması…….....106

Tablo 5.3. % 100 pamuk ipliklerin kopma uzaması değerleri için ANOVA tablosu…….....107
Tablo 5.4. %100 pamuk ipliklerin kopma uzaması değerleri için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması 108
Tablo 5.5. %100 pamuk ipliklerin CVm (%) için ANOVA tablosu.....110
Tablo 5.6. %100 pamuk ipliklerin CVm (%) için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması…….....111
Tablo 5.7. %100 pamuk ipliklerin tüylülük indeksi (H) değerleri için ANOVA tablosu…….....112
Tablo 5.8. % 100 pamuk ipliklerin tüylülük indeksi (H) değeri için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması.. 113
Tablo 5.9. % 100 pamuk ipliklerin S3 değerleri için ANOVA tablosu.. 115
Tablo 5.10. % 100 pamuk ipliklerin S3 değeri için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması…….....116
Tablo 5.11. Kompozit ipliklerin Rkm değerleri için ANOVA tablosu.....118
Tablo 5.12. Kompozit ipliklerin Rkm değerleri için, faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması…….....119
Tablo 5.13. Kompozit ipliklerin kopma uzaması değerleri için ANOVA tablosu …… 120
Tablo 5.14. Kompozit ipliklerin kopma uzaması değerleri için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması…….....122
Tablo 5.15. Instron test cihazında yapılan çekme testi sonuçları.. 122
Tablo 5.16. Kompozit ipliklerin S3 değerleri için ANOVA tablosu.. 125
Tablo 5.17. Kompozit ipliklerin S3 değerleri için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması…….....127
Tablo 5.18. WCIE değerleri için ANOVA tablosu.. 148
Tablo 5.19. WCIE değerleri için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması.. 149
Tablo 5.20. Tw sonuçları için ANOVA tablosu.. 150
Tablo 5.21. Tw değerleri için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması.. 151
Tablo 5.22. Kumaşların K/S değerlerinin ANOVA sonuçları.. 153
Tablo 5.23. K/S değerleri için alt grupların çoklu karşılaştırmaları.. 154

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Dalga boyu……......4

Şekil 2.2. Elektromanyetik spektrumda önemli frekanslar.. 5

Şekil 2.3. Ekranlama Amacı ile Kullanılan Koruma Boyası Uygulaması.. 14

Şekil 2.4. Elektromanyetik alanlara karşı ekranlama özelliği olan kumaş örnekleri……..... 17

Şekil 2.5. Elektromanyetik radyasyondan koruyucu tekstil ürünlerinin çeşitli kullanım alanları…….. 18

Şekil 2.6. Ekranlamadan önce ve sonra fizyoterapi odasının içinde ve dışında elektromanyetik alan dağılımı.. 20

Şekil 2.7. Elektromanyetik alanlar için koruyucu çanta.. 22

Şekil 2.8. Temel elektrik alan ve manyetik alan kaynakları.. 24

Şekil 2.9. Bir elektromanyetik etkileşim kaynağının etrafındaki tipik alanlar.. ...25

Şekil 2.10. Kalınlığı t olan duvarın ekranlama etkinliği.. 26

Şekil 2.11. Ekranlama etkinliğinin tanımı.. 28

Şekil 2.12. SE'nin tanımlanması için, iletken bariyere gönderilen düzlem dalga durumu……..... 32

Şekil 2.13. Koaksiyel Tutucu Metot…… 36

Şekil 2.14. Koaksiyel tutucu metodu uygulaması.....36

Şekil 2.15. Çift-TEM hücre……. 37

Şekil 2.16. Yankısız oda metodu uygulaması.. 38

Şekil 2.17. SE ölçümü için MIL-STD-285 metodunun adaptasyonu.. 39

Şekil 2.18. Serbest-uzay iletim ölçüm metodu.. 40

Şekil 2.19. Serbest uzay iletim ölçüm metodu uygulaması.. 41

Şekil 2.20. Serbest-Uzay yansıma ölçüm metodu.. 41

Şekil 2.21. Zaman Bölgesi İletim Ölçüm Tekniği.. 42

Şekil 2.22. Zaman Bölgesi Yansıma Ölçüm Tekniği.. 43

Şekil 3.1. EJM 168 model 96 iğlik numune ring makinesi.....45

Şekil 3.2. 20 mikron paslanmaz çelik tel bobinlerinin ring makinesi üzerindeki yerleşimi…… 47

Şekil 3.3. 35 mikron paslanmaz çelik tel bobinlerinin ring makinesi üzerindeki yerleşimi……. 48

Şekil 3.4. Core-spun eğirme metodunun şematik görünümü.....49
Şekil 3.5. Core-spun eğirme metodu…… 50
Şekil 3.6. Siro core-spun eğirme metodu şematik görünümü..…..51
Şekil 3.7. Çalışmada kullanılan siro core-spun eğirme metodu.. 52
Şekil 3.8. Ring ve kompakt ipliklerinin karşılaştırması ve eğirme üçgeninin durumu…….....54
Şekil 3.9. K44 ve EliTe kompakt iplik eğirme sistemlerindeki yoğunlaştırma elemanları……. 55
Şekil 3.10. RoCos kompakt eğirme sistemi şematik görünümü.. 56
Şekil 3.11. RoCoS, EliTe ve K44/45 sistemlerinin lif akışı ve çalışma prensibi.. .57
Şekil 3.12. RoCos kompakt aparatı…….. 58
Şekil 3.13. RoCos kompakt aparatının ring iplik makinesi üzerindeki yerleşimi.. 58
Şekil 3.14. Kompakt core-spun eğirme metodu.. 59
Şekil 3.15. Schlafhorst Air Spilicer 338RM bobin makinelerinde alınan düğüm yeri fotoğrafları…….....60
Şekil 3.16. Sawio Twin Bobin makinelerinde alınan düğüm yeri fotoğrafları..…..61
Şekil 3.17. Süprem Örgü…….....63
Şekil 3.18. Ribana Örgü…….....63
Şekil 3.19. Lacost Örgü…….. 63
Şekil 3.20. Mayer MV 4-3-2II Model Örme Makinesi.....64
Şekil 3.21. Mayer F. V. 2. 0.Model Yuvarlak Örme Makinesi.. 65
Şekil 3.22. Düz örgü…… 66
Şekil 3.23. İnterlok örgü……. 66
Şekil 3.24. Atkı yatırımlı interlok…….. 66
Şekil 3.25. Atkı yatırımlı askılı yapı…….....66
Şekil 3.26. Zweigle MT-G 567 Tüylülük Test Cihazı..…..68
Şekil 3.27. Premier Tensomaxx 7000 Mukavemet Ölçüm Cihazı.. 68
Şekil 3.28. Premier Tester 7000 Test Cihazı.. 69
Şekil 3.29. Olympus SZ61 stereo mikroskop.. 70
Şekil 3.30. Truburst Patlama Mukavemeti Test Cihazı..…..72
Şekil 3.31. Kumaşların koaksiyel tutucu metodu ile SE ölçümlerinin yapıldığı test düzeneği…….....73
Şekil 3.32. Koaksiyel tutucu metodu için ölçüm test düzeneği..…..74

Şekil 3.33. ASTM D-4935 standartına uyarlanarak yapılan flanşlı koaksiyel tutucu modeli…….....76
Şekil 3.34. ASTM D4935-99 ile uyumlu bir metot için test adaptörü.....76
Şekil 3.35. Ölçüm Aparatımızın Test Adaptörü.. 77
Şekil 3.36. Ekranlama etkinliği genel test düzeneği.. 79
Şekil 3.37. ETTM ekranlı oda ve pencere.. 80
Şekil 3.38. ETTM ekranlı oda iç kısım ve pencere.. 80
Şekil 3.39. Referans ölçüme ait örnek bir resim.. 81
Şekil 3.40. ETTM ekranlı oda dış kısım, pencere, kumaş, test düzeneği (anten ve RF güç yükseltici)…….....81
Şekil 3.41. Charleswater 99105 Yüzey Direnç Ölçüm Cihazı.. 82
Şekil 3.42. Ağartma (a), optik beyazlatma (b) ve boyama (c) diyagramları.. 84
Şekil 5.1. Eğirme metodu ve numara değişiminin, Rkm değeri üzerindeki etkisi …….. 104
Şekil 5.2. Eğirme metodu ve numara değişiminin, kopma uzaması (%) üzerindeki etkisi…….....107
Şekil 5.3. Eğirme metodu ve numara değişiminin, kütlesel düzgünsüzlük (%CVm) değeri üzerindeki etkisi.. 109
Şekil 5.4. Eğirme metodu ve numara değişiminin, tüylülük indeksi üzerindeki etkisi…….....112
Şekil 5.5. Eğirme metodu ve numara değişiminin, S3 değeri üzerindeki etkisi..114
Şekil 5. 6. Eğirme metodu, iplik numarası ve metal oranı değişiminin, Rkm değeri üzerindeki etkisi…….....117
Şekil 5.7. Eğirme metodu, numara ve metal çapı değişiminin kopma uzaması (%) üzerindeki etkisi…….....120
Şekil 5.8. Ne 24 siro ipliklerin ve metal tellerin özgül gerilme değerlerinin karşılaştırılması…….....123
Şekil 5.9. Ne 24 Siro numune ipliklerin ve metal tellerin uzama (%) değerlerinin karşılaştırılması…….....124
Şekil 5.10. Eğirme metodu, numara ve metal çapı değişiminin, S3 tüylülük değeri üzerindeki etkisi…… 125
Şekil 5.11. Yuvarlak örme makinelerinde üretilen kumaş numunelerinin patlama mukavemeti sonuçları…….....128

Şekil 5.12. Y1C, Y1S-a ve Y1S-b kodlu numune kumaşların ekranlama etkinliği test sonuçları…….. 130

Şekil 5.13. Y2C, Y2S-a, Y2S-b, Y2S-c, Y2S-d, Y2S-e kodlu numune kumaşların ekranlama etkinliği test sonuçları.. 131

Şekil 5.14. Y3S kodlu numune kumaşın ekranlama etkinliği test sonuçları.. 132

Şekil 5.15. Y4S kodlu numune kumaşın ekranlama etkinliği test sonuçları.. 133

Şekil 5.16. D4C ve D4S kodlu numune kumaşların ekranlama etkinliği test sonuçları…….....134

Şekil 5.17. D1C, D1S, D3C ve D3S kodlu numune kumaşların ekranlama etkinliği test sonuçları……. 135

Şekil 5.18. D2C, D2S kodlu numune kumaşların ekranlama etkinliği test sonuçları ……..136

Şekil 5.19. D1S ve D2S kodlu numune kumaşların ekranlama etkinliği test sonuçları…….....136

Şekil 5.20. Y1C, Y1S-a ve Y1S-b kodlu numune kumaşların ekranlama etkinliği test sonuçları…….. 137

Şekil 5.21. Y2C, Y2S-a, Y2S-b, Y2S-c, Y2S-d, Y2S-e kodlu numune kumaşların ekranlama etkinliği test sonuçları… 139

Şekil 5.22. Y3S kodlu numune kumaşın ekranlama etkinliği test sonuçları.. 140

Şekil 5.23. Y4S kodlu numune kumaşın ekranlama etkinliği test sonuçları. 141

Şekil 5.24. D4C ve D4S kodlu numune kumaşların ekranlama etkinliği test sonuçları…… …… 142

Şekil 5.25. D1C, D1S, D3C ve D3S kodlu numune kumaşların ekranlama etkinliği test sonuçları…….. 143

Şekil 5.26. D2C, D2S kodlu kumaşların ekranlama etkinliği test sonuçları.. 144

Şekil 5.27. D1S ve D2S kodlu kumaşların ekranlama etkinliği test sonuçları.. ...144

Şekil 5.28. Yuvarlak örme makinelerinde üretilen kumaş numunelerinin yüzey direnci ölçüm sonuçları……. 145

Şekil 5.29. Düz örme makinelerinde üretilen kumaş numunelerinin yüzey direnci ölçüm sonuçları…….....146

Şekil 5.30. Optik beyazlatma sonrası kumaşların WCIE değerleri.. 147

Şekil 5.31. Kumaşların optik beyazlatma sonrası Tw değerleri.. 150

Şekil 5.32. Boyama sonrası kumaşların K/S değerleri.. 153

1. BÖLÜM

GİRİŞ

Medeniyetin ilerlemesi ile elektrikli ve elektronik aletlerin günlük hayatımızdaki yeri ve önemi sürekli artmaktadır. Elektronik haberleşme ağları, radyo ve televizyon vericileri, uydu iletişim sistemleri, askeri hava savunma sistemleri, radarlar, otomobil ateşleme sistemleri, iş makineleri, evlerde kullanılan elektrikli ve elektronik cihazlar, tıbbi cihazlar, cep telefonları, baz istasyonları, bilgisayarlar v.b. tüm elektronik cihazlar ve sistemler çalışırken kasıtlı veya kasıtsız olarak çevreye elektromanyetik radyasyon yayarlar. Yaşamımızın her safhasına girmiş olan değişik frekans ve güçlerle çalışan tüm bu cihaz ve sistemlerin kullanımı hayatımızı kolaylaştırmakla birlikte "elektrosmog" olarak adlandırılan elektromanyetik çevre kirliliği sorununu da beraberinde getirmiştir.

Elektromanyetik çevre kirliliğinden korunmanın en basit ve etkili yolu, elektromanyetik radyasyon kaynağından uzak durmaktır. Fakat bu her zaman mümkün olmayacağı için farklı korunma yöntemleri geliştirilmiştir. Elektromanyetik radyasyondan korunmada kullanılan başlıca yöntemlerden birisi ekranlamadır. Ekranlamada kullanılan klasik metal malzemelerinin sınırlı esneklik, ağırlık, korozyon ve ekranlama verimliliğini ayarlama zorluğu gibi çeşitli dezavantajları bulunmaktadır. Günümüzde klasik ekranlama malzemelerinin dezavantajlarından dolayı ekranlamada daha hafif, esnek ve daha düşük maliyetli tekstiller tercih edilmektedir.

Statik elektriklenmeyi önleyici, elektromanyetik radyasyona karşı koruyucu özellikteki tekstil malzemelerine olan talep, değişen yaşam koşullarıyla birlikte giderek artmaktadır. Ayrıca farklı amaçlarla çeşitli elektronik devreleri ve optik kabloları yapısında ihtiva eden kumaşların kullanımının da giderek yaygınlaştığı görülmektedir.

Bu çalışmanın temel amacı, çeşitli metal ve alaşımlarını içeren kompozit ipliklerin üretim imkan ve kabiliyetlerinin araştırılmasıdır. Bu çalışmada, farklı tekniklerle metal içerikli kompozit iplikler üretilmeye çalışılacak ve üretilebilen kompozit ipliklerin fiziksel özellikleri incelenecektir. Bu kompozit ipliklerden farklı örgü yapılarında geliştirilen kumaşların elektromanyetik ekranlama ve çeşitli fiziksel özellikleri karşılaştırmalı olarak incelenecektir. Temelde geliştirilen kumaşlarda elektromanyetik kalkanlama özelliği hedeflendiğinden, elektromanyetik radyasyon, elektromanyetik radyasyonun etkileri, elektromanyetik radyasyondan korunma yolları, korunmada kullanılan malzemeler özellikle tekstil ürünleri noktasında detaylandırılarak incelenecektir.

2. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

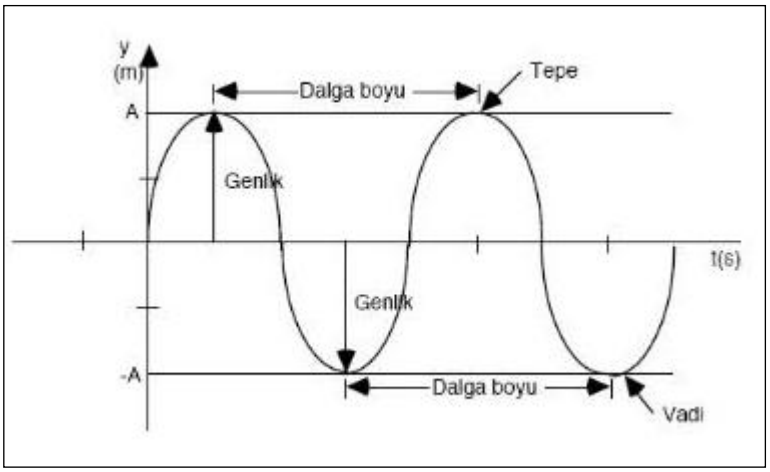
2.1. Elektromanyetik Alanlar

Elektromanyetik alan ya da dalga kuramı iki bağımsız değişken ile gösterilir. Bunlar elektrik alan (E) ve manyetik alan (H)'dır. E'nin birimi Volt/m ve H'ın birimi Amper/m'dir [1]. Elektrik yüklerinin hareketinden doğan, elektrik alan ve manyetik alan bileşenlerine sahip elektromanyetik enerji içeren kuvvet alanına elektromanyetik alan denir. Elektromanyetik alan bir çubuk mıknatısın kuzey-güney kutbu gibi durağan (statik) olabileceği gibi, herhangi bir frekansla salınım da yapabilmektedir [2]. Duran elektrik yükleri etrafında durgun bir elektrik alan oluşurken, hareketli yükler etrafında hem elektrik hem de manyetik alan oluşur. Bu alanlar "dinamik elektromanyetik alanlar" ya da yaygın bilinen ifadesiyle "elektromanyetik dalgalar" şeklinde ifade edilirler.

Elektromanyetik dalgalar, çoğu durumda çeşitli işlerin yapılabilmesi için bilerek üretilmektedirler. Örneğin; radyo haberleşmesi ya da TV resimlerinin alıcıya ulaşması, elektromanyetik dalgalar sayesinde olmaktadır [3]. Bu cihazların yaydığı dalgaları kasıtlı elektromanyetik radyasyon olarak sınıflandırabiliriz.

Her tür dalganın bir dalga boyu ve bir frekansı vardır. Sinüs ritmi şeklindeki dalga konvoyunda birbirini izleyen iki tepe noktası ya da iki çukur arasındaki uzaklık "dalga boyu" olarak tanımlanır ve lamda (λ) ile gösterilir [2].

Şekil 2.1'de dalga boyu şematize edilerek gösterilmiştir.



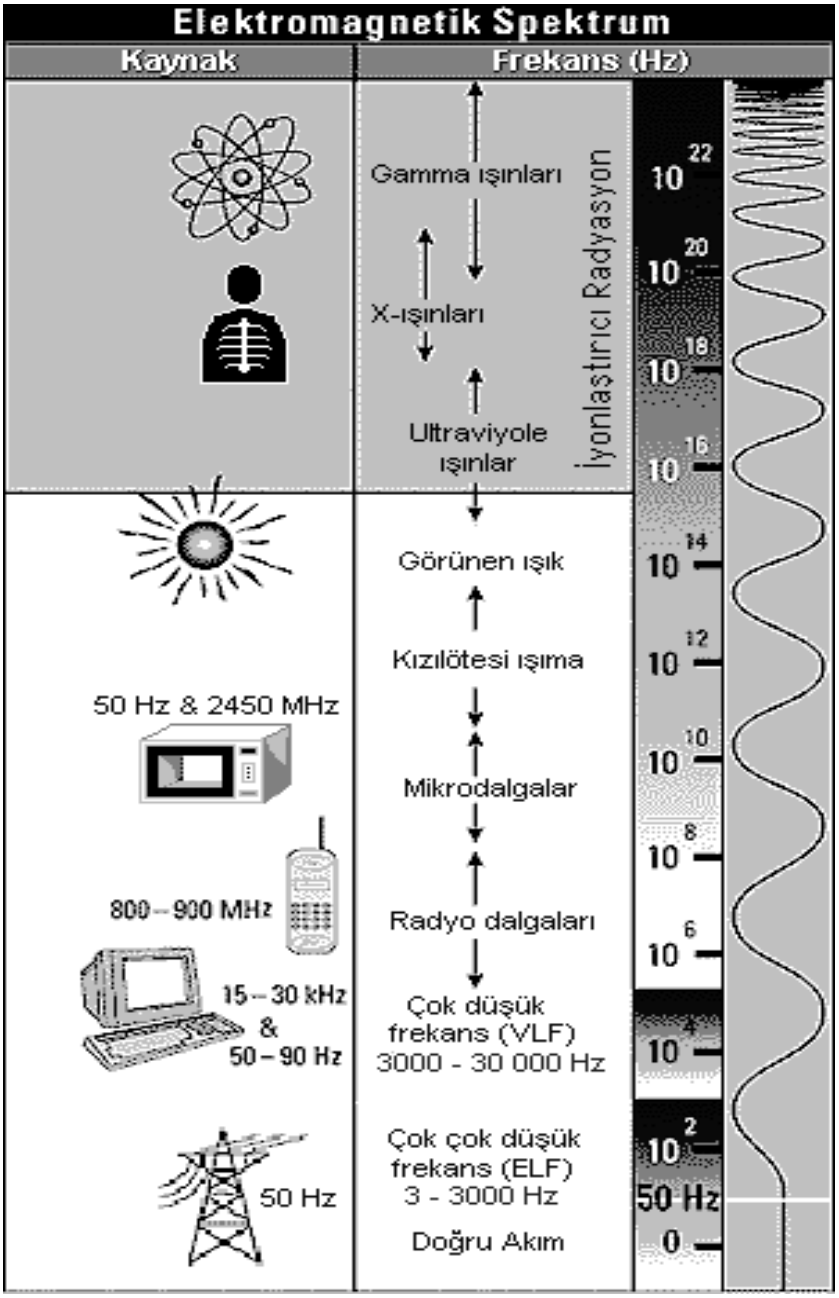
Şekil 2.1. Dalga boyu.

Elektromanyetik dalgaların özelliklerini belirleyen bir diğer önemli parametre ise frekans, yani saniyedeki dalga şeklindeki titreşim sayısıdır ve birimi Hz (1/s) ile gösterilir. Uzayda dalgaların yayılması ışık hızıyla ($c = 3x10^8$ m/s) gerçekleşmektedir [1].

Dalganın yayılma hızı ile frekans arasında ilişki (2.1) denkleminde verilmiştir.

Hız = Frekans x Dalga Boyu (2.1)

Elektromanyetik dalgalar, dalga boyuna ve frekansına bağlı olarak sınıflandırıldıklarında bir spektrum meydana getirirler ve spektrumda tüm ışınlar temelde birbirlerinden dalga boyları veya frekansları ile ayırt edilirler. Şekil 2.2'de çeşitli elektromanyetik dalga kaynakları bir elektromanyetik spektrum ile birlikte gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Elektromanyetik spektrumda önemli frekanslar [1].

Elektromanyetik spektrumda;

- 3 Hz – 3 kHz arası son derece düşük frekans bölgesi,
- 3 kHz – 30 kHz arası çok düşük frekans bölgesi,
- 10^{12} Hz'lere kadar olan bölge radyo dalgaları diye anılır.

- 10^{12} Hz'ler kızıl ötesi ışıma bölgesidir. Bütün nesneler bu frekanslarda ışınım yaparlar. Örneğin vücudumuzdaki ısının yaklaşık % 60'ı kızıl ötesi ışınım ile dışarı atılır.
- Görünür ışık frekansları 10^{14} Hz'lerdir. Bu frekansların üstü iyonlaştırıcı radyasyon bölgesi olup Mor ötesi, X ve Gama ışınları bu bölgededir [1].

Evlerdeki elektriksel tesisat ve güç iletim hatlarından yayılan elektromanyetik alanlar 50 Hz civarında frekansa sahip olup, bu frekanslardaki alanlara dalga boyu çok uzun (ELF, Extremely Low Frequency - Aşırı derecede düşük frekans) alanlar denir.

3 kHz - 300 GHz arasındaki frekans bölgesi radyo frekans bandı (RF, Radiofrequency) olarak tanımlanmıştır. Bu frekans uydu haberleşmeleri, cep telefonları gibi alanlarda kullanılır. Mikrodalga frekans bandı, RF bandı içinde yer alıp birkaç yüz MHz'ten birkaç GHz'e kadar olan frekans bandını kapsar. Mikrodalga enerjinin en tanıdık ve en yaygın uygulaması 2450 MHz'de çalışan mikrodalga fırınlardır [4].

X-ışınları gibi kısa dalga boylu elektromanyetik dalgalar, madde ile karşılaştıklarında, dalga olmaktan çok partikülmüş gibi tepki görür ve gösterirler. Gerçekte bu dalgalar enerji demetleri olup "kuantum" ya da "foton" adını alırlar [2]. Foton ışıma dalga enerjisini taşıyan bir parçacıktır [5]. Her bir foton tarafından taşınan enerji, bu radyasyonun frekansına bağlıdır [2].

Radyasyon sözcüğü, madde içine nüfuz edebilen ışınlar, yani girici ışınlar anlamında kullanılmaktadır [1, 2]. Nükleer (iyonlaştıran-iyonize) radyasyon; madde içerisinden geçerken enerjisini ortama aktarmak suretiyle, ortamdaki atomları doğrudan veya dolaylı yollarla iyonlaştıran radyasyon türüdür. İyonize radyasyona örnek olarak, x ve gama-ışınları ile α, β ve nötron parçacıklarının yayılması, gösterilebilir [1, 6]. Elektromanyetik radyasyon için, nükleer radyasyondan farklılığını vurgulamak adına, noniyonize (iyonlaştırmayan) radyasyon ifadesi kullanılmaktadır. Başka bir ifadeyle elektromanyetik dalgaların, madde ile etkileşmesinde moleküler seviyede kimyasal bağları koparacak miktarda enerjileri yoktur. Sabit telekomünikasyon cihazları olan baz istasyonları, radyo ve televizyon vericileri ile elektrik iletim hatları, trafo merkezleri ve elektrikli ev aletlerinden (mikrodalga fırınlar, traş makinesi, saç kurutma makinesi v.b.) kaynaklanan radyasyon, elektromanyetik radyasyon grubunda yer almaktadır [6].

2.2. Elektromanyetik Alanların (EMA) Etkileri

Elektromanyetik alanların nesneler ve canlılarla etkileşimleri frekansa göre değişiklik göstermektedir. Yüksek gerilim hatları gibi düşük frekanslı elektromanyetik radyasyon kaynaklarının manyetik alan etkileri daha baskın iken, cep telefonları, radyo-TV yayınları ve mikrodalga fırınlar gibi nispeten yüksek frekanslı elektromanyetik radyasyon kaynaklarının, elektrik alan etkileri daha baskındır.

2.2.1. Elektromanyetik Alanların İnsan Vücuduna Etkileri

İnsan bedeni fonksiyonlarının hepsi 1-250 mikrovolt gerilimli elektriksel sinyallerle sağlanmaktadır. Sinir sistemimiz 500.000 km uzunluğunda elektriksel donanıma sahip dev bir elektronik sistemdir. Elektromanyetik alanların dışarıdan bu hassas sisteme etki etmesi doğal dengeyi bozabilir [2].

X ve gama ışınları gibi kısa dalga boylu yüksek enerjili elektromanyetik dalgalar moleküllere çarptığında onları iyonlaştırarak, molekül yapısını bozmakta ve böylece olumsuz biyokimyasal tepkimeler sonucunda kanser oluşumunu kolaylaştırabilmektedir. Yapılan çalışmalarda X ve gama ışınlarına maruz kalan insanlarda, kanserlerin oluşumunun arttığı görülmüştür [2].

Ortamdaki iyonlaştırıcı olmayan elektromanyetik dalgaların etkisinde kalma sonucunda canlılarda ısıl ve ısıl olmayan etkiler olmak üzere iki tür etki oluşabilir [4].

Isıl olmayan etkilere bağlı olarak RF dalgaların etkili olduğu bozukluk ve hastalıklar arasında uyku bozuklukları, baş ağrıları, halsizlik, kusma, konsantrasyon bozukluğu, hafıza kaybı, reflekslerde zayıflama, kas ve eklemlerde ağrı gibi nörolojik etkiler, göğüs ağrısı, düşük veya yüksek tansiyon, kalp artışında hızlanma veya yavaşlama, nefes alma sıklığında değişim gibi kardiyolojik etkiler, sinuzit, bronşit, astım gibi solunum yolu sorunları, ciltte tahriş, kaşıntı, yanma, yüzde kızarıklık gibi dermatolojik etkiler, göz yanması, görme bozukluğu gibi etkiler ve sindirim sorunları, ağrı, burun kanamaları, bağışıklık sisteminde zayıflama, saç dökülmesi, kulak çınlaması, koku alma duyusunda bozulma bulunmaktadır [7]. Ancak bu riskler çok yüksek deneysel dozlar ve sürelerde geçerlidir [4]. Daha düşük seviyeli etkilenmeler için (örneğin; saç kurutma makinesi veya cep telefonları elektromanyetik alanının etkileri gibi) henüz epidemiyolojik

araştırmalarla kesin bulgular ortaya konmamıştır. Ancak bu durum mevcut şüphelerin göz ardı edilmesini de gerektirmemektedir. Konu ile ilgili riskler ve alınması gereken önlemler konusunda kamuoyunu bilgilendirmek amacı ile çeşitli çalışmalar yapılmakta ve halkın bilinçlenmesi için çaba harcanmaktadır [7].

Isıl etkiler, vücut tarafından yutulan elektromanyetik enerjinin ısıya dönüşmesi ve vücut sıcaklığını arttırması olarak tanımlanır. Vücut sıcaklığı artışı, ısının kan dolaşımı ile atılarak dengelenmesine kadar devam eder [4]. Canlı bir organizma, radyo frekanslı elektromanyetik alanlara maruz kaldığında, elektrik alanları, organizmadaki iyon gibi yüklü parçacıklar üzerinde bir kuvvet uygular ve onların hareket etmelerini sağlar. Elektrik akımının akması anlamına gelen bu harekete karşı gösterilen direnç ısı oluşumuna neden olmaktadır. Isı organizma içerisinde oluştuğu için, örneğin söz konusu organizma insan vücudu olduğunda, ısı algılayıcısı olan deri tarafından algılanması mümkün olamayacak ve vücut sıcaklığı kontrol sistemi olumsuz etkilenecektir. Bu ısıl etki nedeniyle insan vücuduna etki eden sürekli ve yüksek oranda elektromanyetik dalga, DNA ve RNA'nın hücre yenilemesini engellemektedir. Ayrıca aşırı oranda elektromanyetik dalgalara maruz kalındığında, vücutta kanserli hücrelerin oluşumuna neden olabilecek kimyasal değişimler oluşmaktadır [8].

Elektromanyetik enerji canlı bir dokuya geldiğinde, dokunun elektriksel özelliklerine bağlı olarak yutulur. Elektromanyetik enerjinin vücut dokuları tarafından soğurulma hızı "Özgül Soğurma Oranı" (Specific Absorption Rate - SAR) olarak adlandırılır ve birimi W/kg'dır (Watt/kilogram). SAR değeri, dokudan dokuya değiştiği gibi, doku içerisinde de noktadan noktaya (farklı noktalara farklı elektromanyetik enerji nüfuz edebileceğinden) değişir [1]. SAR, gelen dalganın frekansına, geliş açısına, canlı dokunun su muhtevasına ve biyolojik malzemenin elektriksel özelliklerine bağlıdır [2]. İnsan sağlığı açısından zararlı olabilecek sınırlamaları belirlemek için "temel limitler" ve "türetilmiş limitler" tanımlanmaktadır. İnsan vücudunda bir derecelik sıcaklık artışı için bir kilogram doku başına 4 W güç soğurulması gerekmektedir [6]. Standartlarda temel limit olarak 4 W/kg değeri kabul edilmiştir. Mesleki maruziyet için 10 kat, halk maruziyeti için 50 kat güvenlik payları esas alınarak temel limitler sırasıyla 0,4 W/kg SAR ve 0,08 W/kg SAR olarak belirlenmiştir. Bu değerler tüm vücut için 6 dakikalık maruziyet süresinde verilen SAR değeridir [9].

Çok düşük frekanslı (ELF) alanların (0 Hz - 10 kHz) kaynakları özellikle enerji iletim hatlarıdır. ELF alanlar insan vücudunda akımların doğmasına ve alanların etkisinde kalındığında saçların dimdik olması gibi bazı yüzeysel etkilerin doğmasına neden olurlar. Bu tip alanlar kalp pillerinin çalışmalarını, vücut içinde varsa bulunan diğer metal parçalarını (örneğin protezler), vücudun algılama mekanizmalarını (duygular), sinir ve kas hücrelerini etkiler. Alan şiddeti ne kadar büyükse etkileri de o oranda büyük olur [2].

Elektronik teknolojisinin geniş kapsamlı uygulamalarıyla çeşitli frekanslardaki elektromanyetik dalgalar tüm evrene yayılmaktadır. Bu dalgaların varlığı ise yüksek iletkenlik özelliğine sahip insan bedenine önemli ölçüde zarar vermektedir. Birleşmiş Milletler, elektromanyetik kirliliği, su, hava ve ses kirliliğinden sonra dördüncü önemli kirlilik olarak görmektedir [7].

2.2.2. Elektromanyetik Alanların Cihazlar Üzerindeki Etkileri

Elektromanyetik dalgaların ortam içinde ne oranda bulundukları elektrikli cihazların uygun biçimde çalışabilmesi bakımından da önemlidir. Örneğin; yüksek gerilim hatları yakınından geçen helikopterin kontrolünü yitirerek düşmesi, güçlü radar sinyallerinin olduğu havaalanı yakınlarında elektronik kumandalı ateşleme sistemine sahip otomobillerin çalışmaması ya da kilitlenmesi, PC bilgisayar yakınında çalışan televizyonların karlanması gibi olaylarla sık sık karşılaşılmaktadır. Bu tip sorunlardan dolayı elektrikli cihazların çalıştığı ortamlarda elektrik ve manyetik alan şiddetlerinin belli bir değerin üzerine çıkması istenmez [2]. Elektrik/elektronik cihazlardan yayılacak olan elektromanyetik alanın şiddetinin değerleri belirlenirken, sadece cihazların hatasız çalışabilmeleri ve çalışırken de başka cihazların performansını düşürmemeleri istenir. Bu konu Elektromanyetik Uyumluluk (Electromagnetic Compatibility-EMC) olarak adlandırılır. EMC mühendisliği girişim kaynağının etkilerini en aza indirmek, girişimden etkilenen cihazın alınganlığını gidermek ya da girişim yolunu ortadan kaldırmak konuları ile ilgilenmektedir [1].

2.3. Elektromanyetik Alanlardan Korunmada Kullanılan Malzemeler

Ekranlama amacıyla kullanılacak malzeme; iyi elektrik iletkenliğine (dalgaların malzemeye nüfuzunu mimimize etmek için) ve yüksek manyetik geçirgenliğe sahip olmalıdır (manyetik enerjiyi ısıya çevirmek için) [9].

Yüksek elektrik iletkenliğine sahip malzemeler yüksek frekans aralığında (>300MHz) elektromanyetik ekran olarak davranabilirler. Pratikte, iyi iletkenler elektrik bileşeni E ve manyetik bileşeni H'ı eşit olarak azaltırlar. Frekansın 30 MHz'den düşük olduğu durumlarda manyetik bileşen H'ın azaltılması çok zordur ve sadece ferro-manyetik malzemelerle mümkündür [10]. Bu yüzden elektriksel ekranlama için mükemmel iletken duvarlar kullanılırken, manyetik ekranlama ferro-manyetik malzemelerden oluşan filtrelerle sağlanır [11]. Bazı uygulamalarda, sadece elektrik bileşeni E'nin azaltılması yeterlidir [10]. Alüminyum folyodan oluşan ince metal perdeler bile bazen yeterli elektriksel ekranlama sağlayabilir [12].

Elektromanyetik radyasyona karşı elektriksel olarak iletken tekstiller de iyi ekranlama malzemesi olarak kullanılabilirler. Tekstil bariyerleri, esnekliklerine, hafifliklerine, dayanıklılıklarına, kolay bakım ve iyi dikilebilirlik özelliklerine göre sınıflandırılabilirler. Bu özellikler, elektrosmoga karşı potansiyel uygulama alanlarını, iç giyimden (pijama, gecelik), ev tekstilleri, çarşaf, battaniye, perde, duvar kâğıdı, spor kıyafetleri, çeşitli iş ve koruyucu giysilere kadar genişletmektedir. Tekstil ürünlerine elektriksel olarak iletken özellik kazandırmak için uygulanan yöntemleri genel olarak 3'e ayırmak mümkündür:

- Elektriksel olarak iletken polimerlerin kullanımı,
- Elektriksel iletkenlik kazandıracak kaplama tekniklerinin uygulanması,
- Elektriksel olarak iletken ipliklerin kullanımı.

2.3.1. Klasik Malzemeler

Elektromanyetik ekranlamada kullanılan klasik malzemeler; metal levha, metal ağ, metal köpüğü olarak sıralanabilir. Ekrandaki ya da ağdaki delikler dışarıda tutulan radyasyonun dalga boyundan kayda değer şekilde küçük olmalıdır, aksi takdirde muhafaza etkin bir koruma sağlayamaz [13]. Bu tip malzemeler; radyo dalgaları,

görünür ışık, elektromanyetik ve elektrostatik alanların etkisini azaltmaktadır. Bu azalmadaki miktar:

- Kullanılan malzemeye,
- Ekranı oluşturan parçaların birleştirilme şekline,
- Elektromanyetik dalganın frekansına, bağlıdır [13, 14].

2.3.2. Kompozit Malzemeler ve İletken Polimerler

Birbirlerinin zayıf yönlerini dengeleyerek üstün özellikler elde etmek amacıyla bir araya getirilmiş değişik tür malzemelerden veya fazlardan oluşan malzeme sistemine kompozit malzeme denilmektedir [15].

Kompozit malzemelerin kullanımı metallere göre sağladıkları üstün özellikler nedeniyle gün geçtikçe artmaktadır. Kompozitlerin özgül ağırlıklarının düşük oluşu, bu malzemelerin hafif konstrüksiyonlarda kullanımında büyük bir avantaj sağlamaktadır. Bunun yanında, lif takviyeli kompozit malzemelerin korozyona dayanımları, ısı, ses ve elektrik izolasyonu sağlamaları da ilgili kullanım alanları için bir üstünlük sağlamaktadır [16].

Elektromanyetik girişime (EMI-Electromagnetic Interference) karşı ekranlamada kompozitlerin kullanımı da oldukça yaygındır. Bu tarz kompozitlerin üretiminde sıkça kullanılan iki metot; plastik yüzeyini iletken bir malzeme ile kaplamak ve polimeri iletken bir dolgu malzemesi ile birleştirmek şeklinde belirtilebilir [5].

Özellikle plastik muhafazaya sahip elektronik aletlerde, muhafazanın iç yüzeyini metalik mürekkep veya benzer malzeme ile kaplamak, yaygın olarak kullanılan bir ekranlama metodudur. Mürekkep uygun bir metal (tipik olarak bakır veya nikel) ile yüklenmiş çok küçük partiküller halindeki taşıyıcı materyalden oluşur. Bu mürekkep muhafazaya püskürtülür ve kuruduktan sonra, sürekli iletken bir metal tabaka oluşturarak etkin bir ekranlama sağlar [13].

İletken dolgu malzemesi kullanımında, dolgu malzemesi olarak iletken liflerin kullanımı; iletkenliği sağlamakla kalmayıp oluşan kompozit yapının dayanımını da arttırmaktadır [5]. Chiang ve Cheng tarafından yapılan bir çalışmada, iletken plastik, çift

vidalı ekstruderde iletken karbon lifinin akrilonitril-bütadien-sitren (ABS) ile birleştirilmesi ile elde edilmiştir. Bu çalışmada farklı proses şartlarında üretilen plastik malzemeler için elde edilebilen en iyi ekranlama değeri 30 desibel (dB) bulunmuştur [16]. ABS reçineleri, iyi fiziksel özellikleri ve diğer mühendislik polimerlerinden oldukça düşük maliyetleri nedeniyle, elektronik ev cihazlarında, iletken kompozitlerin bir matrisi olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır. İletken karbon lifinin eldesinin kolay olması ve diğer metal liflerden ucuz olması, ekranlama amacıyla üretilen kompozit malzemelerde karbon lifinin kullanımını yaygınlaştırmaktadır. Kompozit malzemedeki karbon lif içeriği ve lif uzunluğunun, EMI önlemede iki önemli faktör olduğu da belirtilmiştir [5].

Yang ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada paslanmaz çelik lifler ve nikel kaplı grafit lifler ile doldurulmuş, enjeksiyonla şekil verilmiş ABS disklerin EMI ve SE değerleri araştırılmıştır. Çalışmada; aynı şartlarda (lif uzunluğu ve ağırlık yüzdesi olarak), paslanmaz çelik lif doldurulmuş disklerin, nikel kaplı grafit lif doldurulmuş disklere göre SE değerlerinin daha iyi olduğu ortaya konulmuştur [17].

Günümüzde nano karbon lifi ve karbon nanotüp uygulamaları da artmıştır. Düşük miktarlarda karbon nanotüp uygulandığında bile yüksek iletkenlikler elde edilmiştir. Örneğin; kütlece % 3 çok duvarlı karbon nanotüp dolgulu polikarbonat ürünler % 15 karbon lif dolgulu ürün ile aynı iletkenlik değerini göstermektedir. Tek duvarlı karbon nanotüplerde ise aynı iletkenliğe kütlece % 1'in altında ulaşmak mümkündür. Dolgunun homojen dağılımı da elektromanyetik ekranlama açısından son derece önemlidir [5].

Polimerler, monomer adı verilen küçük moleküllerin art arda dizilmesiyle oluşan uzun zincirli yapılardır. Bu yapılar naylon poşetlerden, araba lastiklerine kadar pek çok alanda kullanılmaktadır. Polimerlerin elektronik parçaların iç kısımlarında kullanımına sık rastlanmaktadır. Bu tip uygulamalarda tasarımcılar, yükü dağıtan ve elektromanyetik enerjiyi ekranlayan termoplastik malzemelere ihtiyaç duymaktadırlar [18]. Polimerlerin elektrik iletkenliğini arttırmak için iletken veya katkı maddeleri ile karıştırılması gerekmektedir. İletken polimer materyaller elde etmek için şimdiye dek, kesikli paslanmaz çelik lifleri, karbon parçaları, kesikli karbon lifleri gibi lifler kullanılarak birçok çalışma yapılmıştır. Üretim yöntemleri iletken elemanlarla termoplastik yüzeylerin kaplanması veya karıştırılması şeklindedir [19].

İletken polimerler, 1979'lu yıllardan beri bilinen ve uygulamaları olan malzemelerdir. Bu malzemeler, askeri amaçlarla, sağlık bilimleri, elektronik, bilgisayar teknolojisi gibi pek çok alanda kullanım alanı bulmuşlardır. 1979'da polipinol denen malzemenin, elektrolitik yöntemlerle elektrot üzerinde üretildiğinde kendiliğinden iletken hale geldiği saptanmıştır. Bir süre sonra da pirol ve tiyofen adı verilen malzemelerin türevlerinden iletken maddelerin sentezlenmesi gerçekleştirilmiştir. Bu polimerler, bazı özel uygulamalar için (örneğin iletken polimerler) çok düşük akımlar üretmeleri ve çok uzun ömürlü olmaları nedeniyle kalp pillerinde elektrod olarak kullanılmışlardır. Bu malzemelerin elektromanyetik ekranlamada da kullanılabileceği anlaşılmıştır. Radyo frekansı ya da kızılötesi dalgalar gibi gönderilen bütün radyasyonu emdikleri için bu polimerler radar dalgalarına karşı görünmez cihazların yapımında kullanılmışlardır [20].

Lee ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada; Polianilin ile gümüş, grafit ve siyah karbon gibi iletken tozların karışımlarının EMI ve SE değerleri, ASTM D4935-89 tekniği ile 10 MHz–1 GHZ frekans aralığında ölçülmüştür. Polianilin, polipyrol ve poliasetilenin, bakıra kıyasla yüksek ekranlama verimliliği gösterdiğini belirtmişlerdir [5, 21]. İletken polimerler; yüksek özgül dayanım, sertlik ve film formuna dönüştürme avantajları nedeniyle giderek daha fazla önem arz etmektedirler. Ancak bu polimerler oldukça pahalıdırlar. Olası "plastik metal" malzemeler; antistatik kaplamalar, EMI koruma ve düşük gramaj, esneklik ve yüksek iletkenliğin gerekli olduğu; tekstil, elektronik, haberleşme, savunma sanayi ve diğer alanlarda kullanılabilecektir [5].

2.3.3. Elektro-İletken Boyalar

Elektro-İletken boyalar, nikel, bakır, gümüş veya grafit tozu gibi elektriksel olarak iletken dolgu maddesi ile karıştırılmış akrilik, akrilik-üretan ve üretan reçine gibi yapıştırıcılardan oluşan katı madde içeriğine sahiptir. Elektro-iletken boyanın ekranlama kapasitesi, boyanın kalınlığı ile doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle fonksiyonel amaçlar için boyayı kalın ve uniform uygulamak önemlidir [22]. Bu boyalar doğru şekilde uygulandığında elektromanyetik alanlara karşı etkin bir ekranlama sağlamaktadırlar.

Şekil 2.3'de ekranlama amacıyla kullanılan koruma boyalarının örnek bir uygulaması görülmektedir. Örnekte boyanın uygulama amacı konut yakınında bulunan cep telefonu baz istasyonunun yaydığı radyasyona karşı koruma sağlamaktır. Boya uygulamasından

sonra radyasyon seviyesi/güç değişim yoğunluğu (power flux density) 0.08 $\mu W/m^2$'ye düşmüştür [23].



(a) Cep telefonu baz istasyonu.



(b) Koruma boyasının uygulanması.



(c) Radyasyon seviyesi / güç değişim yoğunluğu.

Şekil 2.3. Ekranlama Amacı ile Kullanılan Koruma Boyası Uygulaması [23].

2.3.4. İletken İplikler ve Kumaşlar

Sınırlı mekanik esneklik, ağırlık, korozyon ve ekranlama verimliliğini ayarlama zorluğu klasik ekranlama malzemelerinin dezavantajlarıdır. Klasik ekranlama malzemelerin bu dezavantajlarından dolayı ekranlamada daha hafif, esnek ve nispeten de daha düşük maliyetli tekstiller tercih edilmektedir.

Elektromanyetik ekranlama özelliği gösteren tekstil yapılarını iletken iplik kullanılarak üretilen tekstiller ve çeşitli bitim işlemleri ile iletkenlik özelliği kazandırılan tekstil yüzeyleri olarak iki grup altında inceleyebiliriz.

İletken iplikleri de dört temel grup altında incelemek mümkündür:

1. Kesik elyaf ya da kontinü halde % 100 metal iplikler.
2. Kesik elyaf ya da kontinü halde % 100 iletken sentetik iplikler.
3. Kesik elyaf/kontinü metal ipliklerin sentetik veya doğal liflerle karışımı şeklinde üretilen iplikler.
4. Kesik elyaf/kontinü halde iletken sentetik ipliklerin sentetik veya doğal liflerle karışımı şeklinde üretilen iplikler.

% 100 metalin kontinü halde çıplak olarak kumaş üretiminde kullanımı üretim ve kullanım esnasında çeşitli problemlerin oluşmasına neden olmaktadır. Bu yüzden metal ipliklerin sentetik veya doğal liflerle karışımı şeklinde üretilen iletken iplik kullanımı tercih edilmektedir. Tekstilde iletken iplik üretiminde yaygın olarak paslanmaz çelik, gümüş ve bakır gibi metaller ve iletken sentetik iplikler kullanılmaktadır. Metaller kullanılarak üretilen iletken ipliğin iletkenlik derecesi, kullanılan metalin iletkenlik derecesine ve metalin iplikteki oranına bağlı olarak değişmektedir. Kullanılan metaller arasında iletkenlik derecesi en yüksek olan metal bakırdır.

Kesik elyaf/kontinü metal ipliklerin sentetik veya doğal liflerle karışımı şeklinde üretilen metal iplikler farklı üretim yöntemleri ile elde edilebilirler.

Literatürde, iletken ipliklerle ilgili çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Lou, çalışmasında modifiye edilmiş ring iplik eğirme makinelerinde elastan yerine bakır ve paslanmaz çelik tel kullanmıştır. Lou, merkezde kullanılan metal tipinin, besleme pozisyonunun, fitil tipinin, büküm seviyesinin ve üretilen iplik numarasının üretilen core-spun ipliklerin tüylülük ve mukavemet özelliklerini ne şekilde etkilediğini incelemiştir [24]. İletken kompozit core spun iplik; anti-elektrostatik ve elektromanyetik radyasyona karşı ekranlama özelliğine sahip örme ve dokuma kumaşların üretiminde kullanılabilir.

Başka bir çalışmada Cheng ve arkadaşları, açık-uç friksiyon iplik eğirme tekniği ile çalışan DREF III model makinede merkezinde paslanmaz çelik tel, örtü lifi olarak ise paslanmaz çelik, kevlar ve viskon kesik elyafının kullanıldığı iplikler üretmişlerdir. Ardından bu iplikleri, farklı konstrüksiyonlardaki dokuma kumaşların üretiminde kullanmışlardır. Üretilen kumaşlara uygulanan testlerle, kumaşların, elektriksel olarak iletkenliği ve elektromanyetik radyasyona karşı koruyucu özellikleri araştırılmıştır [25].

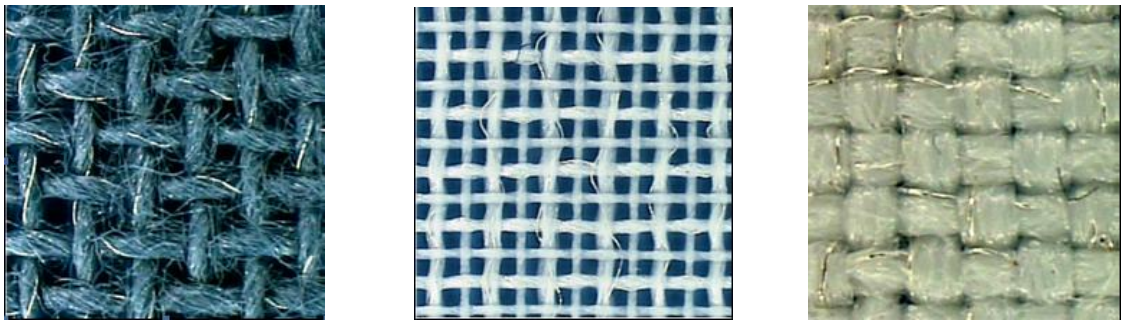
Chen ve arkadaşları kaplama metodu ile ürettikleri, merkezde bakır, sargı lifi olarak da paslanmaz çelik içeren kompozit iplikleri, dokuma ve örme tekniklerinin bir arada kullanıldığı bir sistemle kumaş haline getirmişlerdir. Ardından bu kumaşları, elektromanyetik radyasyona karşı koruyucu özellikte kompozit malzeme üretiminde güçlendirici eleman olarak kullanmışlardır [26].

Ueng ve Cheng, açık-uç friksiyon iplik eğirme tekniği ile kompozit iplikler üretmişlerdir. Ardından bu ipliklerden mamul iletken dokuma kumaşların elektromanyetik ekranlama ve elektrostatik deşarj özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmanın sonucunda, kumaşların elektromanyetik ekranlama özelliği ile elektrostatik deşarj özelliğinin, kumaşın konstrüksiyonuna, sıklıklarına ve yapısındaki iletken madde oranına göre değiştiğini belirtmişlerdir [27].

Elektromanyetik alanların zararlı etkilerinden korunmak amacı ile iletken ipliklerden üretilen dokuma ve örme kumaşlar kullanılabilmektedir. Tekstil yüzeylerinin elektromanyetik ekranlama özelliği göstermesi için sürekli bir iletken yüzey elde edilmesi gerekli değildir. Özünde iletken bir tel (paslanmaz çelik, bakır) ihtiva eden özlü ipliklerden oluşturulan yüzeyler, atkı boyunca ve/veya çözgü boyunca iletkenlik sağlarken, ekranlama etkisi de sağlamaktadırlar. Bu iplikler kullanılarak oluşturulan örme veya dokuma yüzeylerinin ekranlama verimliliğinin atkı ve çözgü sıklığı artışı ile de arttığı belirlenmiştir [5].

Elektromanyetik alanların zararlı etkilerinden korunmak için kumaşlar etek, ceket astarlığı, perde, cibinlik, iç giyim, koruma çantası, çadır gibi farklı uygulamalar için üretilebilmektedir. Şekil 2.4'de elektromanyetik alanlara karşı ekranlama özelliği olan ve farklı uygulama alanlarında kullanılan kumaş örnekleri görülmektedir. Şekil 2.4 (a)-(b) ve (c) deki kumaş örneklerinin üçünde de atkı ve çözgü yönünde cm'de 18 adet 0,02

mm çapında bakır kaplı mono filament gümüş renkli karışım iplikler bulunmaktadır. Özdeş metal yoğunluğuna göre tüm kumaşlar aynı ekranlama özelliğine sahiptir. Kullanılan metalik ipliklerin kalınlıkları ekranlama etkinliğini değiştirmemektedir. Sadece atkı ve çözgü yönündeki metal iplikler arasındaki mesafe önemli bir faktördür. Sadece atkı ve çözgü yönünde eşit mesafede mono filamentler içeren kumaşlarla yeterli SE değeri sağlanabilmektedir [28].



(a) (b) (c)

Şekil 2.4. Elektromanyetik alanlara karşı ekranlama özelliği olan kumaş örnekleri.
a- Astarlık kumaş pamuk / gümüş kaplı özde bakır filament
b- Perde kumaşı, PES filament iplik/gümüş kaplı bakır filamenti (büküm) ve PES mono filamenti
c- Çadır kumaşı PES / gümüş kaplı bakır filament (hava jeti)

Elektromanyetik radyasyondan korunma için üretilen tekstil yüzeylerini, kullanım alanlarına göre de iki temel grup altında incelemek mümkündür. Bunlar:

1. Sağlık alanında kullanılan tekstil yüzeyleri.

2. Endüstri ve savunma sistemlerinde kullanılan tekstil yüzeyleri.

Şekil 2.5'de elektromanyetik alanlara karşı ekranlama özelliği olan kumaşların kullanım alanlarına çeşitli örnekler görülmektedir.



(a) Koruyucu cibinlik.



(b) Koruyucu giysi.

Şekil 2.5. Elektromanyetik radyasyondan koruyucu tekstil ürünlerinin çeşitli kullanım alanları.

Belirli kimyasal bileşenler (örneğin dördüncül amino tuzlar, yağ asitlerinin modifiye esterleri, poliglikol türevleri ve fosforik asit esterleri) içeren anti-elektrostatik terbiye işlemleri de tekstil ürünlerinin elektro-iletkenliklerini artırmanın geleneksel yöntemlerindendir. Ancak, elyaf yüzeyinde birikinti yapmaya dayanan bu metotlar, ürünün kullanımı esnasında düşük yıkama ve sürtünme dayanımlarından dolayı istikrarlı bir iyileştirme etkisini garanti etmezler [29].

Elektriksel iletken veya elektromanyetik ekranlama özelliği göstermeyen konvansiyonel tekstil yüzeyleri (dokuma, örme, dokusuz yüzey) bazı metotlarla metalize de edilebilmekte ve bu şekilde elektromanyetik ekranlama özelliği kazandırılabilmektedir. Bu metotları dört ana gruba ayırabiliriz:

1. Yüzeylerin doğrudan kaplanması: Tekstil yüzeyine, içerisinde iletken katkı maddeleri bulunan bir çözeltiyi köpükle kaplama yöntemiyle uygulamak veya iletken bir folyonun yüzeye uygulanması ile sağlanmaktadır. Kaplamadaki en önemli sorun ise; kumaşın lifleri arasında bir köprü oluşturan kaplamanın harekete maruz kaldığında kırılmalar göstermesidir [5].

2. Kimyasal polimerizasyon metodu: İletken bir polimerin ve çeşitli katkı maddelerinin kumaş yüzeyi üzerinde sentezlenmesi ile iletken yüzey oluşturulmaktadır [5].

3. Vakum kaplama metodu: Vakumlu ortamda metallerin buharlaştırılarak, metal atomlarının kaplanacak ürünün yüzeyinde yoğuşması ile elde edilen kaplama işlemidir. Homojen bir dağılım elde etmek ve solüsyon özelliklerini değiştirerek prosesi kontrol altında tutmak mümkündür [5].

4. İyon implantasyon metodu: İyon implantasyonu yüksek vakum içerisindeki metal iyonların bir ışın yoluyla katı içine doğru gömülmesi ve böylece katının yüzeye yakın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin modifiye edilmesi prosesidir. İyonlar malzemede yavaşladıkça, iyon enerjisine, iyonun gelme açısına ve alt tabaka bileşimine bağlı olarak, birkaç nanometre'den birkaç mikrometre'ye kadar değişen aralıktaki derinliklerde dağılırlar [30]. Bu şekilde tekstil yüzeylerinin elektriksel iletkenlik, optik, mekanik, anti bakteriyel vb. özellikleri modifiye edilebilmektedir. İyon implantasyonu, bir ya da daha çok elemente ait yüksek enerjili iyon ışınlarının, katının yüzeyine girişine izin veren bir prosestir. Diğer yüzey işlemlerindeki gibi, iyon implantasyonu ara yüzey oluşturmaz. Başka bir deyişle, bir kaplama değildir [5].

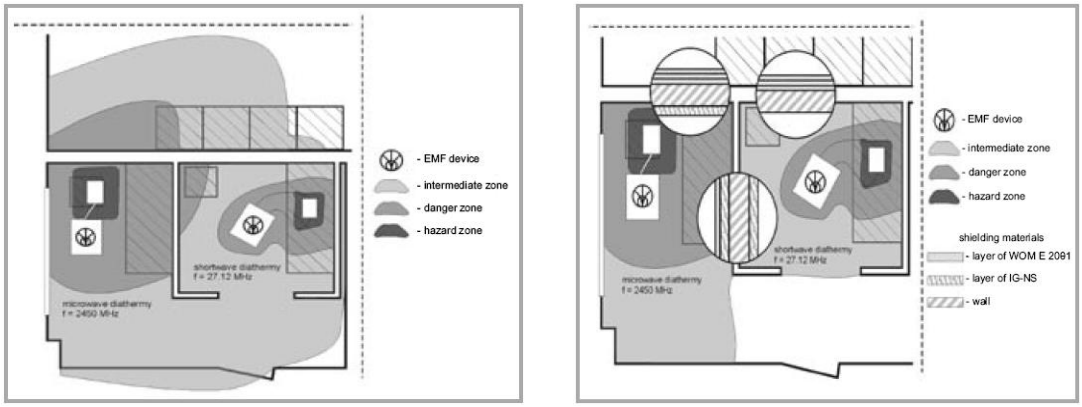
Literatürde iletken tekstil yüzeyleri ile ilgili çeşitli araştırmalar bulunmaktadır. Cheng ve arkadaşları çalışmalarında özlü iplik kullanarak, değişik örgü ve değişik sıklıklarda oluşturdukları dokuma kumaş yapılarında 30 MHz–3000 MHz frekans aralığında, 30-50 dB koruma verimliliği değerlerini belirlemişlerdir [5].

Aniołczyk ve arkadaşları, çalışmalarında elektrik iletken tekstilleri elektromanyetik ekranlama malzemesi olarak pratikte kısa-dalga ve mikrodalga diyaterminin (elektrik akımıyla vücut dokularına ısı verme) kullanıldığı fizyoterapi için uygulamışlardır. Fizyoterapide kullanılan belirli cihazların bulunduğu ortamda, fizyoterapistlerin işyerlerinde elektromanyetik alan bulunur. Bu işyerlerinde elektromanyetik alan etkisine karşı önlem almak gerekmektedir. Kısa dalga diyaterminin (27.12 MHz) ve mikrodalga diyaterminin (2450 MHz) çalışması esnasında fizyoterapi işyerlerinde oluşan elektromanyetik alan sadece yakındaki diyatermi odalarına değil, aynı zamanda yan odalara da etki etmektedir. Bu odalar genellikle görüşme odaları, rehabilitasyon odaları ve koridorlardır [10].

Aniołczyk ve arkadaşlarının çalışmalarında, Tekstil Araştırma Enstitüsü'nde (Lodz, Polonya) üretilen Nitril-Static (Cu_xS_y ile modifiye edilmiş PAN lifleri) lifleri ile

üretilmiş kumaşların iyi ekranlama verimliliği sağladığı görülmüştür. Tekstil Araştırma Enstitüsünde 15 yıl süreyle ticari ismi Nitril-Static olan metal tuzlu Polyacrylonitrile (PAN) lifi üretilmiştir. Genel olarak 3,3 dtex/60 mm kesik elyaf lifler modifikasyona tabi tutulmuşlardır. Nitril-Static liflerinin en önemli parametresi özgül dirençtir. Elyafların %87'den fazlası 1-5Ω aralığında özgül dirence sahiptir. Elektrik iletken lifler diğer liflerle birlikte kullanılmaktadır. Ekranlama verimliliği için iki tip tekstil ürünü incelenmiştir: %75 elektrik iletken PAN lifi ve %25 polyester filament iplikten oluşan WOM-E dikişle birleştirilmiş dokusuz yüzey ve %100 elektrik iletken lif içeren IGNS iğnelenmiş dokusuz yüzey. İki ürün de yüzey ağırlığı ve kalınlık açısından oldukça farklı, fakat benzer yüzey direnç seviyesine sahip ve aynı zamanda elektrik iletkendirler. Tekstil ürününün tipine, modifikasyon derecesine ve elektromanyetik alan frekans aralığına bağlı olarak, elektrik bileşeni önemsenmeyecek kadar küçük değerlerden 60 dB'e kadar ve manyetik bileşen 0 ile 4 dB arasında azalmaktadır [10].

Şekil 2.6 gerçek koşullarda, yani fizyoterapi odasında, bireysel olarak korunmuş alanlarda tasarlanan ekranlamadan önce ve sonra elektromanyetik alan dağılımını göstermektedir [10].



(a) Ekranlamadan önce (b) Ekranlamadan sonra

Şekil 2.6. Ekranlamadan önce ve sonra fizyoterapi odasının içinde ve dışında elektromanyetik alan dağılımı.

Sağlık işyerlerindeki cihazların özel ihtiyaçlarından (sterilizasyon, duvar, perde ve ekranların renkleri vs.) dolayı odaların koruma yönteminde özel sınırlamalar gereklidir. Özel tecrübe gerektiren durumlarda ekranlama verimliliğinin periyodik kontrolünün

yapılması gerekebilir. Elektro-iletken tekstillerden yapılmış ekranlama malzemeleri kullanımıyla düşük maliyetle istenilen sonuç elde edilebilir. 2001 yılında tekstil malzemeleri kullanılarak iki hastanenin rehabilitasyon odaları ve bir tıbbi servis odasına ekranlama yapılmıştır [10].

Pinar ve Michalak çalışmalarında insan sağlığını statik elektriğe karşı korumak için üretilen koruyucu örgü kumaşların elektrostatik özelliklerini incelemişlerdir. Elektro-iletken elyaflar içeren iplikler kullanarak istikrarlı anti-elektrostatik özelliklere sahip örgü kumaşlar geliştirmişlerdir. Koruyucu giysi üretiminde elektro-iletken elyaf kullanımının özel avantajı, diğer yöntemlere göre, anti-elektrostatik efektin stabil olması ve havadaki rutubete bağlı olmamasıdır. Bir diğer avantaj da, anti-elektrostatik özellikleri korurken başka koruyucu özellikler elde edebilmek için terbiye işlemlerinde farklı kimyasallar kullanılabilmesidir [29].

Pinar ve Michalak, örgü yapıları çözgülü örme ile üretmek üzere geliştirmiş ve elektro-iletken ipliğin periyodik olarak, temel iplikten üretilmiş zeminin içerisinde çalışacağını varsaymışlardır. Test materyalleri üç iğneli sağ/sol çubuk örgülü kumaşın üç varyantıdır. Varyantlar zeminin PES ile doldurulma derecesine göre ayrılmışlardır. Elektro-iletken iplikler örgü kumaş yapılarında düşey atkı formunda yerleştirilmişlerdir. Uygulanan örgülerle, karışık yapıda anti-elektrostatik kumaşlar elde edilmiştir. Elektro-iletken iplik içeriğindeki farklılıklar, temelde zeminin polyester iplik tarafından dolgu derecesinden kaynaklanmaktadır. En düşük zemin dolgu derecesine sahip varyant, en yüksek elektro-iletken iplik içeriğine sahipken, tam tersi şekilde en yüksek zemin dolgu derecesine sahip varyant elektro-iletken iplik içeriği en düşüktür. Sonuçların analizine göre; elektro statik özellikler sadece örgü kumaş yapısındaki elektro-iletken iplik içeriğine değil, aynı zamanda zeminin yapısal özelliklerine de bağlı olduğu belirlenmiştir. Geliştirilen örgü kumaşlar statik elektrik ile ilgili koruma gerekliliklerini sağlamakla kalmayıp aynı zamanda bugüne kadar kullanılmış olan anti-elektrostatik dokuma kumaşlarla karşılaştırıldığında temel avantaj olan yüksek hava geçirgenliğine sahiptirler. İlave olarak, geliştirilen örgü kumaşlar yüksek boyutsal stabiliteye de sahiptirler. Çözgü örme tekniği ile anti-elektrostatik materyallerin üretim teknolojisi, bugüne kadar kullanılan koruyucu giysileri için üretilen dokuma kumaş teknolojisine göre yenilikçi bir çözümdür [29].

Elektromanyetik radyasyon cephane çeşitlerini de etkileyebilmektedir. Bu yüzden tanksavar mayınlar ve güdümlü roket gibi silah sistemlerinin kullanımı yüksek derecede sorumluluk ve tedbir gerektirmektedir. Böyle silahların elle ve araçla taşınması, depolanması sırasında hiç kimsenin risk altında olmaması sağlanmalıdır. Aynı zamanda taktiksel hareket kabiliyetinin elektromanyetik radyasyondan olumsuz olarak etkilenmeyeceği de garanti edilmelidir. Elektromanyetik alan seviyesi çok yüksek ise, elektromanyetik radyasyon silah sistemlerine zarar verebilir. Elektrik akımı silahın içine geçebilir. Bu akım istenmeyen bir ateşlemeye, insanlar ve nesneler üzerinde bu ateşlemeden kaynaklanan büyük bir zarara neden olabilir. Silahın içerisine geçen akım ayrıca, silah sisteminin bileşenlerinde sıcaklık artışını meydana getirir. Eğer ısı belli bir seviyeyi geçerse bileşen zarar görecektir. Silah çalışması gerektiği halde çalışmayacaktır. Tank savar roketinin elle ve vasıtayla taşınmasına sadece sınırlı koşullar altında izin verilmektedir. Örneğin; tank savar roketlerinin, herhangi koşul ve zamanda RF koruması olmadan helikopter ve uçakla taşınmasına izin verilmez. Bu yüzden bütün milletler tank savar roketler için RF koruyucu çantalarının kullanımının gerekli olduğunu belirtmiştir. Geliştirilen RF koruyucu çanta bütün elektromanyetik alanlar için çok etkili bir çözümdür ve elle taşınımı kolaydır. Elektromanyetik alanlar için koruyucu çantalar, elektrik, manyetik ve elektromanyetik alan etkisini oldukça zayıflatan çok dayanıklı bir tekstil malzemesinden yapılır. Bu çantaların koruma faktörü, elektromanyetik radyasyondan kaynaklanan herhangi bir olumsuz etkiyi engelleyebilecek kadar yüksektir. Şekil 2.7'de elektromanyetik alanlar için koruyucu çanta örneği görülmektedir.



Şekil 2.7. Elektromanyetik alanlar için koruyucu çanta.

2.4. Tekstil Malzemelerinin Ekranlama Etkinliği Ölçümü

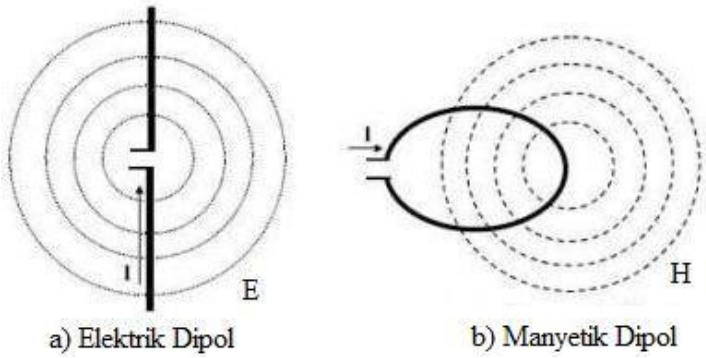
Bu bölümde ilk olarak ekranlama ve ekranlama teorisi anlatılmış ardından da ekranlama etkinliği (SE- Shielding effectiveness) ölçüm yöntemleri hakkında bilgi verilmiştir.

2.4.1. Ekranlama ve Ekranlama Teorisi

Elektromanyetik alanlar frekansa bağlı olarak farklı davransalar da genellikle kendilerini oluşturan kaynaktan uzaklaştıkça şiddetlerinde hızlı azalma görülür [2]. Elektromanyetik radyasyondan korunmanın en basit ve etkili yolu, elektromanyetik radyasyon kaynağından uzak durmaktır. Fakat bu her zaman mümkün olmayacağı için farklı korunma yöntemleri geliştirilmiştir. Ekranlama, elektromanyetik radyasyondan korunmadaki başlıca yöntemlerden birisidir.

Ekranlamayı basit olarak; bir elektronik ürünün tamamının veya bir kısmının metalik bir muhafaza ile tamamen kapatılması şeklinde ifade etmek mümkündür. Ekranlama için kullanılan malzemeye de ekran denir.

Bir ekranın görevi, dâhili bozucuları içeride, harici bozucuları dışarıda tutarak ışıma yollu girişimi önlemektir [31]. Ekranlamanın etkili olması ekranlanacak kaynağın cinsine bağlıdır. Elektromanyetik Uyumluluk (Electromagnetic Compatibility - EMC) problemlerinde iki tip girişim kaynağı söz konusudur; elektrik dipol gibi davranan kaynaklar, manyetik dipol gibi davranan kaynaklar (Şekil 2.8). Elektrik dipolü birbirine çok yakın iki zıt yük (ya da eşdeğer olarak içinden akım akan çok küçük doğrusal bir iletken) ile oluşur. Elektrik dipolü, etrafında elektromanyetik alanlar oluşturur. Elektrik dipolünün yakın civarındaki elektromanyetik alanların baskın bileşeni elektrik alandır. İçinden akım akan halka şeklindeki parçalar ise manyetik dipol gibi davranır. Manyetik dipollerin de etrafında elektrik ve manyetik alanlar oluşur. Manyetik dipolün yakın civarında ise şiddet olarak manyetik alan bileşeni, elektrik alan bileşenine göre çok güçlüdür. Elektrik dipol gibi davranan girişim kaynağı yakınında elektriksel ekranlama, manyetik dipol gibi davranan girişim kaynağı yakınında manyetik ekranlama gereklidir [1].



Şekil 2.8. Temel elektrik alan ve manyetik alan kaynakları [2].

Manyetik ekranlama pratikte düşük frekanslarda (f < 30 MHz) önemlidir. Manyetik ekranlamada zayıflama frekansla artar. Ekran içindeki direnç mümkün olduğunca düşük tutulmalıdır. Delikler ve açıklıklar daha az önemlidir [12].

Elektriksel alan ekranlama pratikte yüksek frekanslarda (f > 30 MHz) önemlidir. Değişik parçalar arasındaki kontak direncinin kalitesi önemlidir (izole edilmiş parçalar anten gibi davranır). Kablo bağlantısı ya da havalandırma nedeniyle bırakılan açıklıklar ekranlamayı etkiler [12].

Elektromanyetik alanı tanımlamada kullanılan belirleyici parametrelerden birisi de dalga empedansı Z=E/H olarak bilinen, elektrik alan bileşeni E'nin manyetik alan bileşeni H'a oranıdır.

Kaynak-ekran arasındaki uzaklık; dalga boyu (λ)=Işık hızı ($c = 3x10^8$ m/s) / frekans (f) olmak üzere $\lambda/2\pi$'yi aştığında her iki dipol için de aynı dalga empedansına ulaşılmaktadır. Bu değer uzak alan için açık uzayda veya havada etkileşimli yayılma ile dalga empedansı $Z=Z_0=377\ \Omega$ olup, boşluk dalga empedansı adını alır. $\lambda/2\pi$ değeri yakın alan/uzak alan sınırı olarak kabul edilmektedir. Bazen güvenlik payı olarak bu değerin iki katı alınmaktadır [1].

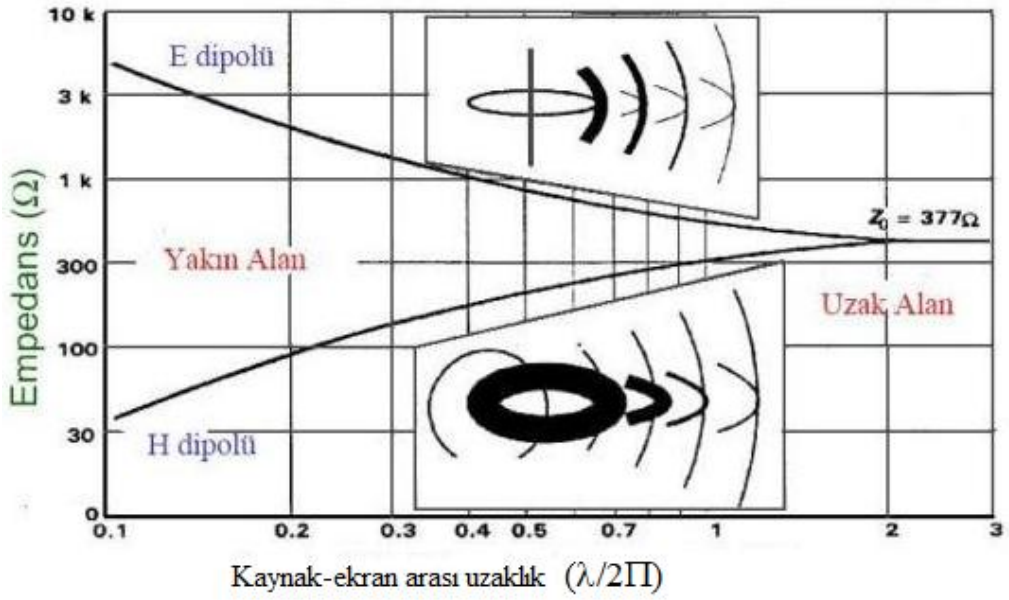
Elektromanyetik radyasyon kaynağının etrafındaki alanı 3'e ayırabiliriz (Şekil 2.9).

- Yakın Alan (İndüksiyon) Bölgesi: Kaynağın yüzeyinden $\lambda/2\pi$'ye kadar olan uzaklıktaki bölgeye yakın alan bölgesi denilir. Yakın alanda empedans,

elektromanyetik alan kaynağının özelliklerine, kaynağın ölçüm noktasına uzaklığına ve yayılma ortamı parametrelerine bağlıdır [32].

- Uzak Alan (Işıma) Bölgesi: $\lambda/2\pi$ uzaklıktan başlayıp sonsuza kadar uzanan bölgeye uzak alan bölgesi denilir. Bu bölgedeki elektromanyetik dalga düzlem dalga olarak adlandırılır. Çünkü yayılan dalganın cephesi düzlem olarak kabul edilir. Bu bölgede elektrik ve manyetik dipol kaynaklarının etkileri açısından bir fark yoktur.

- Geçiş Alanı: Yakın ve uzak alanın sınırındaki bölgeye geçiş alanı denilir [32].



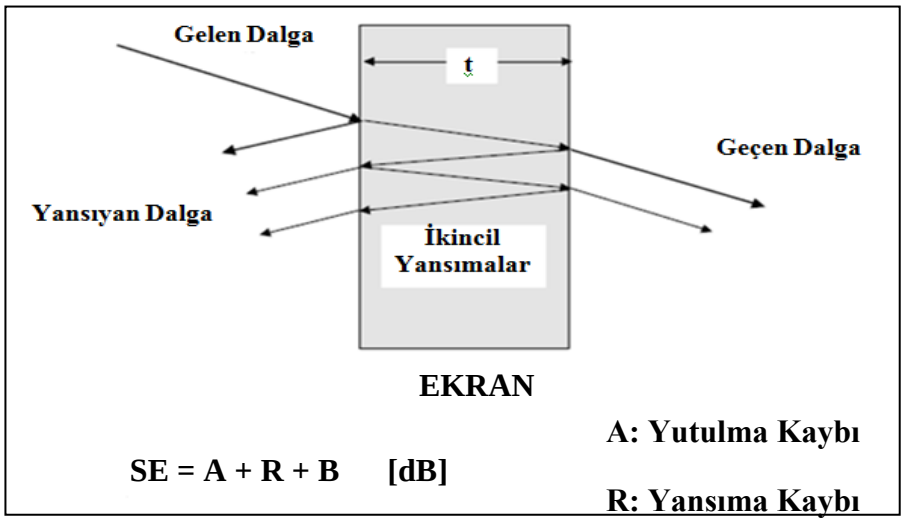
Şekil 2.9. Bir elektromanyetik etkileşim kaynağının etrafındaki tipik alanlar [1].

Şekil 2.9'da yatay eksen dipolden itibaren uzaklığı, düşey eksen ise dalga empedansını göstermektedir. Şekil 2.9'da görüldüğü gibi elektrik dipolün yarattığı dalgaların dalga empedansı dipol yakınında çok yüksektir (5-10kΩ kadar olabilmektedir). Oysa manyetik dipolün yarattığı dalgaların empedansı birkaç ohm'lar seviyesindedir.

Manyetik alanların elektrik alanlar ile ilişkisi ilk kez 19. Yüzyılda fizikçi James Clerk Maxwell tarafından açıklanmıştır [2]. Elektromanyetik teorinin temeli olan Maxwell denklemleri zamanla değişen bir manyetik alanın bir elektrik alan oluşturması gibi,

zamanla değişen bir elektrik alanın da bir manyetik alan oluşturacağını belirtmektedir. Bir düzgün (üniform) düzlem dalga; E'nin (Aynı zamanda H'ın) yayınım yönüne dik sonsuz düzlemler içinde, aynı yöne, aynı büyüklüğe ve aynı faza sahip olduğunu kabul ederek elde edilen, Maxwell denklemlerinin özel bir çözümüdür. Düzgün düzlem dalga uygulamada mevcut değildir. Çünkü böyle bir dalga oluşturmak için sonsuz genişlikli bir kaynak gerekir, fakat pratik dalga kaynakları daima sonlu genişliktedirler. Ancak, bir kaynaktan yeterince uzaktaysak, dalga cephesi hemen hemen küresel hale gelir ve büyük bir kürenin çok küçük bir kısmı yaklaşık olarak düzlemdir [33].

Elektromanyetik alan bir cismin içinden geçtiğinde, cisimle etkileşime girdiğinde alanın gücünün nasıl azaldığını belirleyen üç olay vardır; absorbsiyon ile zayıflama, yansımaya bağlı zayıflama ve çoklu yansımaya bağlı zayıflama (ikincil yansıma kayıpları). Çoklu yansımaya bağlı zayıflamalar genellikle ihmal edilmektedir [34]. Şekil 2.10'da kalınlığı " t " olan kayıplı bir duvarda ekranlama için mekanizma gösterilmiştir [1, 12].



Şekil 2.10. Kalınlığı t olan duvarın ekranlama etkinliği.

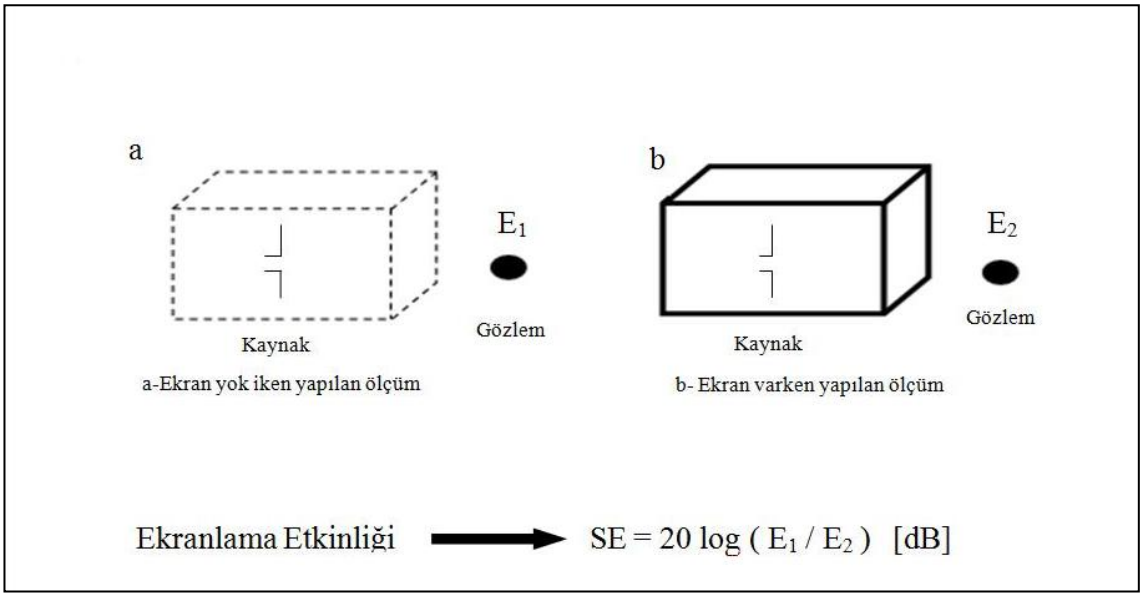
Bir elektromanyetik dalga bir cismin yüzeyine çaptığında, cisimdeki yükleri kendisi ile aynı frekansta salınım yapmaya zorlar. Bu zorlanmış salınım yapan yük bir anten gibi davranır ve mevcut dalgayı geri yansıtarak yansımaya neden olur [5, 34, 35]. Bir başka ifade ile dalganın uzaydaki empedansı ekrandaki empedansından farklı olduğunda elektromanyetik ekrandan yansıma olur. Bu ekranın kalınlığından bağımsız ve materyalin iletkenliğinin, manyetik geçirgenliğinin ve frekansın bir fonksiyonudur.

Dalga empedansı, manyetik alanlar (düşük empedans) ve elektrik alanlar (yüksek empedans) için farklı olduğundan her dalga tipi için ekrandaki yansıma farklı karakteristikler gösterir. Metaller gibi elektrik iletken materyaller elektromanyetik alanların ekranın içine işlemesini önleyecek şekilde yansıtır [34]. Yansıma, ekran özellikli malzemenin hem dış yüzeyinde, hem de iç kısmında gerçekleşmektedir. Ayrıca mevcut elektrik alan etkisi ile kutuplaşan zıt yükler, ters yönlü bir elektrik alan oluştururlar ki bu da elektromanyetik dalganın elektrik alan bileşenini zayıflatır [5, 34, 35].

Elektromanyetik dalgaların tamamı geri yansıtılmayıp bir kısmı bariyeri geçerek ölçülen sinyali oluşturur. Bu bariyerin etkisi ile elektromanyetik alan birçok yönde yayılarak saçılır. Elektromanyetik dalganın bir kısmı titreşime zorlandığından enerji ısı formunda kaybedilir. Bu şekildeki elektromanyetik enerji kaybı absorbsiyon nedeni ile azalma şeklinde tanımlanabilir. Elektromanyetik ekrandaki absorbsiyon elektromanyetik enerjiyi termal enerjiye çevirir. Elektromanyetik soğurucu ekranlar istenmeyen elektromanyetik dalgaları zayıflatır ve böylece elektromanyetik girişimi (EMI-Electromagnetic Interference) çözer. Absorbsiyon kaybı alanın dalga empedansına bağlı değildir ve bundan dolayı yakın veya uzak alan şartları ile de ilgili değildir [34].

Metalik yüzeye çarpan bir elektromanyetik dalganın bir kısmı geri yansıtılırken diğer kısmı da ortamdan geçtiği esnada iletilir ve zayıflar. Bu kayıpların (yansıma ve absorbsiyon) kombine efekti ekranın etkinliğini (SE-Shielding effectiveness) belirler. Ekranlama etkinliği frekansla, ekran geometrisiyle, ekranın içerisindeki yerleşimle, zayıflatılan alan tipiyle, çarpma yönüyle ilişkilidir [34].

SE, ekranlamanın tipik bir ölçüsü olarak kullanılmaktadır. SE, kaynak ile gözlem noktası arasında ekran yok iken ölçülen (ya da hesaplanan) elektrik alan şiddetinin ekran varken oluşan alan şiddetine desibel (dB) olarak oranı şeklinde tanımlanmaktadır [12]. Bu durum şekil 2.11'de gösterilmiştir.



Şekil 2.11. Ekranlama etkinliğinin tanımı [12].

Ekranlama etkinliği hesaplanırken (2.2) ve (2.3) denklemleri kullanılabilir [5, 34].

$$SE = 10log\frac{P_1}{P_2} \tag{2.2}$$

$$SE = 20log\frac{E_1}{E_2} \tag{2.3}$$

P_1 = Ekran olmadan alınan güç (watt)

P_2 = Ekran varlığında alınan güç (watt)

E_1 = Ekran olmadan ölçülen alan şiddeti (volt/m)

E_2 = Ekran varlığında ölçülen alan şiddeti (volt/m)

SE frekansla değişmektedir. Değişimin nasıl olacağı ise ancak ölçü ya da sayısal benzetimler yoluyla saptanabilmektedir.

SE değeri ekranlama etkinliğini gösteren logaritmik bir değerdir. Elektrik alanın yüzdesel olarak ne kadar zayıfladığını göstermek için ise % Azalma kullanılır. % Azalma (2.4) denklemine göre hesaplanabilir.

$$\%\ Azalma = \frac{E_1 - E_2}{E_1} \times 100 \quad (2.4)$$

(2.4) denkleminde $\frac{E_2}{E_1}$ yerine (2.3) denkleminden elde edilecek değer yazılırsa % Azalmanın SE cinsinden değeri (2.5) denklemindeki gibi bulunur.

$$\%\ Azalma = (1 - 10^{-SE/20}) \times\ 100 \quad (2.5)$$

Pratikte verilen ekranlama etkinliği değerlerinin anlamlı olabilmesi için tablo 2.1'de SE ve % Azalma değerleri belirtilmiştir.

Tablo 2.1. SE ve % Azalma değerleri.

SE (dB)	% Azalma	Açıklama
0-10	0-68,377	Ekranlama beklenmez
10-30	68,377-99,838	Basit Ekranlama
30-60	99,838-99,900	Normal Ekranlama
60-90	99,900-99,997	Yeterli Ekranlama
90-120	99,997-99,999	Mükemmele Yakın Ekranlama
120-	99,999 ve yukarısı	Maksimum Ekranlama

Tablo 2.1'den görüldüğü gibi genel olarak 30 dB ekranlama etkinliği ortalama değer olarak kabul edilmektedir. Pratikte birçok sorunu 40 dB ekranlama etkinliği çözebilir. Askeri sistemlerde 100-120 dB ekranlama etkinliği istenebilmektedir. Telefon kabloları için şartnamelerde istenen değerler 80-90 dB civarındadır [1, 12].

Pratikte ekranlamada aşağıdaki noktalar önemlidir:

- Ekranlama elektrik alanın düşük frekanslarda yansıtılması, yüksek frekanslarda yutulması ile gerçekleşir.

- Ekranlama manyetik alanın düşük frekanslarda yutulması ile gerçekleşir.

- Yüksek iletkenlik, yansıma ve yutulmayı pozitif yönde etkiler.
- Yüksek manyetik geçirgenlik yüksek yutulmaya neden olurken, düşük yansıma oluşturur.
- Çok düşük frekanslı manyetik kaynakların ekranlanacağı hallerde yüksek manyetik geçirgenlikli malzemeler kullanılır.
- Ekran kalınlığı arttıkça yutulma artar.
- Manyetik alan için kalın ekranlara ihtiyaç duyulurken elektrik alan için ince yapılar (folyo kalınlığında) kullanılabilir.
- Kaynak ile ekran arasındaki uzaklık yansıma özeliklerini değiştirir.
- Elektrik alan etkileri daha baskın olan kaynaklar ekrana yakın, manyetik alan etkileri daha baskın olan kaynaklar ekrana uzak yerleştirilmelidir [1, 12].

İlerleyen bir dalganın genliğinin e^{-1} veya 0,368'lik bir çarpan kadar zayıfladığı δ mesafesi bir iletkenin **deri kalınlığı (skin depth)** veya **sızma derinliği** olarak tanımlanır. Pratikte mikrodalga frekanslarında iyi bir iletkenin deri kalınlığı öyle küçüktür ki, alanlar ve akımlar, pratik amaçlar için, iletken yüzeyinin çok ince bir tabakası içinde (yani deri içinde) sınırlanmış olarak kabul edilebilir [33]. Deri Kalınlığı (2.6) denklemi ile hesaplanabilir.

$$\delta = \sqrt{\frac{2}{\omega\sigma\mu}} \tag{2.6}$$

Burada; δ (m) deri kalınlığı, $\omega=2\pi f$ (f dalganın frekansı), σ (Siemens/m) ortam iletkenliği, μ (Henry/m) ortamın manyetik geçirgenliğidir.

Gelen elektrik alanın bir kısmı, ekranın ön yüzeyindeki yansıtma katsayısına bağlı olarak geri yansıtılır. Gelen dalganın empedansı ekranınkinden çok farklı ise, dalga büyük oranda geri yansıtılacaktır. Eğer dalganın ve ekranın empedansları birbirlerine çok yakın ise enerji en az yansıma ile ekranın içine girebilecektir. Ön yüzeyden geçen dalganın genliği, ekranın arka yüzeyine ulaşana kadar $e^{-\alpha z}$ (α, ekran malzemesi için zayıflama katsayısı ve Z, dalga empedansı) çarpanı ile zayıflar ve bu soğurulma kaybına

karşılık gelir. İyi iletken bir malzemede (α) zayıflama katsayısı ve (δ) deri kalınlığı arasındaki ilişki $\alpha = 1/\delta$ olduğundan zayıflama çarpanı $e^{-z/\delta}$ olacaktır [33].

Eğer ekran kalınlığı d, ekran malzemesinin gelen dalga frekansındaki deri kalınlığından çok büyük ($d>>\delta$) olursa, ekranın ön yüzünden giren dalga arka yüzüne ulaştığında önemli oranda zayıflamış olur. Arka yüzeye ulaşan dalganın bir kısmı tekrar geri yansıtılma ve soğurulma işlemine maruz kalırken, bir kısmı da ekranlanan bölgeye geçer. Ekranın kalınlığı, malzemenin gelen alanın frekansındaki deri kalınlığından çok büyük olursa, ekran içinde çoklu yansımalar, soğurulmalar ve geçişler olacaktır [33].

İnce sonsuz levha yüzeyin mevcut kabul edilmiş ekranlama teorisi, 1943'te Schelkunoff tarafından önceden türetilmiş ilişkileri temel almaktadır [32]. Pasif elektromanyetik ekranlamada Schelkunoff'un teorisine göre bir metal tabaka tarafından gösterilen ekranlama etkisi, absorbsiyon kaybı, yansıma kaybı ve çoklu yansıma kaybı olmak üzere üç tip kaybın sentezi olarak tanımlanır [22]. Genel olarak, elektromanyetik dalgalar metal tabakaya etki ettiğinde bireysel ekranlama etkinliklerinin toplamları, SE (2.7) denkleminde verilmiştir [22].

$$SE = S_A \cdot S_R \cdot S_{MR} \qquad \text{veya} \qquad SE(dB) = S_A\,(dB) + S_R\,(dB) + S_{MR}\,(dB) \tag{2.7}$$

Burada; S_A alanın düzlemden geçişinde meydana gelen soğurma (absorbsiyon) katkısı, S_R yansımadan gelen katkı, S_{MR} çoklu yansımalardan (veya saçılmalardan) gelen katkıdır.

2.4.1.1. Ekranlama Etkinliğine Soğurma Katkısı (S_A)

Soğurmanın sebep olduğu zayıflamadan gelen katkı (S_A), alan kaynağının tipinden bağımsızdır ve deri etkisine (skin effect) bağlı olarak tanımlanır.

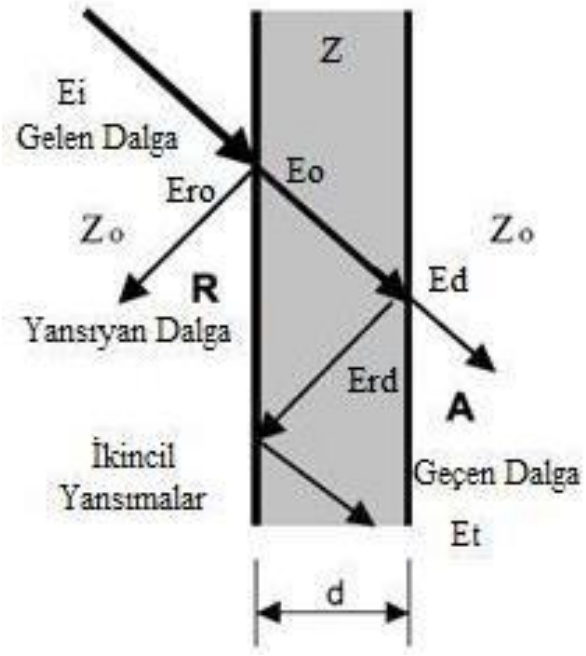
Üzerinden akım geçirilen bir telde, elektrik akımı ve frekansa göre telin bütün kesiti ya da bu kesitin bir kısmı kullanılabilir. Deri etkisi, iletken üzerinden geçen akımın frekans ile değişmesi sonucu iletkenin manyetik alanının da yön değiştirmesi ve akımın iletkenin yüzeyine doğru itilmesidir. Akım yoğunluğu iletkenin merkezinden yüzeyine doğru gidildikçe artar ve bu durum iletkenin merkez kısımlarının daha az kullanılmasına yol açacağından alternatif akımda etkin direnç değerinin artmasına yol açmaktadır. Bu

artış elektrik enerjisinin iletimi/dağıtımında frekansı artırmak suretiyle iletken kesitinin dolayısıyla da maliyetinin düşürülmesini sağlar. Bu durum, yüksek frekanslarda ve büyük kesitli iletkenlerde daha etkili şekilde gözlemlenir. Alternatif akımın tam aksine de doğru akımda iletkenin tüm yüzeyi kullanır [2]. $S_{A,}$ (2.8) denklemi ile hesaplanabilir.

$$S_A = \frac{E_0}{E_d} = \frac{H_0}{H_d} = e^{d/\delta} \quad \text{(dB)} \tag{2.8}$$

Burada; d ekranın kalınlığıdır.

(2.8) eşitliğindeki 0 ve d indisleri, metalin hemen içindeki, sırasıyla, x = 0 ve x = d'deki alan şiddetlerini gösterir. $E_{0,}$ H_0 (x=0) için ve E_d, H_d (x=d) için alan şiddetleridir. Ekrana elektromanyetik dalga (Ei,Hi) çarpmaktadır. Ekrana çarpan dalganın bir kısmı yansırken (E_r,H_r) geri kalan kısmı da (E_t,H_t) ekrandan geçmektedir. Z,Z_0 sırasıyla ekran malzemesi ve boşluğun karekteristik empedanslarını göstermektedir (Şekil 2.12) [22].



Şekil 2.12. SE' nin tanımlanması için, iletken bariyere gönderilen düzlem dalga durumu [4].

Düşük frekanslarda deri kalınlığı çok büyük olduğundan, çok kalın bir levha ve/veya bağıl manyetik geçirgenliği çok yüksek bir levha kullanılmadıkça etkin bir zayıflatmadan söz edilemez. Çünkü S_A sadece ekranın içindeki alanla ve ekran malzemesinin elektromanyetik özelliği ile ilgilidir.

2.4.1.2. Ekranlama Etkinliğine Çoklu Yansıma Katkısı (S_{MR})

Çoklu Yansıma Katkısı (S_{MR}), (2.9) denklemi ile hesaplanabilir [31]. Ancak çoklu yansıma kayıpları birçok durumda ihmal edilmektedir.

$$S_{MR} = 1 - e^{-2d/\delta} \quad \text{(dB)} \tag{2.9}$$

2.4.1.3. Ekranlama Etkinliğine Yansıma Katkısı (S_R)

Yansıma Katkısı (S_R), alan bariyere girerken ve bariyerden ayrılırken olmak üzere iki defa oluşur ve (2.10) denklemi ile hesaplanabilir [31].

$$S_R = \frac{E_{in}}{E_{out}} = \frac{H_{in}}{H_{out}} = \frac{\left(Z_0 + Z_M\right)^2}{4Z_0 Z_M} \quad \text{(dB)} \tag{2.10}$$

Burada; Z_0 havadaki karakteristik empedans, Z_M ise metaldeki karakteristik empedanstır. Kaynağın, ortamın ve ekranın karakteristikleri, yakın alan ve uzak alanda farklılık gösterdiğinden S_R ifadesi de farklılık gösterecektir. Bu farklılıklar üç şekilde ifade edilebilirler:

- **E-dipolün yakın alanı**
- **H-dipolün yakın alanı**
- **Uzak alan**

Bu üç durum için S_R farklı hesaplanacaktır.

2.4.1.3.1. E-Dipolün Yakın Alanının Zayıflatılması

Pratik olarak kaynağın yakın alanında ve yüksek frekanslarda (f >30 MHz) önemlidir. $Z_E >> Z_M$ ön şartı ile bir E-dipolün ekranlama etkinliğine yansımadan gelen katkı (S_{RE}) olarak ifade edilir ve (2.11) denklemi ile hesaplanabilir [31].

$$S_{RE} = \left| \frac{(Z_E + Z_M)^2}{4Z_E Z_M} \right| \approx \left| \frac{Z_E}{4Z_M} \right| = \frac{1}{4\sqrt{2}} \frac{\sigma\delta}{\omega\varepsilon_0 r} \quad \text{(dB)} \qquad (2.11)$$

Burada; *r* kaynaktan olan uzaklık, Z_E E dipolü için dalga empedansı, ε_0 kaynağı çevreleyen ortamın dielektrik geçirgenliği, σ iletkenliktir.

(2.11) denklemi incelendiğinde frekans ve kaynak-ekran arası uzaklık arttıkça S_{RE}'nin azalacağı görülmektedir.

2.4.1.3.2. H-Dipolün Yakın Alanının Zayıflatılması

Pratik olarak kaynağın yakın alanında ve düşük frekanslarda (f <30 MHz) önemlidir. $Z_H >> Z_M$ ön şartı ile bir H-dipolün ekranlama etkinliğine yansımadan gelen katkı (S_{RH}) olarak ifade edilir ve (2.12) denklemi ile hesaplanabilir [31].

$$S_{RH} = \left| \frac{(Z_H + Z_M)^2}{4Z_H Z_M} \right| \approx \left| \frac{Z_H}{4Z_M} \right| = \frac{\omega\mu_0 r\sigma\delta}{4\sqrt{2}} \quad \text{(dB)} \qquad (2.12)$$

Burada; Z_H H dipolü için dalga empedansıdır.

(2.12) denklemi incelendiğinde frekans ve kaynak-ekran arası uzaklık arttıkça S_{RH}'ın artacağı görülmektedir.

2.4.1.3.3. Uzak Alanın (Düzlem EM Dalgalar) Zayıflatılması

Pratik olarak kaynaktan yeteri kadar uzaklıkta (>>$\lambda/2\pi$) gelen dalgalar, düzlem elektromanyetik dalga olarak kabul edilebilir. Düzlem elektromanyetik dalgalar için Z_0=377 Ω olup sabittir. Buna göre bir düzlem dalganın bir ekran tarafından zayıflatılması durumunda yansımadan gelen katkı S_{REM} olarak ifade edilir ve (2.13) denklemi ile hesaplanabilir [31].

$$S_{REM} = \left| \frac{Z_0}{4Z_M} \right| = \frac{120\pi\sigma\delta}{4\sqrt{2}} \quad \text{(dB)} \qquad (2.13)$$

Düzlem elektromanyetik dalgaların zayıflatılması ile ilgili olarak (2.13) denklemi incelendiğinde; d/δ'nın küçük değerleri için geniş bir frekans aralığı boyunca

zayıflatmanın frekanstan ve kaynak-ekran arası uzaklıktan bağımsız olduğu görülmektedir.

2.4.2. Ekranlama Etkinliği Ölçüm Yöntemleri

Malzemelerin ekranlama etkinliği (SE–Shielding Effectiveness) uygulama alanını belirleyen bir parametredir. Metal ekranlar için ekranlama etkinliğini sadece materyalin elektrik ve manyetik parametreleri ile belirleyebilirken, bükülü metalik veya grafit teller içeren materyaller, metalize yüzeye sahip plastik materyaller, kompozit materyaller ve ekranlama özelliğine sahip tekstil materyallerinde ise SE değerini sadece fiili olarak ölçerek belirleyebiliriz.

Tekstil ve çeşitli kompozit malzemelerin SE ölçümlerini, kontrollü test alanlarında ve serbest uzayda yapılan ölçümler şeklinde iki ana bölüme ayırmak mümkündür.

2.4.2.1. Kontrollü Test Alanlarında Ekranlama Etkinliği Ölçümü

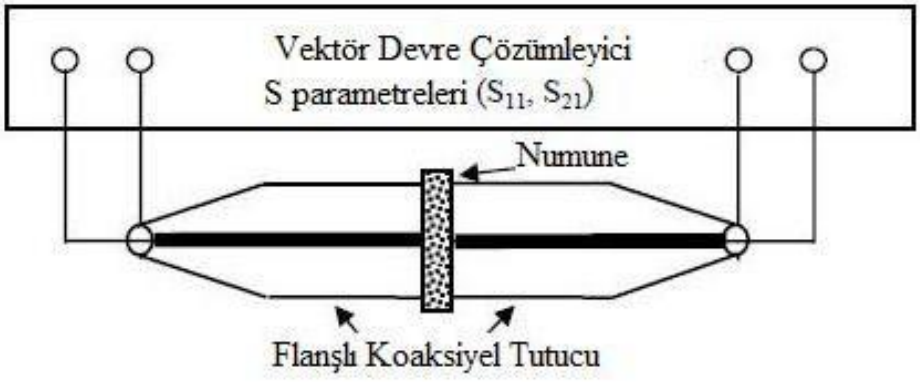
Ölçüm yerlerinde elektromanyetik çevrenin kontrol edilebildiği ve istenmeyen yansımaların istenen yansımalardan ayrılabildiği SE ölçümleri, kontrollü test alanlarında yapılan ölçümlerdir. Kompozit malzemeler ve elektromanyetik radyasyona karşı koruyucu tekstillerin SE ölçümünde, koaksiyel tutucu metodu, çift-TEM hücre metodu, yankısız oda metodu yaygın olarak kullanılan kontrollü test alanlarında yapılan ölçüm metotlarıdır.

2.4.2.1.1. Koaksiyel Tutucu Metodu (Coaxial Holder Method)

Kontrollü ortamdaki temel ölçüm metodu koaksiyel tutucu metodudur. Bu metotta bir tutucu iletim kablosu ve vektör devre çözümleyici kullanır. Numune materyal, flanşlı koaksiyel tutucunun içine yerleştirilir ve sabitlenir (Şekil 2.13). S parametrelerinin ölçümüyle (**S_{11} ve S_{21} yansıma ve iletim sabitleri**) toplam ekranlama etkinliği içerisinde yansıma ve soğurmanın katkılarını belirlemek mümkündür [36].

Genellikle, dinamik ölçüm aralığı 90-100 dB, çalışma frekansı 2 GHz civarındadır. Ölçülebilen maksimum çalışma frekansının artışı kenarlı koaksiyel kablo boyutlarının, test aparatı ve beraberinde numune boyutlarının azalışına neden olur [36].

Bu ölçüm sistemi kompakttır ve otomasyona, bilgisayar kontrolü ile veri işlemeye imkân tanır. Bu ölçüm metodunun zorluğu numune hazırlamadan kaynaklanır. Özellikle yüksek frekans ölçümlerinde numunenin boyutları küçük olmalıdır ve ayrıca koaksiyel tutucu ve numune arasındaki kontak direncinin etkisi göz önünde bulundurulmalıdır. Kontrollü test alanında ölçümlerin bir dezavantajı da açısal yansımanın tanımlanmasındaki zorluklardır [36].



Şekil 2.13. Koaksiyel Tutucu Metot [36].

Şekil 2.14 de koaksiyel tutucu metodu esasına göre geliştirdiğimiz test düzeneğinin bir fotoğrafı verilmiştir.

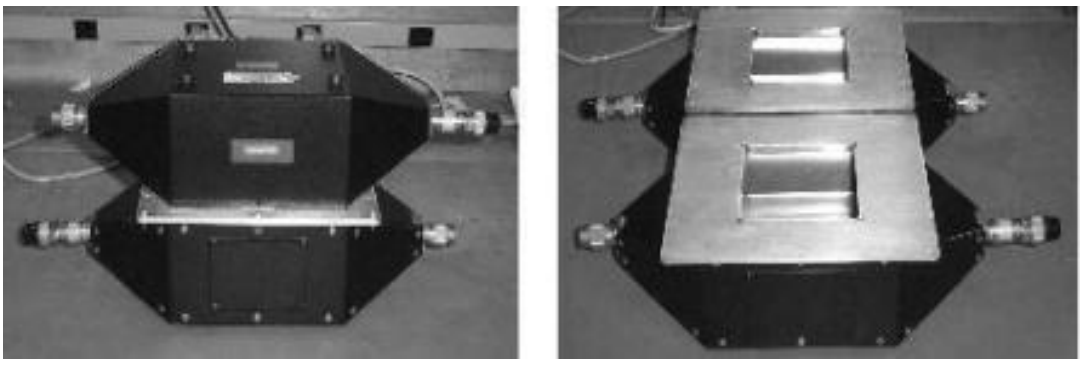


Şekil 2.14. Koaksiyel tutucu metodu uygulaması.

Koaksiyel tutucu metodu, ASTM'nin 1989'da düzlemsel materyallerin ekranlama etkinliğini ölçmek için geliştirilip yayınladığı bir test metodu olan D4935 standardına dayanır. Bu dökümanın en güncel revizyonu 1999 tarihlidir. İlk revizyondan farklı olarak bu doküman bu metot için uygulamanın kapsamını belirlemektedir. Bu döküman ASTM tarafından Eylül 2005'den itibaren desteklenmemesine rağmen bilgi amaçlı tedarik edilmektedir [37]. Aynı zamanda artık resmi bir standart olmamasına rağmen bu dökümanda açıklanan metot düzlem dalga için kompozit malzemeler ve elektromanyetik radyasyona karşı koruyucu tekstillerin SE ölçümünde yaygın olarak kullanılmaktadır [32, 38, 39, 40].

2.4.2.1.2. Çift-TEM Hücre Ölçüm Metodu (The Dual-TEM Cell Method)

Çift-TEM hücre ölçüm metodu kontrollü ortamda yapılan ölçüm metotlarındandır. Bu metot ile elektromanyetik, elektrik ve manyetik ekranlama etkinliği ölçümü yapılır. Dinamik ölçüm aralığı 80 dB'e, frekans 1 Ghz'e kadardır [13]. Şekil 2.15'de gösterilen çift-TEM hücresi, ortak duvardaki kare şeklindeki delik (9,1 cm x 9,1 cm) ile birbirine bağlanmış, uca doğru sivriltilmiş dikdörtgen şekle sahip bir çift koaksiyel iletim hattıdır [41].



Şekil 2.15. Çift-TEM hücre [41].

Çift-TEM hücre ölçüm sistemi; bir ikiz TEM hücresi, bir sinyal jeneratörü ve bir alıcı üniteden oluşur. Aletler ve veri toplama arasındaki iletişim otomatik bilgisayar kontrollü kontrol sistemi tarafından sağlanmaktadır. Ölçüm, iki aşamada gerçekleştirilir. Kalibrasyon aşaması olarak adlandırılan ilk aşamada, dönüştürülmüş sinyal güç seviyesi

açıklığın boş olduğu durumda ölçülür. İkinci aşamada aynı ölçüm, açıklığa numune yerleştirilerek yapılır. DTEM ölçüm sisteminde SE, (2.14) denklemi ile tanımlanabilir [41].

$$SE = 10 \log A/B \quad (2.14)$$

Burada; A test numunesi olmadan ölçülen sinyal güç seviyesi, B test numunesi varken ölçülen sinyal güç seviyesidir.

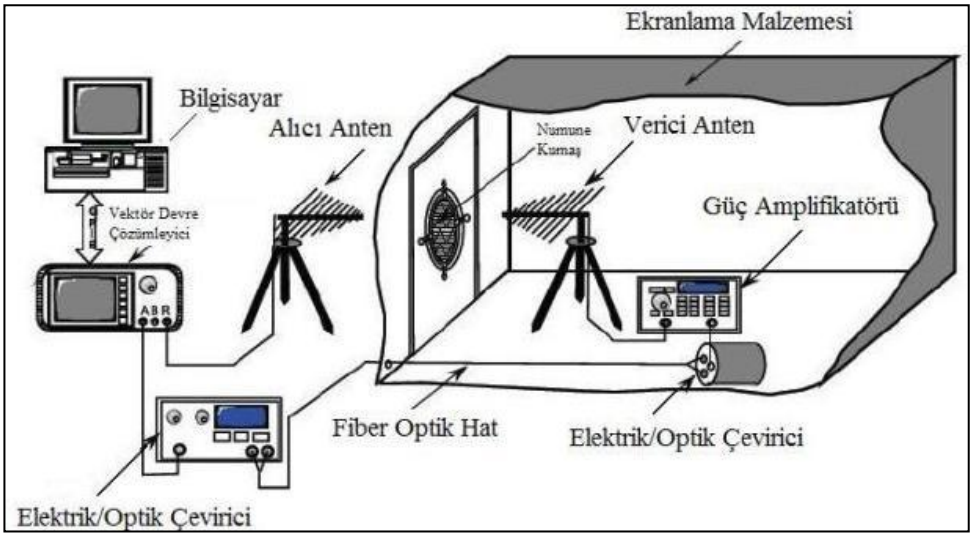
2.4.2.1.3. Yankısız Oda Metodu (Anechoic Chamber with Aperture Method)

Şekil 2.16'da geliştirdiğimiz bazı kumaş numunelerinin testinde kullandığımız yankısız oda (ekranlı oda) ve test düzeneği görülmektedir.



Şekil 2.16. Yankısız oda metodu uygulaması.

Kompozit malzemeler ve elektromanyetik radyasyona karşı koruyucu tekstillerin SE ölçümünün yapılabileceği MIL-STD-285 standardını temel alarak yapılan bir ölçüm düzeneği şekil 2.17'de gösterilmektedir. 30 cm çaplı daire şeklindeki test alanı, ekranlanmış odanın kapısında bir açıklık yaratarak oluşturulmuştur. Bu açıklıkta, test örnekleri ile mükemmel elektrik iletkenliği sağlayan paslanmaz çelik çift helezonlu yaylı contaya sahip dairesel bilezik bulunmaktadır [32].



Şekil 2.17. SE ölçümü için MIL-STD-285 metodunun adaptasyonu [32].

MIL-STD-285, SE değerlendirmede referans gösterilen standartlardan biridir. MIL-STD-285 ABD'de askeri amaçlar için geliştirilmiş ve 1956'da yayınlanmıştır. 100 kHz-10 GHz frekans aralığında ekranlanmış kabinler için zayıflama ölçümlerini kapsayan ve en sık referans gösterilen standarttır. Bu standarda göre yapılan testlerde elektromanyetik bileşenler, frekanslar, gerekli ekipmanlar ve anten konfigürasyonları belirtilir. Ölçüm cihazı dışarıya yerleştirilirken, sinyal kaynağı test kabininin içine yerleştirilir.

Genellikle modifiye MIL-285 olarak referans gösterilen metotta değerlendirilen materyal doğru şekilde ekranlanmış kabindeki bir açıklığı ekranlar. Açıklığın açık ve ekranlama materyali ile kapatıldığı durumdaki elektrik alan yoğunluğu E, manyetik alan yoğunluğu H veya güç P'nin karşılaştırmalı ölçümlerinin (2.1) denkleminde yerleştirilmesi ekranlama etkinliğinin tespit edilmesine imkân verir [32].

MIL-285'teki SE ölçmek için tanımlanan metotlar daha sonra IEEE STD-299'dakilerle değiştirilmiştir. IEEE STD-299'da ölçüm aralığı üç alt sınıfa ayrılmıştır [42]:

- Düşük Aralık - 9 kHz'den 20 Mhz'e kadar – manyetik bileşen H için.
- Titreşim Aralığı - 20 MHz'den 300 MHz'e kadar – elektrik bileşen E için.
- Yüksek Aralık – 300 MHz'den 18 GHz'e kadar – düz dalga güç P için.

2.4.2.2. Serbest Uzay Ölçüm Metotları

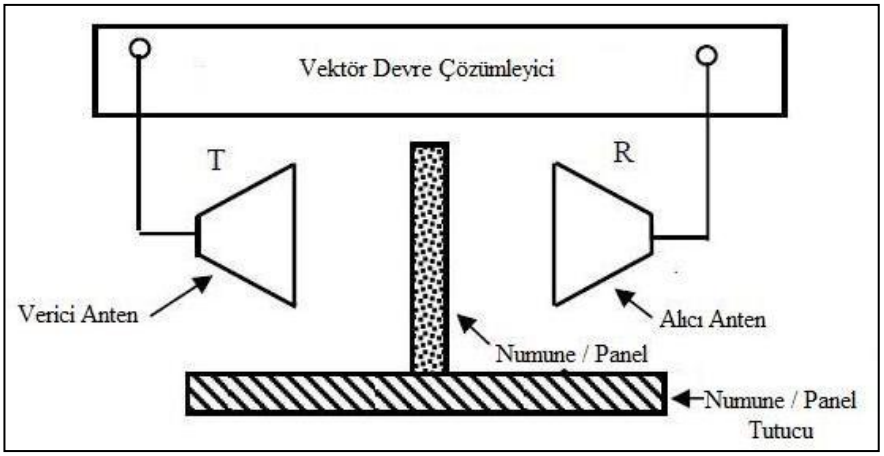
Tekstil ve çeşitli kompozit malzemelerin SE ölçümlerinde kullanılan bir diğer temel metot serbest uzayda ölçüm metodudur. Serbest uzay ölçüm metodları ile kontrollü test alanlarında yapılan ölçümlere göre daha geniş frekans aralığında ölçüm yapılabilmektedir. Ayrıca bu teknikler ile geniş numune boyutları için SE ölçümleri yapmak mümkündür. Serbest uzay ölçüm teknikleri ile çok farklı ekran tiplerinin SE ölçümü yapılabilmektedir.

Serbest uzay ölçüm tekniklerini, frekans bölgesinde serbest uzay ölçüm teknikleri ve zaman bölgesinde serbest uzay ölçüm teknikleri şeklinde ikiye ayırmak mümkündür.

2.4.2.2.1. Frekans Bölgesinde Serbest Uzay Ölçüm Teknikleri

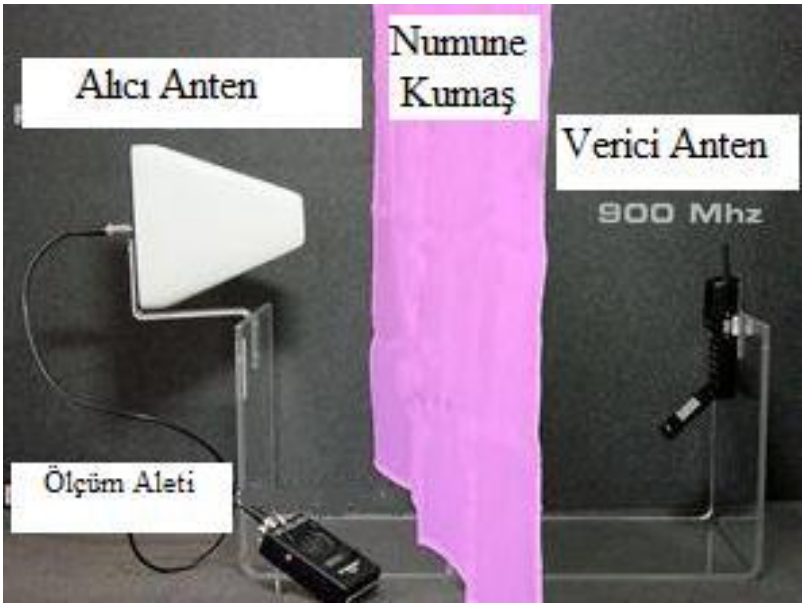
Frekans bölgesinde serbest uzay ölçüm tekniklerini serbest-uzay iletim ölçüm metodu ve serbest uzay yansıma ölçüm metodu olarak iki grupta inceleyebiliriz.

Şekil 2.18 serbest-uzay iletim ölçüm metodunu göstermektedir. Sırasıyla numune/panel olmadan ve numune/panel ile olmak üzere iki durumda R anteni tarafından algılanan alan belirlenerek, kullanılan her frekans için SE (2.1) denklemi kullanılarak elde edebilmektedir [36].



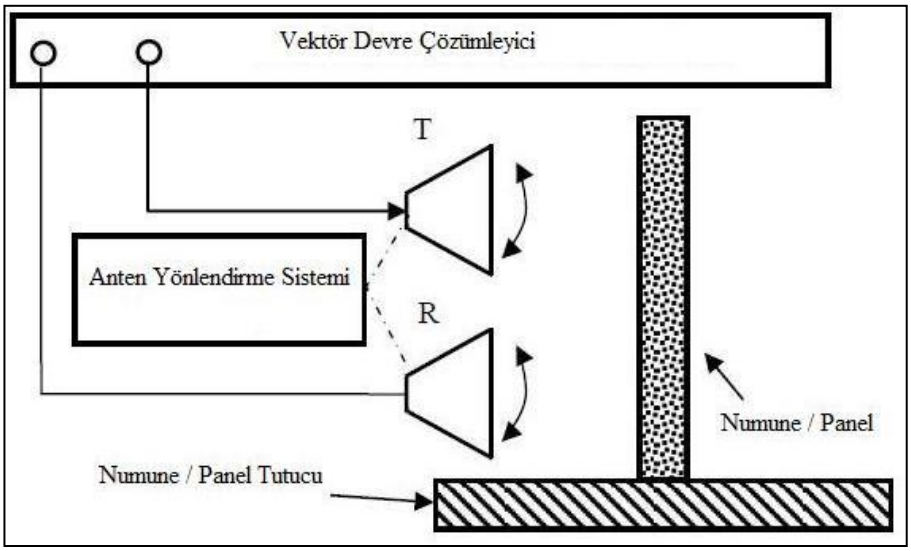
Şekil 2.18. Serbest-uzay iletim ölçüm metodu [36].

Şekil 2.19 serbest uzay iletim ölçüm metodunun uygulamasını göstermektedir.



Şekil 2.19. Serbest uzay iletim ölçüm metodu uygulaması [28].

Şekil 2.20'de serbest uzay yansıma ölçüm metodu gösterilmektedir. Şekil 2.20'de gösterilen sistemde antenlerin yönleri ayarlanabildiği için verici ve alıcı anten sisteminin uygun yerleşimi ile malzemenin belli bir açıdaki açısal yansıtıcılığını belirlemek mümkündür.



Şekil 2.20. Serbest-Uzay yansıma ölçüm metodu [36].

Yansıma katsayısı (RC) (2.15) denklemi ile hesaplanabilir [36]:

$$RC = 20log\frac{E^r}{E^i} \tag{2.15}$$

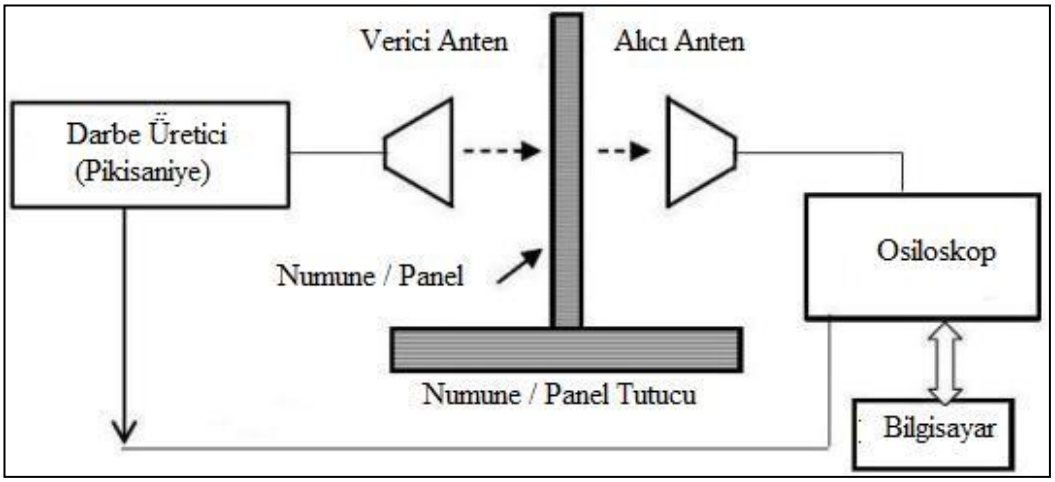
" E^r " numune/panel tarafından yansıtılan elektrik alan ve " E^i "gelen elektrik alanı temsil etmektedir.

Serbest uzay ölçüm teknikleri ile ölçüm yaparken karşılaşılan en önemli sorun elektromanyetik çevrenin kontrolüdür [36].

2.4.2.2.2. Zaman Bölgesinde Serbest Uzay Ölçüm Teknikleri

Zaman bölgesi metotları ile geniş frekans bandında SE'nin ölçümü mümkündür. Zaman bölgesi metodunda, istenen sinyal istenmeyen yansımalardan alıcı antendeki varış zamanındaki farklılıklar kullanılarak laboratuvarda ayrılabilir (zaman çevirme metodu) [36]. Zaman bölgesinde serbest uzay ölçüm tekniklerini iletim ölçüm metodu ve yansıma ölçüm metodu olarak iki grupta inceleyebiliriz.

Zaman bölgesi iletim metodu ile ekranlama etkinliği ölçümü şekil 2.21'de gösterilmiştir.



Şekil 2.21. Zaman Bölgesi İletim Ölçüm Tekniği [36].

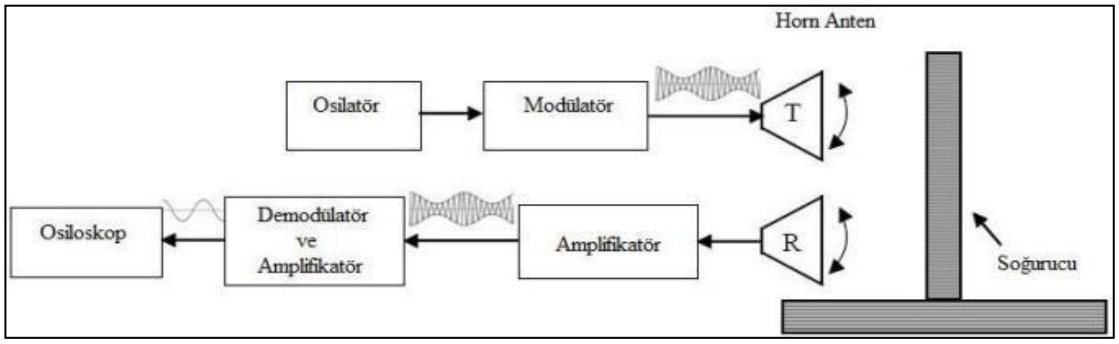
Materyallerin ekranlama etkinliği elektromanyetik alan çarptığında (2.1) denklemindeki ifade ile aynı şekildeki (2.16) denklemi ile hesaplanabilir [36]:

$$SE_E = 20log\frac{E_{R,0}^{peak}}{E_{R,S}^{peak}} \tag{2.16}$$

$E_{R,0}^{peak}$ ve $E_{R,S}^{peak}$ osiloskopta gösterilen darbeli elektrik alanın sırasıyla ekran numunesi verici ve alıcı anten arasına yerleştirilmeden önce ve yerleştirildikten sonraki tepe değerleridir. Materyallerin ekranlama etkinliği bu iki çarpmanın frekans durumuna (SE alanın frekans bileşenlerine bağlı olarak farklıdır) bağlı olduğu için, ekran varken ve yokken farklı olabilir.

Kaydedilen veri, yani osiloskopla yakalanan darbeli elektrik alanlar, Hızlı Fourier Dönüşümü (Fast Fourier Transform-FFT) kullanılarak zaman bölgesinden frekans bölgesine dönüştürülebilir. Bundan sonra her frekans bileşeni için ekranlama etkinliğini ve SE'nin frekans özellik grafiğini elde edebiliriz. Bu durumda, zaman bölgesi metodu ile frekans bölgesi metodunun sonuçlarını karşılaştırmak mümkündür.

Zaman bölgesi yansıma metodu ile ekranlama etkinliği ölçüm yöntemi şekil 2.22'de gösterilmiştir.



Şekil 2.22. Zaman Bölgesi Yansıma Ölçüm Tekniği [36].

Ekranlama etkinliği ölçümü için zaman bölgesi metodu kullanımında dinamik alan 50-60 dB civarında iken frekans bölgesi metodu kullanımında ise 100 dB civarındadır [36].

3. BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma kapsamında, 96 iğlik numune ring makinesinde yapılan çeşitli modifikasyonlarla ring-spun, siro-spun ve kompakt-spun eğirme teknikleri kullanılarak kontrollü şartlarda Ne 18, Ne 24 ve Ne 30 numaralarında metal içeren ve metal içermeyen iplik numuneleri üretilmiştir. Üretilen metal içerikli kompozit ipliklerin özellikleri incelenerek uygun iplik tipi seçilmiş ve bu iplik tipinden elektromanyetik radyasyona karşı koruyucu özellikte antistatik örme kumaşlar geliştirilmiştir.

3.1. Materyal

Çalışma kapsamında iplik numunelerinin üretiminde hammadde olarak Urfa ST1 tipi pamuk kullanılmıştır. Kullanılan pamuk harmanına (Lot-114) ait fiziksel özelliklerin tespitinde Premier Art cihazı kullanılmıştır. Toplam 988 balyadan oluşan Lot 114 harmanından tesadüfî olarak 234 balya seçilmiş ve her balyadan 4'er adet yapılan testlerin ortalama sonuçları tablo 3. 1'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Lot- 114 Pamuk harmanı fiziksel özellikleri.

UHML (Elyaf Uzunluğu)	UI (Uniformity index)	Mukavemet (gr/tex)	Uzama (%)	Microner
28,93	84,50	30,61	7,32	4,59

Pamuk hammaddesinin, balyadan numune ring makinesine gelinceye kadar işlendiği makine dizisi sırası ile Trützschler BO-A2300 blendomat balya açıcı, Trützschler SP-MF kaba temizleme, Trützschler CL-P ön temizleyici, Trützschler MX-I10 karıştırıcı,

Trützschler CL-C3 cleanomat ince açıcı, Trützschler TC-03 tarak, Trützschler TD-03 1. Pasaj cer, Rieter E32 unilap, Rieter E65 penyöz, Trützschler TD-03 2. Pasaj cer, Zinser 670 Rowemat fitil makinelerinden oluşmaktadır.

Çalışmada, core iplik olarak 35 mikron (Nm 131) ve 20 mikron (Nm 200) AISI 316 L tipi paslanmaz çelik tel kullanılmıştır. Tekstil amaçlı paslanmaz çelikler bünyelerinde en az % 10 oranında nikel içermelidir. Bu çalışmada kullanılan 316 L kalite paslanmaz çelik telin nikel oranı % 11 olup tekstilde kullanım için ideal yapıdadır.

3.2. Yöntem

Çalışma kapsamında üretilen iplik numuneleri, şekil 3.1'de gösterilen EJM 168 model 96 iğlik numune ring makinesinde yapılan çeşitli modifikasyonlarla core ring-spun, core siro-spun ve core kompakt-spun eğirme yöntemleri ile üretilmiştir. EJM 168 model numune ring makinesinin bilezik çapı 42 mm ve iğ aralığı da 70 mm'dir.



Şekil 3.1. EJM 168 model 96 iğlik numune ring makinesi.

3.2.1. Numune İplik ve Kumaşların Üretilmesi

Numune ring makinesinde yapılan modifikasyonlarla; ring core-spun, siro core-spun ve kompakt core-spun eğirme teknikleri kullanılarak Ne 18, Ne 24 ve Ne 30 numaralarında metal içerikli kompozit iplikler üretilmiştir. Ayrıca kontrol grubu olarak

da her üç yöntemle % 100 penye triko iplikler üretilmiştir. Çalışma şartları ve iplik özellikleri göz önüne alınarak nihai iplik tipine karar verilmiş ve bu ipliğin üretimi tamamlandıktan sonra numune örme kumaşların üretimine geçilmiştir.

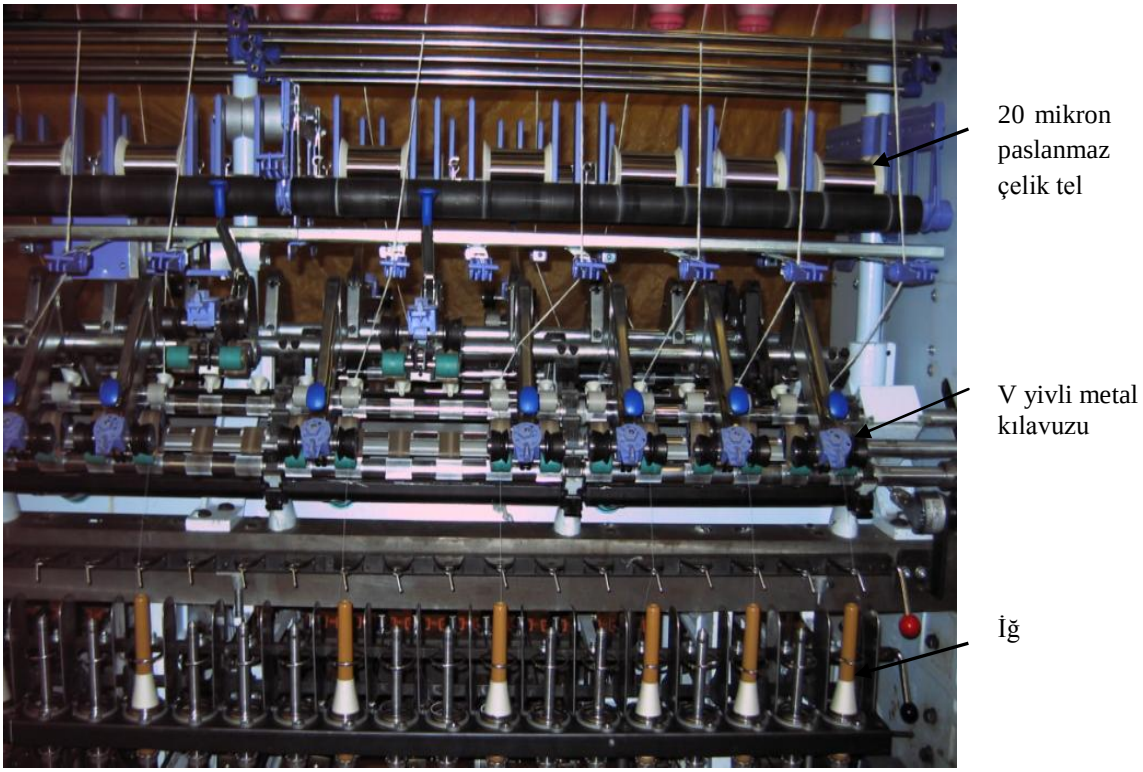
3.2.1.1. Numune İpliklerin Üretilmesi

Üretilen numune iplikler ve kodları tablo 3.2'de özetlenmiştir.

Tablo 3.2 Numune iplikler ve kodları

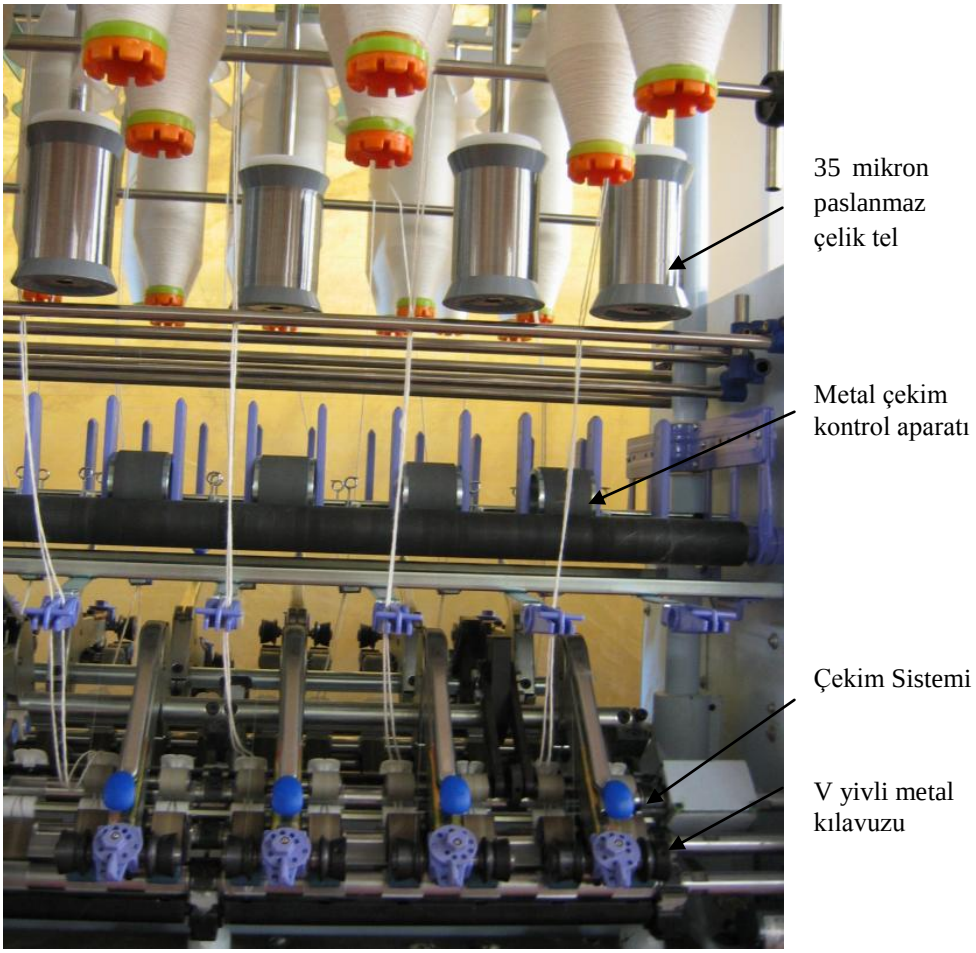
İplik Kodu	İplik Ne	Core İplik	Toplam Çekim	Eğirme Yöntemi
18-R	18/1	-------	21.18	Ring-spun
24-R	24/1	-------	28.24	Ring-spun
30-R	30/1	------	35.29	Ring-spun
18-S	18/1	-------	21.18	Siro-spun
24-S	24/1	-------	28.24	Siro-spun
30-S	30/1	-------	35.29	Siro-spun
18-C	18/1	------	21.18	Kompakt-spun
24-C	24/1	------	28.24	Kompakt-spun
30-C	30/1	------	35.29	Kompakt-spun
18-RC-S20	18/1	20 mic. paslanmaz çelik	21.18	Ring Core-spun
24-RC-S20	24/1	20 mic. paslanmaz çelik	28.24	Ring Core-spun
30-RC-S20	30/1	20 mic. paslanmaz çelik	35.29	Ring Core-spun
18-RC-S35	18/1	35 mic. paslanmaz çelik	21.18	Ring Core-spun
24-RC-S35	24/1	35 mic. paslanmaz çelik	28.24	Ring Core-spun
30-RC-S35	30/1	35 mic. paslanmaz çelik	35.29	Ring Core-spun
18-SC-S20	18/1	20 mic. paslanmaz çelik	21.18	Siro Core-spun
24-SC-S20	24/1	20 mic. paslanmaz çelik	28.24	Siro Core-spun
30-SC-S20	30/1	20 mic. paslanmaz çelik	35.29	Siro Core-spun
18-SC-S35	18/1	35 mic. paslanmaz çelik	21.18	Siro Core-spun
24-SC-S35	24/1	35 mic. paslanmaz çelik	28.24	Siro Core-spun
30-SC-S35	30/1	35 mic. paslanmaz çelik	35.29	Siro Core-spun
18-CC-S20	18/1	20 mic. paslanmaz çelik	21.18	Kompakt Core-spun
24-CC-S20	24/1	20 mic. paslanmaz çelik	28.24	Kompakt Core-spun
30-CC-S20	30/1	20 mic. paslanmaz çelik	35.29	Kompakt Core-spun
18-CC-S35	18/1	35 mic. paslanmaz çelik	21.18	Kompakt Core-spun
24-CC-S35	24/1	35 mic. paslanmaz çelik	28.24	Kompakt Core-spun
30-CC-S35	30/1	35 mic. paslanmaz çelik	35.29	Kompakt Core-spun

Kompozit ipliklerin üretiminde kullanılan 20 mikron ve 35 mikron paslanmaz çelik tellerin bobin şekillerinin farklılığından dolayı metal tellerin askı sistemleri de uygun şekilde ayarlandı. Şekil 3.2'de 20 mikron paslanmaz çelik telin numune ring makinesi üzerindeki yerleşimi görülmektedir.



Şekil 3.2. 20 mikron paslanmaz çelik tel bobinlerinin ring makinesi üzerindeki yerleşimi.

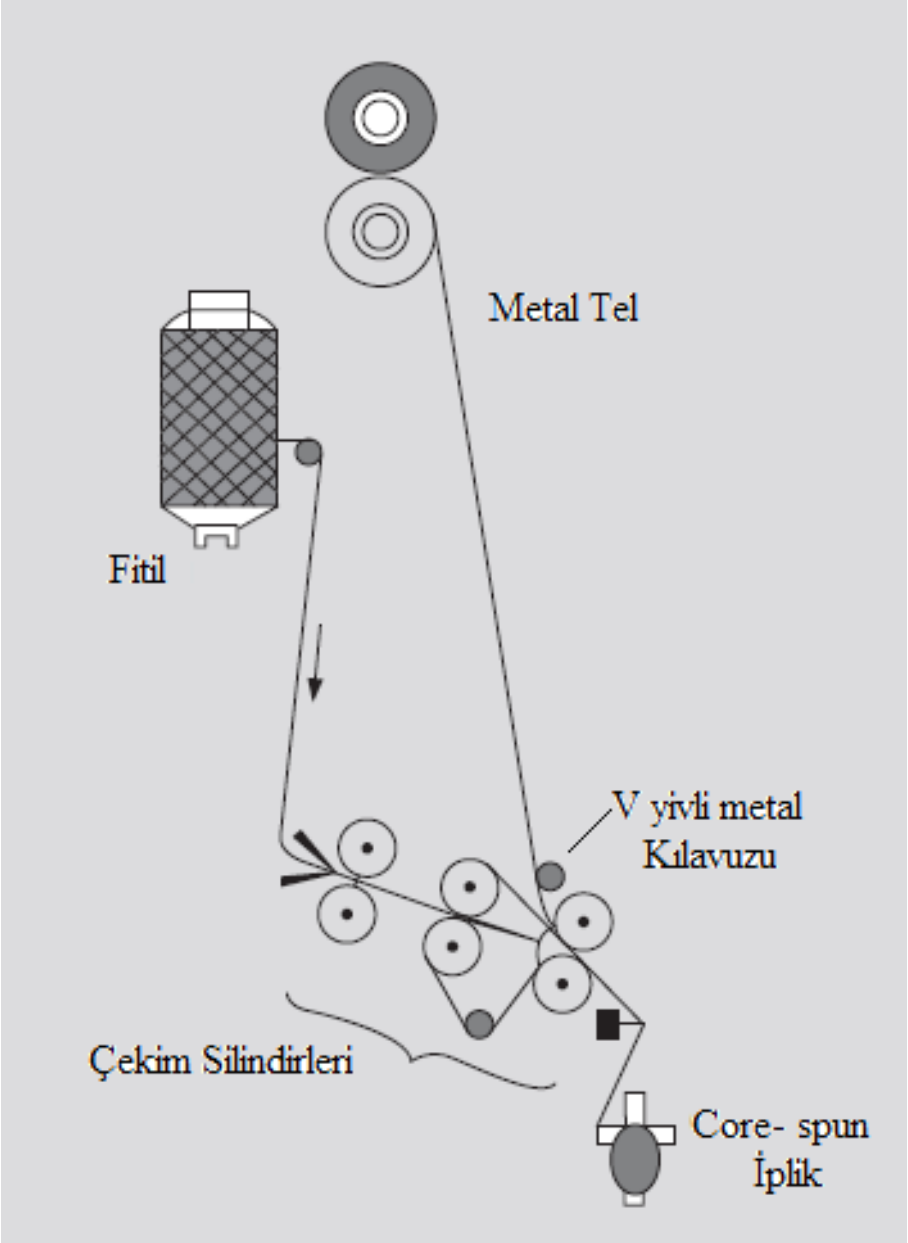
Şekil 3.3'de 35 mikron paslanmaz çelik telin ring makinesi üzerindeki yerleşimi görülmektedir.



Şekil 3.3. 35 mikron paslanmaz çelik tel bobinlerinin ring makinesi üzerindeki yerleşimi.

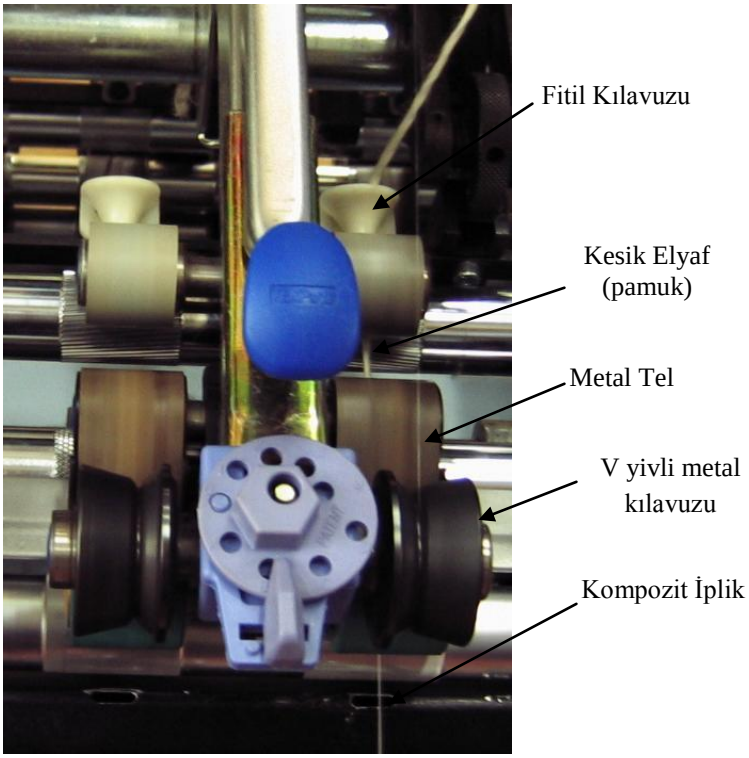
3.2.1.1.1. Ring Core-Spun Eğirme Metodu

Core-spun eğirme metodu, esas olarak, modifiye edilmiş ring iplik eğirme makinelerinde, core iplik üzerine doğal veya kimyasal elyaf sarılması temeline dayanmaktadır. Çalışmada, core iplik olarak metal tel üzerine penye pamuk elyaf sarılmıştır. Kısa stapel lifler ile metal, çekim sisteminin ön silindir çiftinin kıstırma noktasında birbirleri ile birleşir. Metalin çekim sistemine beslenebilmesi için ring iplik eğirme makinesine ilave bir besleme tertibatı (v yivli metal kılavuzu) gerekmektedir. Şekil 3.4'de core-spun eğirme metodunun şematik görünümü görülmektedir.



Şekil 3.4. Core-spun eğirme metodunun şematik görünümü [43].

Çalışmadaki core-spun iplik üretimi, numune ring makinesinde Pinter firmasının core aparatı ilavesi ile yapılmıştır. Şekil 3.5 (a) ve (b)'de çalışmadaki core iplik üretimine uygun şekilde modifiye edilmiş ring makinesinde çekim bölgesinin resimleri görülmektedir.



(a)



(b)

Şekil 3.5. Core-spun eğirme metodu.

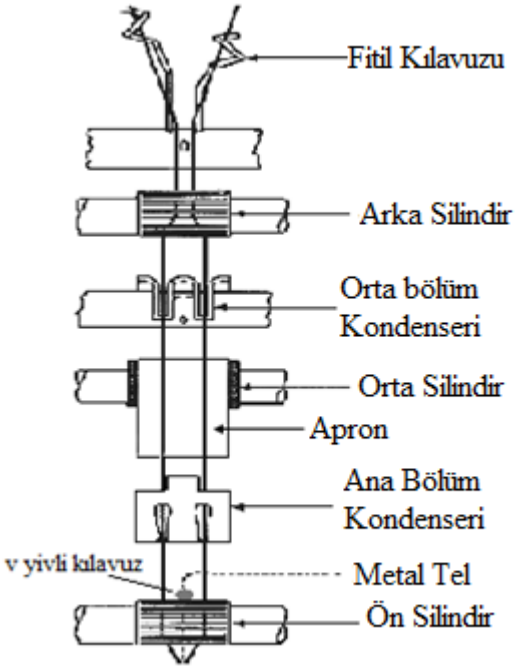
Core-spun kompozit ipliklerin üretiminde, penye hattından gelen Ne 0,85 inceliğindeki, bükümü 44 T/m olan fitiller kullanılmıştır. Ne 18, Ne 24, Ne 30 numaralarında % 100 penye triko iplikler ve metal içerikli kompozit iplikler üretilmiştir. İplik büküm

değerleri αe 3,7'ye göre ayarlanmıştır. Tüm metal içerikli ring core-spun kompozit iplikler için metal çekimi 1 alınmıştır.

3.2.1.1.2. Siro Core-Spun Eğirme Metodu

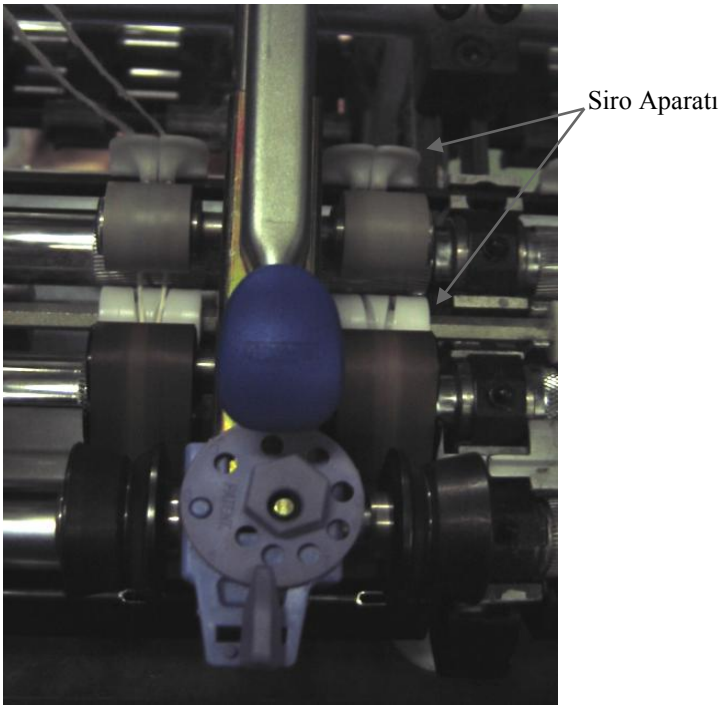
Siro iplik eğirme metodu oldukça basit bir sistem olup, kondenserler aracılığıyla birbirinden ayrılmış iki adet fitil çekim sistemine beslenmekte ve ortak bir iğle büküme tabi tutulmaktadır. Çekime tabi tutulan lif toplulukları, çıkış silindirini ayrı ayrı terk etmekte ancak ortak bir iğ tarafından büküme tabi tutulmaktadır. Böylece, her iki lif topluluğu eğirme üçgeni içerisinde tek iplik halinde büküm alırken aynı zamanda katlı iplik oluşturmak üzere birbirine bağlanmaktadırlar. Hem tek kat iplikler hem de çift katlı iplik bükümlüdür ve büküm yönleri de aynıdır. Siro iplik normal katlı ipliğe oranla daha sıkı, kompakt bir yapı kazanmaktadır [44].

Siro core-spun eğirme yönteminde iki ayrı fitilden gelen kısa stapel lifler ile metal, çekim sisteminin ön silindir çiftinin kıstırma noktasında birbirleri ile birleşir. Metalin çekim sistemine beslenebilmesi için ring iplik eğirme makinesine ilave bir besleme tertibatı (v yivli metal kılavuzu) gerekmektedir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Siro core-spun eğirme metodu şematik görünümü [45].

Çalışmadaki core siro-spun iplik üretimi, numune ring makinesinde Pinter firmasının core siro-spun aparatı ilavesi ile yapılmıştır. Şekil 3.7 (a) ve (b)'de çalışmadaki core iplik üretimine uygun şekilde modifiye edilmiş ring makinesinin çekim bölgesinin resimleri görülmektedir.



(a)



(b)

Şekil 3.7. Siro core-spun eğirme metodu.

Siro core-spun kompozit ipliklerin üretiminde, penye hattından gelen Ne 1,7 inceliğindeki, bükümü 62 T/m olan fitiller kullanılmıştır. Ne 18, Ne 24, Ne 30 numaralarında % 100 penye triko siro-spun iplikler ve metal içerikli core-siro spun kompozit iplikler üretilmiştir. İplik büküm değerleri αe 3,7'ye göre ayarlanmıştır. Tüm siro ipliklerin üretiminde fitil aralığı 8 mm'ye ayarlanmıştır. Siro core-spun kompozit ipliklerin üretiminde metal çekimi 1 alınmıştır.

3.2.1.1.3. Kompakt Eğirme Metodu

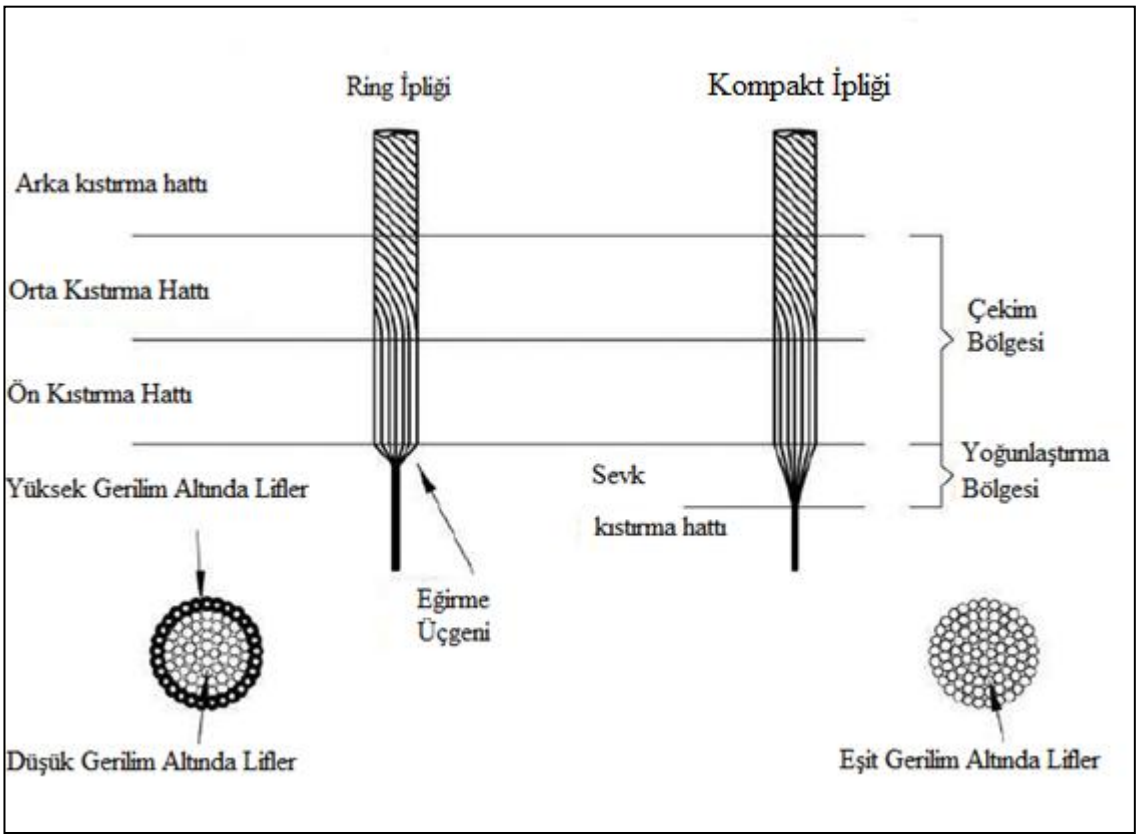
Kompakt iplikçilik sisteminde; eğirme üçgeninin hemen hemen ortadan kaldırılarak, kenar liflerinin iplik yapısına entegre olması neticesinde dikkate değer şekilde gelişmiş bir iplik yapısı elde edilir. Kompakt iplikçilik sistemiyle üretilen ipliklerde yüksek mukavemet, düşük tüylülük ve iyileştirilmiş düzgünsüzlük değerleri elde edilebilmektedir.

Ring eğirme sisteminde iplik yapısındaki kenar lifleri yüksek gerilim altında tutulurken, ortadaki lifler daha düşük gerilim altındadırlar [46]. Eğirme üçgenindeki tüm lifler iplik yapısına katılamadığı için liflerin tamamının mukavemetinden faydalanılamadığı gibi iplikteki tüm liflerin gerginlikleri üniform dağılmadığı için bunların iplik mukavemetine katkıları da eşit olmamaktadır. Dolayısıyla, iplikte mukavemet varyasyonları meydana gelmektedir. İpliğe kuvvet uygulandığında, lifler aynı anda kopmamakta, aksine gerginliğe bağlı olarak arka arkaya kopmaktadırlar [47]. İplik gerilime maruz kaldığında, önce kenar lifleri kopacak ve daha sonra da diğer lifler kopacaktır. Bu da daha düşük iplik mukavemetine neden olmaktadır. Kenar liflerinin kıstırma noktasından çıkar çıkmaz gelişigüzel tutunmalarından dolayı meydana gelen mukavemet kaybının yanında iplikte daha fazla tüylenme etkisi de görülmektedir.

Eğirme üçgeni 3 üzeri 3 çekim sisteminde son tutma noktasından sonra oluşur ve değişik konfigürasyonlarda kompakt hale getirilerek hemen hemen sıfıra yakın olacak şekilde azaltılır. Bu yoğunlaştırma prosesi çekim bölgesinde yer almaz. Sonuçta, büküm uygulamadan önce, çekim sonrası bir yoğunlaştırma bölgesi yaratmak için 4. bir tutma noktası gerekir. Bu yoğunlaştırma bölgesinde (çekim yok) ve bundan sonra pneumatik veya mekanik olarak lifler daha yakın ve gittikçe artan paralellikte uzanır. Bu durumda neredeyse tüm lifler (kısa olanlar bile) iplik yapısına nispeten eşit gerilim altında

katılırlar. En son tutma noktasından ayrıldıktan sonra, çok yüksek paralellikte ve yoğun formda (eğirme üçgeni oluşmadan) lif demetine büküm verilir. Bu konfigürasyonun etkisi ile sağlam, ince ve oldukça az tüylü bir iplik elde edilebilmektedir [46].

Ring ve kompakt iplikçilik sistemlerinde üretilen ipliklerin karşılaştırılması ve eğirme üçgeninin durumu şekil 3.8'de şematik olarak görülmektedir.



Şekil 3.8. Ring ve kompakt ipliklerinin karşılaştırması ve eğirme üçgeninin durumu [46].

Günümüzde kompakt ring iplik makineleri için farklı konstrüksiyonlara sahip sistemler bulunmaktadır. Bu sistemler farklı üretici firmalar tarafından geliştirilmiş olmasına rağmen, aslında temel çalışma prensipleri aynı olup, ana çekim bölgesinden sonra iplik oluşum bölgesinden önce elyaf demetinin yoğunlaştırılması temel prensiptir. Böylece, eğirme üçgeninin mümkün olduğunca küçültülmesi ve lif uçlarının olabildiğince iplik yapısına katılması amaçlanmaktadır [47].

Çalışmada, kompakt ipliklerin üretiminde Rotocraft Kompakt Eğirme (RoCos-Rotocraft Compact Spinning) sistemi kullanılmıştır. İlk nesil kompakt eğirme sistemlerinde, yoğunlaştırma işlemi nispeten yüksek maliyetli (kurulum, altyapının bakımı ve enerji) emiş ile gerçekleştirilmekteydi. İlk nesil kompakt sistemlerinden Rieter tarafından geliştirilen K44 modelinde klasik 3 silindir çift apronlu çekim sisteminin sonuna delikli bir çelik tambur (Şekil 3.9-a), Suessen'e ait Elite modelinde ise gözenekli apron yoğunlaştırma elemanı olarak kullanılmaktadır (Şekil 3.9-b) [47].

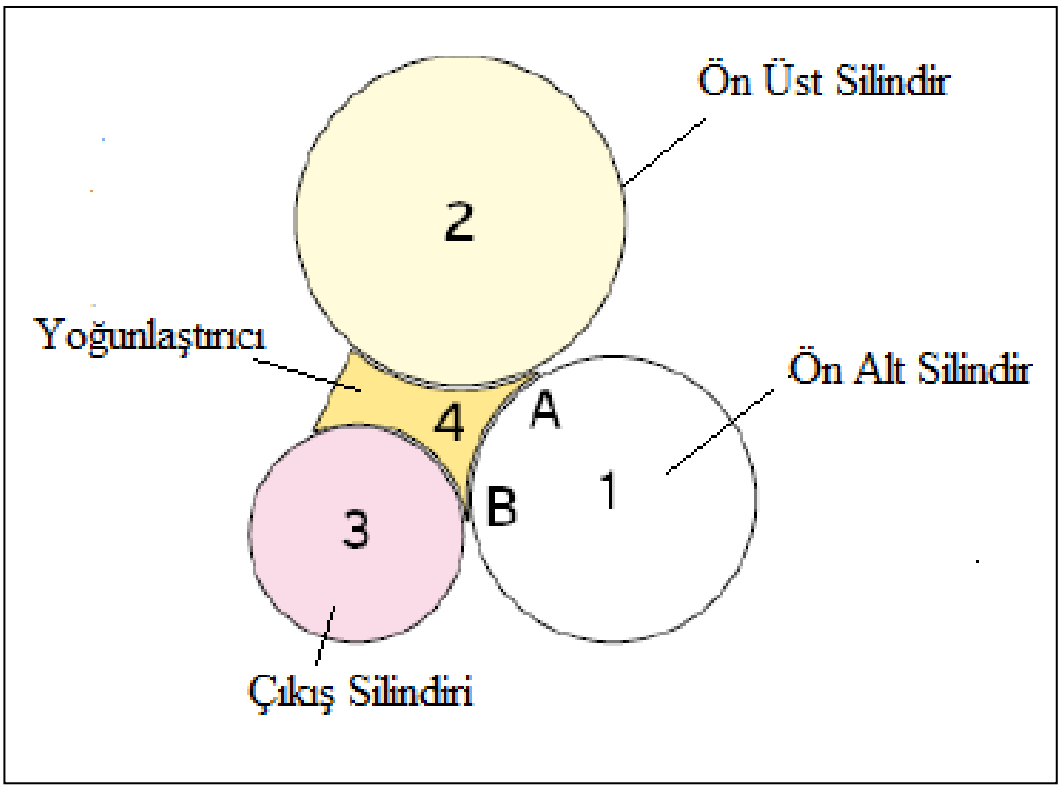


(a) K44 (b) EliTe

Şekil 3.9. K44 ve EliTe kompakt iplik eğirme sistemlerindeki yoğunlaştırma elemanları [2].

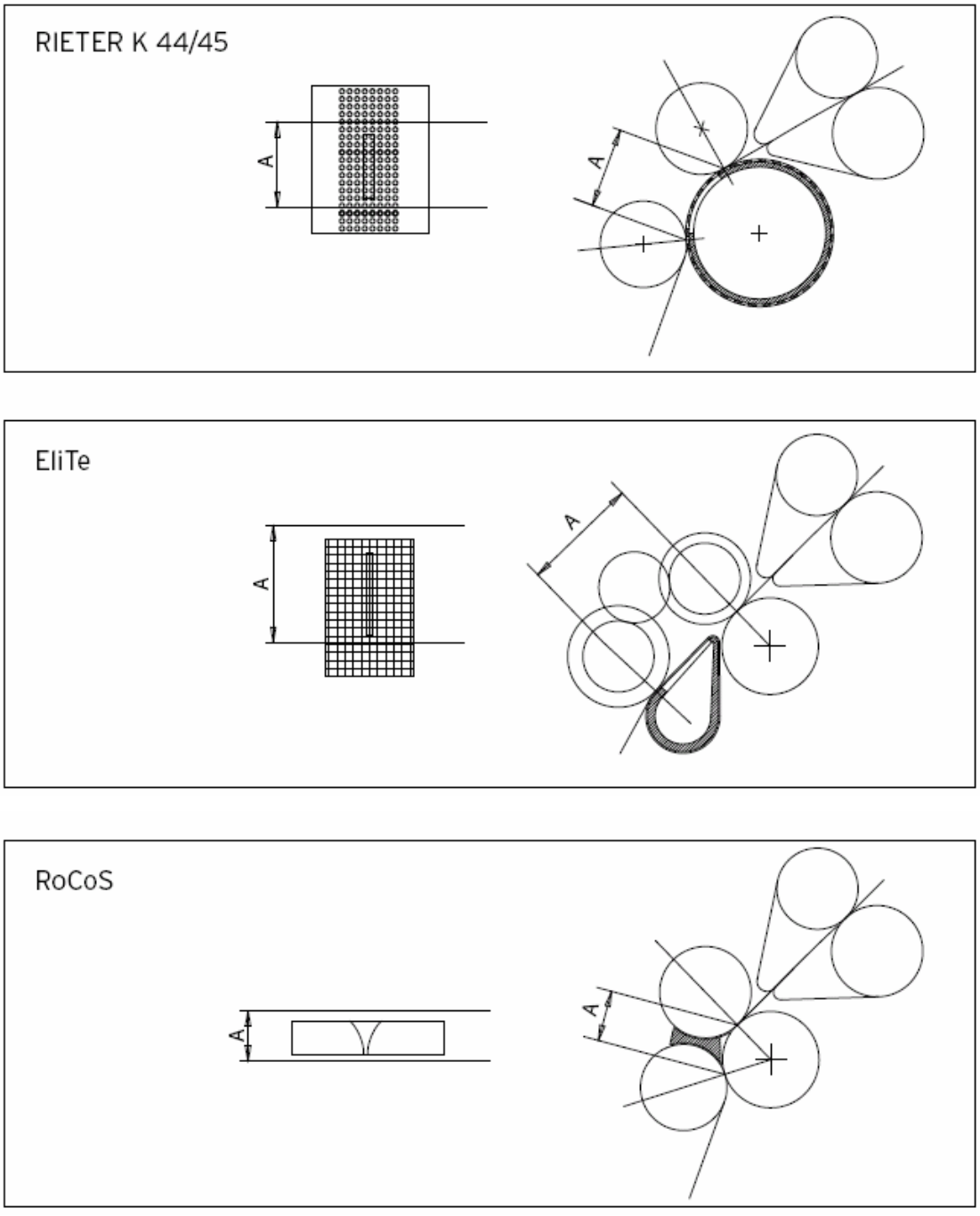
RoCoS sistemi, ikinci nesil kompakt eğirme sistemi olarak adlandırılmaktadır ve daha düşük maliyet ve kolay montaj avantajları ile dikkat çekmektedir. RoCos sistemi emiş gerektirmez, yoğunlaştırma manyetik ve mekanik teknik özellikleri ile yapılır. Ön alt silindir (1), ön üst silindir (2) ve çıkış silindirini (3) desteklemektedir (Şekil 3.10). Yoğunlaştırma bölgesi kıstırma hattı (tutma noktası) A'dan, kıstırma hattı (tutma noktası) B'ye kadar uzatılmıştır. Her iki üst silindir sürtünme ile döndürülmektedir ve dişli bağlantısı yoktur ve çapa bağlı olmaksızın sabit çevresel hıza sahiptir. İki tutma noktası A ve B arasında çekim olmadığı için, A-B mesafesinden daha uzun lifler uzama veya kopmaya maruz kalmayacaklardır. Yüksek hassasiyetli seramik yoğunlaştırıcı (4), aralarında boşluk olmadan yerleştirilmiş sabit mıknatıslar tarafından ön alt silindire bastırılır. Yoğunlaştırıcı eleman ve alt silindir beraber tamamen kapalı bir

yoğunlaştırma bölmesi oluşturmaktadır. Yoğunlaştırma elemanı güvenli bir şekilde kayar ve yoğunlaştırma kanalına doğru lif demetini senkronize olarak ileten, alt silindirin oluklu yüzeyinin üzerine iyi bir şekilde yerleştirilmiştir. Çıkış silindiri, lif iletiminin devamlılığını sağlar ve yoğunlaştırma bölgesine bükümün girişini durdurur (Şekil 3.10) [46].



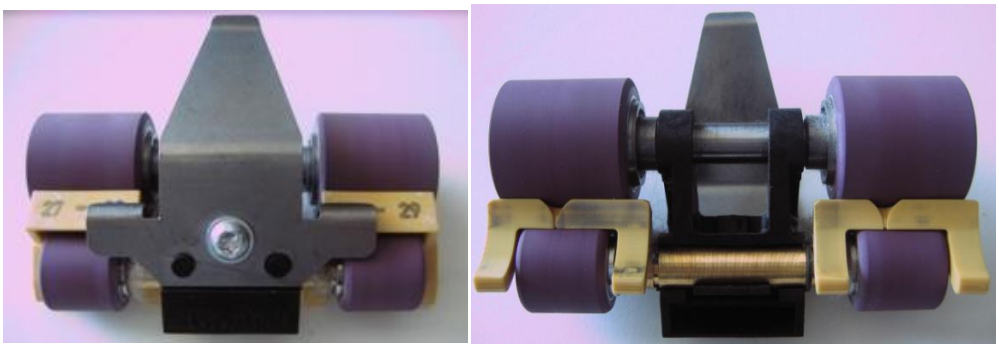
Şekil 3.10. RoCos kompakt eğirme sistemi şematik görünümü.

Şekil 3.11'de RoCoS'un ve ilk nesil kompakt sistemlerinden EliTe ve K44/45 sistemlerinin lif akışı ve çalışma prensibi görülmektedir.

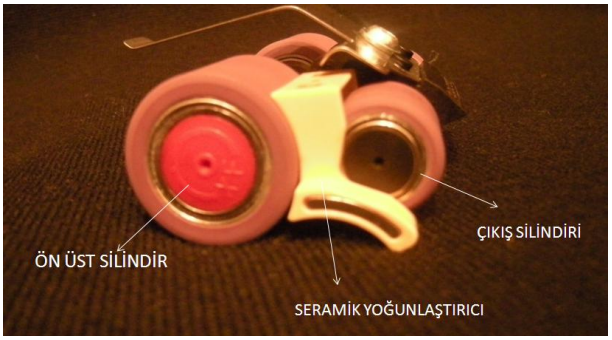


Şekil 3.11. RoCoS, EliTe ve K44/45 sistemlerinin lif akışı ve çalışma prensibi.

Çalışmada kompakt ipliklerin üretiminde kullanılan RoCos kompakt aparatı, şekil 3.12' de görülmektedir.



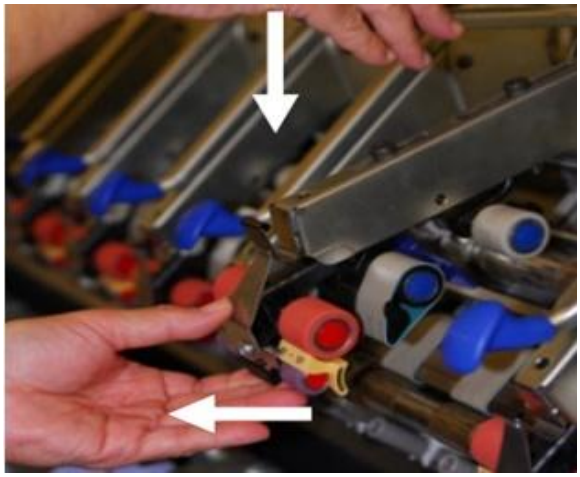
(a) (b)



(c)

Şekil 3.12. RoCos kompakt aparatı
(a)ön (b)arka (c)yan görünüm.

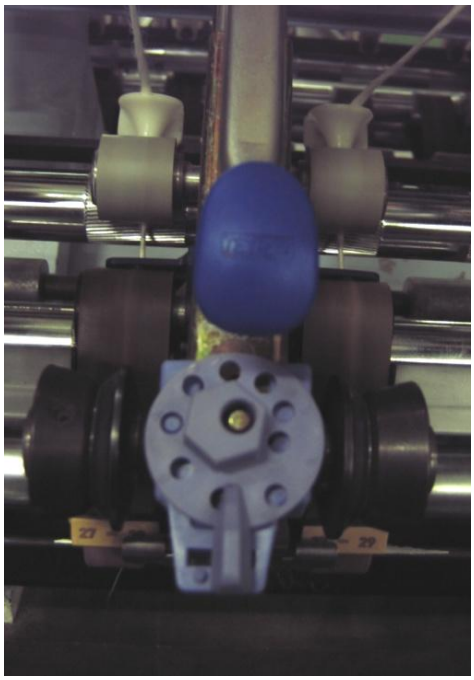
Şekil 3.13'de RoCoS kompakt aparatının makine üzerine montajı görülmektedir.



Şekil 3.13. RoCos kompakt aparatının ring iplik makinesi üzerindeki yerleşimi.

Kompakt core-spun ipliklerin üretiminde fitilden gelen kısa stapel lifler ile metal, çekim sisteminin ön silindir çiftinin kıstırma noktasında birbirleri ile birleşir. Metalin çekim sistemine beslenebilmesi için ring iplik eğirme makinesine ilave bir besleme tertibatı (v yivli metal kılavuzu) gerekmektedir.

Şekil 3.14 çalışmada kullanılan numune ring makinesine V yivli metal kılavuzu ve RoCos kompakt aparatının montaj yapılmış haliyle kompakt iplik üretimini göstermektedir.



(a)



(b)

Şekil 3.14. Kompakt core-spun eğirme metodu.

Kompakt core-spun kompozit ipliklerin üretiminde, penye hattından gelen Ne 0,85 inceliğindeki, bükümü 44 T/m olan fitiller kullanılmıştır. Ne 18, Ne 24, Ne 30 numaralarında % 100 penye triko kompakt iplikler ve metal içerikli core-kompakt kompozit iplikler üretilmiştir. İplik büküm değerleri αe 3,7'ye göre ayarlanmıştır. Tüm kompakt core-spun kompozit iplikler için metal çekimi 1 alınmıştır.

3.2.1.1.4. Numune İpliklerin Bobinlenmesi

Yapılan iplik numunelerinden 24-RC-S35 kodlu kompozit ipliklerle işletme imkânları kullanılarak bobinleme denemeleri yapılmıştır. Bu denemeler için Schlafhorst Air Spilicer 338RM (magazinli) ve Savio Twin bobin makineleri kullanılmıştır. Her bir bobinleme denemesi için düğüm yerleri alınmış ve bunlar fotoğraflanmıştır. Bu fotoğraflar şekil 3.15 ve şekil 3.16'da görülmektedir.



Şekil 3.15. Schlafhorst Air Spilicer 338RM bobin makinelerinde alınan düğüm yeri fotoğrafları.



Şekil 3.16. Sawio Twin Bobin makinelerinde alınan düğüm yeri fotoğrafları.

Bobinleme denemeleri sonucunda düğüm yeri fotoğrafları incelendiğinde Sawio Twin bobin makinelerindeki düğüm yerlerinin daha iyi olduğu görülmektedir. Ancak bu makinelerin üzerlerinde bulunan Uster Quantum 2 C15F25 tipi (kapasitif) düğümleyicinin numune iplikler metal içerdiği için çıkarılması gerekmiştir. Bobin makinesine denemeler için Uster Quantum2 O30F23 tipi (optik) düğümleyici takılmıştır. Numune üretiminin bobinlenmesinin Sawio Twin bobin makinelerinde yapılmasının işletme için zaman ve üretim kaybı olacağı düşünülmüş ve numune ipliklerin Schlafhorst Air Spilicer 338RM (magazinli) bobin makinelerinde bobinlenmesine karar verilmiştir.

Çalışma kapsamında, numune kumaşların üretiminde kullanılmak amacı ile üretilen 24-SC-S20 kompozit iplikler Air Spilicer 338RM ortalama 1144 m/dk üretim hızı ile bobinlenmiştir. Metalsiz kumaşların üretiminde kullanılmak amacı ile üretilen 24-S iplikler ise ortalama 1198 m/dk üretim hızı ile bobinlenmiştir. 24-SC-S20 kompozit iplikler metal içeriklerinden dolayı bobinlenirken temizlik ayarları kapatılmıştır.

3.2.1.2. Numune Kumaşların Üretimi

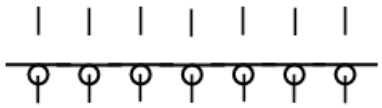
Çalışma kapsamında, numune kumaşların üretimi yuvarlak ve düz örme makinelerinde gerçekleştirilmiştir. Kumaş numunelerinin kodları ve ilmek iplik uzunlukları Tablo 3.3 de özetlenmiştir.

Tablo 3.3. Kumaş numunelerinin kodları.

Kumaş Kodu	Kumaş Örgüsü	Kullanılan İplik	1 ilmek İplik Uzunluğu (cm)
Y1C	Süprem	24-S	0.33
Y1S-a	Süprem	24-SC-S20	0.33
Y1S-b	Süprem	24-SC-S20 /Lycra	0.33
Y2C	Ribana	24-S	0.33
Y2S-a	Ribana Metalli	24-SC-S20	0.30
Y2S-b	Ribana Metalli	24-SC-S20	0.33
Y2S-c	Ribana Metalli	24-SC-S20	0.36
Y2S-d	Ribana	24-SC-S20 /Lycra	0.33
Y2S-e	Ribana	24-SC-S20 Ne40/1 penye	0.32
Y3S	Lacost	24-SC-S20	0.33
Y4S	İnterlok	24-SC-S20 /Lycra	0.20
D1C	Atkı Yatırımlı İnterlok	24-S	0.32
D1S	Atkı Yatırımlı İnterlok	24-SC-S20	0.30
D2C	Atkı Yatırımlı Askılı Yapı	24-S	0.56
D2S	Atkı Yatırımlı Askılı Yapı	24-SC-S20	0.55
D3C	İnterlok	24-S	0.29
D3S	İnterlok	24-SC-S20	0.29
D4C	Düz Örgü	24-S	0.43
D4S	Düz Örgü	24-SC-S20	0.47

3.2.1.2.1. Yuvarlak Örme Makinesinde Üretilen Numune Kumaşlar

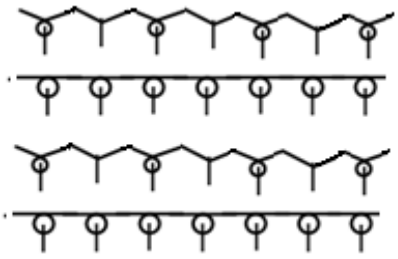
Yuvarlak örme makinelerinde üretilen kumaş numunelerinde kullanılan süprem, ribana, lacost örgü yapılarının iğne diyagramı ile gösterimleri sırasıyla şekil 3.17, şekil 3.18 ve şekil 3.19'da verilmiştir.



Şekil 3.17. Süprem örgü.

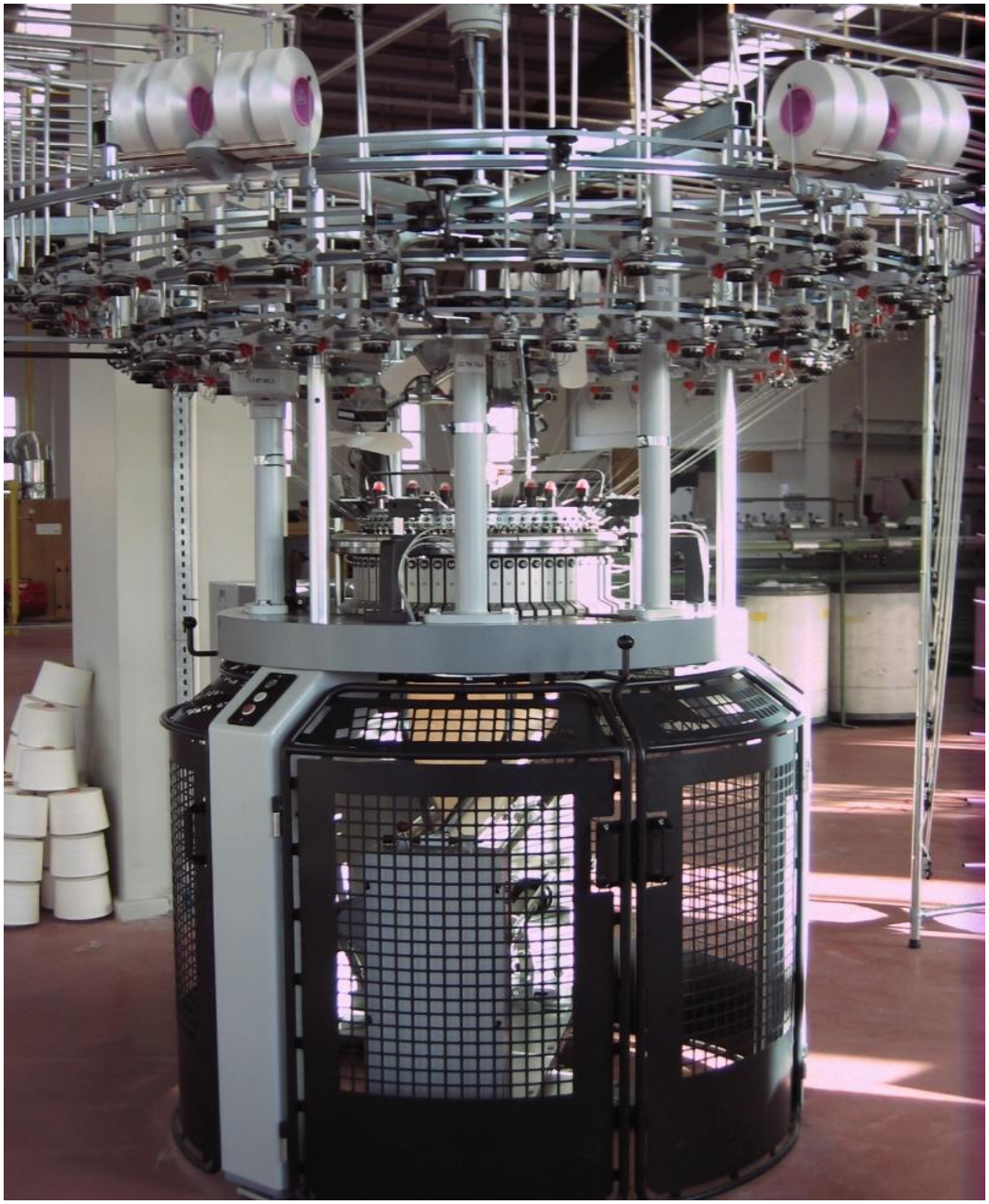


Şekil 3.18. Ribana örgü.



Şekil 3.19. Lacost örgü.

Çalışma kapsamında, süprem (Y1C, Y1S-a, Y1S-b) ve lacost (Y3S) örgü yapısındaki kumaş numuneleri; Mayer MV 4-3-2II model (19 pus-28E) yuvarlak örme makinesinde üretilmiştir (Şekil 3.20).



Şekil 3.20. Mayer MV 4-3-2II Model Örme Makinesi.

Çalışma kapsamında, ribana örgü yapısındaki kumaş numuneleri (Y2C, Y2S-a, Y2S-b, Y2S-c, Y2S-d, Y2S-e); Mayer F.V. 2. 0 model (14 pus-18E) yuvarlak örme makinesinde üretilmiştir (Şekil 3.21).



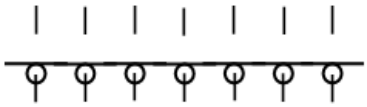
Şekil 3.21. Mayer F. V. 2. 0.Model Yuvarlak Örme Makinesi.

İnterlok örgü yapısındaki kumaş numunesi (Y4S) Keum Yong KRB-4TIV model (21 pus-20E) yuvarlak örme makinesinde üretilmiştir.

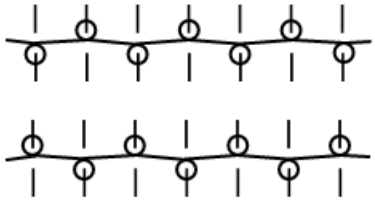
3.2.1.2.2. Düz Örme Makinesinde Üretilen Numune Kumaşlar

Kumaş numuneleri; Shima Seiki SSG 122 SC model (14 gauge) V yataklı düz örme makinesinde üretilmiştir. Numune kumaşların üretimi esnasında kumaş çekim ayarları sabit tutulmuştur.

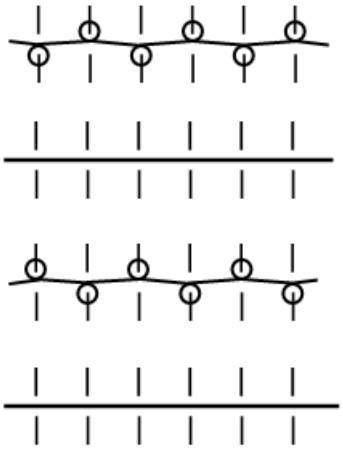
Düz örme makinelerinde üretilen kumaş numunelerinde kullanılan düz örgü, interlok, atkı yatırımlı interlok, atkı yatırımlı askılı yapı örgü yapılarının iğne diyagramı ile gösterimleri sırasıyla şekil 3.22, şekil 3.23, şekil 3.24 ve şekil 3.25'de verilmiştir.



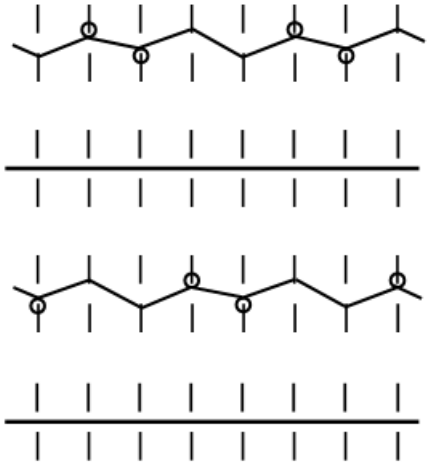
Şekil 3.22. Düz örgü.



Şekil 3.23. İnterlok örgü.



Şekil 3.24. Atkı yatırımlı interlok.



Şekil 3.25. Atkı yatırımlı askılı yapı.

3.2.2. Uygulanan Test Yöntemleri

Uygulanan testler, iplik özelliklerinin belirlenmesi ve kumaş numunelerine ait özelliklerin belirlenmesi için yapılanlar olmak üzere iki grupta incelenmiştir.

3.2.2.1. İplik Özelliklerinin Belirlenmesi İçin Uygulanan Testler

Üretilmiş olan numune ipliklerin özelliklerini tespit etmek amacıyla gerçekleştirilen testler, alınan numunelerin standart atmosfer şartlarında (20±2°C sıcaklık ve %65±2 bağıl nem) 24 saat bekletilerek kondisyonlandıktan sonra gerçekleştirilmiştir.

3.2.2.1.1. İplik Numarasının Belirlenmesi

İplik numara tayininde testler TS 244 EN ISO 2060 "Tekstil-İplikler-Doğrusal Yoğunluk Tayini-Çile Metodu" adlı standart esas alınarak gerçekleştirilmiştir. Her bir numara için tesadüfi olarak 10 adet kops seçilmiş ve her kopstan 1 test yapılarak ipliklerin ortalama numara değerleri Ne olarak tespit edilmiştir.

3.2.2.1.2. İplik Büküm Testleri

İplikte büküm tayini için yapılan deneylerde, TS 247 EN ISO 2061 "Tekstil-İpliklerde Büküm Tayini Doğrudan Sayma Metodu" adlı standart esas alınmıştır. Deneylerde büküm kısalması (açma/kapama) metoduna göre çalışan Zweigle D314 büküm ölçüm cihazı kullanılmıştır. Her iplik numunesi için tesadüfi olarak 10 adet kops tesadüfi olarak seçilmiş ve her kopstan 1 test yapılarak ortalama büküm değerleri tespit edilmiştir.

3.2.2.1.3. İplik Tüylülük Testleri

İplik tüylülüğü, birim uzunluk boyunca iplik yüzeyinden dışarı doğru çıkan liflerin sayısı ya da lif uzunluğu olarak ifade edilmektedir. Çalışmada, her numune iplikten tesadüfi olarak 10 adet kops tesadüfi olarak seçilerek Zweigle MT-G 567 tüylülük test cihazında testler yapılmıştır. Test hızı tüm iplik numuneleri için 50 m/dk ve ölçüm uzunluğu 100 m'dir. Ön gerilim 5cN olarak seçilmiştir.

Zweigle tüylülük test cihazlarında tüylülüğün belirlenmesinde uzunluk boyunca iplik yüzeyinden dışarı çıkan 1 mm, 2 mm, 3 mm, 4 mm, 6 mm, 8 mm, 10 mm, 12 mm, 15 mm, 18 mm, 21 mm, 25 mm boyundaki liflerin sayısı ve "S3" olarak isimlendirilen, iplikteki 3 mm ve daha fazla uzunluktaki tüylerin toplamını ifade eden değer belirtilmektedir [49, 50]. Şekil 3.26'da Zweigle MT-G 567 tüylülük test cihazı gösterilmektedir.



Şekil 3.26. Zweigle MT-G 567 tüylülük test cihazı.

3.2.2.1.4. İplik Mukavemet Testleri

Üretilmiş olan ipliklerin mukavemet testleri; Premier Tensomaxx 7000 mukavemet ölçüm cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.27). Çalışmada, her numune iplikten 10'ar adet kops tesadüfi olarak seçilmiş ve her kopstan 10'ar adet olmak üzere mukavemet testleri yapılmıştır. Test parametreleri olarak ISO 2062'ye dayanarak, 5000 mm/dak çene hızı ve 500 mm numune uzunluğu kullanılmıştır. Test kapsamında kopma mukavemeti, Rkm, kopma uzaması ve kopma işi değerlendirilmiştir.

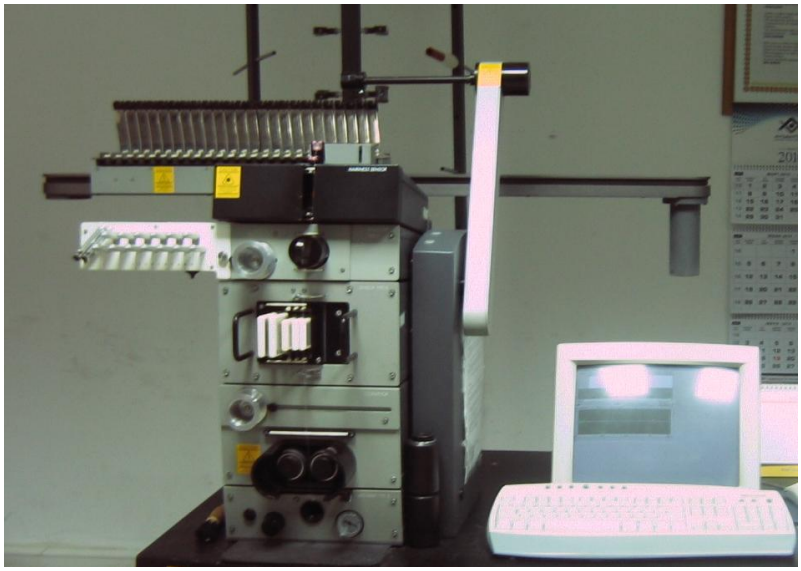


Şekil 3.27. Premier Tensomaxx 7000 mukavemet ölçüm cihazı.

3.2.2.1.5. Düzgünsüzlük ve Hata Testleri

% 100 pamuk numune ipliklerin düzgünsüzlük testleri; Premier Tester 7000 test cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.28). Bu amaçla tesadüfi olarak seçilen 10 adet kopsun her birinden 1 adet 400 m'lik ölçüm yapılarak, her bir farklı iplik tipi için 10 ölçüm sonucu elde edilmiştir. Test hızı olarak 400 m/dk kullanılmıştır. Düzgünsüzlük ve hata testleri kapsamında değerlendirilmiş olan değerler; kütlesel düzgünsüzlük ($\%CV_m$), Index (-), ince yer (-50%), kalın yer (+50%), neps (+200%) ve Hairiness sonuçlarıdır.

Core ipliklerin düzgünsüzlük testleri ise metal içeriklerinden dolayı kapasitif ölçüm yöntemi olan Premier Tester 7000'de gerçekleştirilememiştir.



Şekil 3.28. Premier Tester 7000 test cihazı.

3.2.2.1.6. Fotoğraf Çekimi

Numune ipliklerin fotoğraf çekimi Olympus SZ61 marka stereo mikroskop ile BABSOFT görüntü işleme yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.29).



Şekil 3.29. Olympus SZ61 stereo mikroskop.

3.2.2.2. Kumaş Özelliklerinin Belirlenmesi İçin Uygulanan Testler

Kumaş numunelerine uygulanan testler iki grupta incelenmiştir. İlk grup kumaş numunelerinin fiziksel özelliklerinin tespit edilmesi için uygulanan testlerdir. İkinci grup ise çalışmanın temel konusu olan numune kumaşların ekranlama etkinliğinin (SE-Shielding Effectiveness) tespit edilebilmesi için uygulanan testlerdir.

3.2.2.2.1. Kumaşların Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi İçin Uygulanan Testler

Numune kumaşların fiziksel özelliklerinin tespit edilmesi amacıyla kumaş çubuk ve sıra sıklığı ölçümü, kalınlık ölçümü, gramaj tayini, patlama mukavemeti testi ve fotoğraf çekimi yapılmıştır.

3.2.2.2.1.1. Kumaş Sıra ve Çubuk Sıklığı Ölçümü

Numune kumaşların sıra ve çubuk sıklıkları kumaş büyüteci (lup) kullanılarak tespit edilmiştir. Kumaşların sıra ve çubuk ölçümlerinde TS 250 EN 1049-2 standartı esas alınmıştır. Numune kumaşların 5 farklı yerinden sayılan 1 cm'deki sıra ve çubuk

sayılarının ortalaması alınarak her bir kumaş numunesi için ortalama sıra ve çubuk sayıları bulunmuştur.

3.2.2.2.1.2. Kumaşlarda Gramaj Tayini

Kumaşta gramaj tayinleri belli bir alanın veya belli bir uzunluğun ağırlığı yani birim alanın ağırlığıdır. Kumaşta en çok kullanılan kumaşın l metrekaresinin g cinsinden ağırlığıdır. Bu çalışmada, 100 cm^2 alana sahip gramaj ölçüm kesici kullanılmış, kumaştan alınan parça hassas terazide tartılmış ve elde edilen değer 100 ile çarpılmak suretiyle kumaşın gramajı g/m^2 cinsinden belirlenmiştir. Her bir kumaş numunesinden beş adet ölçüm yapılıp ölçümlerin ortalama değeri alınmıştır. Yapılan kumaş gramaj testleri için TS 251 standardı esas alınmıştır. Kesim işleminin güvenilirliği açısından, numune kumaşın yapısını bozmayacak şekilde, gerilimsiz ve düzgün durmasına, kesim yapılan zeminin de düz olmasına dikkat edilmiştir.

3.2.2.2.1.3. İlmek İplik Uzunluğu Ölçümü

İlmek iplik uzunluğunun ölçümü için her kumaş numunesi üzerinde 100 çubukluk bir genişlik işaretlenmiş ve bu 100 çubukluk örgü sıraları sökülerek bu sıraları oluşturan ipliğin uzunluğu ölçülmüştür. Her bir iplik çeşidi için 3 adet iplik sökülerek bu değerlerin ortalaması alınmıştır. Ölçüm için sökülen ipliğin işaretli birinci noktası skalada 0 noktasında yer alan bir çeneye sıkıştırılmış, işaretli ikinci nokta da 10 gr.lık ağırlık seviyesinde ipliğin kıvrımlarının açılması sağlanmış ve 100 ilmek uzunluğundaki iplik parçasının uzunluğu ölçülmüştür. Daha sonra ölçülen uzunluk 100'e bölünerek bir ilmeğin iplik uzunluğu bulunmuştur.

3.2.2.2.1.4. Kumaş Kalınlık Ölçümü

Üretilen numune ham kumaşların kalınlık testleri R&B Cloth Thickness test cihazında ASTM. 1777 D standardına göre yapılmıştır. Cihazın ölçüm hassasiyeti 0,01 mm'dir. Test alanı olarak 1 cm^2 lik kumaş yüzeyi alınmıştır. Her bir kumaş tipi için 5 ölçüm yapılarak ortalaması tespit edilmiştir. Cihazda ölçümler en düşük değer olan 5 kgf/cm^2 basınç ayarında gerçekleştirilmiştir.

3.2.2.2.1.5. Patlama Mukavemeti Testi

Kumaşlar kullanım esnasında çok yönlü kuvvetlerin etkisi altında kalmaktadır. Özellikle de örme kumaşlarda patlama mukavemeti son derece önemlidir. Patlama mukavemeti; bir kumaşın ani bir kuvvetle yırtılması için gerekli olan dikey basıncın miktarı olarak tanımlanabilir. Üretilen numune kumaşlara, patlama mukavemeti testi TS EN ISO 13938-2 standardına göre Truburst James H.Heal marka test cihazında (Şekil 3.30) ham halde uygulanmıştır. Her kumaş numunesinden 70 mm aralıklarla 5 değişik yerinden ölçüm yapılmış ve ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalaması alınmıştır. Ölçümler, patlama süresi 20±2 sn'ye ayarlanarak yapılmıştır.



Şekil 3.30. Truburst patlama mukavemeti test cihazı.

3.2.2.2.1.6. Fotoğraf Çekimi

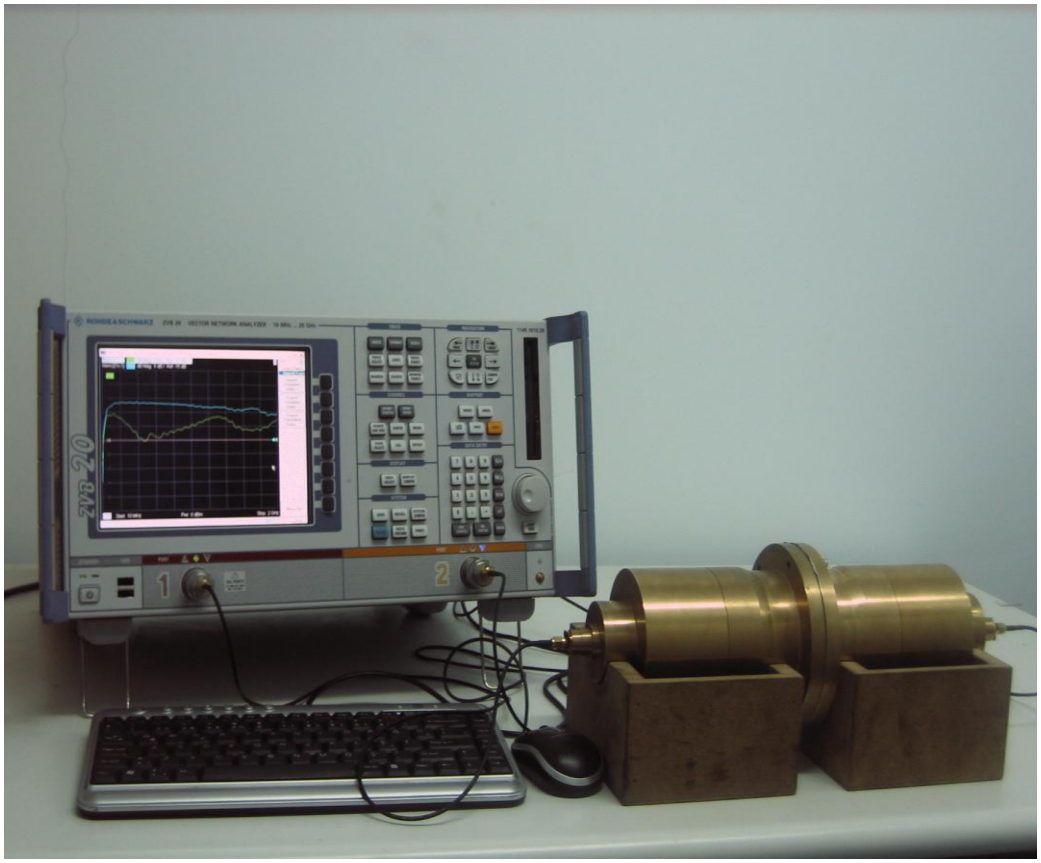
Numune kumaşların fotoğraf çekimi Olympus SZ61 marka stereo mikroskop ile BABSOFT görüntü işleme yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.2.2.2. Kumaşların Ekranlama Etkinliğinin (SE) Belirlenmesi İçin Uygulanan Testler

Kumaş numunelerinin ekranlama etkinliklerinin (SE) ölçümü koaksiyel tutucu metodu (Coaxial Holder Method) ve yankısız oda metodu (Anechoic Chamber with Aperture Method) olmak üzere iki ayrı ölçüm metodu ile yapılmıştır. Ayrıca bu bölümde numune kumaşların ASTM-F-150 standartına göre yüzey direnci ölçümleri de yapılmıştır.

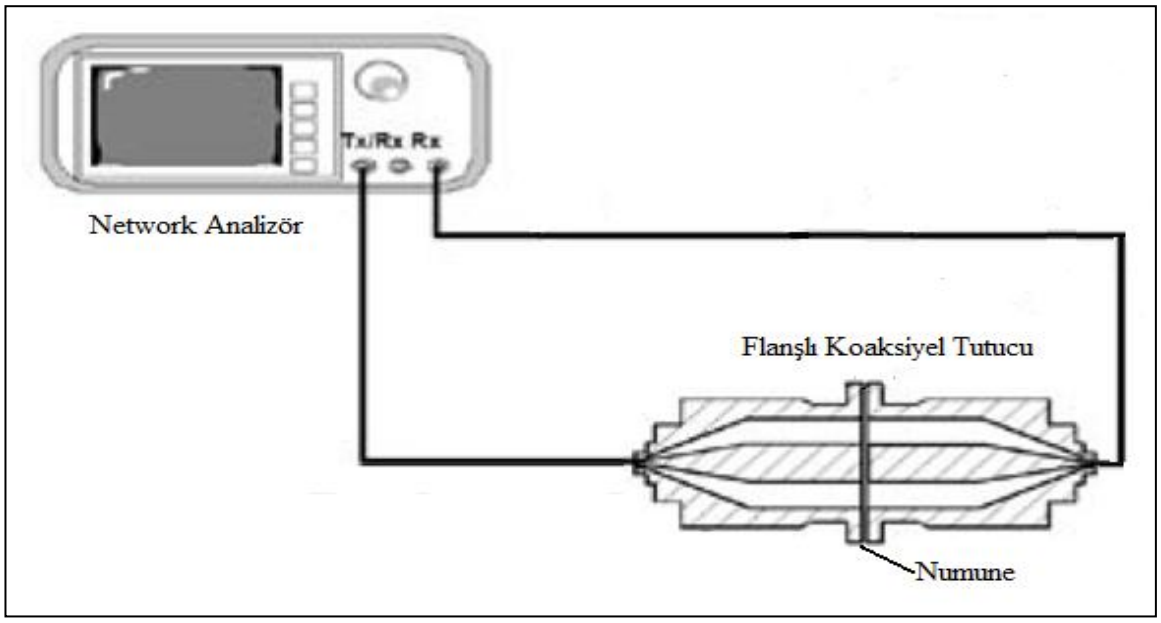
3.2.2.2.2.1. Koaksiyel Tutucu Metodu (Coaxial Holder Method) ile Yapılan SE Ölçümleri

Kumaş numunelerinin SE ölçümleri, ASTM-D 4935 standardını esas alan koaksiyel tutucu metodu ile yapılmıştır. Ölçümlerde, ASTM D-4935 standardına uyarlanarak yaptığımız ölçüm apartımızı kullandık. Şekil 3.31'de ölçümleri yaptığımız test düzeneği görülmektedir.



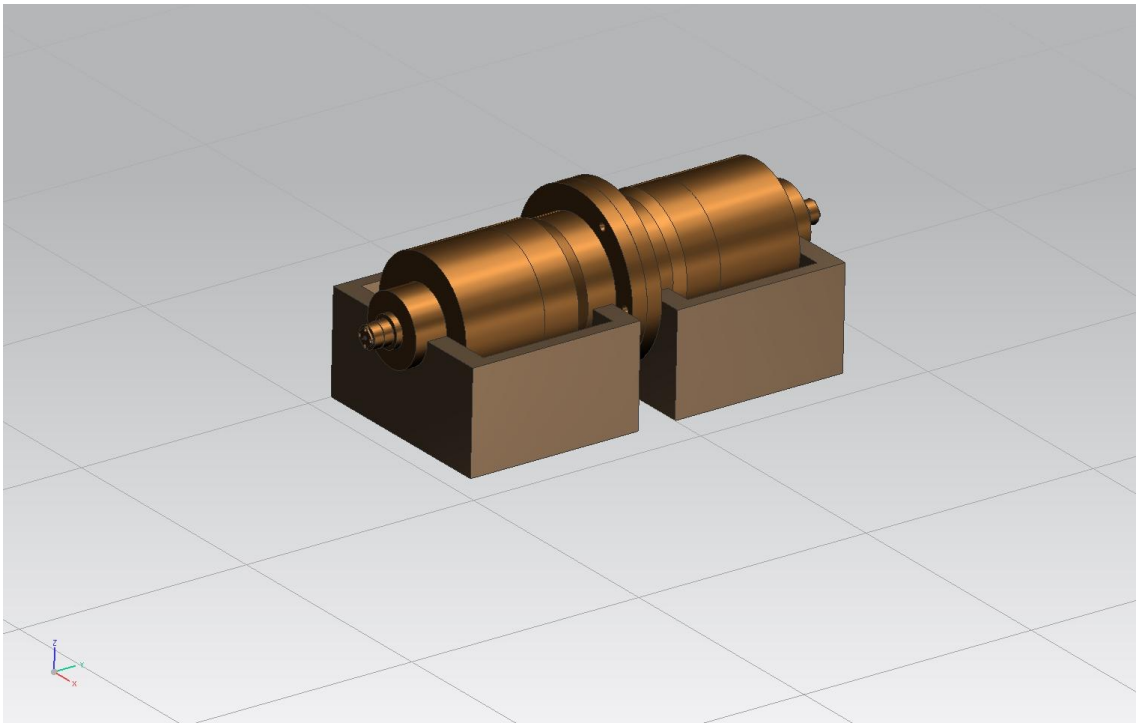
Şekil 3.31. Kumaşların koaksiyel tutucu metodu ile SE ölçümlerinin yapıldığı test düzeneği.

Bu ölçüm sisteminde, flanşlı bir koaksiyel tutucu ve S parametrelerini (**S_{11} ve S_{21} yansıma ve araya girme kayıpları**) ölçebilen R&S ZVB20 model bir network analizör bulunmaktadır. S parametrelerinin ölçümü ile toplam ekranlama etkinliği içerisinde yansıma ve soğurmanın katkıları belirlenebilmektedir. Koaksiyel tutucu metodu ile SE ölçümlerinin yapıldığı ölçüm test düzeneğinin şematik görünümü Şekil 3.32'de görülmektedir.

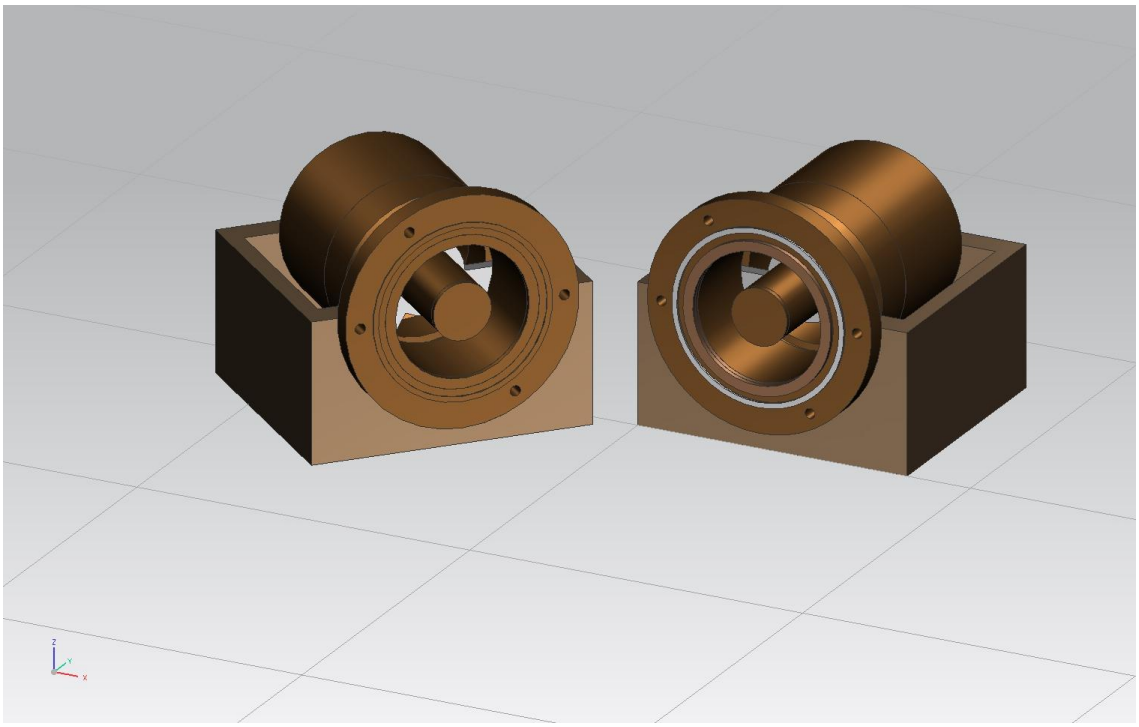


Şekil 3.32. Koaksiyel tutucu metodu için ölçüm test düzeneği.

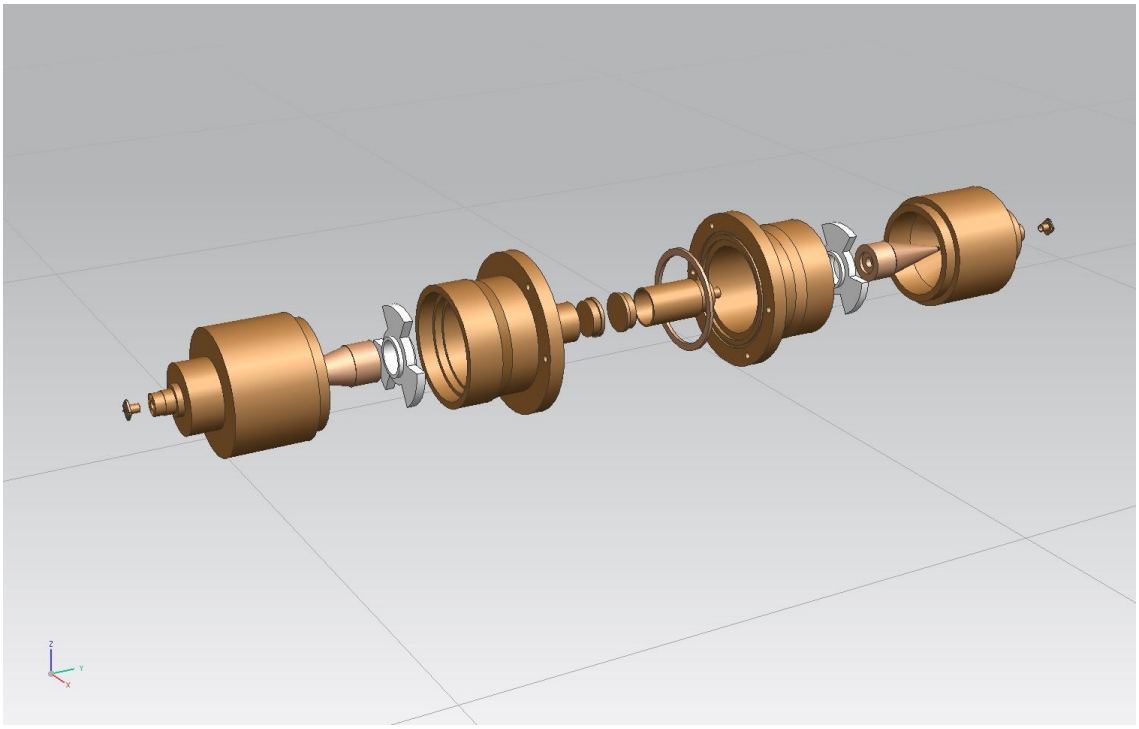
Şekil 3.33'de ölçüm aparatımızın Unigraphics NX 7.0 proğramında çizilen flanşlı koaksiyel tutucusunun model resimleri görülmektedir.



(a)



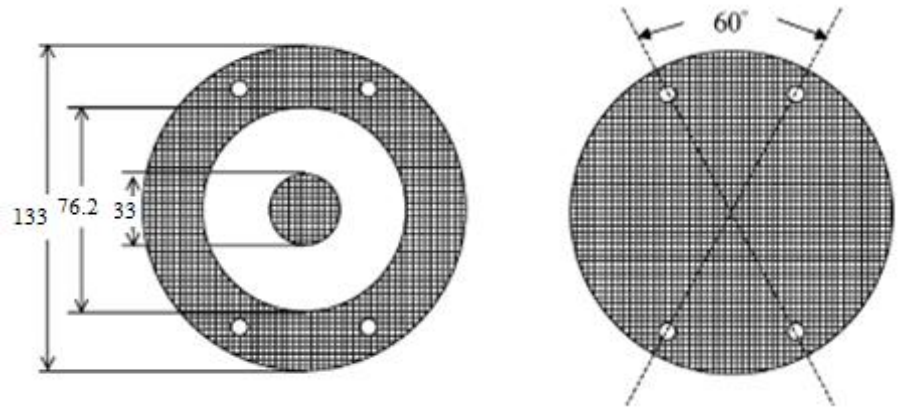
(b)



(c)

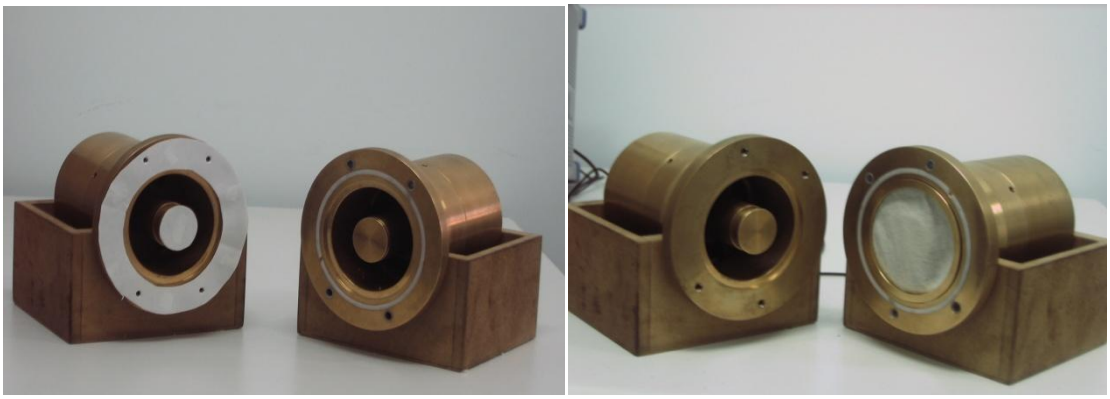
Şekil 3.33. ASTM D-4935 standartına uyarlanarak yapılan flanşlı koaksiyel tutucu modeli.

Bu metottaki test adaptörünün dış iletken iç çapı (D) 76.2 mm ve iç iletken dış çapı (d) 33 mm'dir. Test adaptörü ölçüm adaptörünün iki yarısı arasındaki kapasitif bağlantıyı arttıran 133 mm'lik flanş ile hazırlanmıştır (Şekil 3.34).



Şekil 3.34. ASTM D4935-99 ile uyumlu bir metot için test adaptörü.

Kumaş numunelerinin SE değerlerini belirleyebilmek için ölçüm aparatında (Şekil 3.35-c) ölçümleri iki basamakta gerçekleştirdik. Birinci basamakta, referans değerler için referans ölçüm yapıldı (Şekil 3.35-a) İkinci basamakta ise ölçüm alanına uygun olarak 133-76 mm bilezik içinde 33 mm dairesel formda hazırlanan fiili test numunelerinin ölçümleri yapıldı (Şekil 3.35-b).



(a) (b)



(c)

Şekil 3.35. Ölçüm aparatımızın test adaptörü.

ASTM D-4935 standardına göre yaptığımız ölçüm aparatı ile ilgili çizimler **Ek-1**'de verilmiştir.

Ölçümler sonunda, kumaş numunelerinin herbiri için network analizörden S21 değerleri alındı. Kumaşların ekranlama etkinliği değerleri belirlenirken (3.1) denklemi kullanıldı.

SE (dB) = Referans ölçüm sonucu (dB) - Zayıflatma ölçüm sonucu (dB) (3.1)

(3.1) denklemi kullanılarak elde edilen sonuçlar negatif çıktığında o frekans için SE değeri sıfır kabul edilmiştir.

Ölçüm aparatının üst frekansının maksimum değerini hesaplamak için (3.2) denklemi kullanıldı [32].

$$f\max < \frac{c}{\frac{\pi}{2}(D+d)} \quad (3.2)$$

c - ışık hızı ($3x10^8$m/s).

D – Dış iletken iç çapı (mm).

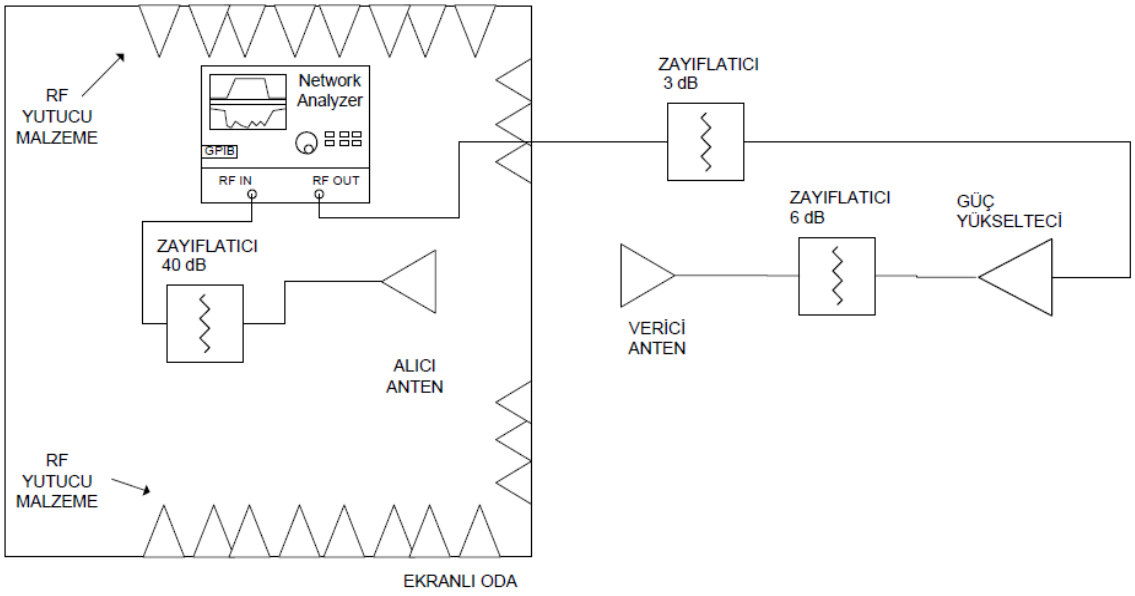
d - iç iletken dış çapı (mm).

(3.2) denklemi ile elde edilen sonuca göre ölçüm aparatımızın üst frekansının maksimum değerinin 1.73 GHz'i aşmaması gerektiği bulundu. SE ölçümlerinde alt frekans değeri ise 10 MHz olarak alındı. SE ölçümleri için network analizörden 10 MHz-2 GHz frekans aralığında ölçüm değerleri alındı. Numunelerin SE değerlerinin hangi frekans aralığında değerlendirileceğine karar verirken de kumaş numunelerinin kalınlıkları kullanıldı. Çünkü test yapılan numunelerin kalınlığı serbest uzayda elektromanyetik dalganın dalga boyunun 1/100'nü geçmemelidir. Örneğin numune kalınlığı 1500 MHz test frekansı için 2mm'den, 1000 MHz test frekansı için 3mm'den kalın olmamalıdır [32].

3.2.2.2.2.2. Yankısız Oda Metodu (Anechoic Chamber with Aperture Method) ile Yapılan SE Ölçümleri

Kumaş numunelerinin yankısız oda metodu ile SE ölçümleri 0.5 MHz ile 10 GHz frekans aralığında TÜBİTAK–UEKAE EMC/TEMPEST Test Merkezi (ETTM), Gebze, Kocaeli'de yapılmıştır. Ekranlama etkinlikleri ölçümü TÜBİTAK-UEKAE tarafından inşa edilmiş olan yankısız odada (ekranlı oda) açılan 60x60 cm^2'lik bir pencerede gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerde IEEE Std 299-1997 ve IEEE Std 1302-1998 standartları referans alınmıştır. 500 kHz-30 MHz frekans aralığında Agilent EMC analizör

(E7405A) cihazı ve 30 MHz-10 GHz frekans aralığında Agilent network analizör (E8362B) kullanılmıştır. Şekil 3.36'da referans ve zayıflatma ölçümlerine temel teşkil edecek olan genel test düzeneği görülmektedir.



Şekil 3.36. Ekranlama etkinliği genel test düzeneği.

Şekil 3.37'de ETTM ekranlı odası ve kumaşların ekranlama etkinliğini ölçmek için kullanılan pencerenin dışarıdan görünümü, şekil 3.38'de ise içeriden görünüm verilmiştir.



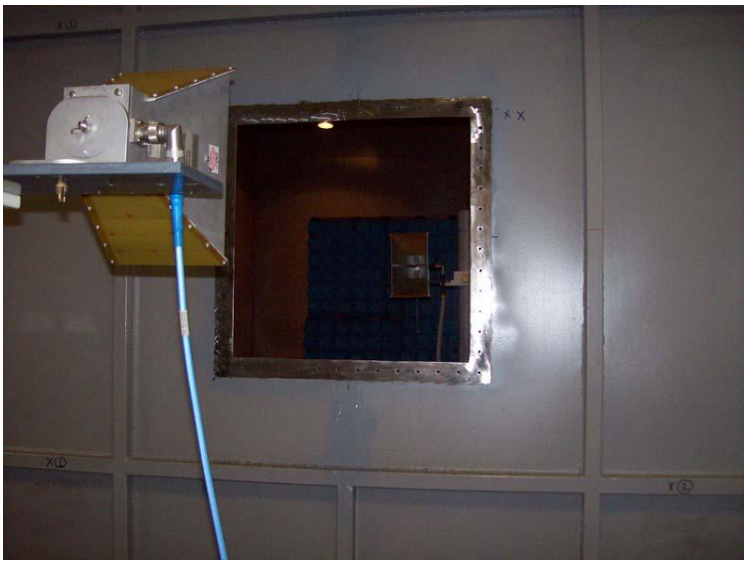
Şekil 3.37. ETTM ekranlı oda ve pencere.



Şekil 3.38. ETTM ekranlı oda iç kısım ve pencere.

Ölçümlerde, 500 kHz-10 GHz frekans aralığında sırasıyla halka anten, bikonik anten, log-peryodik anten ve horn anten olmak üzere dört anten çifti kullanılmıştır. Ölçümler, antenlerin yatay polarizasyonunda yapılmış, antenler arasındaki mesafe halka antende 60 cm, diğer antenlerde ise 200 cm olarak muhafaza edilmiştir. Ekranlı odanın duvarlarında oluşabilecek yansımaları azaltmak amacıyla RF(radyo frekans) yutucu malzemeler kullanılmıştır.

Referans ölçümleri, ekranlı odanın penceresi açık, alıcı anten içeride verici anten dışarıda olduğu halde yapılmıştır. Şekil 3.39'da referans ölçüme örnek bir resim görülmektedir.



Şekil 3.39. Referans ölçüme ait örnek bir resim.

Zayıflatma ölçümleri, kumaşlar ekranlı odanın penceresine monte edilmiş, alıcı anten içeride verici anten dışarıda olduğu halde yapılmıştır. Şekil 3.40'da numune bir kumaşın ölçümü yapılırken örnek test düzeneği görülmektedir.

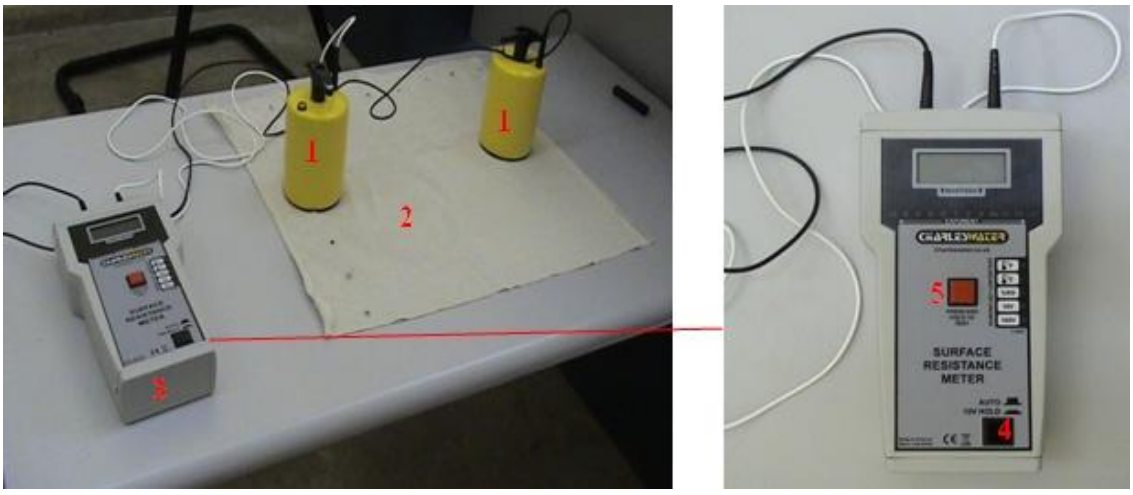


Şekil 3.40. ETTM ekranlı oda dış kısım, pencere, kumaş, test düzeneği (anten ve RF güç yükseltici).

Kumaş ekranlama etkinliği değeri belirlenirken (3.1) denklemi kullanılmıştır. (3.1) denklemi kullanılarak elde edilen sonuçlar negatif çıktığında o frekans için SE değeri sıfır kabul edilmiştir.

3.2.2.2.2.3. Yüzey Direnci Testi

Numune kumaşların yüzey direnci ölçümünde Charleswater 99105 yüzey direnç ölçüm cihazı kullanılmıştır. Ölçümler ASTM-F-150 standartına göre gerçekleştirilmiştir. Test numunesinin yüzey direnci ölçümü için 2,5 kg ağırlığa sahip iki adet prop (1) yalıtkan bir yüzey üzerine serilen numune kumaş (2) üzerine kenarlarından en az 5'er cm, iki prop arasında da en az 25 cm mesafe olacak şekilde yerleştirilmiştir (Şekil 3.41). Cihazın ölçüm paneli (3) üzerinde bulunan voltaj ayar düğmesi (4) vasıtasıyla ölçümün 100 volt veya 10 volt gerilim altında yapılacağı belirlenebilmektedir. Ölçümlerimiz 10 volt gerilim seçilip, kontrol paneli üzerinde bulunan ölçüm düğmesine (5) basılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.41). Her bir kumaş numunesinden 3'er adet ölçüm yapılmış ve kontrol paneli üzerinde bulunan ekrandan (ohm-Ω) olarak okunan ölçüm sonuçlarının ortalamaları alınarak her bir kumaş numunesi için yüzey direnç değerleri bulunmuştur.



Şekil 3.41. Charleswater 99105 yüzey direnç ölçüm cihazı.

3.2.2.2.3. Kumaşların Boyama Sonrası Özelliklerinin Belirlenmesi İçin Uygulanan Testler

Örme kumaşların boya alımları arasında bir farklılık olup olmadığını tespit etmek amacıyla, her eğirme metodundan üretilen Ne 24 numara ipliklerden mamul süprem yapıda yuvarlak numune örgü makinesinde (Faycon CKM-01-S, İpekçioğlu A.Ş., Türkiye) kumaş numuneleri üretilmiştir. Numune kumaşların özellikleri tablo 3.4'de özetlenmiştir.

Tablo 3.4. Boya çalışması için üretilen kumaş numuneleri.

Kumaş Kodu	Kullanılan İplik	Metal Oranı (%)
N1C-a	24-R	0
N1C-b	24-C	0
N1C-c	24-S	0
N2S-a	24-RC-S20	20
N2S-b	24-CC-S20	20
N2S-c	24-SC-S20	20
N3S-a	24-RC-S35	31
N3S-b	24-CC-S35	31
N3S-c	24-SC-S35	31

3.2.2.2.3.1 Ön İşlem ve Ağartma

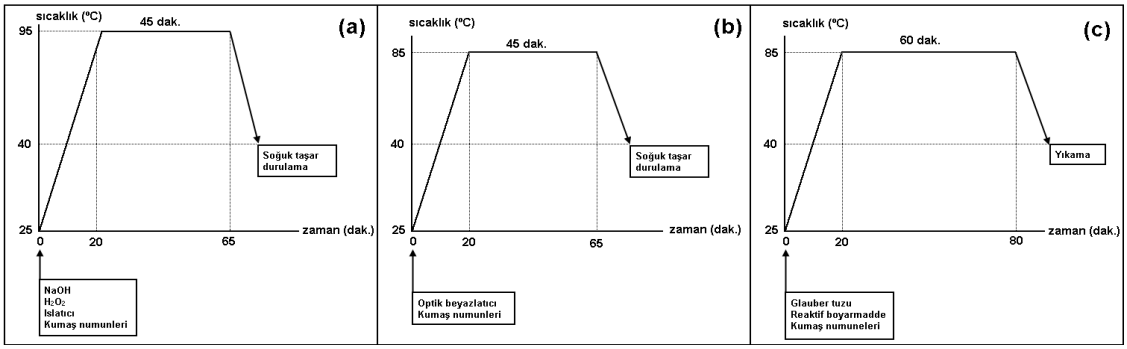
Kumaş numuneleri, parça numune boyama makinesi (ATC-DYE PRC01/05/25, Ataç, Türkiye) kullanılarak ağartılmıştır. Banyo oranı 1:20 olarak seçilmiştir. Ağartma banyosu, 5 ml/l sodyum hidroksit (NaOH, 38°Be'), 4 ml/l hidrojen peroksit (H_2O_2 -% 50) ve 1 ml/l ıslatıcı (Setawet BNT-Setaş, Türkiye) içermektedir. Kumaşlar, 95°C'de 45 dakika ağartılmıştır. Kumaş numuneleri, taşar su ile yıkanmış, asetik asit ile nötralize edilmiş ve ardından destile su ile çözelti nötral olana kadar durulanarak laboratuar ortamında kurutulmuştur.

3.2.2.2.3.2. Optik Beyazlatma

Blankophor BBU (Bayer) optik beyazlatıcısı, 0.25, 0.50, 0.75 ve %1 eaü (elyaf ağırlığı üzerinden) konsantrasyonlarında kullanılmıştır. Banyo oranı 1:20 olarak seçilmiştir. Optik beyazlatma işlemi, 25°C'de banyoya optik beyazlatıcı, destile su ve kumaş örneklerinin ilave edilmesiyle başlamış ve işlem bu sıcaklıkta 15 dakika devam etmiştir. Daha sonra, sıcaklık 1°C/dak. hızla 85°C'ye çıkarılmış ve işlem bu sıcaklıkta 45 dakika devam etmiştir. Sıcaklık 40°C'ye düşürülmüş, numuneler taşar su ile durulanarak laboratuar ortamında kurutulmuştur.

3.2.2.2.3.3. Boyama

Kumaş numuneleri, laboratuar tipi boyama makinesinde (Termal HT, Türkiye) boyanmıştır. Kumaşlar 5 g ağırlığında tartılmış ve 1:20 banyo oranı kullanılmıştır. Boyamada, reaktif (Procion Navy H-EXL, Dystar) boyarmadde kullanılmış ve boyama 0.1, 0.5, 1 ve %2 eaü renk şiddetlerinde gerçekleştirilmiştir. Boyamada all-in çektirme metodu kullanılmıştır. Ağartma, optik beyazlatma ve boyama diyagramları şekil 3.42 (a), (b) ve (c)'de sırasıyla gösterilmiştir.



Şekil 3.42. Ağartma (a), optik beyazlatma (b) ve boyama (c) diyagramları.

Boyama işlemi, 25ºC'de banyoya 50g/l Glauber tuzu, 20g/l soda, boyarmadde, kumaş numuneleri ve destile su ilavesi ile başlamıştır. Sıcaklık, 20 dakikada 85ºC'ye ulaşmış ve boyama işlemi bu sıcaklıkta 60 dakika devam etmiştir. Sıcaklık 40ºC'ye düşürülerek boyama işlemi sonlandırılmıştır. Kumaş numunelerine, soğuk taşar durulama yapılmış, non-iyonik yıkama maddesi ile kaynama sıcaklığında yıkanmış ve ardından kaynar taşar durulama yapılarak laboratuar ortamında kurutulmuştur.

3.2.2.2.3.4. Renk Ölçümü ve Beyazlık İndeksi

Renk ölçümleri reflektans spektrofotometresinde (Konica Minolta 3600d), renk ölçüm yazılımı (Real Color v1.3) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Her kumaş numunesinden 3' er adet ölçüm yapılmıştır.

Eğer nihai ürün beyaz olarak kullanılacaksa, beyazlığın belirlenmesi çok önemlidir. Ancak, nihai ürün beyaz olarak kullanılmayacaksa dahi, beyazlık eşit derecede önem taşıyabilir. WCIE (CIE beyazlık indeksi) değeri yükseldikçe, numunenin beyazlığı da artar. Mükemmel yansıtıcı difüzör için WCIE=100'dür. Optik beyazlatıcı içeren beyaz numuneler için Tw değeri, spektrofotometrenin yazılımı vasıtasıyla hesaplanmıştır. Mükemmel yansıtıcı difüzör dahil, doğal beyazlar için Tw = 0'dır. Eğer Tw > 0 ise, numune yeşilimsi beyazdır, eğer Tw < 0 ise numune kırmızımsı beyazdır [51].

Numunelerin renk koordinatları, 400-700 nm dalgaboyu aralığında D65 illüminantı ve 10º gözlemci kullanılarak, yansıtıcı komponentin dahil olduğu (SCI) durumda ölçülmüştür. Boyanmış numunelerin reflektans değerleri, maksimum absorpsiyonun olduğu dalga boyunda (λ_{max}: 610 nm) elde edilmiştir. K/S değeri, Kubelka-Munk eşitliğine dayanır ve yüzeyin absorpsiyon katsayısı (K), saçınım katsayısı (S) ve reflektans değerinin fraksiyonal ifadesi (R) arasındaki ilişkiden yola çıkarak (3.4) eşitliğine göre hesaplanabilir.

$$K/S = \frac{(1-R)^2}{2R} \tag{3.4}$$

Renk ölçümünde, dört kat kumaş numunesi kullanılmış ve kumaşlar yüz yüze katlanarak renk ölçümü esnasında ışığın yansımasından kaynaklanan sapmaların önüne geçilmeye çalışılmıştır.

3.2.3. Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Numune olarak üretilmiş olan ipliklere yapılan testler ve ölçümler sonucunda elde edilen verilerin değerlendirilmesinde, deneylere başlamadan yapılan tasarımlar ışığında iki faktörlü ve üç faktörlü tamamen tesadüfî dağılımlı varyans analizi tekniklerinden uygun olan metot seçilerek kullanılmıştır.

Üretilen numune kumaşlar üzerinde ham ve boyalı formda yapılan testlerin değerlendirilmesinde de iki faktörlü ve üç faktörlü tamamen tesadüfi dağılımlı varyans analizi tekniklerinden uygun olan metot seçilerek kullanılmıştır.

Varyans analizlerinin gerçekleştirilmesinde SPSS istatistik paket programı kullanılmıştır. Bu programda, verilere ait varyans analizi sonucunda bulunan F-istatistik (F_s) değerleri, I. tip hata α =0,05 için bulunan $F_{0.05,n,t}$ tablo değerleri ile karşılaştırılmakta ve buna göre faktörün önem durumu belirlenmektedir.

İplik ve kumaş verileriyle ilgili olarak gerçekleştirilen varyans analizlerine ve Tukey testlerine ait SPSS istatistik programı sonuçları ayrıntılı olarak 5. Bölüm'de verilmiştir. Bu sonuçlarda; varyans analizi sonucunun Fs › F0.05,n,t olduğu durumlarda fark değeri (I-J) üzerine konan yıldız ile belirtilmiştir.

Ölçüm sonuçlarına ait verilerin değerlendirilmesinde kullanılan iki ve üç faktörlü tamamen tesadüfi dağılımlı varyans analizi tekniklerinin matematiksel modelleri ve kullanılan hipotezler şu şekildedir:

İki faktörlü varyans analiz tekniği

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + \varepsilon_{k(ij)}$$

Y_{ijk} : Birinci (A) faktörün i'inci ve ikinci (B) faktörün j'inci seviyelerindeki k'ıncı gözlem

μ : Her iki faktörün bütün seviyeleri için ortak etki (her zaman sabit)

Ai : Birinci faktörün i'inci seviyesindeki etkisi i =1,2,.....,a

Bj : İkinci faktörün j'inci seviyesindeki etkisi j =1,2,.....,b

ABij : A ve B faktörlerinin ij'deki kesişimlerinin etkisi

$\varepsilon_{k(ij)}$:A ve B faktörlerinin ij'deki kesişimindeki k'ıncı gözlemde bulunan tesadüfi hata k = 1,2,…..n

Bu tasarımda hipotezler,

Ho1: Ai = 0 bütün i'ler için

Ho2: Bj = 0 bütün j'ler için

Ho3: ABij = 0 bütün ij'ler için

Üç faktörlü varyans analizi tekniği

$$Y_{ijkm} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + C_k + AC_{ik} + BC_{jk} + ABC_{ijk} + \varepsilon_{m(ijk)}$$

Y_{ijkm} : Birinci (A) faktörün i'inci, ikinci (B) faktörün j'inci ve üçüncü (C) faktörünün k'ıncı seviyelerindeki m'inci gözlem

μ : Her iki faktörün bütün seviyeleri için ortak etki (her zaman sabit)

Ai : Birinci faktörün i'inci seviyesindeki etkisi i = 1,2,.....,a

Bj : İkinci faktörün j'inci seviyesindeki etkisi j = 1,2,.....,b

Ck : Üçüncü faktörün k'ıncı seviyesindeki etkisi k = 1,2,….n

ABij : A ve B faktörlerinin ij'deki kesişimlerinin etkisi

ACik : A ve B faktörlerinin ik'daki kesişimlerinin etkisi

BCjk : B ve C faktörlerinin jk'daki kesişimlerinin etkisi

ABCijk : A, B ve C faktörlerinin ijk'daki kesişimlerinin etkisi

$\varepsilon_{m(ijk)}$: A, B ve C faktörlerinin ijk'daki kesişimlerindeki m'inci gözlemde bulunan tesadüfi hata m = 1,2,….z

Bu tasarımda hipotezler,

Ho1: Ai = 0 bütün i'ler için

Ho2: Bj =0 bütün j'ler için

Ho3: ABij = 0 bütün ij'ler için

H04: ACik = 0 bütün ik'lar için

H05: BCjk = 0 bütün jk'lar için

H06: ABCijk = 0 bütün ijk'lar için

Tek faktörlü varyans analiz tekniği

$Y_{ij} = \mu + A_j + \varepsilon_{ij}$

Y_{ij} : A faktörünün j'inci seviyesindeki i'inci gözlem

μ : A faktörün bütün seviyeleri için ortak etki (her zaman sabit)

Aj : A faktörünün j'inci seviyesindeki etkisi j =1,2,.....,a

ε_{ij} : A faktörünün j'inci seviyesindeki i'inci gözlemde bulunan tesadüfi hata
i = 1,2,…,b

Bu tasarımda hipotez,

Ho1: Aj = 0 bütün j'ler için

4.BÖLÜM

ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Bu bölümde, materyal ve yöntem bölümünde belirtilen aşamalarda yapılan çalışmaların sonuçları tablolar şeklinde özetlenmiştir.

4.1. Numune İpliklere ait Deneysel Çalışma Sonuçları

Çalışma kapsamında üretilen numune ipliklere ait deneysel çalışma sonuçları % 100 pamuk iplikler ve metal içerikli kompozit iplikler olmak üzere iki grupta verilmiştir.

4.1.1. %100 Pamuk İplik Numunelerine ait Deneysel Çalışma Sonuçları

Core iplik olarak kullanılan metal tellerin elektromanyetik radyasyona karşı koruyuculuk özelliğine ne derece etkili olduğunu kıyaslayabilmek amacı ile ring, siro ve kompakt eğirme metodları ile üretilen % 100 pamuk numune ipliklerin deneysel çalışma sonuçları bu bölümde verilmiştir.

%100 pamuk ipliklerinin numara ölçüm sonuçlarının ortalamaları ve bu ortalamalara ait değişim katsayıları tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1. % 100 pamuk numune ipliklerin nominal ve ölçülen numaraları.

İplik Kodu	Nominal İplik Numarası (Ne)	Ölçülen İplik Numarası (Ne)	*%CV*
18-R	18	17.9	*1.5*
24-R	24	24.0	*2.2*
30-R	30	29.7	*1.8*
18-S	18	17.9	*1.6*
24-S	24	24.3	*0.9*
30-S	30	29.5	*1.5*
18-C	18	18.4	*1.5*
24-C	24	23.6	*1.9*
30-C	30	29.9	*1.2*

% 100 pamuk numune ipliklerinin büküm ölçüm sonuçlarının ortalamaları ve bu ortalamalara ait değişim katsayıları tablo 4.2'de verilmiştir.

Tablo 4.2. % 100 pamuk ipliklerin nominal ve ölçülen büküm sonuçları.

İplik Kodu	Nominal Büküm (T/m)	Ölçülen Büküm (T/m)	*%CV*
18-R	618	621.7	*1.3*
24-R	714	722.5	*1.5*
30-R	798	810.5	*1.8*
18-S	618	616.9	*1.2*
24-S	714	708.3	*3.4*
30-S	798	810.0	*2.5*
18-C	618	607.9	*1.1*
24-C	714	706.3	*2.1*
30-C	798	817.0	*2.1*

% 100 pamuk numune ipliklerinin Premier Tensomaxx 7000 mukavemet ölçüm cihazında yapılan testler sonucunda tespit edilen Rkm ve kopma uzaması sonuçlarının ortalamaları ve bu ortalamalara ait değişim katsayıları tablo 4.3'de verilmiştir.

Tablo 4.3. %100 pamuk ipliklerin Rkm ve kopma uzaması sonuçları.

İplik Kodu	Rkm (kgf*Nm)	*%CV*	Kopma Uzaması (%)	*%CV*
18-R	17.6	*4.4*	6.7	*6.3*
24-R	16.5	*6.8*	5.9	*7.8*
30-R	15.8	*3.5*	5.6	*6.5*
18-S	18.3	*3.5*	6.5	*3.2*
24-S	18.5	*3.3*	6.2	*4.1*
30-S	17.6	*5.3*	6.5	*5.8*
18-C	17.8	*5.7*	6.3	*7.2*
24-C	17.5	*8.3*	6.1	*13.6*
30-C	17.6	*3.4*	5.8	*6.2*

% 100 pamuk ipliklerinin Premier Tester 7000 cihazında yapılan testler sonucunda tespit edilen kütlesel düzgünsüzlük (%CVm), ince yer (-50%), kalın yer (+50%) ve neps sayısı (+200%) sonuçlarının ortalamaları ve bu ortalamalara ait değişim katsayıları tablo 4.4'de verilmiştir.

Tablo 4. 4. %100 pamuk ipliklerin, kütlesel düzgünsüzlük ve hata değerleri sonuçları.

İplik Kodu	%CVm	*%CV*	-50%/km	*%CV*	+50%/km	*%CV*	Neps/km (+200%)	*%CV*
18-R	10.1	*3.5*	0.00	*0.0*	20.4	*82.5*	20.0	*95.2*
24-R	11.1	*1.4*	0.00	*0.0*	8.4	*78.0*	12.6	*83.3*
30-R	13.5	*7.2*	3.80	*99.9*	58.8	*36.2*	50.1	*39.0*
18-S	9.9	*2.1*	0.00	*0.0*	3.9	*109.8*	5.1	*95.4*
24-S	10.9	*0.9*	0.30	*316.2*	11.9	*56.1*	17.8	*66.6*
30-S	12.3	*2.5*	0.30	*316.2*	18.5	*41.6*	20.4	*53.5*
18-C	10.5	*3.4*	0.00	*0.0*	8.5	*80.6*	12.9	*54.4*
24-C	11.0	*3.2*	0.00	*0.0*	18.6	*80.9*	27.3	*84.4*
30-C	11.9	*2.6*	0.00	*0.0*	19.9	*70.0*	35.9	*43.6*

% 100 pamuk ipliklerinin Premier ve Zweigle MT-G 567 cihazlarında yapılan tüylülük ölçümü sonuçlarının ortalamaları ve bu ortalamalara ait değişim katsayıları tablo 4.5 te verilmiştir.

Tablo 4.5. %100 pamuk numune ipliklerin tüylülük ölçümü sonuçları

İplik Kodu	**Zweigle (1mm)**	***%CV***	**Zweigle (2mm)**	***%CV***	**Zweigle S3**	***%CV***	**Premier (H)**	***%CV***
18-R	14873.1	*26.4*	3914.3	*49.8*	2828	68.2	5.5	*5.8*
24-R	14830.5	*14.7*	3856.4	*34.0*	2506	56.5	5.2	*4.9*
30-R	13319.8	*6.4*	3598.3	*16.0*	2120	32.6	4.8	*6.8*
18-S	10244.6	*8.4*	1223.1	*18.4*	404	59.9	4.3	*4.5*
24-S	6948.1	*12.6*	812.7	*25.0*	238	53.9	4.2	*6.8*
30-S	6622.4	*3.0*	959.1	*5.4*	278	12.2	4.2	*7.0*
18-C	12227.9	*5.8*	2071.5	*12.9*	511	29.7	4.5	*5.7*
24-C	9563.8	*4.3*	1547.5	*7.2*	423	17.8	4.5	*4.8*
30-C	8775.7	*16.9*	1546.2	*21.6*	410	26.6	4.2	*10.9*

4. 1.2. Metal İçerikli Kompozit İplik Numunelerine ait Deneysel Çalışma Sonuçları

Elektromanyetik radyasyona karşı koruyucu özellikte kumaş geliştirmek amacı ile üretilen metal içerikli kompozit ipliklerin deneysel çalışma sonuçları bu bölümde verilmiştir.

Metal içerikli kompozit numune ipliklerin numara ölçüm sonuçlarının ortalamaları ve bu ortalamalara ait değişim katsayıları tablo 4.6'da verilmiştir.

Tablo 4.6. Metal içerikli kompozit ipliklerin nominal ve ölçülen numaraları.

İplik Kodu	Nominal İplik Numarası (Ne)	Ölçülen İplik Numarası (Ne)	*%CV*
18-RC-S20	18	18.1	*2.0*
24-RC-S20	24	23.6	*2.7*
30-RC-S20	30	29.8	*2.3*
18-RC-S35	18	17.5	*2.2*
24-RC-S35	24	24.5	*3.0*
30-RC-S35	30	28.4	*3.8*
18-SC-S20	18	17.9	*1.0*
24-SC-S20	24	23.9	*3.0*
30-SC-S20	30	29.8	*1.8*
18-SC-S35	18	18.1	*2.6*
24-SC-S35	24	23.9	*2.4*
30-SC-S35	-	-	-
18-CC-S20	18	18.9	*2.2*
24-CC-S20	24	24.0	*1.6*
30-CC-S20	30	29.9	*1.4*
18-CC-S35	18	17.8	*2.1*
24-CC-S35	24	24.00	*2.4*
30-CC-S35	-	-	

Metal içerikli kompozit ipliklerin büküm ölçüm sonuçlarının ortalamaları ve bu ortalamalara ait değişim katsayıları tablo 4.7'de verilmiştir.

Tablo 4.7. Metal içerikli kompozit ipliklerin nominal ve ölçülen büküm sonuçları.

İplik Kodu	Nominal Büküm (T/m)	Ölçülen Büküm (T/m)	*%CV*
18-RC-S20	618.0	619.4	*1.5*
24-RC-S20	713.6	717.9	*1.8*
30-RC-S20	797.9	810.3	*2.2*
18-RC-S35	618.0	621.7	*1.9*
24-RC-S35	713.6	700.1	*5.8*
30-RC-S35	797.9	801.1	*1.8*
18-SC-S20	618.0	612.0	*1.6*
24-SC-S20	713.6	719.2	*1.7*
30-SC-S20	797.9	806.0	*2.5*
18-SC-S35	618.0	626.3	*2.7*
24-SC-S35	713.6	716.2	*2.0*
30-SC-S35	-	-	
18-CC-S20	618.0	605.6	*2.4*
24-CC-S20	713.6	717.3	*1.7*
30-CC-S20	797.9	809.8	*2.1*
18-CC-S35	618.0	605.0	*3.5*
24-CC-S35	713.6	708.7	*2.2*
30-CC-S35	-	-	

Metal içerikli kompozit ipliklerin Premier Tensomaxx 7000 mukavemet ölçüm cihazında yapılan testler sonucunda tespit edilen Rkm ve kopma uzaması sonuçlarının ortalamaları ve bu ortalamalara ait değişim katsayıları tablo 4.8'de verilmiştir.

Tablo 4.8. Metal içerikli kompozit numune ipliklerin Rkm ve kopma uzaması sonuçları.

İplik Kodu	Rkm (kgf*Nm)	*%CV*	Kopma Uzaması (%)	*%CV*
18-RC-S20	15.6	*8.2*	6.3	*8.6*
24-RC-S20	14.9	*8.4*	5.9	*4.9*
30-RC-S20	14.1	*9.4*	5.3	*8.1*
18-RC-S35	14.4	*8.6*	5.3	*8.8*
24-RC-S35	11.5	*9.8*	4.2	*10.0*
30-RC-S35	12.5	*12.1*	4.7	*9.5*
18-SC-S20	16.3	*1.5*	6.0	*4.4*
24-SC-S20	15.6	*6.4*	5.7	*7.5*
30-SC-S20	15.1	*4.5*	5.1	*7.1*
18-SC-S35	15.3	*3.5*	5.8	*4.4*
24-SC-S35	13.9	*5.8*	4.8	*8.6*
30-SC-S35	-	-	-	-
18-CC-S20	14.5	*9.1*	5.1	*8.5*
24-CC-S20	14.6	*10.9*	5.6	*10.7*
30-CC-S20	15.2	*8.0*	5.5	*12.9*
18-CC-S35	15.2	*5.6*	5.6	*10.3*
24-CC-S35	12.5	*6.9*	4.8	*20.9*
30-CC-S35	-	-	-	-

Metal içerikli kompozit ipliklerinin Zweigle MT-G 567 cihazında yapılan tüylülük ölçümü sonuçlarının ortalamaları ve bu ortalamalara ait değişim katsayıları tablo 4.9'da verilmiştir.

Tablo 4.9. Metal içerikli kompozit numune ipliklerin tüylülük ölçümü sonuçları.

İplik Kodu	Zweigle (1mm)	*%CV*	Zweigle (2mm)	*%CV*	Zweigle S3	*%CV*
18-RC-S20	17135.2	*9.6*	4752.2	*15.8*	3522.3	*23.5*
24-RC-S20	19161.3	*11.6*	6603.6	*25.5*	5368.9	*38.4*
30-RC-S20	11936.4	*18.6*	3020.3	*22.2*	1424.7	*26.4*
18-RC-S35	17972.9	*20.5*	5733.8	*37.2*	3968.2	*50.6*
24-RC-S35	19113.5	*15.0*	6751.1	*26.3*	4585.7	*35.8*
30-RC-S35	16850.8	*13.3*	6448.5	*23.7*	4150.0	*29.9*
18-SC-S20	12047.1	*1.0*	2069.2	*3.2*	747.2	*12.6*
24-SC-S20	12107.6	*14.5*	2590.6	*20.3*	1285.0	*31.1*
30-SC-S20	11032.2	*21.3*	2717.5	*35.7*	1554.8	*50.9*
18-SC-S35	13165.2	*12.7*	2650.1	*29.5*	1443.1	*56.8*
24-SC-S35	11525.8	*6.3*	2233.9	*19.3*	1106.4	*40.4*
30-SC-S35	-	-	-	--	-	
18-CC-S20	13422.6	*15.4*	2112.1	*17.5*	474.8	*32.3*
24-CC-S20	15522.2	*17.1*	4105.5	*31.9*	1789.8	*46.5*
30-CC-S20	9919.7	*18.5*	2234.8	*31.2*	940.4	*57.6*
18-CC-S35	16321.8	*13.5*	3956.2	*24.4*	1393.8	*57.0*
24-CC-S35	17191.7	*7.4*	4771.0	*26.8*	2294.7	*52.7*
30-CC-S35	-	-	-	-	-	-

İplik numunelerinin deneysel çalışma sonuçlarını görsel olarak desteklemek amacı ile Olympus SZ61 stereo mikroskop ile çekilen fotoğraflar **Ek-2**'de verilmiştir.

4.2. Numune Kumaşlara ait Deneysel Çalışma Sonuçları

Çalışma kapsamında üretilen numune kumaşlara ait deneysel çalışma sonuçları bu bölümde verilmiştir. Numune ipliklerinin test sonuçlarına ve üretim şartlarına göre seçilen 24-SC-S20 metal içerikli kompozit ipliklerden, metal içerikli numune kumaşlar

ve metal kullanımının SE değerleri üzerindeki etkisini görebilmek amacı ile de 24-S numune ipliklerden % 100 pamuk numune kumaşlar üretilmiştir.

4.2.1. Kumaşların Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi İçin Yapılan Deneysel Çalışma Sonuçları

Yuvarlak ve düz örme makinesinde üretilen kumaş numunelerinin sıra ve çubuk sayıları, ilmek yoğunluğu, kalınlık (mm) ve gramaj (g/m^2) değerleri tablo 4.10'da özetlenmiştir.

Tablo 4.10. Yuvarlak ve düz örme makinelerinde üretilen kumaş numunelerinin sıra/cm, çubuk/cm, kalınlık ve gramaj ölçüm sonuçları

Kumaş Kodu	Çubuk/cm	Sıra/cm	İlmek Yoğunluğu (İlmek/cm^2)	Kumaş Kalınlığı (mm)	*%CV*	Kumaş Gramajı (g/m^2)	*%CV*
Y1C	13.0	14.5	188.5	0.7	*3.7*	143.2	*3.8*
Y1S-a	11.8	14.0	164.5	0.6	*1.8*	142.8	*2.1*
Y1S-b	13.0	17.0	221.0	0.8	*3.3*	191.2	*1.5*
Y2C	19.0	12.0	228.0	0.9	*2.2*	175.8	*2.9*
Y2S-a	18.5	12.5	231.3	0.8	*3.3*	182.2	*1.7*
Y2S-b	18.5	12.0	222.0	0.9	*5.0*	187.6	*1.3*
Y2S-c	18.5	11.0	203.5	0.9	*2.4*	179.6	*2.1*
Y2S-d	21.0	14.5	304.5	1.5	*16.1*	259.2	*0.6*
Y2S-e	22.0	13.5	297.0	0.9	*6.0*	210.6	*9.9*
Y3S	10.0	12.5	125.0	0.8	*2.0*	142.2	*1.8*
Y4S	25.0	12.5	312.5	1.4	*3.5*	340.6	*0.7*
D1C	12.5	8.2	102.2	2.2	*1.2*	354.8	*2.4*
D1S	12.2	7.0	85.4	1.9	*3.5*	326.0	*1.6*
D2C	11.5	5.8	67.4	2.2	*1.9*	426.6	*1.9*
D2S	11.4	5.0	57.4	1.9	*2.4*	374.2	*3.1*
D3C	16.8	8.6	143.8	2.4	*3.1*	426.0	*1.8*
D3S	15.3	8.2	124.8	2.1	*3.3*	353.2	*2.3*
D4C	8.5	10.9	92.7	1.1	*2.8*	189.4	*6.7*
D4S	7.3	10.4	75.6	0.9	*3.8*	168.0	*3.3*

Kumaş numunelerinin boya alımları arasında farklılık olup olmadığını tespit etmek amacıyla numune örgü makinesinde üretilen süprem örgü yapısındaki kumaş numunelerinin sıra ve çubuk sayıları, ilmek yoğunluğu ve gramaj (g/m^2) değerleri tablo 4.11'de özetlenmiştir.

Tablo 4.11. Boyama çalışması kumaş numunelerinin sıra/cm, çubuk/cm ve gramaj ölçüm sonuçları.

Kumaş Kodu	Çubuk/cm	Sıra/cm	İlmek Yoğunluğu (İlmek/cm2)	Kumaş Gramajı (g/m2)	*%CV*
N1C-a	10.6	12.2	129.3	126.9	*0.7*
N1C-b	11.0	13.0	143.0	138.1	*0.6*
N1C-c	9.8	12.2	119.6	115.3	*0.8*
N2S-a	7.9	10.6	83.7	108.3	*0.5*
N2S-b	9.8	9.1	89.2	114.1	*0.7*
N2S-c	9.1	8.3	75.5	96.8	*0.8*
N3S-a	8.7	8.3	72.2	91.8	*0.6*
N3S-b	9.8	7.9	77.4	99.8	*0.7*
N3S-c	7.9	8.3	65.6	90.9	*0.8*

Yuvarlak örme makinelerinde üretilen kumaş numunelerinin patlatma mukavemeti ölçümleri sonucu elde edilen ortalama değerler tablo 4. 12'de özetlenmiştir.

Tablo 4.12. Numune kumaşları Patlatma Mukavemeti Sonuçları

Kumaş Kodu	**Patlama Mukavemeti (kPa)**	**%CV**
Y1C	272.4	*4.1*
Y1S-a	239.2	*2.4*
Y1S-b	230.7	*1.0*
Y2C	321.1	*7.4*
Y2S-a	294.5	*7.3*
Y2S-b	265.0	*8.9*
Y2S-c	282.1	*9.7*
Y2S-d	270.3	*3.3*
Y2S-e	279.4	*5.0*
Y3S	199.0	*2.7*
Y4S	287.5	*8.0*

Kumaş numunelerinin deneysel çalışma sonuçlarını görsel olarak desteklemek amacı ile Olympus SZ61 stereo mikroskop ile çekilen fotoğraflar **Ek-3**'de verilmiştir.

4.2.2. Kumaşların Ekranlama Etkinliğinin Belirlenmesi İçin Yapılan Deneysel Çalışma Sonuçları

Bu bölümde, çalışmanın temel amacı olan numune kumaşların elektromanyetik radyasyona karşı koruyucu özelliğinin tespiti için, koaksiyel tutucu metodu ve yankısız oda metodu ile yapılan SE ölçüm sonuçları verilmiştir. Ayrıca numune kumaşların yüzey direnci ölçüm sonuçları da bu bölümde verilmiştir.

4.2.2.1. Koaksiyel Tutucu Metodu (Coaxial Holder Method) ile Yapılan Ekranlama Etkinliği Ölçüm Sonuçları

Bu bölümde, kumaş numunelerinin ekranlama etkinliği ölçümleri ASTM-D 4935 standardını esas alan koaksiyel tutucu metodu ile yapılmıştır. Ölçümler, ASTM D-4935 standardına uyarlanarak yapılan ölçüm aparatımızda, 10 MHz-2 GHz frekans aralığında gerçekleştirilmiştir.

4.2.2.2.Yankısız Oda Metodu (Anechoic Chamber with Aperture Method) ile Yapılan Ekranlama Etkinliği Ölçüm Sonuçları

Bu bölümde, kumaş numunelerinin ekranlama etkinliği ölçümleri yankısız oda metodu ile Tübitak- UEKAE'de yapılmıştır. Ölçümler, 0.5 MHz ile 10 GHz frekans aralığında gerçekleştirilmiştir.

4.2.2.3. Numune Kumaşların Yüzey Direncinin Belirlenmesi İçin Yapılan Deneysel Çalışma Sonuçları

Kumaş numunelerinin Charleswater 99105 yüzey direnç ölçüm cihazında yapılan yüzey direnci ölçümü sonuçlarının ortalamaları tablo 4.13'de özetlenmiştir.

Tablo 4.13. Kumaş numunelerinin yüzey direnci ölçüm sonuçları.

Kumaş Kodu	Yüzey Direnci (W)	%CV
Y1C	$6.3x10^{10}$	*12.9*
Y1S-a	$8.3x10^{10}$	*10.9*
Y1S-b	$1.7x10^{4}$	*3.5*
Y2C	$6.3x10^{10}$	*12.9*
Y2S-a	$4.6x10^{8}$	*0.4*
Y2S-b	$7.3x10^{10}$	*11.5*
Y2S-c	$7.4x10^{10}$	*10.2*
Y2S-d	$5.0x10^{5}$	*5.3*
Y2S-e	$1.0x10^{5}$	*5.9*
Y3S	$6.7x10^{3}$	*0.9*
Y4S	$0.7x10^{4}$	*0.0*
D1C	$4.8x10^{10}$	*30.6*
D1S	$5.9x10^{10}$	*7.0*
D2C	$4x10^{10}$	*12.5*
D2S	$7x10^{10}$	*3.0*
D3C	$4.8x10^{10}$	*30.6*
D3S	$5.9x10^{10}$	*6.1*
D4C	$6.3x10^{10}$	*12.9*
D4S	$3.8x10^{5}$	*2.6*

4.2.3. Kumaş Numunelerinin Boyama Sonrası Özelliklerinin Belirlenmesi İçin Yapılan Deneysel Çalışma Sonuçları

Üretilen numune ipliklerinden mamul süprem yapıda örme kumaşların boya alımları arasında bir farklılık olup olmadığını tespit etmek için üretilen kumaşların, optik beyazlatma öncesi (0.00) ve sonrası (0.25, 0.50, 0.75, 1.00 konsantrasyonlarda) WCIE değerlerinin ortalamaları tablo 4.14'de verilmiştir.

Tablo 4.14. Optik beyazlatma öncesi ve sonrası kumaşların WCIE değerleri.

Kumaş Kodu	WCIE Değerleri (Ortalama)				
	0.00	**0.25**	**0.5**	**0.75**	**1.00**
N1C-a	67.75	117.40	126.94	128.48	135.11
N1C-b	64.84	115.38	127.99	129.26	135.99
N1C-c	66.53	122.00	128.29	130.63	136.11
N2S-a	60.48	96.96	109.07	117.04	119.52
N2S-b	60.72	101.81	109.94	117.59	119.86
N2S-c	59.33	107.38	112.12	119.12	122.75
N3S-a	56.20	94.89	107.74	114.10	112.87
N3S-b	56.30	100.60	111.41	116.81	119.71
N3S-c	53.12	100.45	109.37	112.17	116.30

Kumaş numunelerinin optik beyazlatma öncesi ve sonrası T_w değerlerinin ortalamaları tablo 4.15'de verilmiştir.

Tablo 4.15. Optik beyazlatma öncesi ve sonrası kumaşların T_w değerleri.

Kumaş Kodu	T_w Değerleri (Ortalama)				
	0.00	**0.25**	**0.5**	**0.75**	**1.00**
N1C-a	0.67	-0.94	-0.85	-0.83	-0.46
N1C-b	0.41	-1.00	-0.82	-0.84	-0.48
N1C-c	0.62	-0.86	-0.79	-0.77	-0.49
N2S-a	0.31	-0.82	-1.04	-1.14	-1.04
N2S-b	0.44	-0.93	-1.02	-1.06	-0.99
N2S-c	0.34	-0.85	-1.03	-0.97	-0.95
N3S-a	0.28	-0.95	-1.14	-1.11	-1.29
N3S-b	0.31	-0.96	-1.09	-0.99	-1.01
N3S-c	0.29	-0.92	-1.22	-1.11	-1.07

Kumaş numunelerinin boyama sonrası K/S değerlerinin ortalamaları tablo 4.16'da verilmiştir.

Tablo 4.16. Boyama sonrası K/S değerleri.

Kumaş Kodu	**K/S Değerleri (Ortalama)**			
	0.1	**0.5**	**1.00**	**2.00**
N1C-a	0.98	4.60	8.47	16.61
N1C-b	1.05	4.41	8.65	15.91
N1C-c	1.21	4.61	8.85	16.07
N2S-a	0.88	3.73	7.40	11.37
N2S-b	0.94	3.79	6.94	12.40
N2S-c	0.96	3.64	6.71	11.31
N3S-a	0.85	3.76	7.16	11.34
N3S-b	1.02	3.51	6.83	11.79
N3S-c	1.04	4.15	7.64	12.41

5. BÖLÜM

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu bölümde tez kapsamında yapılan deneysel çalışma ve araştırma sonuçları değerlendirilerek yorumlanmıştır. Deneysel çalışma sonuçlarının değerlendirilmesine temel teşkil eden istatistiksel analizler için SPSS paket programı kullanılmıştır.

5.1. Numune İpliklere ait Deneysel Çalışma Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Tez kapsamında üretilen numune ipliklere ait deneysel çalışma sonuçları iki ve üç faktörlü varyans analizi teknikleri ile iki ayrı grup altında incelenmiştir.

Birinci grupta üç farklı numara (Ne 18, Ne 24 ve Ne 30) ve üç farklı eğirme metodu (ring, siro ve kompakt) ile üretilen 9 tip % 100 pamuk ipliklerinin özellikleri iki faktörlü varyans analizi (ANOVA) ile değerlendirilmiştir. İkinci grupta ise üç farklı numara (Ne 18, Ne 24 ve Ne 30) ve üç farklı eğirme metodu (ring, siro ve kompakt) ve üç farklı oranda metal içeriğine sahip (% 0, % 20 ve % 31) 27 tip ipliğin ölçülebilen özellikleri üç faktörlü varyans analizi ile değerlendirilmiştir.

Bu yaklaşımın nedenlerinden birisi, metal içerikli ipliklerin iletken yapıya sahip olmaları nedeniyle kapasitif sistemle çalışan test cihazında test edilememesidir. Bir diğer neden ise, üretilen kompozit iplik özelliklerinin değerlendirilmesinden önce, % 100 pamuklu iplik özellikleri üzerinde eğirme metodunun etkisinin ortaya konmasının daha anlamlı olacağını düşünmemizdir.

5.1.1. % 100 Pamuk İpliklere ait Deneysel Çalışma Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Bu bölümde eğirme metodu ve iplik numarası değişiminin %100 pamuk ipliği numunelerinin fiziksel özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Tablo 4.3 ve 4.5'de verilen özellik ölçüm sonuçlarına ait ortalama değerler kullanılarak, her bir iplik özelliği

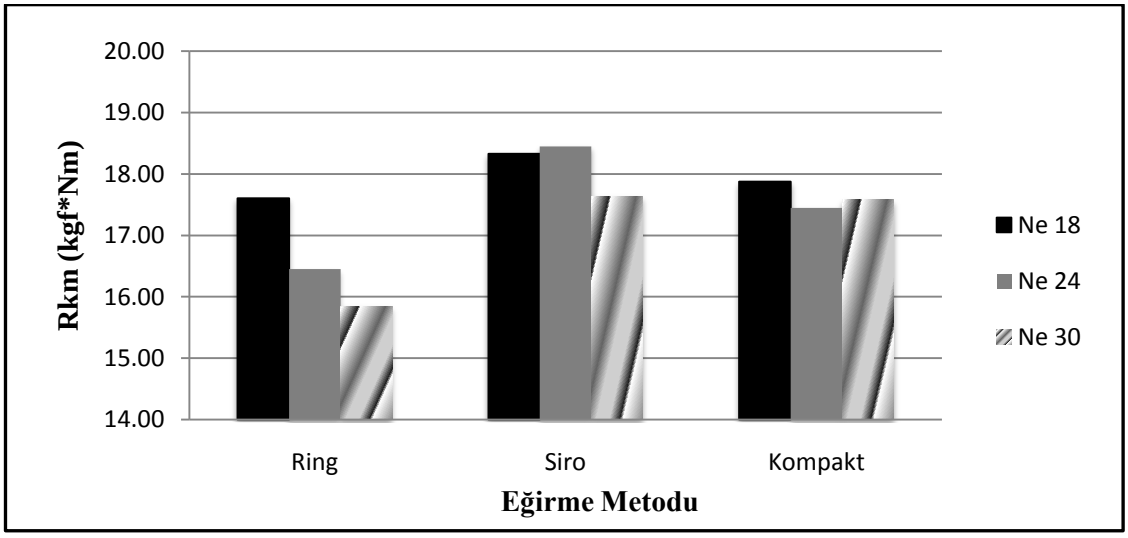
için grafikler oluşturulmuştur. Deneysel çalışma sonuçlarının SPSS programından elde edilen istatistiksel analiz sonuçları da bu bölümde verilmiştir.

5.1.1.1. Eğirme Metodu ve İplik Numarası Değişiminin Mukavemet Testi Sonuçları Üzerindeki Etkisi

Şekil 5.1'de eğirme metodu ve numara değişiminin, ipliklerin Rkm değeri üzerindeki etkisi grafiksel olarak gösterilmiştir. Ring eğirme metodu ile üretilen ipliklerin Rkm değerleri eşdeğer siro ve kompakt ipliklerine göre daha düşük bulunmuştur.

Kesik elyaf iplikçilikte, iplik özellikleri, kullanılan lif özellikleri ve liflerin iplik yapısındaki konumlanma bilgisine bağlı olarak değişmektedir. Liflerin konumlanma bilgisi temelde kullanılan eğirme teknolojisi ile ilişkilidir. Siro ve kompakt eğirme metodu ile üretilen ipliklerin benzer şartlarda üretilen ring ipliklerinden daha yüksek bir Rkm değerine sahip olmaları bu anlamda beklenen bir sonuçtur.

Bu çalışmada, en yüksek Rkm değerleri siro eğirme yöntemi ile üretilen ipliklerde görülmüştür. Bunu sırasıyla kompakt ve ring eğirme yöntemi ile üretilen iplikler izlemektedir. Siro ve kompakt ipliklerin Rkm değerlerinin ring ipliklerinden istatistiksel olarak anlamlı şekilde yüksek bulunması, kompakt ve siro eğirme sistemleri ile ilgili olarak literatürde bulunan çok sayıda çalışmanın sonuçlar ile de uyumludur [46, 47, 52, 53, 54, 55, 56].



Şekil 5.1. Eğirme metodu ve numara değişiminin, Rkm değeri üzerindeki etkisi.

Tablo 5.1'de % 100 pamuk ipliklerinin Rkm değerleri için ANOVA sonuçları verilmiştir. ANOVA sonuçlarına göre, ipliklerin Rkm değerleri üzerinde eğirme metodu, iplik numarası ve bu iki faktörün kesişiminin istatistiksel olarak anlamlı etkisi olduğu görülmektedir.

Tablo 5.1. % 100 pamuk ipliklerinin Rkm değerleri için ANOVA tablosu.

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	56.075(a)	8	7.009	8.609	0.000
Intercept	27461.443	1	27461.443	33727.265	0.000
Numara	12.530	2	6.265	7.694	0.001
Eğirme	35.368	2	17.684	21.719	0.000
Numara * Eğirme	8.177	4	2.044	2.511	0.048
Hata	65.952	81	.814		
Toplam	27583.470	90			
Corrected Total	122.027	89			

İstatistiksel olarak önemli faktörler için alt grupların ortalama farkları, Tukey testi kullanılarak karşılaştırılmış ve yorumlanmıştır. Eğer ortalama fark (I - J) pozitifse, (I) faktörünün değeri (J) faktörünün değerinden büyüktür. Tam tersi, eğer ortalama fark (I-J) negatifse, (J) faktörünün değeri (I) faktörünün değerinden büyüktür.

Faktör seviyelerinin istatistiksel farklılıklarını ortaya koyabilmek için yapılan Tukey testi sonuçlarına göre siro ve kompakt eğirme sistemleri arasında Rkm değerleri açısından anlamlı bir farklılığın olmadığı görülmektedir (Tablo 5.2).

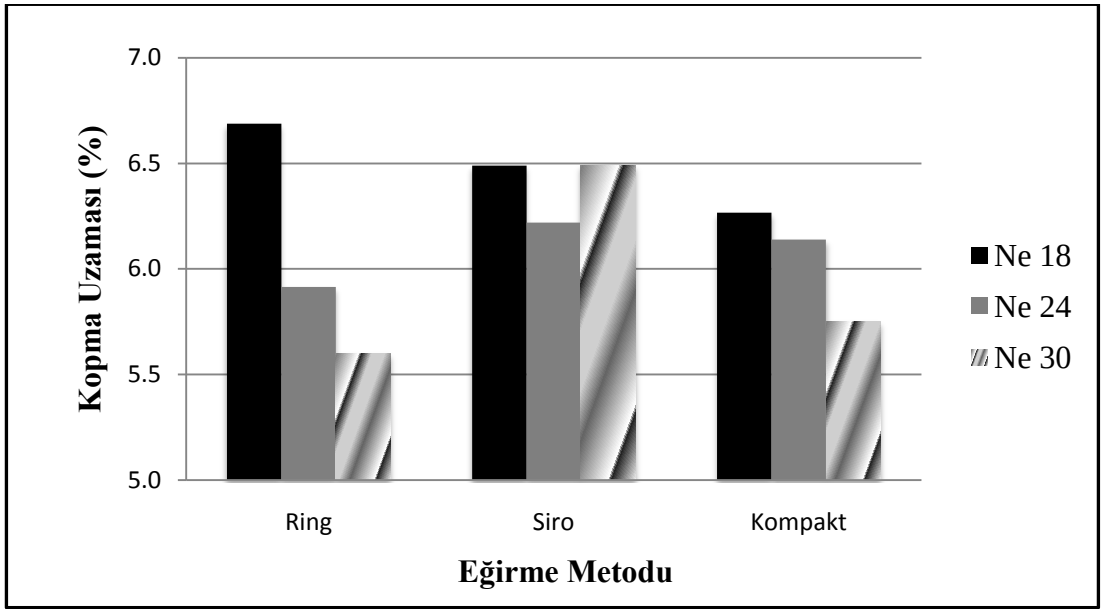
Tukey test sonuçlarına göre Ne 18 ve Ne 30 numara ipliklerin ortalama Rkm değerleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Üretilen iplik numarası büyüdükçe, başka bir ifadeyle ipliklerin kesitindeki ortalama lif sayısı azaldıkça, ring iplikleri ile modifiye ring eğirme metotları olan siro ve kompakt eğirme yöntemi ile üretilen ipliklerin Rkm farklılıkları belirginleşmektedir (Şekil 5.1). Bu durumu yapılan varyans analizi sonucu, iplik eğirme ve iplik numarası faktörlerinin kesişiminin üretilen

ipliklerin Rkm değerleri üzerinde istatistiksel açıdan anlamlı etkisi olduğunun ortaya çıkması da doğrulamaktadır.

Tablo 5.2. % 100 pamuk ipliklerin Rkm değerleri için, faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması

(I) Eğirme Metodu	(J) Eğirme Metodu	Mean difference (I-J)	Sig.
Ring	Kompakt	-1.5087*	0.000
	Siro	-1.0247*	0.000
Kompakt	Ring	1.0247*	0.000
	Siro	-0.4840	0.106
Siro	Ring	1.5087*	0.000
	Kompakt	0.4840	0.106
(I) İplik Numarası	(J) İplik Numarası		
Ne 18	Ne 24	0.4860	0.099
	Ne 30	0.9133*	0.001
Ne 24	Ne 18	-0.4860	0.099
	Ne 30	0.4273	0.165
Ne 30	Ne 18	-0.9133*	0.001
	Ne 24	-0.4273	0.165

Şekil 5.2 eğirme metodu ve numara değişiminin, üretilen ipliklerin kopma uzaması (%) değeri üzerindeki etkisini göstermektedir. Şekil 5.2'de görüldüğü gibi en yüksek kopma uzaması (%) değeri Ne 18 ring ipliklerden elde edilmiştir.



Şekil 5.2. Eğirme metodu ve numara değişiminin, kopma uzaması (%) üzerindeki etkisi.

Tablo 5.3'de % 100 pamuk ipliklerinin kopma uzaması (%) değerleri için ANOVA sonuçları verilmiştir. ANOVA sonuçlarına göre, ipliklerin kopma uzaması (%) değerleri üzerinde eğirme metodu, iplik numarası ve bu iki faktörün kesişiminin istatistiksel olarak anlamlı etkisi olduğu görülmüştür.

Tablo 5.3. % 100 pamuk ipliklerin kopma uzaması değerleri için ANOVA tablosu.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	10.520(a)	8	1315	6578	0.000
Intercept	3429.040	1	3429.04	17154.083	0.000
Eğirme	2318	2	1159	5797	0.004
Numara	4574	2	2287	11440	0.000
Eğirme* Numara	3628	4	0.907	4537	0.002
Hata	16192	81	0.200		
Toplam	3455.751	90			
Corrected Total	26711	89			

Tablo 5.4'de % 100 pamuk ipliklerinin Tukey testine göre kopma uzaması (%) değeri için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırması verilmiştir. Siro eğirme yöntemi ile üretilen ipliklerin kopma uzaması değerlerinin Ne 24 ve Ne 30 numara iplikler için, diğer iplik tiplerine göre daha yüksek olduğu görülmüştür (Şekil 5.2). Bunu sırasıyla ring ve kompakt eğirme yöntemi ile üretilen iplikler izlemektedir. Ancak ring ve kompakt eğirme metotları ile üretilen ipliklerin ortalama kopma uzaması değerleri arasındaki farklılığın istatistiksel açıdan anlamlı olmadığı görülmüştür (Tablo 5.4). Bu durumun bu çalışmada kullanılan kompakt eğirme teknolojisi ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Literatürde farklı kompakt eğirme teknikleri ile yapılan çalışmalarda kompakt ipliklerin benzer şartlarda üretilen ring ipliklerinden kopma uzaması yönünden daha iyi sonuçlar verdiği belirtilmektedir [55]. Burada kullanılan kompakt eğirme metodu mekanik yoğunlaştırma esaslı RoCoS sistemi olduğundan, hava emişi esaslı kompakt eğirme metotları ile benzer sonuçların elde edilememesi doğal karşılanmalıdır. Ne 18 numara ipliklerin kopma uzaması değeri hem Ne 24 hem de Ne 30 numara ipliklerin kopma uzaması değerinden yüksek ve ortalama değerler arasındaki farklar da istatistiksel olarak önemlidir. Bunun yanında, Ne 24 numara ipliklerin kopma uzaması ortalama değeri, Ne 30 numara ipliklerininkinden yüksek olmasına rağmen, aradaki farkın istatistikî olarak anlamlı olmadığı görülmüştür (Tablo 5.4). Ne 18 numara ipliklerin kopma uzaması değerlerinin yüksek oluşunun, kesitteki lif sayısının fazla oluşuyla ilişkili olduğu düşünülmektedir.

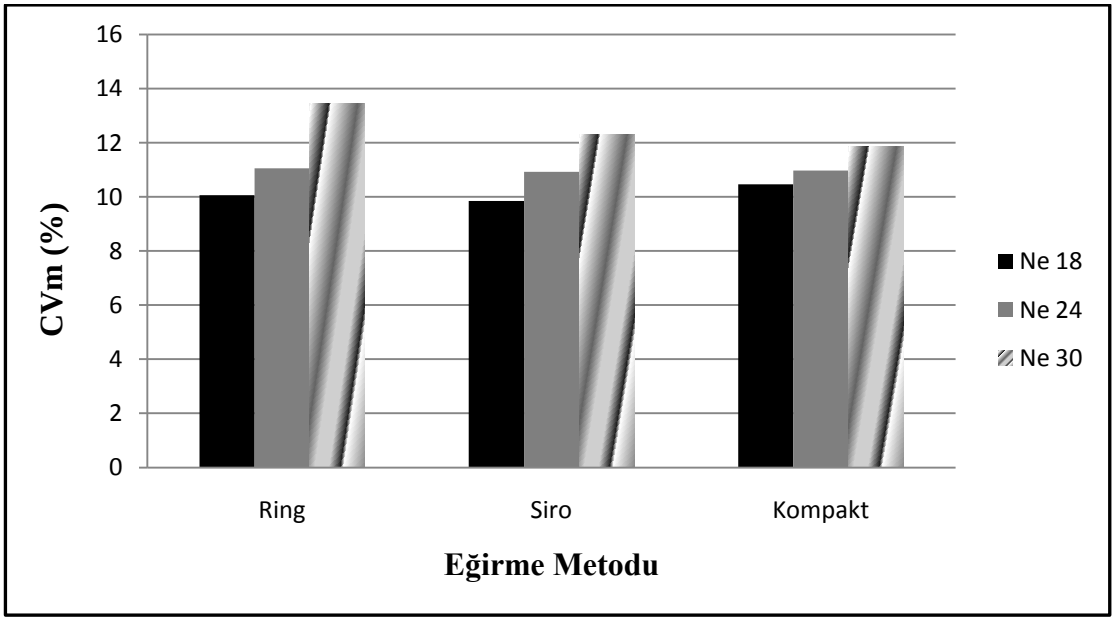
Tablo 5.4. % 100 pamuk ipliklerin kopma uzaması değerleri için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması.

(I) Eğirme Metodu	(J) Eğirme Metodu	Mean difference (I-J)	Sig.
Ring	Siro	-0.3327*	0.014
	Kompakt	0.0150	0.991
Siro	Ring	0.3327*	0.014
	Compact	0.3477*	0.010
Kompakt	Ring	-0.0150	0.991
	Siro	-0.3477*	0.010
(I) İplik Numarası	(J) İplik Numarası		
Ne 18	Ne 24	0.3897*	0.003
	Ne 30	0.5337*	0.000
Ne 24	Ne 18	-0.3897*	0.003
	Ne 30	0.1440	0.429
Ne 30	Ne 18	-0.5337*	0.000
	Ne 24	-0.1440	0.429

5.1.1.2. Eğirme Metodu ve İplik Numarası Değişiminin Düzgünsüzlük Sonuçları Üzerindeki Etkisi

Şekil 5.3'de eğirme metodu ve numara değişiminin, ipliklerin kütlesel düzgünsüzlük (% CVm) değeri üzerindeki etkisi grafiksel olarak gösterilmiştir. Ring, siro ve kompakt eğirme metodu ile üretilen % 100 pamuk ipliklerinde, üretilen iplik numarası küçüldükçe, başka bir ifadeyle ipliklerin kesitindeki ortalama lif sayısı arttıkça numune ipliklerin kütlesel düzgünsüzlük (% CVm) ortalama değerlerinin azaldığı görülmektedir.

Bu çalışmada, en düşük CVm değeri siro eğirme yöntemi ile üretilen Ne 18 numara ipliklerde görülmüştür. Bunu sırasıyla ring eğirme yöntemi ile ve kompakt eğirme yöntemi ile üretilen Ne 18 numara iplikler izlemektedir.



Şekil 5.3. Eğirme metodu ve numara değişiminin, kütlesel düzgünsüzlük (% CVm) değeri üzerindeki etkisi.

Tablo 5.5'de % 100 pamuk ipliklerinin kütlesel düzgünsüzlük değerleri için ANOVA sonuçları verilmiştir. ANOVA sonuçlarına göre, ipliklerin kütlesel düzgünsüzlük değerleri üzerinde eğirme metodu, iplik numarası ve bu iki faktörün kesişiminin % 95 emniyet seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı etkisi olduğu görülmüştür.

Tablo 5.5. % 100 pamuk ipliklerin CVm (%) için ANOVA tablosu.

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	105.927(a)	8	13.241	75.796	0.000
Intercept	11317.617	1	11317.617	64786.224	0.000
Numara	90.408	2	45.204	258.766	0.000
Eğirme	4.309	2	2.155	12.334	0.000
Numara * Eğirme	11.210	4	2.802	16.042	0.000
Hata	14.150	81	0.175		
Toplam	11437.695	90			
Corrected Total	120.077	89			

Tablo 5.6'da % 100 pamuk ipliklerinin Tukey testine göre CVm değerleri için alt grupların çoklu karşılaştırması verilmiştir. En düşük CVm değeri siro eğirme yöntemi ile üretilen ipliklerde görülmüştür. Bunu sırasıyla kompakt ve ring eğirme metodu ile üretilen iplikler izlemektedir. Ring, siro ve kompakt eğirme metodu ile üretilen ipliklerin ortalama CVm değerleri arasındaki farklılıkların istatistiksel açıdan da anlamlı olduğu görülmektedir. Bu sonuç, modifiye ring eğirme sistemleri olan siro ve kompakt eğirme metotlarında iplik yapısındaki lif yerleşiminin ring eğirme metoduna göre daha düzgün yapılabildiği anlamına gelmektedir.

Ring eğirme metodu ile üretilen numune ipliklerin kütlesel düzgünsüzlük değerlerinin kompakt ve siro eğirme metotları ile üretilen numune ipliklerin değerlerinden istatistiksel olarak anlamlı şekilde yüksek bulunması kompakt ve siro sistemlerinin ring iplikleri ile karşılaştırıldığı literatürde mevcut çalışmaların sonuçları ile de uyumludur [55, 57].

Ne 18 numara ipliklerin ortalama CVm değerleri Ne 24 ve Ne 30 numara ipliklerin ortalama CVm değerlerinden istatistiksel olarak anlamlı şekilde düşüktür. Üretilen iplik numarası büyüdükçe, başka bir ifade ile ipliklerin kesitindeki ortalama lif sayısı azaldıkça numune ipliklerin CVm değerleri de artmaktadır. Bu sonuçlar literatürdeki limit düzgünsüzlük ile ilgili olarak çok iyi bilinen gerçeklerle örtüşmektedir [58].

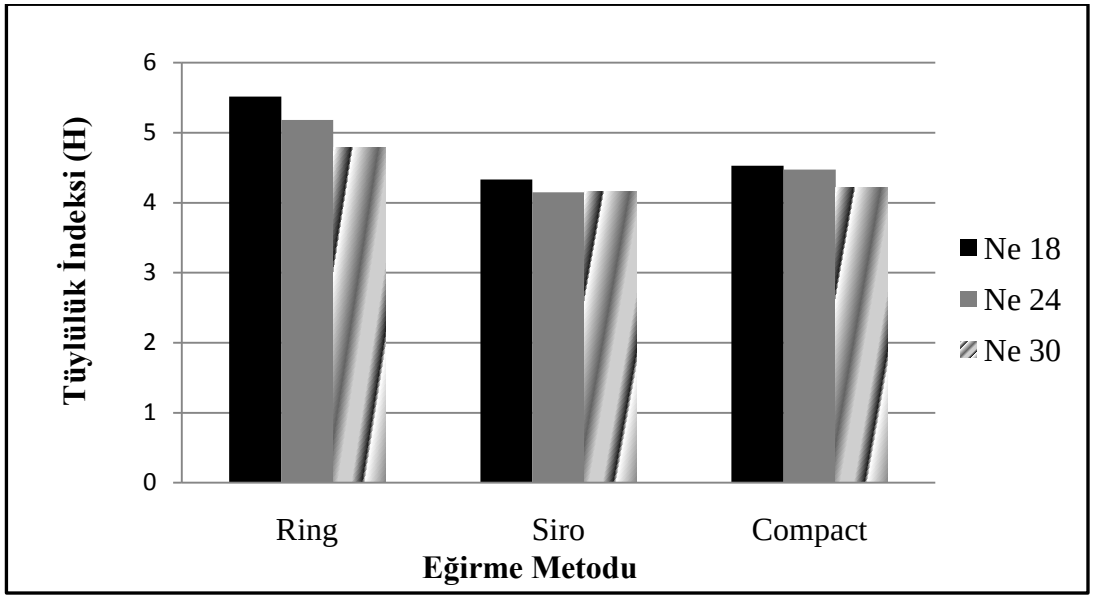
Tablo 5.6. % 100 pamuk ipliklerin CVm (%) için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması.

(I) Eğirme Metodu	(J) Eğirme Metodu	Mean difference (I-J)	Sig.
Ring	Siro	0.495*	0.000
	Kompakt	0.425*	0.000
Siro	Ring	-0.495*	0.000
	Kompakt	-0.070*	0.039
Kompakt	Ring	-0.425*	0.000
	Siro	0.070*	0.039
(I) İplik Numarası	(J) İplik Numarası		
Ne 18	Ne 24	-0.858*	0.040
	Ne 30	-2.421*	0.000
Ne 24	Ne 18	0.858*	0.040
	Ne 30	-1.563*	0.020
Ne 30	Ne 18	2.421*	0.000
	Ne 24	1.563*	0.020

5.1.1.3. Eğirme Metodu ve İplik Numarası Değişiminin Tüylülük Değerleri Üzerindeki Etkisi

Bu bölümde, eğirme metodu ve iplik numarası değişiminin % 100 pamuk ipliği numunelerin tüylülük değerleri üzerine etkisi incelenmiştir. Premier test cihazında yapılan tüylülük testlerinde, ipliklerin tüylülüğü "H" ile gösterilen tüylülük indeksi ile ifade edilmektedir. Zweigle cihazında yapılan tüylülük ölçümlerinde ise ipliklerin tüylülükleri ile ilgili Zweigle (1 mm) ve Zweigle (2 mm) ve S3 değeri alınmıştır. Zweigle ölçüm cihazı ve bu cihazdaki tüylülük değerlendirmesi ile ilgili detaylı bilgi, 3.2.2.1 bölümünde verilmiştir.

Şekil 5.4'de eğirme metodu ve numara değişiminin, tüylülük (H) değeri üzerindeki etkisi grafiksel olarak gösterilmiştir. En düşük H değerleri siro eğirme metodu ile üretilen numune ipliklerde görülmüştür. Bunu sırasıyla kompakt ve ring eğirme metodu ile üretilen iplikler izlemektedir. Ring eğirme sisteminin modifiye edilmiş hali olan kompakt ve siro eğirme metotları ile üretilen ipliklerin ring ipliklerine göre oldukça düşük tüylülük değerlerine sahip olduğu literatürdeki konu ile ilgili birçok çalışmada da belirtilmiştir [46, 47, 55, 57].



Şekil 5.4. Eğirme metodu ve numara değişiminin, tüylülük indeksi üzerindeki etkisi.

Tablo 5.7'de % 100 pamuk ipliklerinin H değerleri için ANOVA sonuçları verilmiştir. ANOVA sonuçlarına göre, ipliklerin H değerleri üzerinde eğirme metodu, iplik numarası ve bu iki faktörün kesişiminin istatistiksel olarak anlamlı etkisi olduğu görülmüştür.

Tablo 5.7. % 100 pamuk ipliklerin tüylülük indeksi (H) değerleri için ANOVA tablosu.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	18.488 (a)	8	2.311	8.449	0.000
Intercept	1899.895	1	1899.895	33016.382	0.000
Numara	2.422	2	1.211	7.167	0.000
Eğirme	15.090	2	7.545	21.384	0.000
Numara * Eğirme	0.976	4	0.244	2.622	0.034
Hata	7.181	81	0.089		
Toplam	1925.564	90			
Corrected Total	25.669	89			

Tablo 5.8'de % 100 pamuk ipliklerinin Tukey testine göre H değerleri için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırması verilmiştir. Ring, siro ve kompakt eğirme metotları ile üretilen % 100 pamuk ipliklerinin H değerleri arasındaki farklılık istatistiksel açıdan anlamlıdır. En düşük ortalama H değeri siro eğirme metodu ile üretilen numune ipliklerde görülmüştür. Bunu sırasıyla kompakt ve ring iplik numunelerinin ortalama H değerleri izlemektedir.

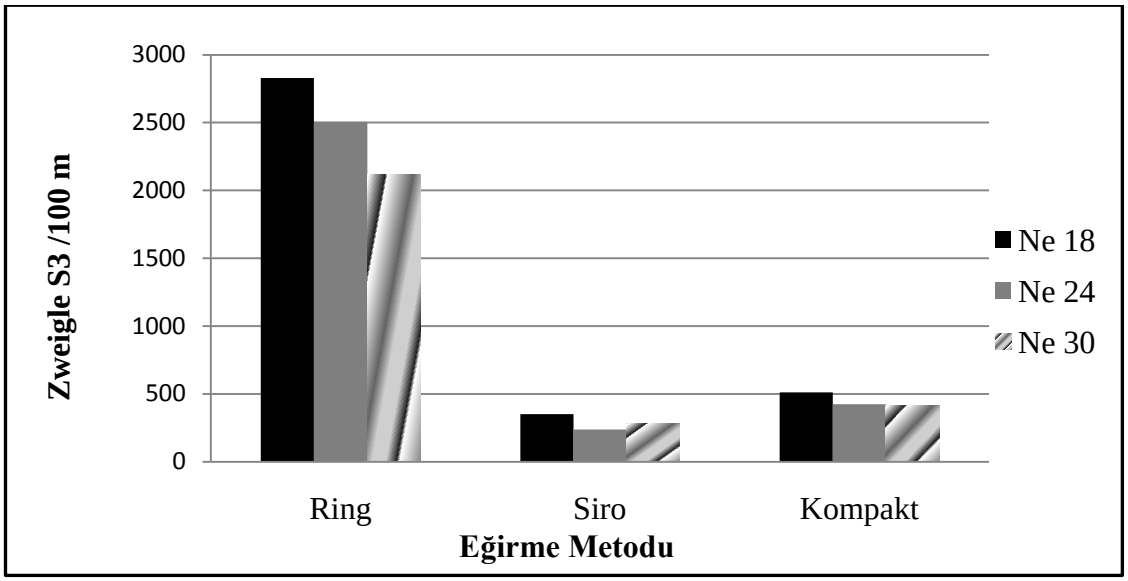
Ne 18, Ne 24 ve Ne 30 numara ipliklerin ortalama H değerleri arasındaki farklılık Tukey testine göre istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Tablo 5.8'den iplik numarası arttıkça yani iplik inceldikçe iplik tüylülüğünün azaldığı görülmektedir. Bu durum iplik inceldikçe kesitteki lif sayısının azalması ile ilişkilidir. Kesitteki lif sayısı azaldıkça, iplik gövdesinden dışarıya doğru çıkan ve tüylülüğü oluşturan lif uçlarının sayısı da azalmaktadır.

Tablo 5.8. % 100 pamuk ipliklerin tüylülük indeksi (H) değeri için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması.

(I) Eğirme Metodu	(J) Eğirme Metodu	Mean difference (I-J)	Sig.
Ring	Siro	0.9483*	0.000
	Kompakt	0.7570*	0.000
Siro	Ring	-0.9483*	0.000
	Kompakt	-0.1913*	0.039
Kompakt	Ring	-0.7570*	0.000
	Siro	0.1913*	0.039
(I) İplik Numarası	(J) İplik Numarası		
Ne 18	Ne 24	0.1907*	0.040
	Ne 30	0.4017*	0.000
Ne 24	Ne 18	-0.1907*	0.040
	Ne 30	0.2110*	0.020
Ne 30	Ne 18	-0.4017*	0.000
	Ne 24	-0.2110*	0.020

Yapılan tüylülük testlerinde, test edilen numunelerdeki 3 mm ve 3mm'den daha uzun liflerin sayılarının toplamı S3 değeri olarak Zweigle tüylülük ölçüm cihazından direk olarak alınabilmektedir [59]. Kesikli lif iplikçiliğinde, genel olarak istenmeyen tüylülük (negative hairiness), iplik gövdesinden dışarı doğru sarkan, 3 mm ve 3 mm'den daha uzun olan lif uçları tarafından oluşturulmaktadır. Bu yüzden sadece S3 değeri için

istatistiksel analiz yapılmıştır. Şekil 5.5'de eğirme metodu ve numara değişiminin, S3 değeri üzerindeki etkisi grafiksel olarak gösterilmiştir. En düşük S3 değerleri siro eğirme metodu ile üretilen numune ipliklerde görülmüştür. Bunu sırasıyla kompakt ve ring eğirme metodu ile üretilen iplikler izlemektedir. Bu sonuç numune ipliklerin Premier test cihazından elde edilen tüylülük test sonuçları (H) ile de paralellik göstermektedir (Şekil 5.4).



Şekil 5.5. Eğirme metodu ve numara değişiminin, S3 değeri üzerindeki etkisi.

Tablo 5.9'da % 100 pamuk ipliklerinin S3 değerleri için ANOVA sonuçları verilmiştir. ANOVA sonuçlarına göre, ipliklerin S3 değerleri üzerinde eğirme metodunun istatistiksel olarak anlamlı etkisi olduğu görülmüştür. Ancak iplik numarası değişiminin ve eğirme metodu ile iplik numarası faktörlerinin kesişiminin, S3 değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkisi bulunmamıştır.

Premier test cihazında yapılan ölçümlerde bulunan tüylülük indeksi (H) üzerinde iplik numara değişiminin etkisi var iken Zweigle cihazında yapılan ölçümlerde elde edilen S3 değeri üzerinde iplik numarası etkisinin anlamlı olmaması, iki tüylülük ölçümü arasındaki farklılıkla ilişkilidir. S3 değeri yalnızca iplik gövdesinden dışarıya doğru sarkan 3 mm ve 3mm'den daha uzun lif uçlarını temsil ederken, H değeri iplik gövdesinden dışarıya doğru sarkan tüm lif uçlarını temsil etmektedir.

Tablo 5.9. % 100 pamuk ipliklerin S3 değerleri için ANOVA tablosu.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	89733745.800(a)	8	11216718.225	15.451	0.000
Intercept	103619610.000	1	103619610.000	142.739	0.000
Numara	1284589.067	2	642294.533	0.885	0.417
Eğirme	87405562.067	2	43702781.033	60.202	0.000
Numara * Eğirme	1043594.667	4	260898.667	0.359	0.837
Hata	58800846.200	81	725936.373		
Toplam	252154202.000	90			
Corrected Total	148534592.000	89			

Tablo 5.10'da % 100 pamuk ipliklerinin Tukey testine göre S3 değerleri için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırması verilmiştir. Ring numune ipliklerin S3 değerleri ile siro ve kompakt numune ipliklerin S3 değerleri arasındaki farklılık istatistiksel açıdan önemlidir. Ancak siro ve kompakt eğirme metotları ile üretilen iplikler arasında S3 değerleri açısından anlamlı bir farklılığın olmadığı görülmektedir.

En yüksek S3 değeri Ne 18 numara ipliklerde görülmüştür. Ne 18 numara iplikleri sırasıyla Ne 24 ve Ne 30 numara iplikler izlemektedir. Ancak yapılan istatistiksel analiz sonucunda ipliklerin S3 değerleri üzerinde iplik numarasının istatistiksel olarak anlamlı etkisinin olmadığı görülmüştür.

Tablo 5.10. % 100 pamuk ipliklerin S3 değeri için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması.

(I) Eğirme Metodu	(J) Eğirme Metodu	Mean difference (I-J)	Sig.
Ring	Siro	2157.4667*	0.000
	Kompakt	2016.4333*	0.000
Siro	Ring	-2157.4667*	0.000
	Kompakt	-141.0333	0.798
Kompakt	Ring	-2016.4333*	0.000
	Siro	141.0333	0.798
(I) İplik Numarası	(J) İplik Numarası		
Ne 18	Ne 24	171.2667	0.717
	Ne 30	291.1333	0.386
Ne 24	Ne 18	-171.2667	0.717
	Ne 30	119.8667	0.849
Ne 30	Ne 18	-291.1333	0.386
	Ne 24	-119.8667	0.849

5.1.2. Metal İçerikli Kompozit İpliklere ait Deneysel Çalışma Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Bu bölümde eğirme metodu, iplik numarası ve metal oranının, metal içerikli kompozit ipliklerin fiziksel özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Tablo 4. 3, 4. 5, 4. 8 ve 4. 9'da verilen ölçüm sonuçlarına ait ortalama değerler kullanılarak, her bir iplik özelliği için grafikler oluşturulmuştur. Deneysel çalışma sonuçlarının istatistiksel analiz sonuçları da bu bölümde verilmiştir.

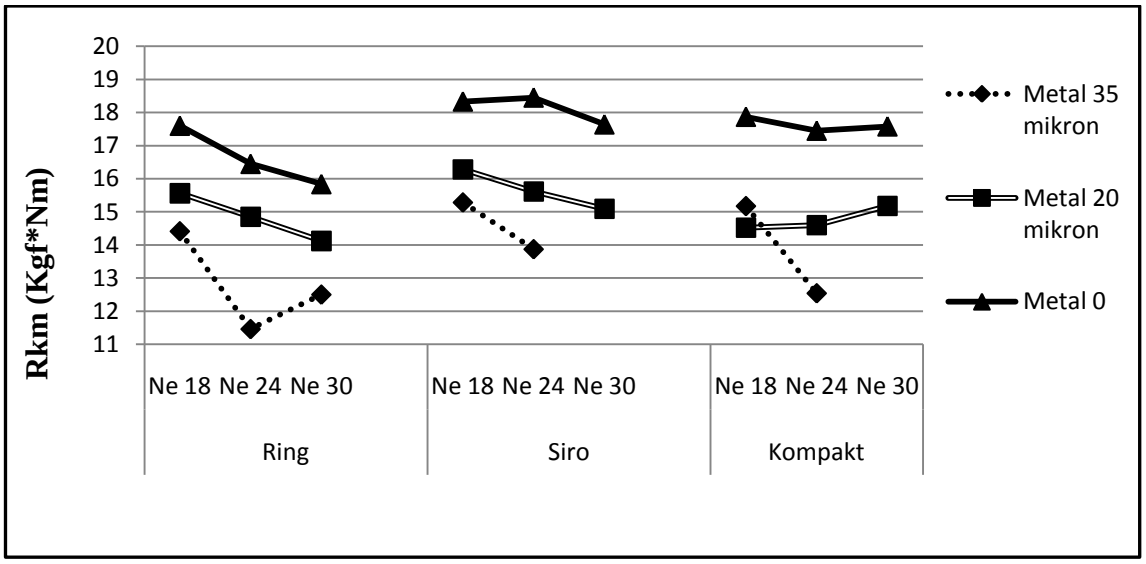
5.1.2.1. Eğirme Metodu, İplik Numarası ve Metal Oranı Değişiminin Mukavemet Testi Sonuçları Üzerindeki Etkisi

Şekil 5.6'da eğirme metodu, numara değişimi ve metal oranı değişiminin üretilen ipliklerin Rkm değeri üzerindeki etkisi grafiksel olarak gösterilmiştir. Bu çalışmada farklı çaplarda (farklı metrik numaralarda) paslanmaz çelik tel kullanılmıştır. Bu nedenle istatistiksel analiz ile ilgili tablolarda ve sonuçların ortalama değerlerinin gösterildiği grafiklerde "metal oranı" yerine "metal çapı" terimi kullanılmıştır.

Bu çalışmada, 35 mikron paslanmaz çelik tel içerikli Ne 30 siro ve Ne 30 kompakt ipliklerin üretiminde, kesikli lifler metali tam olarak kapatamamış ve dolayısıyla da iplik oluşumu mümkün olamamıştır. Bu nedenle istatistiksel analiz için tasarım, her biri

üç seviye içeren üç faktöre göre kurulmuş, ancak varyans analizi iki eksik data ile 27 tip değil de 25 tip iplik sonucu üzerinden gerçekleştirilmiştir.

Metal içerikli kompozit siro ipliklerin Rkm değerleri, eşdeğer ring ve kompakt ipliklerine göre daha yüksek bulunmuştur. Kompozit ipliklerdeki metal oranı arttıkça genelde tüm eğirme yöntemlerinde Rkm değerlerinin düştüğü görülmektedir (Şekil 5.6)



Şekil 5. 6. Eğirme metodu, iplik numarası ve metal oranı değişiminin, Rkm değeri üzerindeki etkisi.

Tablo 5.11'de verilen ANOVA sonuçlarına göre, ipliklerin Rkm değerleri üzerinde eğirme metodu, iplik numarası ve metal çapı faktörlerinin istatistiksel olarak anlamlı etkisi olduğu görülmüştür. İplik numarası ile eğirme metodu, iplik numarası ile metal çapı ve eğirme metodu ile metal çapı faktörlerinin kesişiminin, Rkm değeri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkisi olduğu bulunmuştur. İncelenen faktörlerin üçlü kesişiminin ise, Rkm değeri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkisi olmadığı görülmüştür.

Tablo 5.11. Kompozit ipliklerin Rkm değerleri için ANOVA tablosu.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	P
Corrected Model	835.974(a)	24	34.832	32.218	0.000
Intercept	55166.504	1	55166.504	51026.600	0.000
Numara	60.810	2	30.405	28.213	0.000
Eğirme	67.971	2	33.986	31.435	0.000
Metal çapı (µ)	526.976	2	263.488	243.715	0.000
Numara*Eğirme	21.426	4	5.357	4.955	0.001
Numara*Metal	37.616	4	9.404	8.698	0.000
Eğirme*Metal	14.878	4	3.720	3.440	0.009
Numara*Eğirme*Metal	6.875	6	1.146	1.060	0.388
Hata	243.255	225	1.081		
Toplam	61365.757	250			
Corrected Total	1079.229	249			

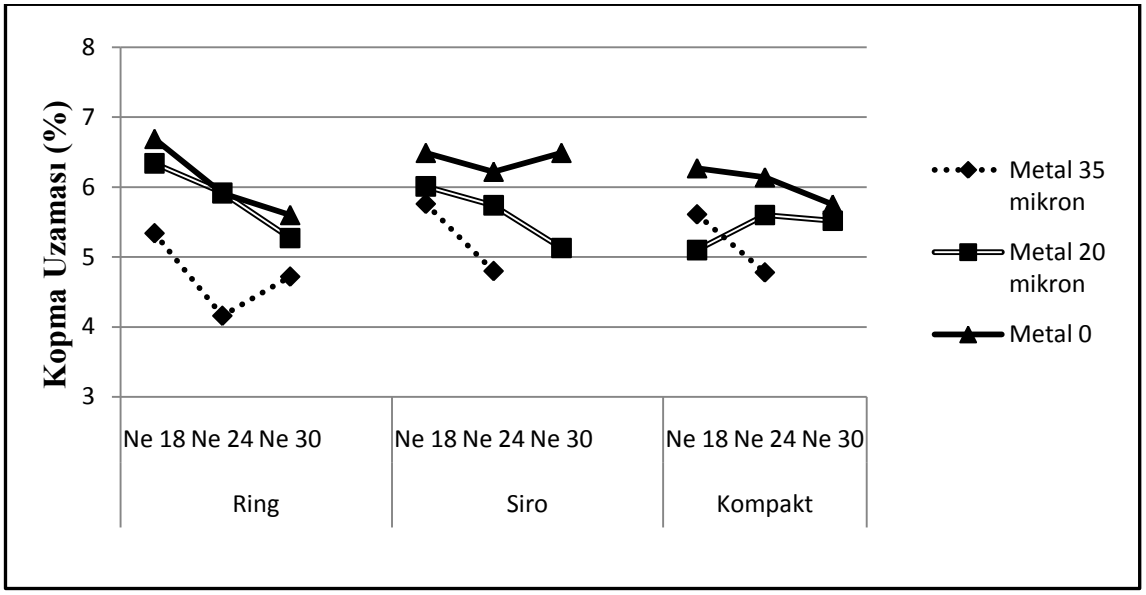
Faktör seviyelerinin istatistiksel farklılıklarını ortaya koyabilmek için yapılan Tukey testi sonuçlarına göre Rkm değerleri için üç faktörde de tüm faktör seviyeleri arasındaki farklılık istatiksel açıdan anlamlıdır (Tablo 5.12).

En yüksek Rkm değerleri siro ipliklerinde elde edilmiştir. Bunu sırasıyla kompakt ve ring ipliklerin Rkm değerleri izlemektedir (Şekil 5.6). En yüksek Rkm değerleri Ne 18 numara ipliklerde elde edilmiştir. Bunu sırasıyla Ne 30 ve Ne 24 numara iplikler izlemektedir. Metal tel içermeyen ipliklerin Rkm değerleri metal tel içeren ipliklerin Rkm değerlerinden daha yüksektir. Benzer şekilde 20 mikron metal tel içeren ipliklerin Rkm değerleri 35 mikron metal tel içeren eşdeğer ipliklerden daha yüksektir.

Tablo 5.12. Kompozit ipliklerin Rkm değerleri için, faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması.

(I) Eğirme Metodu	(J) Eğirme Metodu	Mean difference (I-J)	Sig.
Ring	Kompakt	-0.8589*	0.000
	Siro	-1.5647*	0.000
Kompakt	Ring	0.8589*	0.000
	Siro	-0.7058*	0.000
Siro	Ring	1.5647*	0.000
	Kompakt	0.7058*	0.000
(I) İplik Numarası	(J) İplik Numarası		
Ne 18	Ne 24	1.0832*	0.000
	Ne 30	0.6918*	0.000
Ne 24	Ne 18	-1.0832*	0.000
	Ne 30	-0.3914*	0.000
Ne 30	Ne 18	-0.6918*	0.000
	Ne 24	0.3914*	0.000
(I) Metal Çapı (μ)	(J) Metal Çapı(μ)		
0	20	2.3797*	0.000
	35	3.8655*	0.000
20	0	-2.3797*	0.000
	35	1.4858*	0.000
35	0	-3.8655*	0.000
	20	-1.4858*	0.000

Şekil 5.7 eğirme metodu, numara değişimi ve metal çapı değişiminin numune ipliklerin kopma uzaması (%) değeri üzerindeki etkisini göstermektedir. En yüksek kopma uzaması (%) değerleri % 100 pamuk ipliklerde elde edilmiştir. Bu durum ipliklerin Rkm sonuçları ile paralellik göstermektedir (Şekil 5.6). Metal tel çapının (metal oranının) artışı ile başka bir ifadeyle ipliklerdeki kesik elyaf miktarının azalması ile, kopma uzaması (%) değerlerinde düşüş görülmektedir.



Şekil 5.7. Eğirme metodu, numara ve metal çapı değişiminin kopma uzaması (%) üzerindeki etkisi.

Tablo 5.13'de verilen ANOVA sonuçlarına göre, ipliklerin kopma uzaması (%) değerleri üzerinde eğirme metodu, iplik numarası ve metal çapı faktörlerinin istatistiksel olarak anlamlı etkisi olduğu görülmüştür.

Ayrıca iplik numarası ile eğirme metodu, iplik numarası ile metal çapı, eğirme metodu ile metal çapı kesişiminin ve faktörlerin üçlü kesişiminin ipliklerin kopma uzaması değeri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkisi olduğu görülmüştür.

Tablo 5.13. Kompozit ipliklerin kopma uzaması değerleri için ANOVA tablosu.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	P
Corrected Model	96.025(a)	24	4.001	16.791	0.000
Intercept	7329.583	1	7329.583	30759.122	0.000
Numara	13.386	2	6.693	28.087	0.000
Eğirme	2.553	2	1.276	5.357	0.005
Metal çapı (μ)	41.913	2	20.956	87.945	0.000
Numara*Eğirme	5.960	4	1.490	6.253	0.000
Numara*Metal	9.339	4	2.335	9.797	0.000
Eğirme*Metal	7.991	4	1.998	8.383	0.000
Numara*Eğirme*Metal	4.594	6	0.766	3.213	0.005
Hata	53.615	225	0.238		
Toplam	8141.004	250			
Corrected Total	149.640	249			

Tablo 5.14'de üretilen ipliklerin Tukey testine göre kopma uzaması değeri için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırması verilmiştir. En yüksek kopma uzaması (%) değeri siro eğirme yöntemi ile üretilen ipliklerde görülmüştür. Bunu sırasıyla kompakt ve ring eğirme yöntemi ile üretilen iplikler izlemektedir. Ancak ring ve kompakt eğirme metotları ile üretilen ipliklerin ortalama kopma uzaması değerleri arasındaki farklılığın istatistiksel açıdan anlamlı olmadığı görülmüştür (Tablo 5.14). Bu sonuç, literatürdeki farklı kompakt eğirme teknikleri ile yapılan çalışmalarda kompakt ipliklerin benzer şartlarda üretilen ring ipliklerinden kopma uzaması yönünden daha iyi sonuçlar verdiği bilgisi ile çelişmektedir [55]. Bu durumun, çalışmada kullanılan kompakt eğirme metodunun mekanik yoğunlaştırma esaslı RoCoS sistemi olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Ne 18 numara ipliklerin kopma uzaması değeri hem Ne 24 hem de Ne 30 numara ipliklerin kopma uzaması değerinden yüksek ve ortalama değerler arasındaki farklar da istatistiksel olarak anlamlıdır. Bunun yanında, Ne 30 numara ipliklerin kopma uzaması ortalama değeri, Ne 24 numara ipliklerininkinden yüksek olmasına rağmen, aradaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmüştür.

Tablo 5.14. Kompozit ipliklerin kopma uzaması değerleri için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması.

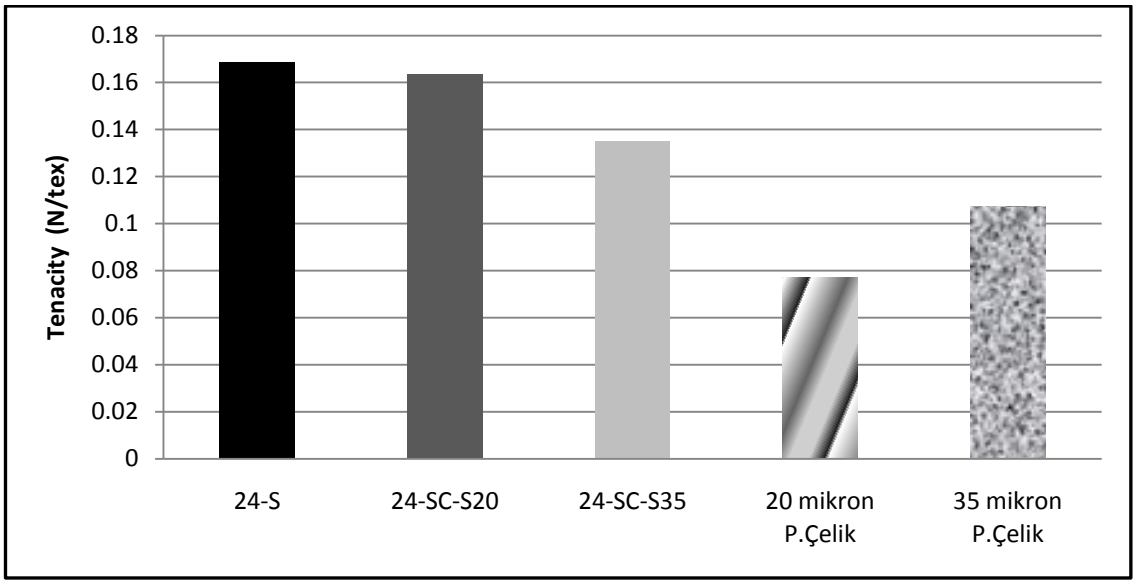
(I) Eğirme Metodu	(J) Eğirme Metodu	Mean difference (I-J)	Sig.
Ring	Kompakt	-0.0449	0.821
	Siro	-0.2795*	0.001
Kompakt	Ring	0.0449	0.821
	Siro	-0.2346*	0.007
Siro	Ring	0.2795*	0.001
	Kompakt	0.2346*	0.007
(I) İplik Numarası	(J) İplik Numarası		
Ne 18	Ne 24	0.4827*	0.000
	Ne 30	0.4591*	0.000
Ne 24	Ne 18	-0.4827*	0.000
	Ne 30	-0.0236	0.951
Ne 30	Ne 18	-0.4591*	0.000
	Ne 24	0.0236	0.951
(I) Metal Çapı (μ)	(J) Metal Çapı(μ)		
0	20	0.5483*	0.000
	35	1.1477*	0.000
20	0	-0.5483*	0.000
	35	0.5994*	0.000
35	0	-1.1477*	0.000
	20	-0.5994*	0.000

Metal tel kullanımının iplik mukavemetine etkisini daha iyi yorumlayabilmek için, çalışma kapsamında üretilen iplikler ile 20 mikron ve 35 mikron paslanmaz çelik tellere Instron test cihazında 250 mm çene mesafesi ve 250 mm/dk ölçüm hızıyla 5'er adet çekme testi uygulanmıştır. Her bir teste ait kuvvet (N), uzama (mm) grafikleri **Ek-4**'de verilmiştir. Test sonuçlarının ortalama değerleri Tablo 5.15'de özetlenmiştir.

Tablo 5.15. Instron test cihazında yapılan çekme testi sonuçları.

İplik Kodu	**Tenacity (N/tex)**	**Kopma Uzaması (%)**	**Young Modülü (N/tex)**
24-S	0.1688	8.507	3.032
24-SC-S20	0.1635	6.465	5.321
24-SC-S35	0.135	7.003	4.925
20 mikron metal	0.077	24.1	11.822
35 mikron metal	0.1073	33.54	16.052

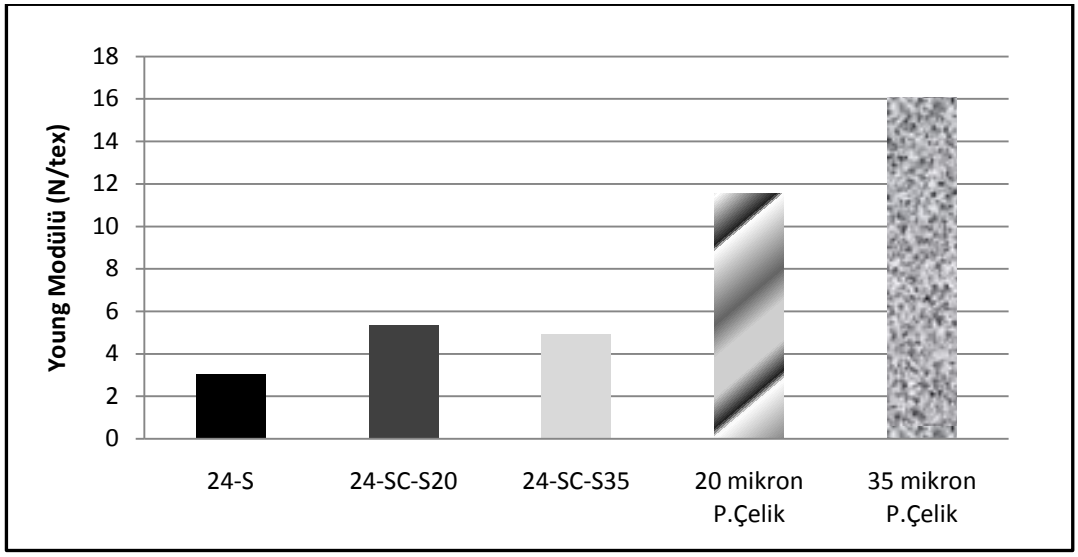
Tablo 5.15'de verilen Tenacity (N/tex) ve Young Modülü (N/tex) ortalama değerlerinin grafiksel olarak karşılaştırılması sırasıyla şekil 5.8 ve şekil 5.9'da gösterilmiştir.



Şekil 5.8. Ne 24 siro ipliklerin ve metal tellerin özgül gerilme değerlerinin karşılaştırılması.

Şekil 5.8'de görüldüğü gibi test yapılan ipliklerde en yüksek özgül gerilme (Tenacity-N/tex) değeri % 100 pamuk 24-S ipliğinde ölçülmüştür. Metal içerikli kompozit ipliklerin özgül gerilme değerlerinin % 100 pamuk ipliğinde ölçülen değerden daha düşük olduğu ve kompozit ipliklerdeki metal tel oranı arttıkça, özgül gerilme değerinin daha da düştüğü görülmüştür.

20 mikron (Nm 200) paslanmaz çelik telin tenacity değeri 35 mikron (Nm 131) paslanmaz çelik telden daha düşük bulunmuştur. 20 mikron paslanmaz çelik tel içeren kompozit ipliğin özgül gerilme değerinin ise 35 mikron paslanmaz çelik tel içeren kompozit iplikten daha yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 5.8). Bu durumun, metal çapının artması ile (metrik numaranın azalması) üretilen kompozit ipliğin yapısındaki kesik elyaf yüzdesinin azalmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.



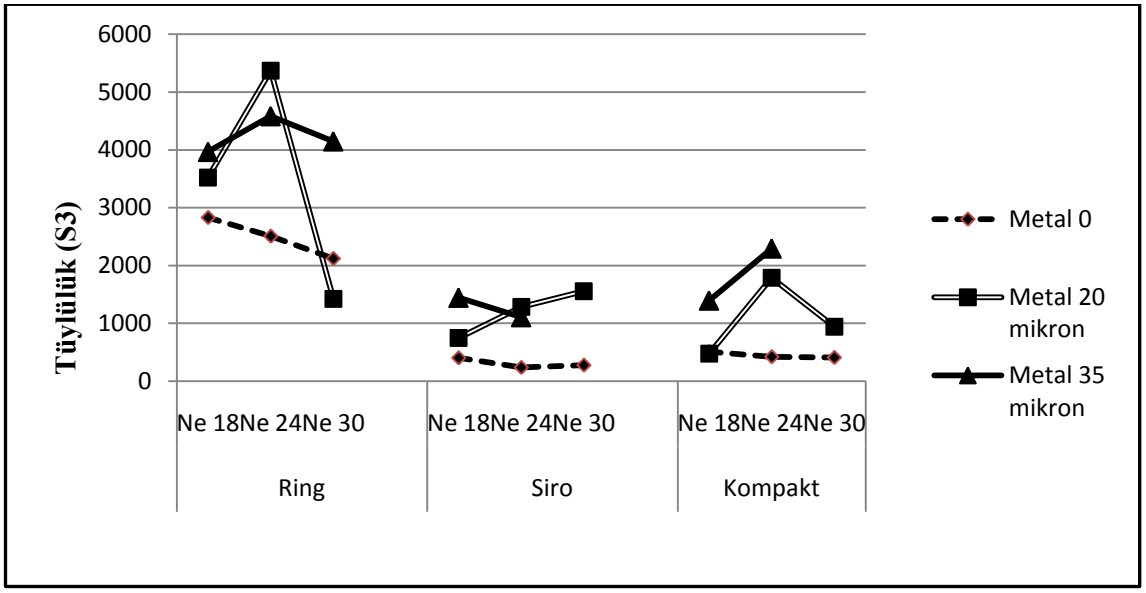
Şekil 5.9. Ne 24 Siro numune ipliklerin ve metal tellerin young modülü değerlerinin karşılaştırılması.

35 mikron ve 20 mikron paslanmaz çelik tellerin young modülü değerlerinin pamuk ve kompozit ipliklerden daha yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 5.9).

Ring core-spun tekniği ile metal içerikli iplik üretiminde gözlenen metal varlığına bağlı mukavemet düşüşünün siro core-spun ve kompakt core-spun tekniklerinden biri kullanılarak, siro ve kompakt eğirme tekniğinin getireceği mukavemet artışıyla dengelenebileceği görülmüştür. Merkezde metal varlığında yapıdaki kesik lif sayısı azaldığından, bu liflerin nasıl konumlandığı bilgisi daha da önemli hale gelmektedir.

5.1.2.2. Eğirme Metodu, İplik Numarası ve Metal Çapı Değişiminin S3 Tüylülük Değeri Üzerindeki Etkisi

Bu bölümde eğirme metodu, numara değişimi ve metal çapı değişiminin üretilen metal içerikli kompozit ipliklerin S3 tüylülük değeri üzerine etkisi incelenmiştir. Şekil 5.10'da eğirme metodu, iplik numarası ve metal çapı değişiminin, S3 değeri üzerindeki etkisi grafiksel olarak gösterilmiştir. En yüksek S3 değerleri ring eğirme metodu ile üretilen ipliklerde görülmüştür.



Şekil 5.10. Eğirme metodu, numara ve metal çapı değişiminin, S3 tüylülük değeri üzerindeki etkisi.

Tablo 5.16'da verilen ANOVA sonuçlarına göre, ipliklerin S3 değerleri üzerinde eğirme metodu, iplik numarası ve metal çapı faktörlerinin istatistiksel olarak anlamlı etkisi olduğu görülmüştür. İplik numarası ile eğirme metodu, iplik numarası ile metal çapı faktörlerinin kesişiminin ve tüm faktörlerin üçlü kesişiminin istatistiksel olarak anlamlı etkisi olduğu görülmüştür. Eğirme metodu ile metal çapı kesişiminin ise ipliklerin S3 değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkisinin olmadığı görülmüştür.

Tablo 5.16. Kompozit ipliklerin S3 değerleri için ANOVA tablosu.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	P
Corrected Model	527563606.736(a)	24	21981816.947	22.513	0.000
Intercept	796787843.242	1	796787843.242	816.026	0.000
Numara	13413196.125	2	6706598.062	6.869	0.001
Eğirme	258182645.178	2	129091322.589	132.208	0.000
Metal çapı (μ)	88044089.361	2	44022044.681	45.085	0.000
Numara*Eğirme	36150309.450	4	9037577.363	9.256	0.000
Numara*Metal	31925716.889	4	7981429.222	8.174	0.000
Eğirme*Metal	2292702.728	4	573175.682	0.587	0.672
Numara*Eğirme*Metal	20842880.506	6	3473813.418	3.558	0.002
Hata	219695562.400	225	976424.722		
Toplam	1583218288.000	250	21981816.947		
Corrected Total	747259169.136	249	796787843.242		

Tablo 5.17'de üretilen numune ipliklerin Tukey testine göre S3 değerleri için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırması verilmiştir. Ring numune ipliklerin S3 değerleri ile siro ve kompakt numune ipliklerin S3 değerleri arasındaki farklılık istatistiksel açıdan önemlidir. Ancak siro ve kompakt eğirme metotları arasında S3 değerleri açısından anlamlı bir farklılık görülmemiştir (Tablo 5.17).

Siro ve kompakt core-spun eğirme teknikleri ile üretilen kompozit ipliklerin tüylülüğünün ring core-spun eğirme tekniği ile üretilen kompozit ipliklerden daha az tüylü olduğu görülmektedir (Şekil 5.10).

En yüksek S3 değeri Ne 24 numara ipliklerde görülmüştür. Bunu sırasıyla Ne 18 ve Ne 30 numara iplikler izlemektedir. Ne 24 numara iplikler ile Ne 18 ve Ne 30 numara iplikler arasındaki farklılık istatistiksel açıdan anlamlı olmasına rağmen Ne 18 numara iplikler ile Ne 30 numara iplikler arasındaki farklılığın anlamlı olmadığı görülmüştür (Tablo 5.17). % 100 pamuk ipliği üretiminde tüm iplik tipleri için, iplik numarası arttıkça, yani iplik inceldikçe, yapıdaki kesikli liflerin sayısı azalmaktadır. Bu durum iplik gövdesinden dışarı doğru çıkarak tüylülüğü oluşturan lif uçlarının sayısının azalması, bir diğer ifadeyle tüylülüğün azalması anlamına gelmektedir. Tablo 5.17 ve şekil 5.10 incelendiğinde ise metal tel varlığında, iplik tüylülüğü ile ilgili, iplik numarası arttıkça, tüylülük azalır yönündeki saptamanın gerçekliğini yitirdiği görülmektedir.

Tüm metal çapları için numune ipliklerin S3 değerlerinde alt grupların ortalama değerleri arasındaki farklılığın Tukey testine göre istatistiksel açıdan anlamlı olduğu görülmüştür. En yüksek S3 değerleri 35 mikron metal tel içeren kompozit ipliklerde görülmüştür. Bunu sırasıyla 20 mikron metal tel içeren ve metal içermeyen (metal çapı 0) numune ipliklerin S3 değerleri izlemektedir (Tablo 5.17). Bu durum merkezdeki metalin kalınlaşması durumunda, iplik gövdesinden dışarıya doğru çıkan lif ucu sayısının artması şeklinde yorumlanabilir.

Merkezde metal, ya da herhangi bir malzeme varlığında, ring core-spun tekniği ile üretilen ipliklerin tüylülüğünde görülecek olan artışın, kompakt core-spun yada siro core-spun eğirme metotları ile göreceli olarak aşılabileceği anlaşılmaktadır.

Tablo 5.17. Kompozit ipliklerin S3 değerleri için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması.

(I) Eğirme Metodu	(J) Eğirme Metodu	Mean difference (I-J)	Sig.
Ring	Kompakt	2356.35*	0.000
	Siro	2510.44*	0.000
Kompakt	Ring	-2356.35*	0.000
	Siro	154.09	0.586
Siro	Ring	-2510.44*	0.000
	Kompakt	-154.09	0.586
(I) İplik Numarası	(J) İplik Numarası		
Ne 18	Ne 24	-484.30*	0.003
	Ne 30	139.28	0.651
Ne 24	Ne 18	484.30*	0.003
	Ne 30	623.58*	0.000
Ne 30	Ne 18	-139.28	0.651
	Ne 24	-623.58*	0.000
(I) Metal Çapı (μ)	(J) Metal Çapı (μ)		
0	20	-826.92*	0.000
	35	-1632.03*	0.000
20	0	826.92*	0.000
	35	-805.11*	0.000
35	0	1632.03*	0.000
	20	805.11*	0.000

5.2. Numune Kumaşlara ait Deneysel Çalışma Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Çalışma kapsamında üretilen numune kumaşlara ait deneysel çalışma sonuçları üç ayrı grup altında incelenmiştir. Birinci grupta üretilen kumaş numunelerinin fiziksel özelliklerinin belirlenmesi için yapılan deneysel çalışma sonuçları değerlendirilmiştir. İkinci grupta ise kumaş numunelerinin elektromanyetik radyasyona karşı koruyuculuk özelliğini belirleyebilmek amacıyla SE ölçüm sonuçları ve kumaşların yüzey direnci ölçüm sonuçları değerlendirilmiştir. En son olarak da kumaş numunelerinin boyama sonuçları değerlendirilmiştir.

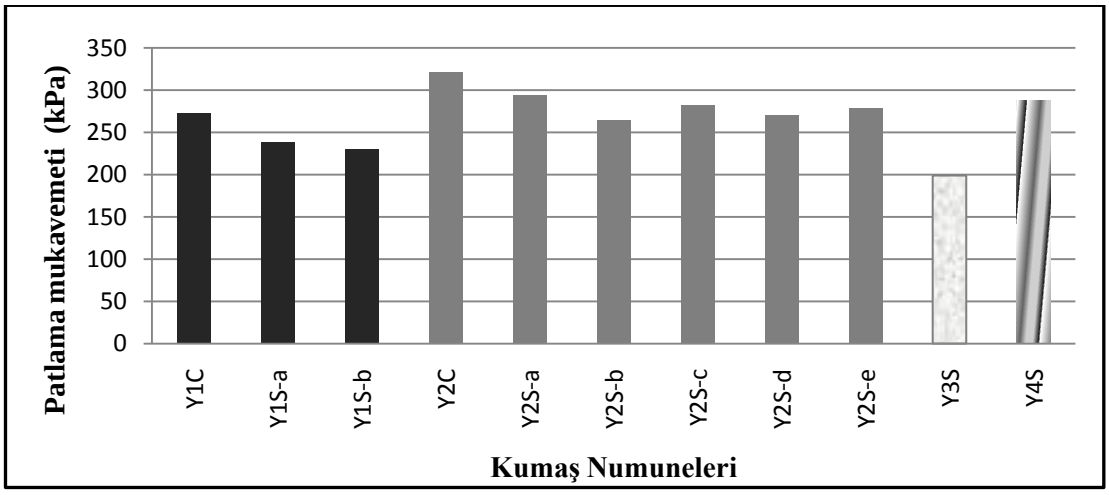
5.2.1. Kumaşların Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi İçin Yapılan Deneysel Çalışma Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Kumaşların fiziksel özelliklerinin tespit edilmesi amacıyla kumaş çubuk ve sıra sıklığı ölçümü, kalınlık ölçümü, gramaj tayini, patlama mukavemeti testi ve fotoğraf çekimi yapılmıştır. Kumaşların ilmek iplik uzunlukları tablo 3.3'de, sıra ve çubuk sıklıkları,

kumaş kalınlıkları (mm), kumaş gramajları (gr/m^2) tablo 4.10'da verilmiştir. Kumaş numunelerinin deneysel çalışma sonuçlarını görsel olarak desteklemek amacı ile Olympus SZ61 stereo mikroskop ile çekilen fotoğraflar **Ek-3**'de verilmiştir.

5.2.1.1. Kumaşların Patlama Mukavemeti Değerlerinin Belirlenmesi için Yapılan Deneysel Çalışma Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Patlama mukavemeti testi, düz örme makinesinde üretilen D1S, D1C, D2S ve D2C kodlu kumaş numuneleri testte patlamadığı için sadece yuvarlak örme makinesinde üretilen kumaşlara yapılmıştır. Tablo 4.12'deki sonuçlara göre yuvarlak örme makinelerinde üretilen kumaşların patlama mukavemeti sonuçları şekil 5.11'de grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 5.11. Yuvarlak örme makinelerinde üretilen kumaş numunelerinin patlama mukavemeti sonuçları.

Süprem (Y1S-a, Y1S-b) ve ribana örgü (Y2S-a, Y2S-b, Y2S-c, Y2S-d, Y2S-e) yapısındaki metal içeren ipliklerden örülü kumaşların patlama mukavemeti değerleri %100 pamuk ipliklerden örülü süprem (Y1C) ve ribana (Y2C) kumaş numunelerinin patlama mukavemeti değerlerinden daha düşük bulunmuştur. Bu durum şekil 5.6'da gösterilen iplik mukavemet sonuçları ve şekil 5.7'de gösterilen kopma uzaması (%) sonuçları ile de paralellik göstermektedir. Yuvarlak örme makinelerinde üretilen numune kumaşların arasında en yüksek patlama mukavemeti değeri ribana örgü yapısındaki % 100 pamuk kumaş numunesi olan Y2C kodlu kumaşta elde edilmiştir.

Lacost örgü yapısındaki Y3S kodlu kumaşta ise en düşük patlama mukavemeti değeri ölçülmüştür. Ribana örgü yapısında üretilen kumaşların patlama mukavemeti değerleri de süprem örgü yapısında üretilenlere göre daha yüksek bulunmuştur.

5.2.2. Kumaşların Ekranlama Etkinliğinin (SE) Belirlenmesi İçin Yapılan Deneysel Çalışma Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Bu bölümde, numune kumaşların koaksiyel tutucu metodu ve yankısız oda metodu ile yapılan SE ölçüm sonuçları ve yüzey direnci ölçüm sonuçları değerlendirilmiştir.

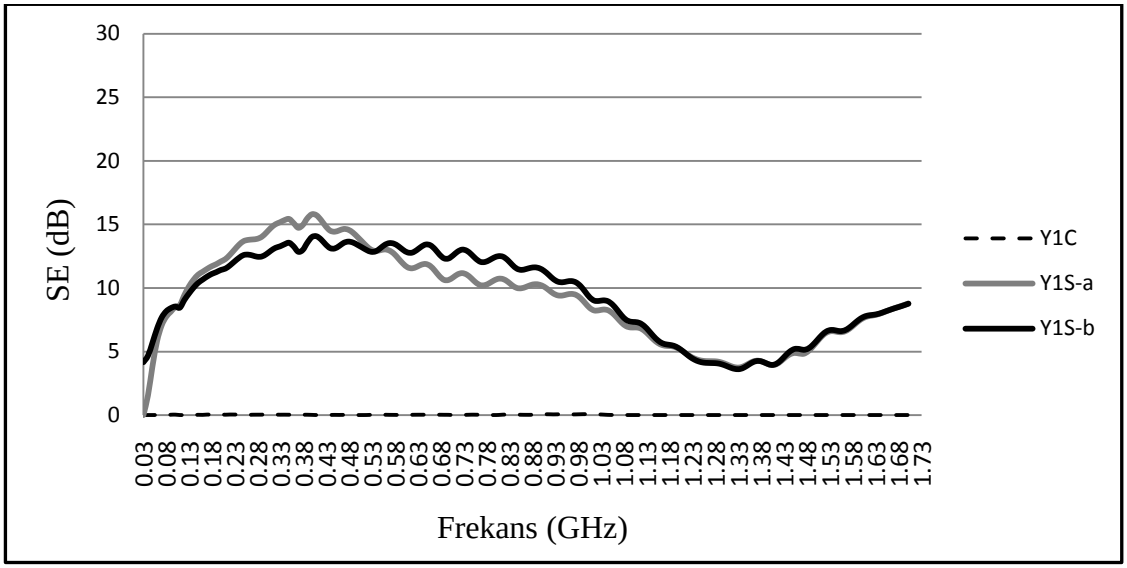
5.2.2.1. Koaksiyel Tutucu Metodu (Coaxial Holder Method) ile Yapılan SE Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Numune kumaşların ekranlama etkinliği, ASTM D-4935 standardı esas alınarak geliştirilen test aparatıyla yapılan SE ölçüm sonuçları kullanılarak değerlendirilmiştir.

Yuvarlak örme makinelerinde süprem örgü yapısında üretilmiş olan Y1C, Y1S-a ve Y1S-b kodlu numune örgü kumaşlara ait koaksiyel tutucu metoda göre ekranlama etkinliği ölçüm sonuçları şekil 5.12'de grafiksel olarak gösterilmiştir. Y1C, Y1S-a ve Y1S-b kumaşlarının ekranlama etkinlikleri kumaş kalınlıkları 2 mm'den az olduğu için (Tablo 4.10) 30 MHz-1.73 GHz aralığında değerlendirilmiştir.

% 100 pamuk ipliğinden üretilen Y1C kodlu kumaşın ekranlama özelliğinin olmadığı görülmektedir. Bunun yanı sıra 140-920MHz frekans aralığında Y1S-a kodlu, 140-990 MHz frekans aralığında Y1S-b kodlu kumaşların 10 dB ve üzeri bir ekranlama etkinliği değerine ulaştığı görülmektedir. Süprem örgü yapısında örülmüş kumaşlarda en yüksek ekranlama etkinliği değeri Y1S-a kodlu kumaşın ölçümünde 400 MHz'de 15.79 dB olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlara göre 20 mikron paslanmaz çelik tel kullanımı ile kumaşların ekranlama etkinliği özelliği kazandığı görülmektedir. Metal içerikli kumaşlarda belirli frekanslarda elde edilen ekranlama etkinliği değerinin basit ekranlama aralığında (Tablo 2.1) olduğu görülmüştür.

Y1S-b kumaşın SE değerini, Y1S-a kumaşın SE değeri ile karşılaştırdığımızda ekranlama etkinliği değerlerinde önemli bir değişimin meydana gelmediği görülmüştür (Şekil 5.12).

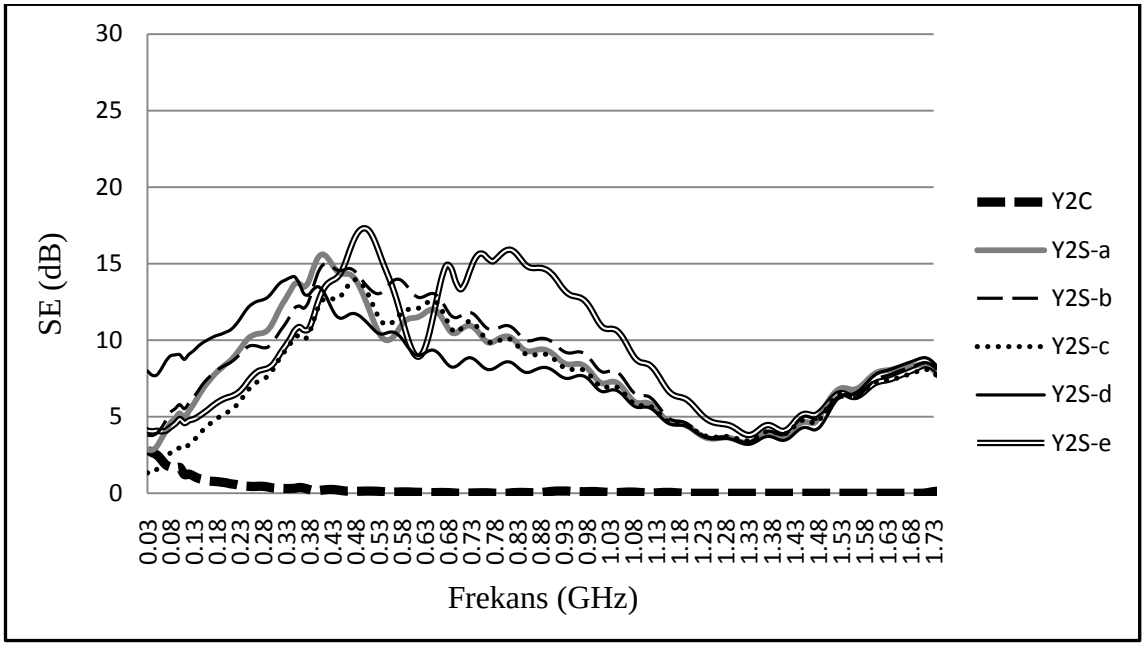


Şekil 5.12. Y1C, Y1S-a ve Y1S-b kodlu numune kumaşların ekranlama etkinliği test sonuçları.

Yuvarlak örme makinelerinde ribana örgü yapısında üretilmiş olan Y2C, Y2S-a, Y2S-b, Y2S-c, Y2S-d, Y2S-e kodlu numune örgü kumaşlara ait koaksiyel tutucu metoda göre ekranlama etkinliği ölçüm sonuçları şekil 5.13'de grafiksel olarak gösterilmiştir. Y2C, Y2S-a, Y2S-b, Y2S-c, Y2S-d, Y2S-e kodlu kumaşlarının ekranlama etkinlikleri kumaş kalınlıkları 2mm'den az olduğu için (Tablo 4.10) 30 MHz-1.73 GHz aralığında değerlendirilmiştir.

% 100 pamuk ipliğinden üretilen Y2C kodlu kumaşın ekranlama özelliğinin olmadığı görülmektedir. Bunun yanı sıra 250-820 MHz frekans aralığında Y2S-a kodlu, 300-900 MHz frekans aralığında Y2S-b kodlu, 350-820 MHz frekans aralığında Y2S-c kodlu, 170-580 MHz frekans aralığında Y2S-d kodlu ve 640-1.05 GHz frekans aralığında Y2S-e kodlu kumaşların 10 dB ve üzeri bir ekranlama etkinliği değerine ulaştığı görülmüştür.

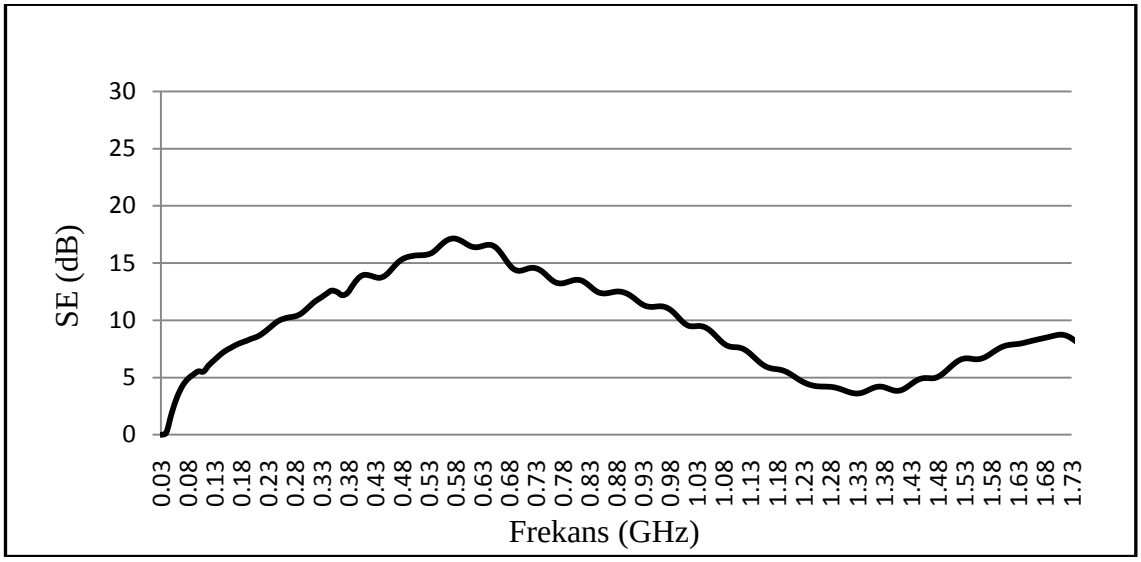
Bu sonuçlara göre metal içerikli ribana örgü yapısında örülen kumaşlarda elde edilen ekranlama etkinliği değerinin basit ekranlama aralığında (Tablo 2.1) olduğu görülmüştür (Şekil 5.13). Ribana örgü yapısında örülmüş kumaşlarda en yüksek ekranlama etkinliği değeri Y2S-e kodlu kumaşın ölçümünde 500 MHz'de 17.31 dB olarak ölçülmüştür.



Şekil 5.13. Y2C, Y2S-a, Y2S-b, Y2S-c, Y2S-d, Y2S-e kodlu numune kumaşların ekranlama etkinliği test sonuçları.

Yuvarlak örme makinelerinde lacost örgü yapısında üretilmiş olan Y3S kodlu numune örgü kumaşa ait, koaksiyel tutucu metoda göre ekranlama etkinliği ölçüm sonuçları şekil 5.14'de grafiksel olarak gösterilmiştir.

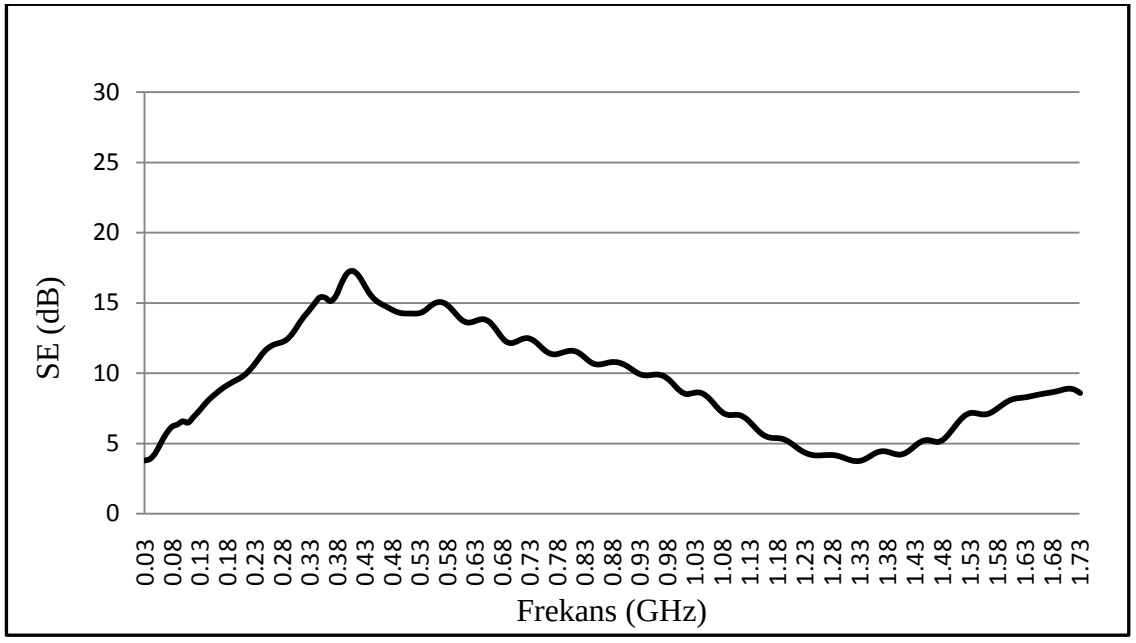
Y3S numune kumaşın ekranlama etkinlikleri kumaşın ortalama kalınlığı 2mm'den az olduğu için (Tablo 4.10) 30 MHz-1.73 GHz aralığında değerlendirilmiştir. 260 MHz-1 GHz frekans aralığında Y3S kodlu kumaşın 10 dB ve üzeri bir ekranlama etkinliği değerine ulaştığı görülmektedir. Bu sonuçlara göre 20 mikron paslanmaz çelik tel içerikli lacost örgü yapısındaki Y3S kodlu kumaş ile belirli frekanslarda basit ekranlama (Tablo 2.1) yapılabileceği görülmektedir. Y3S kodlu kumaşta elde edilen en yüksek ekranlama etkinliği değeri 580 MHz'de 17.15 dB olarak ölçülmüştür (Şekil 5.14).



Şekil 5.14. Y3S kodlu numune kumaşın ekranlama etkinliği test sonuçları.

Yuvarlak örme makinelerinde interlok örgü yapısında üretilmiş olan Y4S kodlu numune örgü kumaşa ait koaksiyel tutucu metoda göre ekranlama etkinliği ölçüm sonuçları şekil 5. 15'de grafiksel olarak gösterilmiştir.

Y4S numune kumaşın ekranlama etkinlikleri kumaşın ortalama kalınlığı 2 mm'den az olduğu için (Tablo 4.10) 30 MHz-1.73GHz aralığında değerlendirilmiştir. 220-930 MHz frekans aralığında Y4S kodlu kumaşın 10 dB ve üzeri bir ekranlama etkinliği değerine ulaştığı görülmektedir. Bu sonuçlara göre 20 mikron paslanmaz çelik tel içerikli interlok örgü yapısındaki Y4S kodlu kumaş ile 220-930 MHz frekans aralığında basit ekranlama (Tablo 2.1) yapılabileceği görülmektedir (Şekil 5.15). Y4S kodlu kumaşta elde edilen en yüksek ekranlama etkinliği değeri 410 MHz'de 17.29 dB olarak ölçülmüştür.



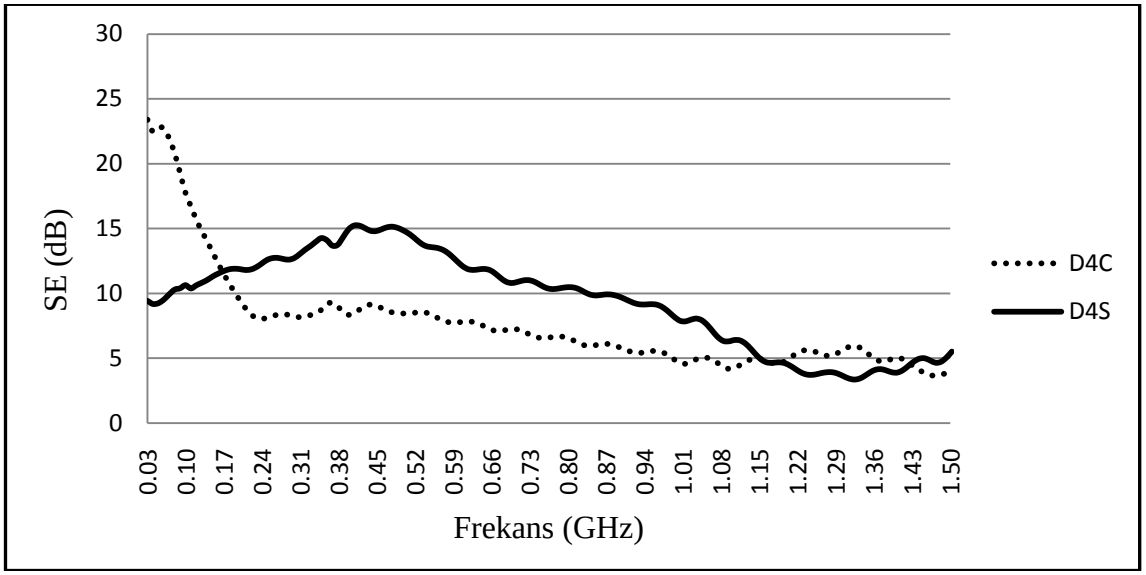
Şekil 5.15. Y4S kodlu numune kumaşın ekranlama etkinliği test sonuçları.

Yuvarlak örme makinelerinde 20 mikron paslanmaz çelik tel içeren kompozit ipliklerle üretilen numune kumaşlarla basit ekranlama yapılabileceği görülmektedir. Yuvarlak örme makinelerinde üretilen bu kumaşların arasında en yüksek ekranlama etkinliği değeri Y2S-e kodlu kumaşın ölçümünde 500 MHz'de 17.31 dB olarak ölçülmüştür.

Düz örme makinelerinde düz örgü yapısında üretilmiş olan D4C ve D4S kodlu numune örgü kumaşların koaksiyel tutucu metoduna göre yapılan ekranlama etkinliği ölçüm sonuçları şekil 5.16'da grafiksel olarak gösterilmiştir.

D4C, D4S kumaşlarının ekranlama etkinlikleri, kumaş kalınlıkları 2mm civarında olduğu için (Tablo 4.10) 30 MHz-1.5 GHz aralığında değerlendirilmiştir.

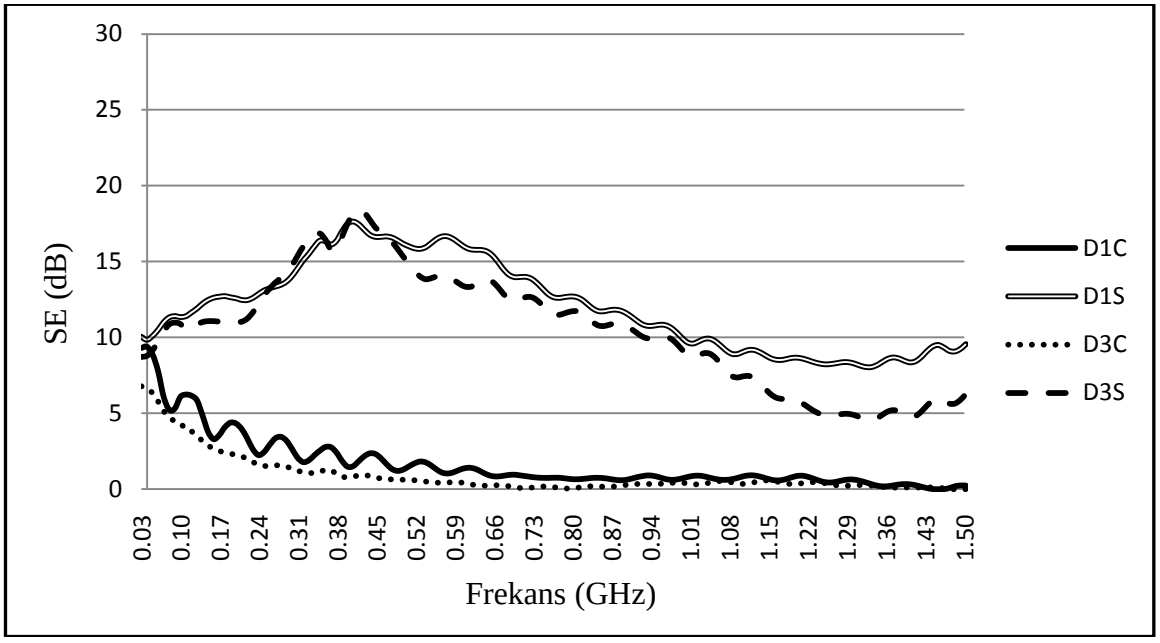
% 100 pamuk ipliğinden üretilen D4C kodlu kumaşın ekranlama özelliğinin olmadığı görülmektedir. Bunun karşın 80-830 MHz frekans aralığında D4S kodlu kumaşın 10 dB ve üzeri bir ekranlama etkinliği değerine ulaştığı görülmektedir. Bu sonuçlara göre metal içerikli düz örgü yapısındaki kumaş ile 80-830 MHz frekans aralığında basit ekranlama yapılabileceği (Tablo 2.1) görülmüştür. D4S kodlu kumaşın ölçümünde en yüksek ekranlama etkinliği değeri 410 MHz'de 15.23 dB olarak ölçülmüştür.



Şekil 5.16. D4C ve D4S kodlu numune kumaşların ekranlama etkinliği test sonuçları.

Düz örme makinelerinde üretilen atkı yatırımlı interlok D1C, D1S ve interlok D3C, D3S kodlu numune örgü kumaşlara ait koaksiyel tutucu metoda göre ekranlama etkinliği ölçüm sonuçları şekil 5.17'de grafiksel olarak gösterilmiştir.

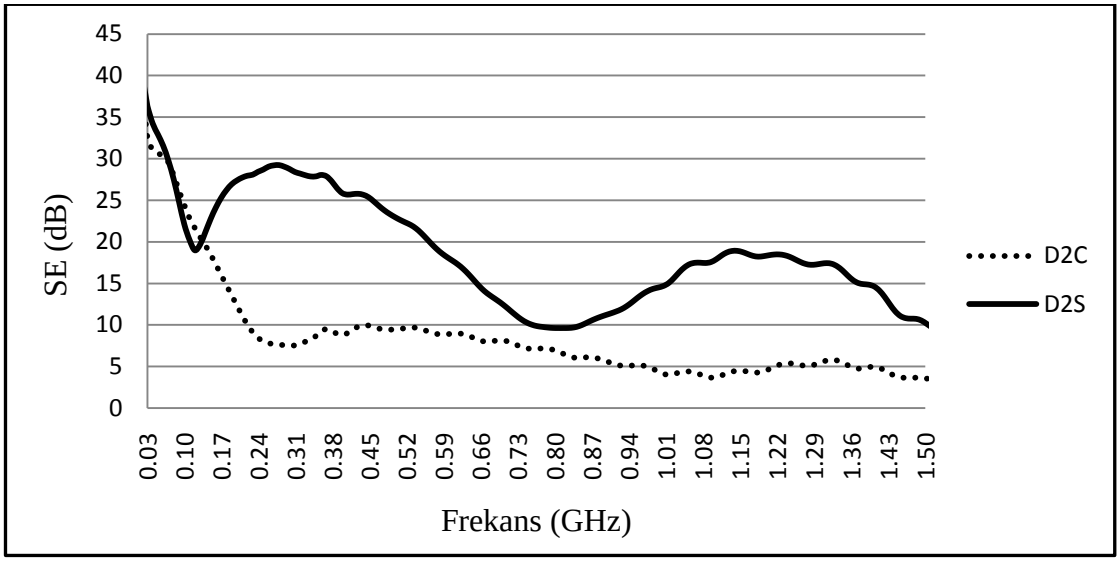
D1C, D1S, D3C, D3S kumaşlarının ekranlama etkinlikleri, kumaş kalınlıkları 2mm' den fazla olduğu için (Tablo 4.10) 30 MHz-1.5 GHz aralığında değerlendirilmiştir. % 100 pamuk ipliğinden üretilen D1C ve D3C kodlu kumaşların ekranlama özelliğinin olmadığı görülmektedir. Bunun yanısıra 400-990 MHz ve 1.52-1.79 GHz frekans aralıklarında D1S kodlu kumaşın, 700-970 MHz frekans aralığında D3S kodlu kumaşın 10 dB ve üzeri ekranlama etkinliği değeri elde edilmiştir. Tablo 2.1'e göre D1S ve D3S kodlu kumaşlarla belirtilen frekanslarda basit ekranlama yapılabileceği görülmektedir. En yüksek ekranlama etkinliği değeri D1S kodlu kumaşın ölçümünde 410 MHz'de 17.63 dB olarak ve D3S kodlu kumaşın ölçümünde 420 MHz'de 18.37 dB olarak ölçülmüştür. Metalli atkı yatırımlı interlok örgü yapısındaki D1S kodlu kumaşın SE değerleri metalli interlok örgü yapısındaki D3S kodlu kumaşa göre daha yüksek elde edilmiştir. Dolayısıyla SE ölçümleri sonucunda D1S kodlu kumaşta örgü yapısında kullanılan atkı yatırımının SE değerini olumlu yönde arttırdığı görülmüştür (Şekil 5.17).



Şekil 5.17. D1C, D1S, D3C ve D3S kodlu numune kumaşların ekranlama etkinliği test sonuçları.

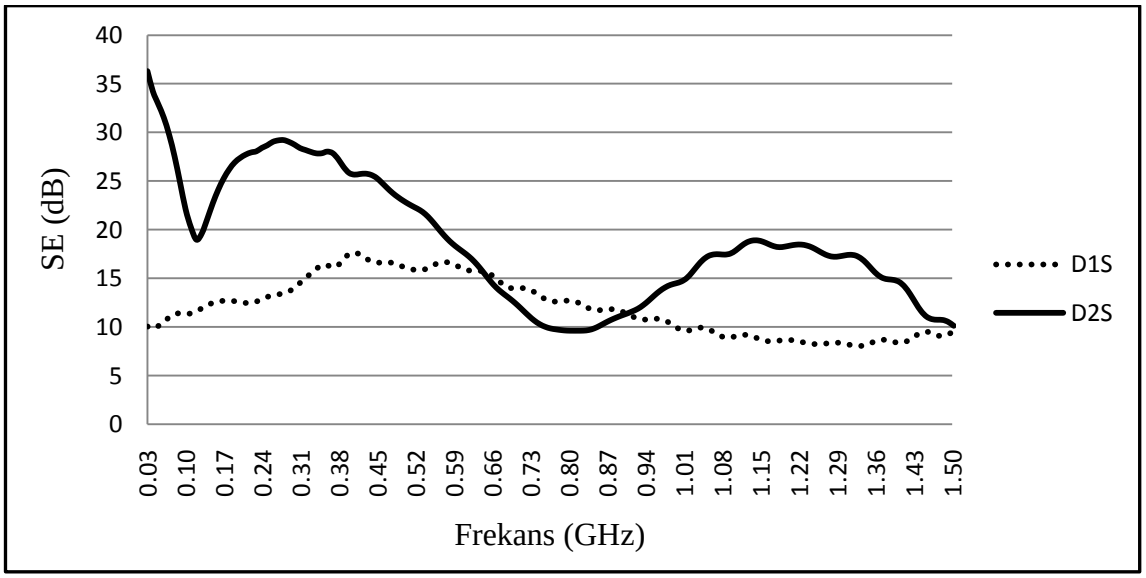
Düz örme makinelerinde üretilen atkı yatırımlı askılı örgü yapısında D2C ve D2S kodlu numune örgü kumaşlara ait koaksiyel tutucu metoda göre ekranlama etkinliği ölçüm sonuçları şekil 5.18'de grafiksel olarak gösterilmiştir.

D2C, D2S kumaşlarının ekranlama etkinlikleri, kumaş kalınlıkları 2mm'den fazla olduğu için (Tablo 4.10) 30 MHz-1.5 GHz aralığında değerlendirilmiştir. % 100 pamuk ipliğinden üretilen D2C kodlu kumaşın ekranlama özelliğinin olmadığı görülmektedir. Bunun yanısıra 200-560 MHz frekans aralığında D2S kodlu kumaşın 20 dB üzeri, 570-760 MHz ve 860 MHz-1.5 GHz frekans aralığında ise 10 dB üzeri bir ekranlama etkinliğine ulaştığı görülmektedir. SE ölçümlerine göre D3S kodlu kumaş ile tablo 2.1'e göre basit ekranlama yapılabileceği görülmektedir. D2S kodlu kumaşın ölçümünde 280 MHz'de 29.22 dB değerine ulaşılmıştır.



Şekil 5.18. D2C, D2S kodlu numune kumaşların ekranlama etkinliği test sonuçları.

Şekil 5.19'da atkı yatırımlı interlok örgü yapısındaki D1S ve atkı yatırımlı askılı örgü yapısındaki D2S kodlu kumaşları ekranlama etkinliği test sonuçlarının karşılaştırması verilmiştir. Ölçüm sonuçlarına göre 650-900 MHz frekans aralığı dışındaki frekanslarda D2S kodlu kumaşın SE değerlerinin D1S kodlu kumaşa göre daha yüksek olduğu görülmektedir.

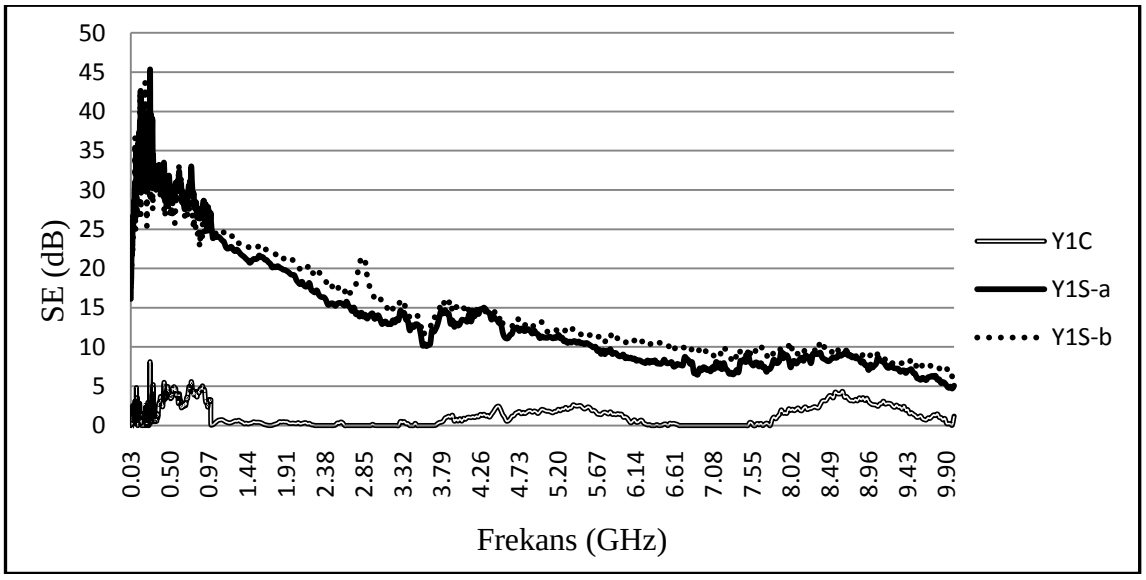


Şekil 5.19. D1S ve D2S kodlu numune kumaşların ekranlama etkinliği test sonuçları.

5.2.2.2. Yankısız Oda Metodu (Anechoic Chamber with Aperture Method) ile Yapılan SE Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Numune kumaşların ekranlama etkinliği, Tübitak-UEKAE'de 0.5 MHz-10 GHz frekans aralığında yankısız oda metodu ile yapılan SE ölçüm sonuçlarına göre değerlendirilmiştir.

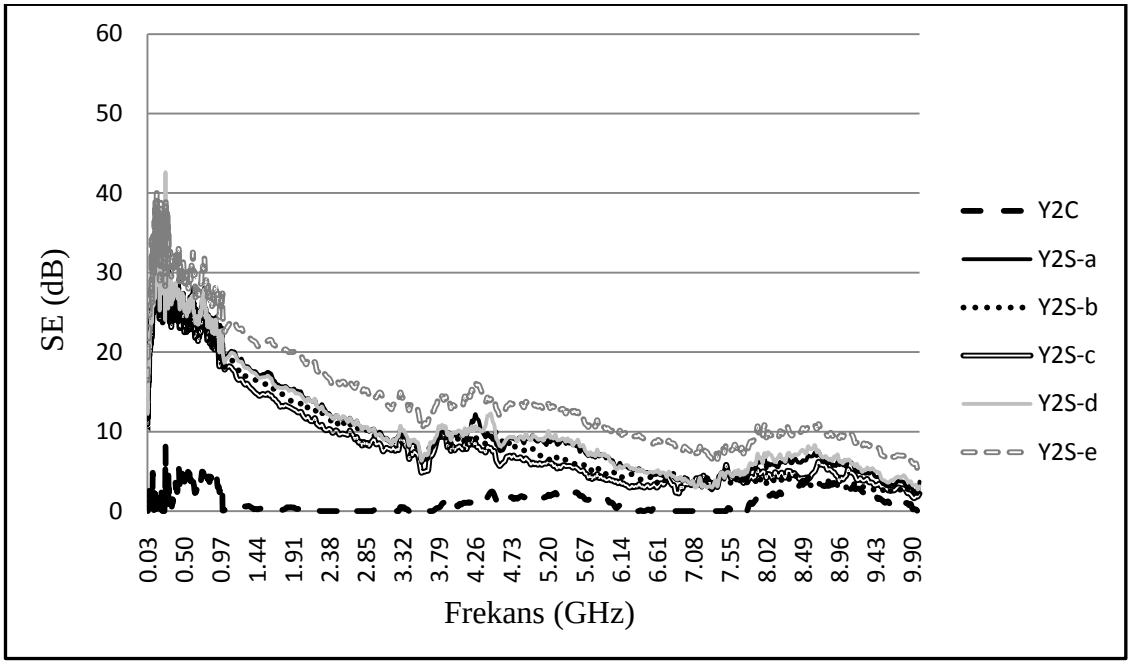
Yuvarlak örme makinelerinde süprem örgü yapısında üretilmiş olan Y1C, Y1S-a ve Y1S-b kodlu numune örgü kumaşlara ait yankısız oda metodu ile yapılan ekranlama etkinliği ölçüm sonuçları şekil 5.20'de grafiksel olarak gösterilmiştir. % 100 pamuk ipliğinden üretilen Y1C kodlu kumaşın ekranlama özelliğinin olmadığı görülmektedir. Bunun yanısıra 94-641 MHz frekans aralığında Y1S-a kodlu kumaşın genelde 30 dB ve üzeri, 643 MHz-1.83 GHz frekans aralığında ise 20 dB ve üzeri bir ekranlama etkinliği değerine ulaştığı görülmektedir. 80 MHz-2.19 GHz frekans aralığında Y1S-b kodlu kumaşın 20 dB ve üzeri bir ekranlama etkinliği değerine ulaştığı görülmektedir. Süprem örgü yapısında örülmüş kumaşlarda en yüksek ekranlama etkinliği değeri Y1S-a kodlu kumaşın ölçümünde 263 MHz'de 45.35 dB olarak ölçülmüştür. Y1S-a kodlu kumaşta belirli frekanslarda elde edilen ekranlama etkinliği değerinin normal ekranlama aralığında (Tablo 2. 1) olduğu görülmüştür.



Şekil 5.20. Y1C, Y1S-a ve Y1S-b kodlu numune kumaşların ekranlama etkinliği test sonuçları.

Yuvarlak örme makinelerinde ribana örgü yapısında üretilmiş olan Y2C, Y2S-a, Y2S-b, Y2S-c, Y2S-d kodlu numune örgü kumaşların yankısız oda metodu ile yapılan ekranlama etkinliği ölçüm sonuçları şekil 5.21'de grafiksel olarak gösterilmiştir. % 100 pamuk ipliğinden üretilen Y2C kodlu kumaşın ekranlama özelliğinin olmadığı görülmektedir. Bunun yanısıra 52 MHz-1 GHz frekans aralığında Y2S-a kodlu, 53-998 MHz frekans aralığında Y2S-b kodlu, 59-998 MHz frekans aralığında Y2S-c kodlu, 53 MHz-1 GHz frekans aralığında Y2S-d kodlu kumaşların 20 dB ve üzeri bir ekranlama etkinliği değerine ulaştığı görülmüştür. Y2S-a, Y2S-b, Y2S-c örgü yapılarında genelde birbirine yakın ekranlama etkinliği değerleri ölçülmüştür. Ancak Y2S-a kodlu kumaşın genelde Y2S-b ve Y2S-c kodlu kumaşlardan, Y2S-b kodlu kumaşın da Y2S-c kodlu kumaştan daha fazla bir ekranlama etkinliği değerine ulaştığı görülmüştür. Bu durumun bu kumaşların ilmek iplik uzunluğundaki farktan kaynaklandığı düşünülmektedir (Tablo 3.3). İlmek iplik uzunlukları arasındaki fark fazla olan kumaşlarda ölçülen ekranlama etkinliği farkları da fazladır. Dolayısıyla aynı örgü yapısında, aynı ipliklerden ve aynı şartlarda üretilen kumaşlarda, ilmek iplik uzunluğu en az olan kumaşta daha iyi bir ekranlama etkinliği değeri elde edilebileceği sonucuna varabiliriz.

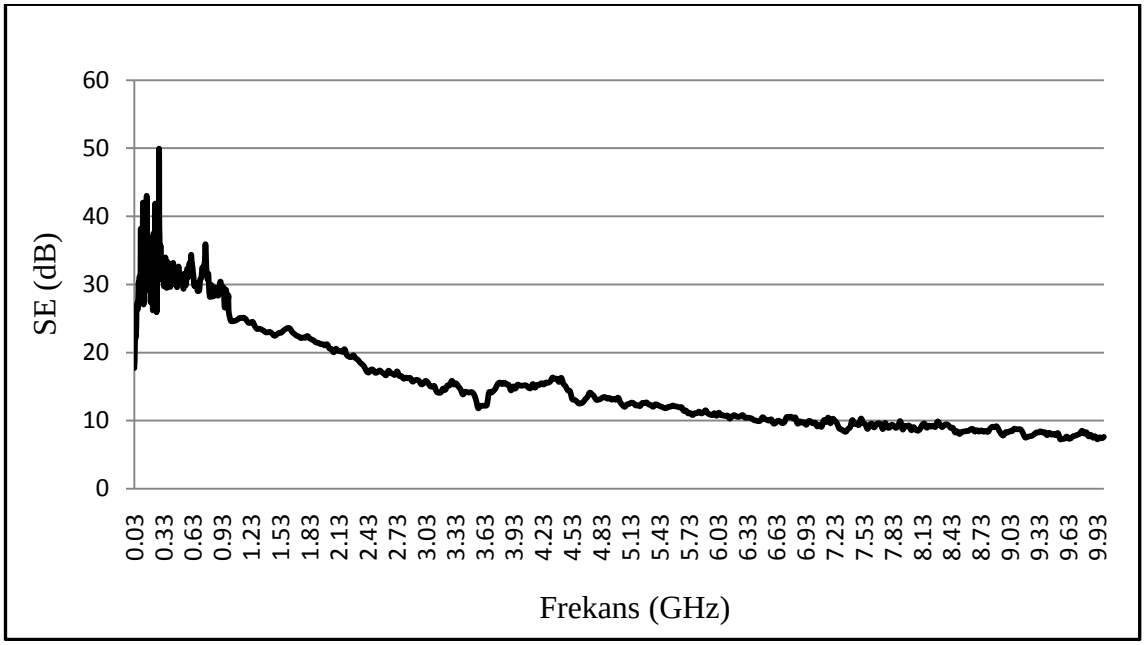
94-626 MHz frekans aralığında Y2S-e kodlu kumaşın genelde 30 dB ve üzeri bir ekranlama etkinliği değerine ulaştığı görülmüştür. Bu sonuçlara göre metal içerikli ribana örgü yapısında örülen kumaşlardan Y2S-e kodlu kumaşta belirli frekanslarda elde edilen ekranlama etkinliği değerinin normal ekranlama aralığında olduğu görülmüştür (Şekil 5.21). Ribana örgü yapısında örülmüş kumaşlarda en yüksek ekranlama etkinliği değeri Y2S-d kodlu kumaşın ölçümünde 262 MHz'de 42.64 dB olarak ölçülmüştür. Y2S-d kodlu kumaşta 236-295 MHz frekans aralığında 30 dB üzeri bir ekranlama etkinliği değeri ölçülmüştür.



Şekil 5.21. Y2C, Y2S-a, Y2S-b, Y2S-c, Y2S-d, Y2S-e kodlu numune kumaşların ekranlama etkinliği test sonuçları.

Yuvarlak örme makinelerinde lacost örgü yapısında üretilmiş olan Y3S kodlu numune örgü kumaşın yankısız oda metodu ile yapılan ekranlama etkinliği ölçüm sonuçları şekil 5.22'de grafiksel olarak gösterilmiştir.

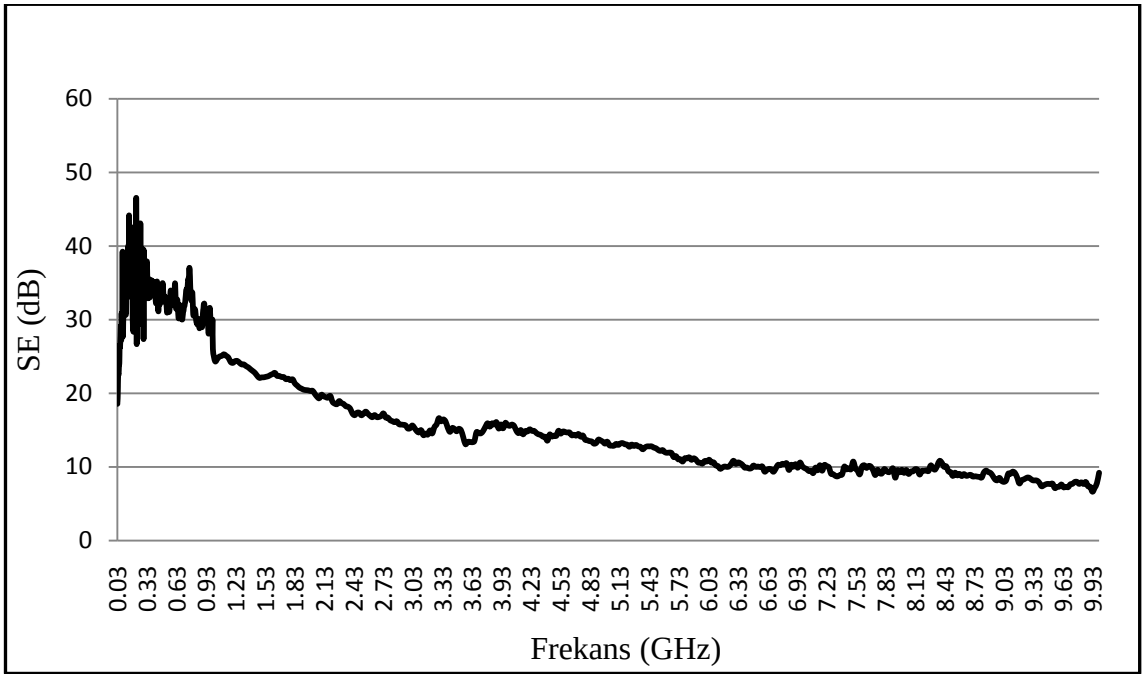
92-795 MHz frekans aralığında Y3S kodlu kumaşın genelde 30 dB ve üzeri bir ekranlama etkinliği değerine ulaştığı görülmektedir. Bu sonuçlara göre 20 mikron paslanmaz çelik tel içerikli lacost örgü yapısındaki Y3S kodlu kumaş ile belirli frekanslarda normal ekranlama (Tablo 2. 1) yapılabileceği görülmektedir. Y3S kodlu kumaşta elde edilen en yüksek ekranlama etkinliği değeri 284 MHz'de 49.94 dB olarak ölçülmüştür (Şekil 5.22).



Şekil 5.22. Y3S kodlu numune kumaşın ekranlama etkinliği test sonuçları.

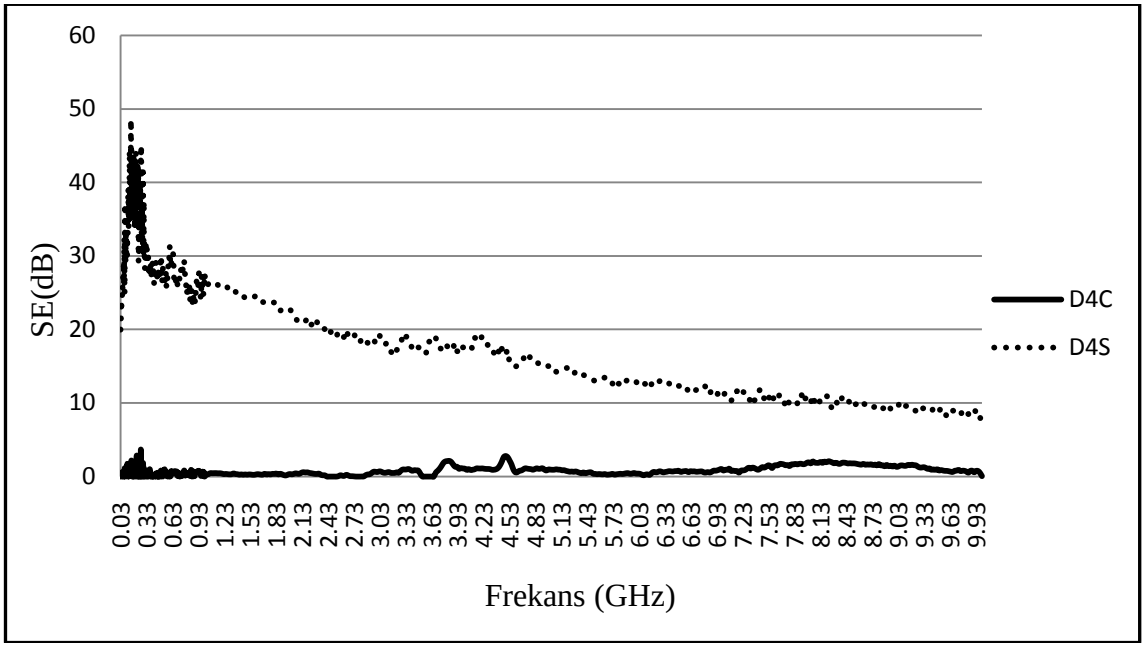
Yuvarlak örme makinelerinde interlok örgü yapısında üretilmiş olan Y4S kodlu numune örgü kumaşın yankısız oda metodu ile yapılan ekranlama etkinliği ölçüm sonuçları şekil 5. 23'de grafiksel olarak gösterilmiştir.

81-994 MHz frekans aralığında Y4S kodlu kumaşın genelde 30 dB ve üzeri bir ekranlama etkinliği değerine ulaştığı görülmektedir. Bu sonuçlara göre 20 mikron paslanmaz çelik tel içerikli interlok örgü yapısındaki Y4S kodlu kumaş ile 220-930MHz frekans aralığında normal ekranlama (Tablo 2.1) yapılabileceği görülmektedir (Şekil 5.23). Y4S kodlu kumaşta elde edilen en yüksek ekranlama etkinliği değeri 221 MHz'de 46.57 dB olarak ölçülmüştür.



Şekil 5.23. Y4S kodlu numune kumaşın ekranlama etkinliği test sonuçları.

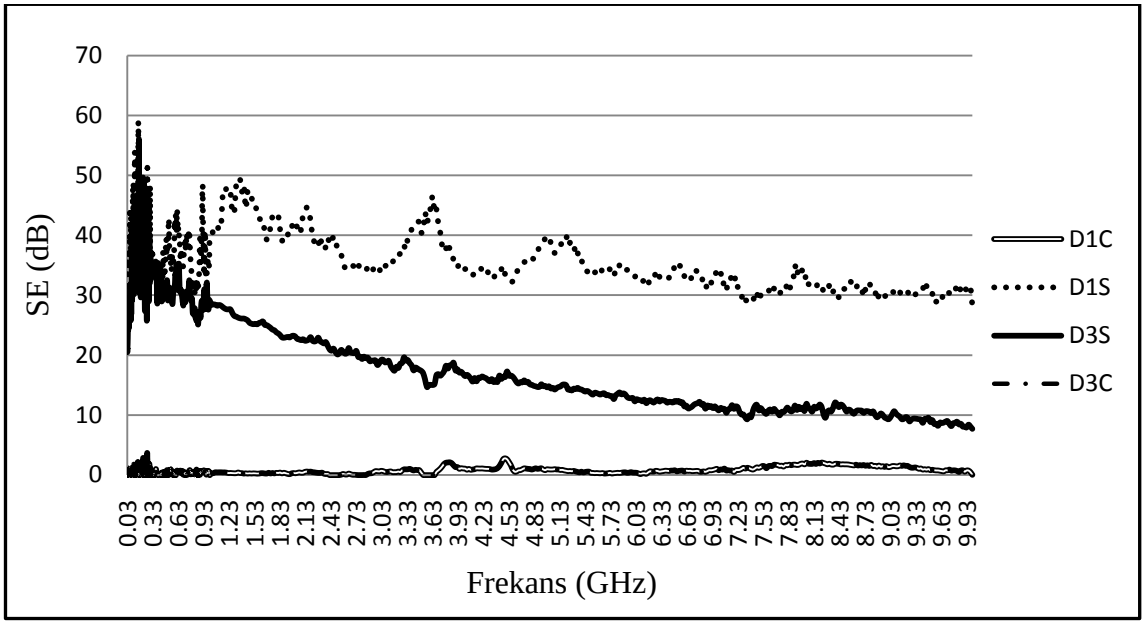
Düz örme makinelerinde düz örgü yapısında üretilmiş olan D4C ve D4S kodlu numune örgü kumaşların yankısız oda metodu ile yapılan ekranlama etkinliği ölçüm sonuçları şekil 5.24'de grafiksel olarak gösterilmiştir. % 100 pamuk ipliğinden üretilen D4C kodlu kumaşın ekranlama özelliğinin olmadığı görülmektedir. Bunun yanısıra 30 MHz-2.37 GHz frekans aralığında D4S kodlu kumaşın 20 dB ve üzeri bir ekranlama etkinliği değerine ulaştığı görülmektedir. 79-349 MHz frekans aralığında ise ölçüm yapılan frekansların genel olarak hepsinde 30 dB üzeri bir ekranlama değeri ölçülmüştür. Bu sonuçlara göre metal içerikli düz örgü yapısındaki kumaş ile 79-349 MHz frekans aralığında normal ekranlama yapılabileceği (Tablo 2.1) görülmüştür. D4S kodlu kumaşın ölçümünde en yüksek ekranlama etkinliği değeri 150 MHz'de 48.55 dB olarak ölçülmüştür.



Şekil 5.24. D4C ve D4S kodlu numune kumaşların ekranlama etkinliği test sonuçları.

Düz örme makinelerinde üretilen atkı yatırımlı interlok D1C, D1S ve interlok D3C, D3S kodlu numune örgü kumaşlara ait Tübitak UEKAE'de yapılan ekranlama etkinliği ölçüm sonuçları şekil 5.25'de grafiksel olarak gösterilmiştir.

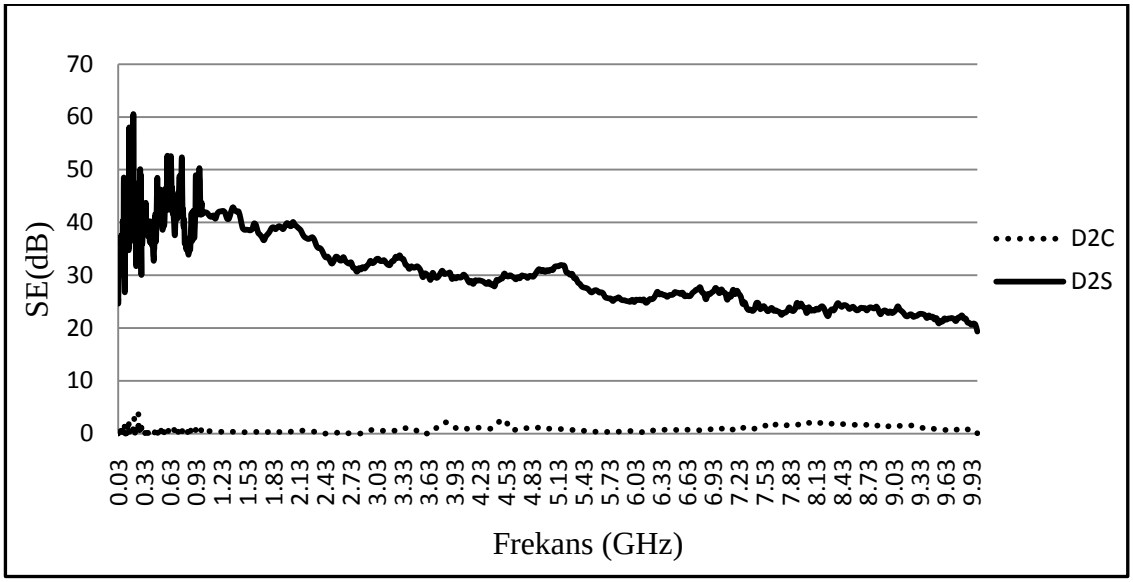
% 100 pamuk ipliğinden üretilen D1C ve D3C kodlu kumaşların ekranlama özelliğinin olmadığı görülmektedir. Bunun yanısıra 30 MHz-9.5 GHz frekans aralığında D1S kodlu kumaş ile 30 dB ve üzeri bir ekranlama etkinliği değeri elde edilmiştir. Tablo 2.1'e göre D1S kodlu kumaş ile belirtilen frekanslarda normal ekranlama yapılabileceği görülmektedir. 30 MHz-2.73 GHz frekans aralığında D3S kodlu kumaş ile 20 dB ve üzeri ekranlama etkinliği değeri elde edilmiştir. En yüksek ekranlama etkinliği değeri D1S kodlu kumaşın ölçümünde 167 MHz'de 56.06 dB olarak ve D3S kodlu kumaşın ölçümünde 160 MHz'de 58.96 olarak ölçülmüştür. Metalli atkı yatırımlı interlok örgü yapısındaki D1S kodlu kumaşın SE değerleri metalli interlok örgü yapısındaki D3S kodlu kumaşa göre genelde daha yüksek elde edilmiştir. Dolayısıyla SE ölçümleri sonucunda D1S kodlu kumaşta örgü yapısında kullanılan atkı yatırımının SE değerini olumlu yönde arttırdığı görülmüştür (Şekil 5.25).



Şekil 5.25. D1C, D1S, D3C ve D3S kodlu numune kumaşların ekranlama etkinliği test sonuçları.

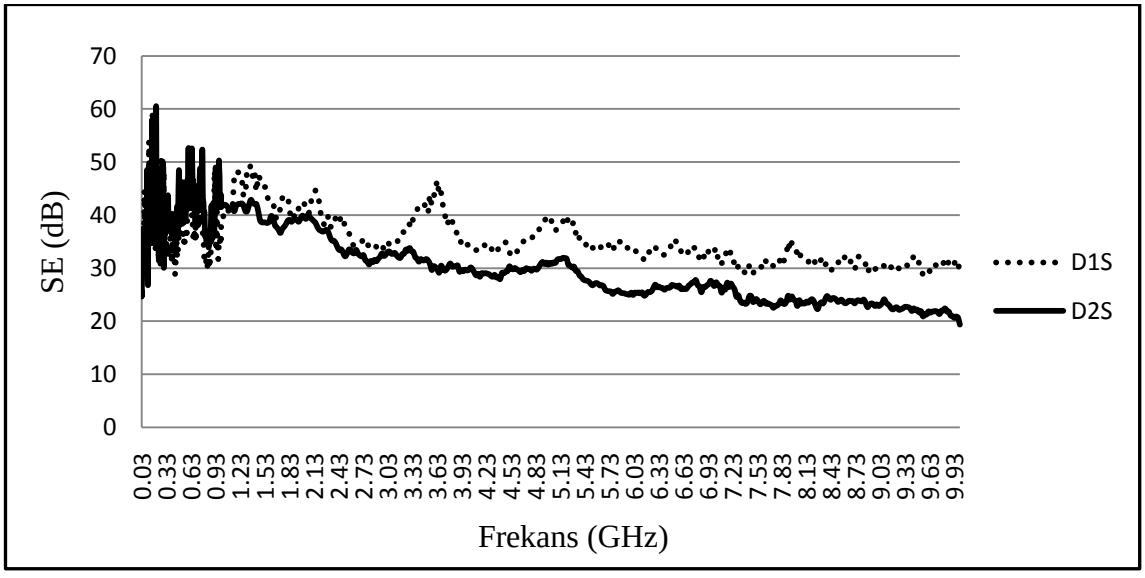
Düz örme makinelerinde üretilen atkı yatırımlı askılı örgü yapısında D2C ve D2S kodlu numune örgü kumaşlara ait yankısız oda metodu ile yapılan ekranlama etkinliği ölçüm sonuçları şekil 5.26'da grafiksel olarak gösterilmiştir.

% 100 pamuk ipliğinden üretilen D2C kodlu kumaşın ekranlama özelliğinin olmadığı görülmektedir. Bunun yanısıra 30 MHz-2 GHz frekans aralığında D2S kodlu kumaşın 20 dB üzeri bir ekranlama etkinliğine ulaştığı görülmektedir. 41 MHz-3.5 GHz frekans aralığında ise 30 dB ve üzeri bir ekranlama etkinliği değeri ölçülmüştür. D2S kodlu kumaş ile tablo 2.1'e göre bu aralık için normal ekranlama yapılabileceği görülmektedir. D2S kodlu kumaşın ölçümünde 206 MHz' de 60.55 dB değerine ulaşılmıştır.



Şekil 5.26. D2C, D2S kodlu kumaşların ekranlama etkinliği test sonuçları.

Şekil 5.27'de atkı yatırımlı interlok örgü yapısındaki D1S ve atkı yatırımlı askılı örgü yapısındaki D2S kodlu kumaşları ekranlama etkinliği test sonuçlarının karşılaştırması verilmiştir. Ölçüm sonuçlarına göre 30 MHz-1 GHz frekans aralığında D2S kodlu kumaşın SE değerlerinin D1S kodlu kumaşa göre daha yüksek olduğu görülmektedir. 1-10 GHz frekans aralığında ise D1S kodlu kumaşın SE değerlerinin D2S kodlu kumaşa göre daha yüksek olduğu görülmektedir.

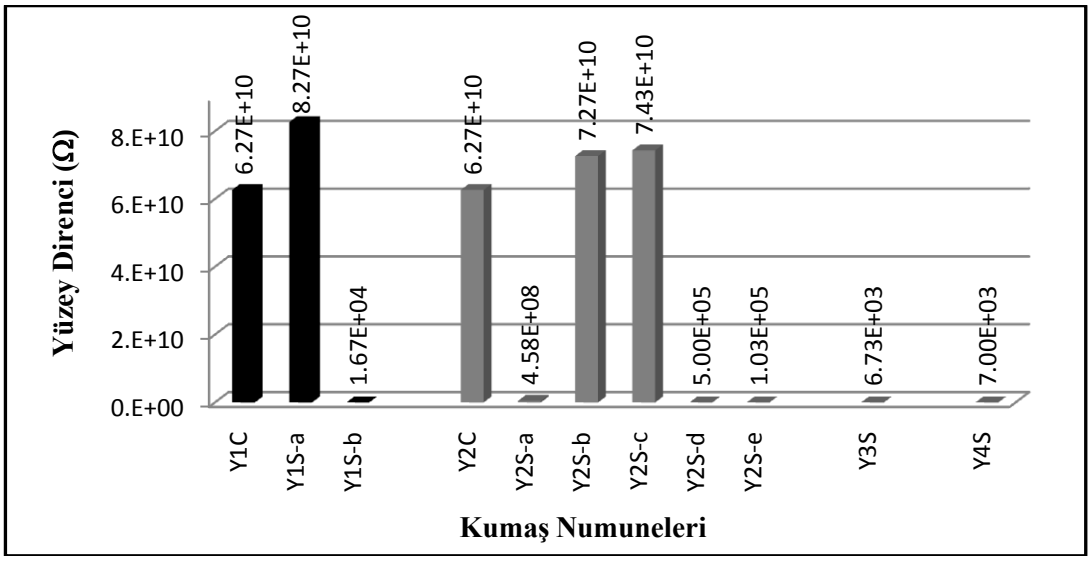


Şekil 5.27. D1S ve D2S kodlu kumaşların ekranlama etkinliği test sonuçları.

Geliştirilen kumaşların, yankısız oda metodu ile Tübitak UEKAE'de yapılan ekranlama etkinliği ölçüm sonuçlarına göre Y1S-a kodlu kumaş 94-641MHz, Y2S-e kodlu kumaş 94-626 MHz, Y3S kodlu kumaş 92-795MHz, Y4S kodlu kumaş 81-994MHz, D4S kodlu kumaş 79-349MHz, D1S kodlu kumaş 30 MHz-9.5 GHz, D2S kodlu kumaş 41 MHz-3.5 GHz frekans aralığında genelde 30 dB üzeri bir ekranlama etkinliği göstermiştir. 30 dB ve üzeri ekranlama etkinliği normal ekranlama aralığındadır. Geliştirilen bu metal içerikli örme kumaşlar, pek çok alanda kullanılabilir. Özellikle de bilgi işlem ve masa başı görevlerde çalışan hamile bayanlar, kalp pili kullanan kişiler, emniyet ve askeri personel gibi çalışma alanı gereği yoğun elektromanyetik radyasyona maruz kalan kişiler için iç çamaşırı olarak kullanılabilir. Ayrıca geliştirilen kumaşlar, tam yalıtımlı ofis ve sütudyoların inşasında kullanılabilecek yapıda kompozit ayırıcı panellerin üretiminde de kullanılabilir.

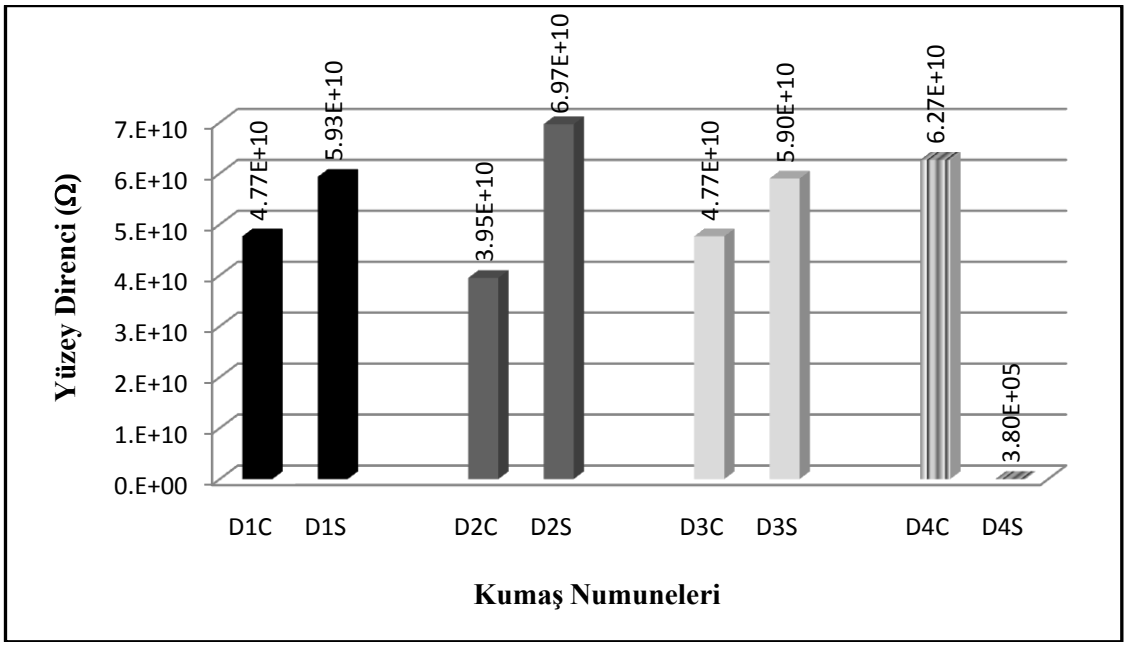
5.2.2.3. Yüzey Direnci Ölçüm Sonuçları

Yuvarlak örme makinelerinde üretilen kumaş numunelerinin yüzey direnci ölçüm sonuçları şekil 5.28'de grafiksel olarak gösterilmiştir. Yüzey direnci ölçüm sonuçlarına göre en iyi değerler sırasıyla Y3S, Y4S, Y1S-b, Y5S, Y2S-d ve Y2S-a kumaş numunelerinde elde edilmiştir.



Şekil 5.28. Yuvarlak örme makinelerinde üretilen kumaş numunelerinin yüzey direnci ölçüm sonuçları

Düz örme makinelerinde üretilen kumaş numunelerinin yüzey direnci ölçüm sonuçları şekil 5.29'da grafiksel olarak gösterilmiştir. En iyi yüzey direnci sonuçları D4S kodlu numune kumaşta elde edilmiştir.



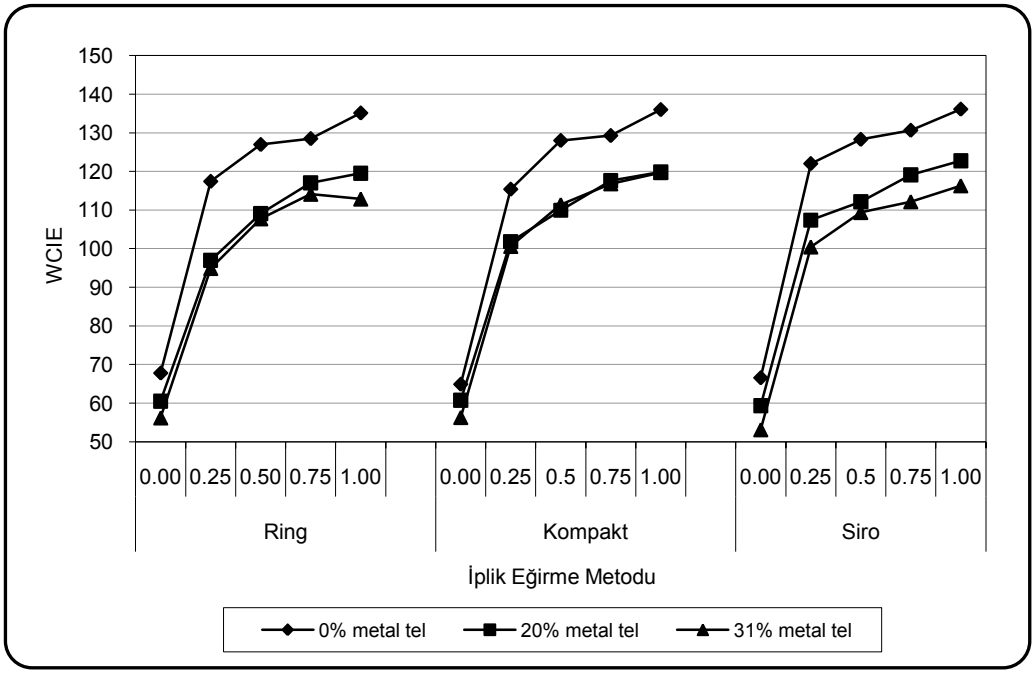
Şekil 5.29. Düz örme makinelerinde üretilen kumaş numunelerinin yüzey direnci ölçüm sonuçları

Yüzey direnci ölçümlerinde elde edilen ekranlama etkinliği sonuçlarının, koaksiyel tutucu metodu ve Tübitak'ta yapılan yankısız oda metodu ile yapılan ekranlama etkinliği ölçüm sonuçları ile paralellik göstermediği görülmektedir. Dolayısıyla çeşitli metalik malzemelerin yapıya katıldığı kumaşlar için yüzey direnci ölçüm yönteminin ekranlama etkinliğinin tespitinde doğru sonuçlar vermediği görülmektedir. Bu yöntemin, kaplama ve bitim işlemleri ile etkinlik kazandırılan kumaş yapıları için daha doğru sonuçlar vereceği düşünülmektedir.

5.2.3. Kumaş Numunelerinin Boyama Sonuçları

Şekil 5.30'da kumaşların ağartmadan önce ve sonraki WCIE değerlerini gösterilmiştir. Metal içermeyen ipliklerden örülmüş kumaşların, %20 ve %31 metal içeren ipliklerden örülmüş kumaşlara göre optik beyazlatma öncesinde ve sonrasındaki her konsantrasyonda daha iyi beyazlık değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Kumaşların

beyazlık değerleri, kullanılan metal oranının artışı ile birlikte azalmaktadır. Dolayısıyla farklı iplik tiplerinden örülmüş kumaşlar için metal tel içeriğinin WCIE değerlerine etkisi de farklılık göstermektedir.



Şekil 5.30. Optik beyazlatma sonrası kumaşların WCIE değerleri.

Tablo 5.18'de optik beyazlatma sonrası kumaşların WCIE değerleri için ANOVA sonuçları verilmiştir. ANOVA sonuçlarına göre, kumaşların WCIE değerleri üzerinde eğirme metodu, metal tel ve optik beyazlatıcı faktörlerinin istatistiksel olarak anlamlı etkisi olduğu görülmüştür. Eğirme metodu ile metal tel, eğirme metodu ile optik beyazlatıcı ve metal tel ile optik beyazlatıcı arasındaki etkileşimin istatistiksel olarak kumaşların beyazlığı için anlamlı etkisi görülürken faktörlerin üçlü etkileşimlerinin ise istatistiksel olarak anlamlı etkisi görülmemiştir.

Tablo 5.18. WCIE değerleri için ANOVA tablosu.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	P
Corrected Model	12213.469(a)	35	348.956	73.917	0.000
Intercept	1472212.832	1	1472212.832	311849.607	0.000
Eğirme Metodu (SM)	177.708	2	88.854	18.821	0.000
Metal Oranı (MR)	6753.948	2	3376.974	715.323	0.000
Optik Beyazlatıcı (OB)	4870.534	3	1623.511	343.898	0.000
SM * MR	131.710	4	32.928	6.975	0.000
SM * OB	108.188	6	18.031	3.819	0.002
MR * OB	117.425	6	19.571	4.146	0.001
SM * MR * OB	53.956	12	4.496	0.952	0.501
Hata	339.905	72	4.721		
Toplam	1484766.206	108			
Corrected Total	12553.374	107			

Siro ipliklerden örülmüş kumaşlar ile ring ipliklerden örülmüş kumaşların WCIE değerleri arasındaki farklılığın istatistiksel açıdan anlamlı olduğu görülmüştür. Ancak kompakt ipliklerden örülmüş kumaşların WCIE değeri, siro ipliklerden örülmüş kumaşların WCIE değerlerinden düşük olmasına karşın farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmüştür. En yüksek WCIE değeri siro ipliklerden örülmüş kumaşlarda görülmektedir. Bunu sırasıyla kompakt ve ring ipliklerinden örülmüş numune kumaşların WCIE değerleri izlemektedir (Tablo 5.19).

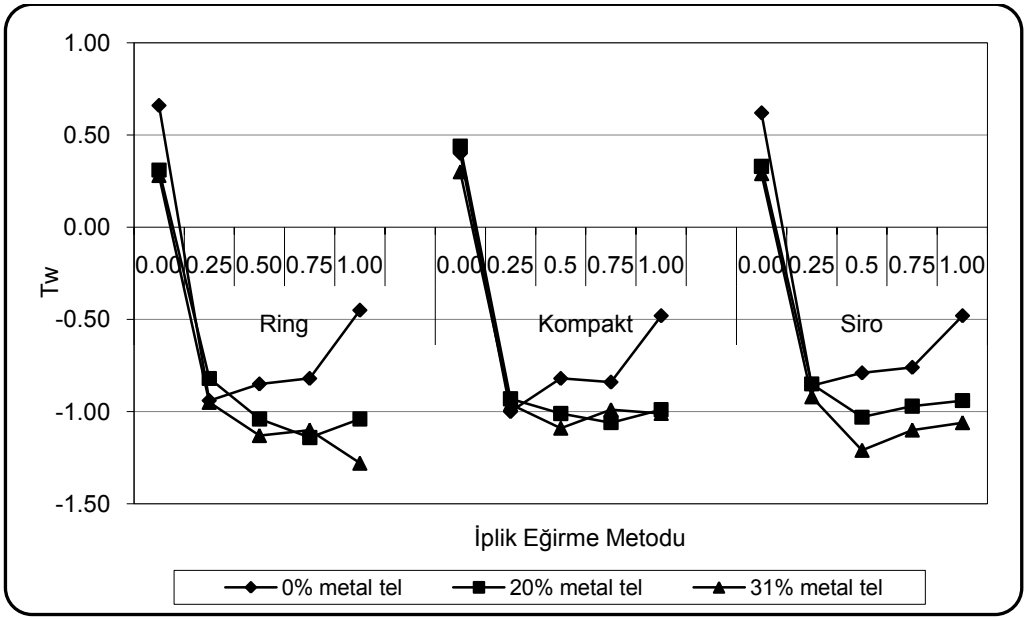
Farklı metal tel oranları içeren ipliklerden örülmüş kumaşların WCIE değerleri için alt grupların ortalama farkı her faktör seviyesi için istatistiksel açıdan anlamlıdır. Metal tel içermeyen ipliklerden örülmüş kumaşların WCIE değerleri en yüksektir. Bunu sırasıyla %20 ve %31 metal içeren ipliklerden örülmüş kumaşların WCIE değerleri izlemektedir.

Optik beyazlatıcıların her konsantrasyonu için kumaşların WCIE değerlerinde alt grupların ortalama değerleri arasındaki farklılığın Tukey testine göre istatistiksel açıdan anlamlı olduğu görülmüştür (Tablo 5.19). En yüksek WCIE değeri %1 optik beyazlatıcı ile işlem görmüş kumaşta elde edilmiştir ve bunu sırasıyla %0.75, %0.5, %0.25 optik beyazlatıcı konsantrasyonları izlemektedir.

Tablo 5.19. WCIE değerleri için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması.

(I) Eğirme Metodu	(J) Eğirme Metodu	Mean difference (I-J)	Sig.
Ring	Kompakt	-2.1856*	0.000
	Siro	-3.0478*	0.000
Kompakt	Ring	2.1856*	0.000
	Siro	-.8622	0.218
Siro	Ring	3.0478*	0.000
	Kompakt	.8622	0.218
(I) Metal oranı	(J) Metal oranı		
0%	20%	15.0339*	0.000
	30%	18.0953*	0.000
20%	0%	-15.0339*	0.000
	30%	3.0614*	0.000
30%	0%	-18.0953*	0.000
	20%	-3.0614*	0.000
(I) Opt. Bey. Kons.	(J) Opt. Bey. Kons.		
0.25	0.5	-9.5541*	0.000
	0.75	-14.2581*	0.000
	1	-17.9256*	0.000
0.5	0.25	9.5541*	0.000
	0.75	-4.7041*	0.000
	1	-8.3715*	0.000
0.75	0.25	14.2581*	0.000
	0.5	4.7041*	0.000
	1	-3.6674*	0.000
1	0.25	17.9256*	0.000
	0.5	8.3715*	0.000
	0.75	3.6674*	0.000

Şekil 5.31 kumaşların beyazlatma öncesi ve sonrası T_w değerlerini göstermektedir. Optik beyazlatmadan önce, metal içermeyen ring ve siro ipliklerden örülmüş kumaşların T_w değerlerinin kompakt ipliklerden örülmüş kumaşlara göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Bütün numunelerin T_w değerlerinin optik beyazlatma sonrası negatif ($T_w < 0$) olması kumaşların kırmızımsı beyaz oldukları anlamına gelmektedir.



Şekil 5.31. Kumaşların optik beyazlatma sonrası T_w değerleri.

Tablo 5.20'de beyazlatma sonrası ring, siro ve kompakt ipliklerinden örülmüş numune kumaşların T_w değerleri için ANOVA sonuçları verilmiştir. Kumaşların T_w değerleri üzerinde eğirme metodunun istatistiksel açıdan anlamlı etkisi olmadığı görülürken, metal tel oranı ve optik beyazlatıcı konsantrasyonunun ve bu iki faktörün kesişiminin ANOVA sonuçlarına göre istatistiksel açıdan anlamlı etkisi olduğu görülmektedir (Tablo 5.20).

Tablo 5.20. T_w sonuçları için ANOVA tablosu.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	P
Corrected Model	3.634(a)	35	0.104	9.036	0.000
Intercept	95.316	1	95.316	8294.361	0.000
Eğirme Metodu (SM)	.045	2	0.022	1.947	0.150
Metal Oranı (MR)	1.859	2	0.930	80.897	0.000
Optik Beyazlatıcı (OB)	.312	3	0.104	9.038	0.000
SM * MR	.071	4	0.018	1.538	0.200
SM * OB	.084	6	0.014	1.215	0.309
MR * OB	1.161	6	0.194	16.841	0.000
SM * MR * OB	.103	12	0.009	0.748	0.700
Hata	.827	72	0.011		
Toplam	99.778	108			
Corrected Total	4.462	107			

Tablo 5.21'de ring, siro ve kompakt ipliklerinden örülmüş numune kumaşların Tukey testine göre T_w değerleri için alt grupların çoklu karşılaştırması verilmiştir. WCIE sonuçlarına benzer şekilde, metal tel içermeyen ipliklerden örülmüş kumaşların T_w değerlerinin en yüksek olduğu görülmektedir. Bunu sırasıyla %20 ve %31 metal tel içeren ipliklerden örülmüş kumaşların T_w değerleri izlemektedir %20 metal içeren ipliklerden örülmüş kumaşların T_w değerleri % 31 metal içeren ipliklerden örülmüş kumaşlara göre istatistiksel açıdan anlamlı olarak yüksektir.

Tablo 5.21. T_w değerleri için faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması.

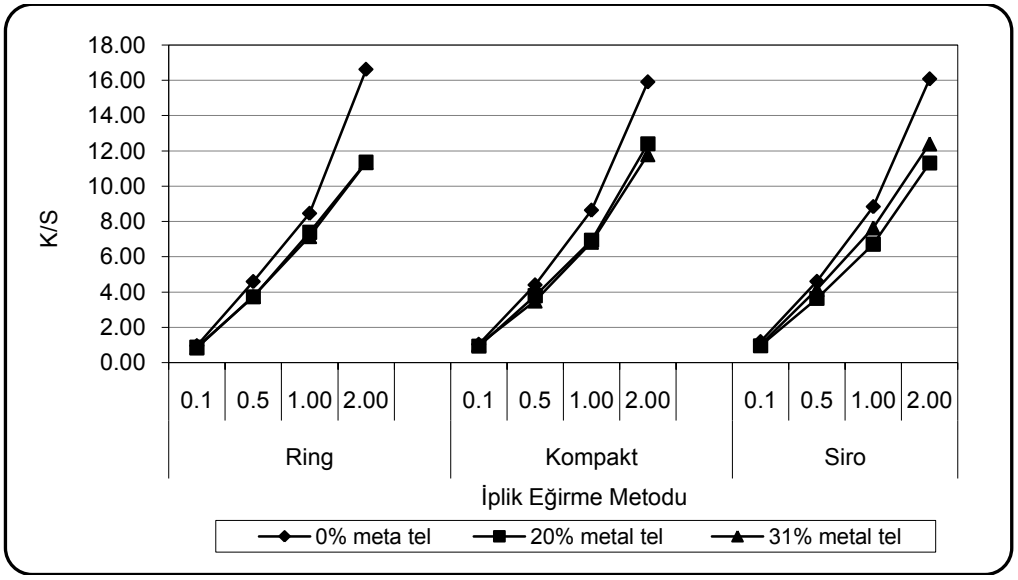
(I) Eğirme Metodu	(J) Eğirme Metodu	Mean difference (I-J)	Sig.
Ring	Kompakt	-0.0339	0.377
	Siro	-0.0486	0.139
Kompakt	Ring	0.0339	0.377
	Siro	-0.0147	0.830
Siro	Ring	0.0486	0.139
	Kompakt	0.0147	0.830
(I) Metal oranı	(J) Metal oranı		
0%	20%	0.2269*	0.000
	30%	0.3106*	0.000
20%	0%	-0.2269*	0.000
	30%	0.0836*	0.004
30%	0%	-0.3106*	0.000
	20%	-0.0836*	0.004
(I) Opt. Bey. Kons	(J) Opt. Bey. Kons.		
0.25%	0.5%	0.0841(*)	0.026
	0.75%	0.0626	0.149
	1%	-0.0526	0.281
0.5%	0.25%	-0.0841(*)	0.026
	0.75%	-0.0215	0.882
	1%	-0.1367(*)	0.000
0.75%	0.25%	-0.0626	0.149
	0.5%	0.0215	0.882
	1%	-0.1152(*)	0.001
1%	0.25%	0.0526	0.281
	0.5%	0.1367(*)	0.000
	0.75%	0.1152(*)	0.001

En yüksek T_w değeri %1 optik beyazlatıcı konsantrasyonu ile işlem görmüş kumaşlardan elde edilmiştir ve bunu sırasıyla %0.75, %0.5 ve %0.25 optik beyazlatıcı

konsantrasyonları izlemektedir. %1 optik beyazlatıcı konsantrasyonu ile %0.75, %0.5 konsantrasyonlar arasındaki farklılık istatistiksel açıdan anlamlı olmasına rağmen %1 ile %.25 konsantasyonu arasındaki farklılığın anlamlı olmadığı görülmüştür (Tablo 5.21).

Şekil 5.32'de ring, siro ve kompakt ipliklerinden örülmüş numune kumaşların boyama sonrası K/S değerleri grafiksel olarak gösterilmiştir. Metal tel içermeyen ipliklerden örülmüş kumaşların K/S değerlerinin, %20 ve %31 metal tel içeren ipliklerden örülmüş kumaşların K/S değerlerine göre tüm boya konsantrasyonunda daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum, metalsiz ipliklerin metalli ipliklere göre, iplik yapısında daha fazla lif içermesi ile açıklanabilir. Reaktif boyarmaddelerin, üretilen kompozit ipliklerin sadece pamuk liflerine afinitesi vardır. Bu nedenle, iplik yapısında ne kadar çok lif bulunursa, o kadar boyanabilir bölge var demektir. Metal tel içeren iplik yapısında, pamuk lifleri merkezdeki metal tel etrafını kaplamıştır. Bu çalışmada üretilen metalli ipliklerde, metal telin iplik yüzeyinde mümkün olduğunca görünmemesi amaçlanmıştır. Böylece reflektans spektrofotometresinin metal teli koyu bir renk olarak algılamasının önüne geçilmiştir. Ayrıca, K/S değerlerinin, beklenildiği gibi, boyama konsantrasyonu arttıkça arttığı görülmüştür.

Metal tel içermeyen, ring ipliklerden örülmüş kumaşların K/S değerinin kompakt ve siro ipliklerden örülmüş kumaşların K/S değerlerine göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Metal tel içeren siro ve kompakt ipliklerden örülmüş kumaşların K/S değerlerinin ise metal tel içeren ring iplikleri ile örülmüş kumaşların K/S değerlerine göre daha yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 5. 35).



Şekil 5.32. Boyama sonrası kumaşların *K/S* değerleri.

Tablo 5.22'de ring, siro ve kompakt ipliklerinden örülmüş numune kumaşların K/S değerleri için ANOVA sonuçları verilmiştir. Kumaşların K/S değerlerinden T_w değerlerine benzer sonuçlar elde edilmiştir. Kumaşların K/S değerleri üzerinde metal oranı ve boya konsantrasyonu ve bu iki faktörün kesişiminin istatistiksel açıdan anlamlı etkisi olduğu görülmektedir. Kumaşlarının K/S değerleri üzerinde eğirme metodunun etkisinin ise istatistiksel açıdan anlamlı olmadığı görülmektedir.

Tablo 5.22 Kumaşların K/S değerlerinin ANOVA sonuçları.

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	P
Corrected Model	2390.950(a)	35	68.313	290.553	0.000
Intercept	4523.307	1	4523.307	19238.866	0.000
Eğirme Metodu (SM)	.331	2	0.165	.703	0.499
Metal Oranı (MR)	71.118	2	35.559	151.243	0.000
Boya Konsantrasyonu (DC)	2247.444	3	749.148	3186.333	0.000
SM * MR	2.907	4	0.727	3.092	0.021
SM * DC	.679	6	0.113	0.481	0.820
MR * DC	64.756	6	10.793	45.904	0.000
SM * MR * DC	3.714	12	0.310	1.317	0.228
Hata	16.928	72	0.235		
Toplam	6931.185	108			
Corrected Total	2407.878	107			

Tablo 5.23'de ring, siro, kompakt ipliklerinden örülmüş numune kumaşların K/S değerleri için alt grupların çoklu karşılaştırması verilmiştir. Metal tel içermeyen (%0) ipliklerden örülmüş kumaşların K/S değerlerinin, %20 ve %31 metal tel içeren ipliklerden örülmüş kumaşlarınkinden daha yüksek olduğu ve istatistiksel açıdan da anlamlı etkisi olduğu görülmektedir. K/S değerleri için %20 ve %31 metal oranı içeren ipliklerden örülmüş numune kumaşların arasındaki farklılığın ise Tukey testine göre istatistiksel açıdan anlamlı olmadığı görülmektedir.

%2 boya konsantrasyonu ile boyanmış kumaşların K/S değerleri en yüksektir ve bunu sırasıyla %1, %0.5 ve %0.1 boya konsantrasyonları izlemektedir. Başka bir ifade ile, metal tel içermeyen ipliklerden örülmüş numune kumaşlar ve %2 boya konsantrasyonu ile boyanmış kumaşlarda daha koyu renkler elde edildiği görülmektedir (Tablo 5.23).

Tablo 5.23. K/S değerleri için alt grupların çoklu karşılaştırmaları.

(I) Eğirme metodu	(J) Eğirme metodu	Mean difference (I-J)	Sig.
Ring	Kompakt	-0.0092	0.996
	Siro	-0.1217	0.539
Kompakt	Ring	0.0092	0.996
	Siro	-0.1125	0.589
Siro	Ring	0.1217	0.539
	Kompakt	0.1125	0.589
(I) Metal oranı	(J) Metal oranı		
0%	20%	1.7778*	0.000
	30%	1.6589*	0.000
20%	0%	-1.7778*	0.000
	30%	-0.1189	0.554
30%	0%	-1.6589*	0.000
	20%	0.1189	0.554
(I) Boya Konsantrasyonu	(J) Boya Konsantrasyonu		
0.1%	0.5%	-3.0322*	0.000
	1%	-6.6348*	0.000
	2%	-12.2537*	0.000
0.5%	0.1%	3.0322*	0.000
	1%	-3.6026*	0.000
	2%	-9.2215*	0.000
1%	0.1%	6.6348*	0.000
	0.5%	3.6026*	0.000
	2%	-5.6189*	0.000
2%	0.1%	12.2537*	0.000
	0.5%	9.2215*	0.000
	1%	5.6189*	0.000

6. BÖLÜM

ÖNERİLER

Çalışma kapsamında, ring makinesinde yapılan çeşitli modifikasyonlarla ring-spun, siro-spun ve kompakt-spun eğirme teknikleri kullanılarak kontrollü şartlarda Ne 18, Ne 24 ve Ne 30 numaralarında metal içeren (20 mikron ve 35 mikron paslanmaz çelik tel) ve metal içermeyen iplik numuneleri üretilmiştir. İplik numunelerine yapılan testler sonucunda; siro eğirme metodu ile üretilen ipliklerin ring ve kompakt eğirme metodu ile üretilen ipliklere göre mukavemet, kopma uzaması ve CVm değerlerinin daha yüksek tüylülük değerlerinin ise daha düşük olduğu görülmüştür. Çalışmada numune iplik üretimde kullanılan eğirme metotlarına ilave olarak, daha sonraki çalışmalarda siro ve kompakt core-spun eğirme metodlarının birlikte kullanımının, üretilen kompozit ipliğin özelliklerini nasıl etkileyeceği incelenebilir.

RoCoS kompakt eğirme, ring eğirme makinelerine adaptasyon ve iplik üretim maliyeti yönünden, birinci nesil hava emişi esaslı kompakt eğirme sistemlerine göre avantajları olan bir sistemdir. Bu sistemle üretilen farklı numaralardaki ipliklerin özelliklerinin benzer şartlarda hava emişi esaslı konvansiyonel kompakt eğirme sistemleri ile üretilen ipliklerle karşılaştırılması yararlı olacaktır.

Literatürde konvansiyonel kompakt eğirme sistemlerinin etkinliğinin, iplik numarasına bağlı olarak değiştiği kaydedilmiştir. Bu anlamda RoCoS sisteminin farklı iplik numaralarındaki performansı merak konusudur.

Çalışmayı görsel olarak da destekleyebilmek amacı ile iplik numunelerinin optik mikroskopta 45 büyütme yapılarak görüntüleri alınmıştır. 45 büyütme ile ancak

ipliğin boyuna yönde çok küçük bir miktarı (4.9 mm) incelenebilmektedir. Yüksek hızlarda görüntü kapasitesine sahip kameralı ve uygulamalı görüntülü işleme teknikleri ile merkezdeki metalik malzemenin ne ölçüde kapanabildiği hususunun incelenmesi de son derece önemlidir. Bu çalışmada ring eğirme sisteminde kompozit iplik üretimi ile ilgili olarak oluşturulan know-how bilgisi, piyasadaki PA, PES ve elastan içerikli core-spun iplik üretiminde de etkin olarak kullanılabilir.

Geliştirilen metal içerikli kompozit iplikler çeşitli akıllı tekstil ürünlerinin tasarım ve geliştirilmesinde de kullanılabilir.

Literatür araştırmasında da görüldüğü gibi son derece yeni olan metal içerikli kompozit ipliklerle ilgili olarak teknik performans kadar önemli olan konfor performansı üzerinde herhangi bir araştırmaya rastlanmamıştır. Bu ipliklerden üretilecek kumaşların konfor özelliklerinin araştırılması ve yorumlanması, geliştirilen ürünlerin kullanılabilirliği açısından son derece önemlidir.

Çalışma kapsamında, elektromanyetik radyasyona karşı koruyucu özellikte üretilen kumaş numunelerinin ham halde çeşitli fiziksel özellikleri ve ekranlama etkinliği ölçümleri yapılmıştır. Ancak nihayi ürünün konfeksiyon sonrası ticarileştirilebilmesi ve ürünle ilgili gerekli değişikliklerin yapılabilmesi için ev tipi çamaşır makinelerinde tekrarlı yıkamalar sonrası elektromanyetik ekranlama etkinliği başta olmak üzere çeşitli özelliklerindeki değişim incelenmelidir.

Ülkemizde çeşitli kuruluşlarda ekranlama etkinliği ölçümleri yapılabilmesine rağmen buralarda yapılacak ölçümler bu konuda çalışmalar yapan kişi ve kuruluşlar için zaman ve maliyet noktalarında büyük sorunlar çıkarmaktadır. Bu durum göz önüne alındığında elektromanyetik radyasyona karşı koruyucu tekstillerin geliştirilmesi ile uğraşan kişi ve kuruluşların, mevcut imkânlarını kullanarak SE ölçümü için kendi ölçüm aparatlarını geliştirebilecekleri düşünülmektedir. Biz de bu amaçla proje amaçlarında olmamasına rağmen ekranlama etkinliği ölçümü için ASTM D-4935 standardını esas alarak kendi ölçüm aparatımızı geliştirdik.

Çalışma kapsamında ekranlama etkinliği ölçümleri de hem yankısız oda metodu hem de kendi geliştirdiğimiz aparatla koaksiyel tutucu metoda göre yapılmıştır. Gelecek çalışmalarda farklı yöntemlerle test edilen kumaşların, ekranlama etkinliği sonuçları arasındaki ilişki incelenebilir. Ayrıca ekranlama etkinliği test yöntemlerinin test süresi, numune hazırlanması, numune boyutu, numune kalınlığı ile ilgili çeşitli avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Farklı ekranlama etkinliği ölçüm yöntemlerinin bahsi geçen açılardan da karşılaştırılması yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

1. Sevgi, L., Elektromanyetik Uyumluluk Elektromanyetik Kirlilik, EMO İstanbul, Ekim 2000.

2. Şeker, S., Çerezci, O., Radyasyon Kuşatması-elektriğin ve nükleer enerjinin sağlığımıza etkileri, Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi, İstanbul, 2000.

3. Şeker, S., Tehlikeli Oyuncak, Kaya Matbaacılık, İstanbul, Nisan 2005.

4. www.biltek.tubitak.gov.tr/sandik/gsm.pdf , Nisan 2010.

5. Ersoy, M.S., Önder, E., Shielding Textiles Against Electromagnetic Radiation, International Nonwoven Technical Textiles Technology Magazine,1.çeyrek, Sayı:18, 52-61, 2008.

6. http://www.cevreorman.gov.tr/belgeler/e_radyasyon.pdf, Eylül 2008.

7. Palamutçu S., Dağ N., Fonksiyonel Tekstiller I : Elektromanyetik Kalkanlama Amaçlı Tekstil Yüzeyleri, Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi, Cilt: 3, No: 1, (87-101), 2009.

8. Su, C. I., Chern, J. T., Effect of Stainless Steel-Containing Fabrics on Electromagnetic Shielding Effectiveness, Textile Res. J. 74(1), 51-54, 2004.

9. http://www.iso.org.tr/tr/documents/cevre/elektromanyetik%20kirlilik%20rapor.pdf, Eylül 2008.

10. Aniołczyk, H., Koprowska, J., Mamrot, P., Lichawska, J., Application of Electrically Conductive Textiles as Electromagnetic Shields in Physiotherapy, Fibres & Textiles in Eastern Europe, Vol. 12, No. 4 (48), October / December 2004.

11. http://www.bilesim.com.tr/tr/index.nsf?lf=/tr/leftbarfuarcilik.html&rf=http://www.bilesim.com.tr/mistoportal/showmakale.nsf?xd=1470.xml, Ekim 2008.

12. http://www3.dogus.edu.tr/lsevgi/LSevgi/E&O/EO_Eylul04.pdf, Eylül 2008.

13. http://www.iso.org.tr/tr/documents/cevre/elektromanyetik%20kirlilik%20rapor.pdf, Eylül 2008.

14. http://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic_shielding, Eylül 2008.

15. http://www.teknolojikarastirmalar.com/egitim/yapi_malzemesi/icerik/kompozit.htm, Ekim 2008.

16. http://akademik.maltepe.edu.tr/~aliozcan/kompozit%20malzemeler.pdf, Ekim 2008.

17. Yang, S., Y., Chen, C., Y., and Parng, S., H., Effects of Conductive Fibers and Processing Conditions on the Electromagnetic Shielding Effectiveness of Injection Molded Composites, Polymer Composites, 23(6): 1003–1013, December 2002.

18. Amarasekera, J., Conductive Plastics for Electrical and Electronic Applications, REINFORCED plastics, A Review, September 2005.

19. Atlas, S., İletken Özellikteki Metal İpliklerin Üretim Yöntemleri, Tekstil&Teknik, 162-176, Haziran 2006.

20. http://www.biltek.tubitak.gov.tr/bilgipaket/biliminsanlari/tubitakbilimodulleri/S-432-6.pdf, Ekim 2008.

21. Lee, C., Y., Song, H., G., Jang, K., S., Oh, E., J., Epstein, A., J., and Joo, J., Electromagnetic Interference Shielding Efficiency of Polyaniline Mixtures and Multilayer Films, Synthetic Metals 102, 1346-1349, 1999.

22. Yasufuku, S., Technical Progress of EMI Shielding Materials in Japan, IEEE Electrical Insulation Magazine Vo1.6, No.6., Nov. /Dec. 1990.

23. www.yshield.com, Ekim 2008.

24. Lou, C.W., Process of Complex Core Spun Yarn Containing a Metal Wire, Textile Res.J., 75 (6), 466-473, 2005.

25. 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, 34, 971-978, 2003.

26. 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, 35, 1249-1256, 2004.

27. Ueng, T., H., Cheng, K., B., Friction core-spun yarns for electrical properties of woven fabrics, Composites Part A:applied science and manufacturing, 32, 1491-1496, 2001.

28. www.textile-wire.ch, Mayıs 2009.

29. Pinar, A., Michalak, L., Influence of Structural Parameters of Wale-Knitted Fabrics on their Electrostatic Properties, Fibres&Textiles in Eastern Europe, Vol. 14, No. 5 (59), January / December 2006.

30. http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi138/d138_7277.pdf, Ekim 2008.

31. Goedbloed, J. J., Electromagnetic Compatibility, Prentice Hall International (UK) Ltd., 1992.

32. Więckowski, T. W., Janukiewicz J. M., Methods for Evaluating the Shielding Effectiveness of Textiles, Fibres & Textiles in Eastern Europe, Vol. 14, No. 5 (59), January/December 2006.

33. Özsoy, S., Elektromanyetik Dalga Teorisi, Erciyes Üniversitesi Matbaası, Kayseri, 1998.

34. Roh, J., -S., Chi, Y., -S, Kang, T., J., Nam, S., -W., Electromagnetic Shielding Effectiveness of Multifunctional Metal Composite Fabrics, T. Res., Journal, 78 (9), 825-835, 2008.

35. Janda, N., B., Development of a Predictive Shielding Effectiveness Model for Carbon Fiber/Nylon Based Composites, M.Sc. Thesis, Michigan Technological University, 2004.

36. David, V., Vremeră E., Sălceanu A., Nica I., Baltag O., On the Characterization of Electromagnetic Shielding Effectiveness of Materials, 15-th IMEKO TC 4 International Symposium on Novelties in Electrical Measurements and Instrumentation; Vol. I, pag. 73-78, 2007.

37. ASTM D4935-99, Standard Test Method for Measuring the Electromagnetic Shielding Effectiveness of Planar Materials, ASTM., 2001.

38. Su, C. I., Chern T. T., Effect of Stainless Steel- Containing Fabrics on Electromagnetic Shielding Effectiveness, Textile Research Journal, 74-1, pg. 51., 2004.

39. Koprowska, J., Pietranik, M., Stawski, W., New Type of Textiles with Shielding Properties, Fibres & Textiles in Eastern Europe, Vol. 12, No. 3, 2004.

40. Chen, H.C., Lee, K.C., Lin, J.H., Koch, M., Comparison of Electromagnetic Shielding Effectiveness Properties of Diverse Conductive Textiles via Various Measurement Techniques, Journal of Materials Processing Technology, 192–193, pg.549–554, 2007.

41. Donohoe, J. P., Jun Xu, Pittman C.U., Jr., Variability of dual TEM cell shielding effectiveness measurements for vapor grown carbon nanofiber/vinyl ester composites, Electromagnetic Compatibility, International Symposium on Volume 1, Page(s):190-194, 2005.

42. IEEE-STD-299, IEEE Standard Method for Measuring the Effectiveness of Electromagnetic Shielding Enclosures, IEEE National Standards Institute, 2006.

43. Dhouib, A. B., El-Ghezal S., Cheikhrouhou M., A study of the impact of elastane ratio on mechanical properties of cotton wrapped elastane-core spun yarns, The Textile Institute, JOTI 2006 Vol. 97 No. 2 pp. 167–172, 2006.

44. Yılmaz, D., Özkan, H. H., Kimya, C., Kısa Stapel iplikçilikte Siro İplik Özelliklerinin İncelenmesi, Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi, 1-16, 2008 (2).

45. DuPont Bulletin, Producing Core-Spun Yarns Containing Lycra. L-519, s.6-7, 1997.

46. Kleinheinz, J., "Rotocraft'tan RoCos, Ring İplik Makineleri İçin Kolayca Takılabilen Kompakt İplik Sistemi" XI. Uluslar arası İzmir Tekstil ve Hazır Giyim Sempozyumu, 26-29 Ekim 2007.

47. Yılmaz, D., "Farklı Kompakt Ring İplik Eğirme Sistemlerinin ve Elde Edilen İpliklerin özelliklerinin Karşılaştırılması", Isparta, 2004.

48. Rieter, 2002.

49. Zweigle, 2008.

50. Uster Technologies, 2005.

51. McDonald, R., Color physics for industry, Second Edition, UK., Society of Dyers and Colorists, 195-203, 1997.

52. İnterview with Frey, H. G., "The Future Belongs to Compact Spinning" Melliand İnternational, 16-17, Marc 2001.

53. Stalder, H., " New Spinning Process ComforSpin" Melliand International, 6, 22-25, Marc 2000.

54. Suessen' s Homepage <http://www.suessen.com, 2009

55. Babaarslan, O., Vuruşkan, D., "Kompakt İplik Eğirme Sistemleri: Tekstilde Yeri ve Önemi" II. Tekstil Teknolojileri ve Tekstil Makineleri Kongresi, TMMOB Tekstil ve Makine Mühendisleri Odası, Gaziantep, 11/12 Kasım 2005.

56. Demir, A., "Tekstil Üretim Yöntemleri", Şan Ofset, ISBN:975-90SS-1-6, 2003.

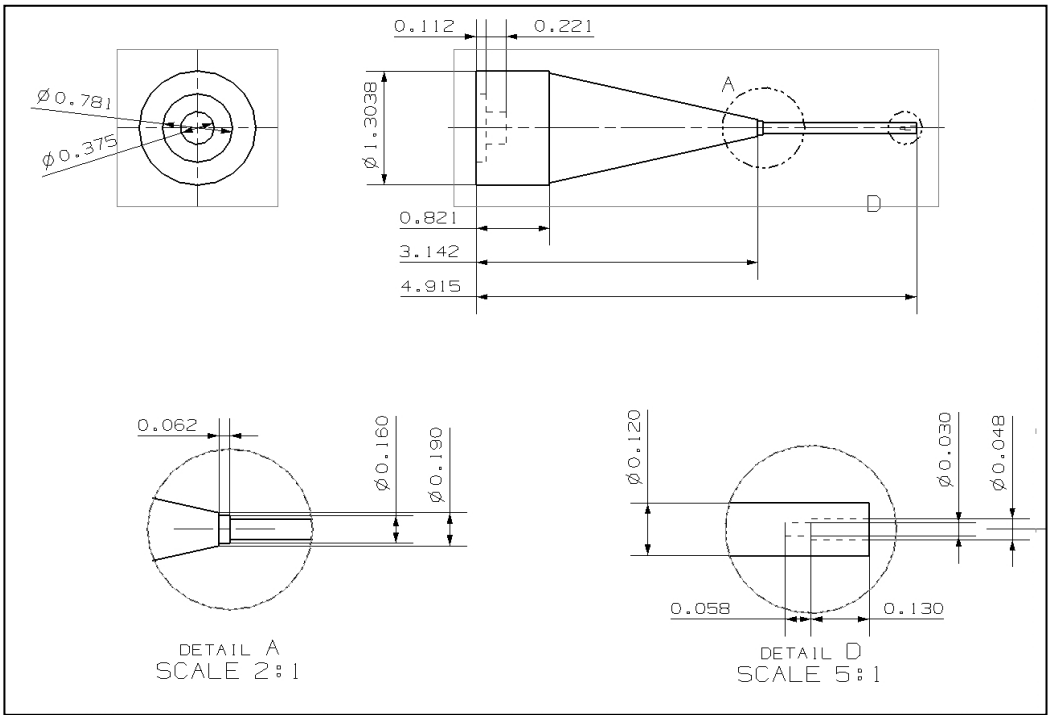
57. Ute, B. T., Kadoğlu, H., A Research on Spinning Cotton Fibres by Siro-spun System, 1092-1097, World Textile Conference, Autex 2009.

58. Uster Tester 5 Uygulama El Kitabı, sayfa 2-15, Ağustos 2007.

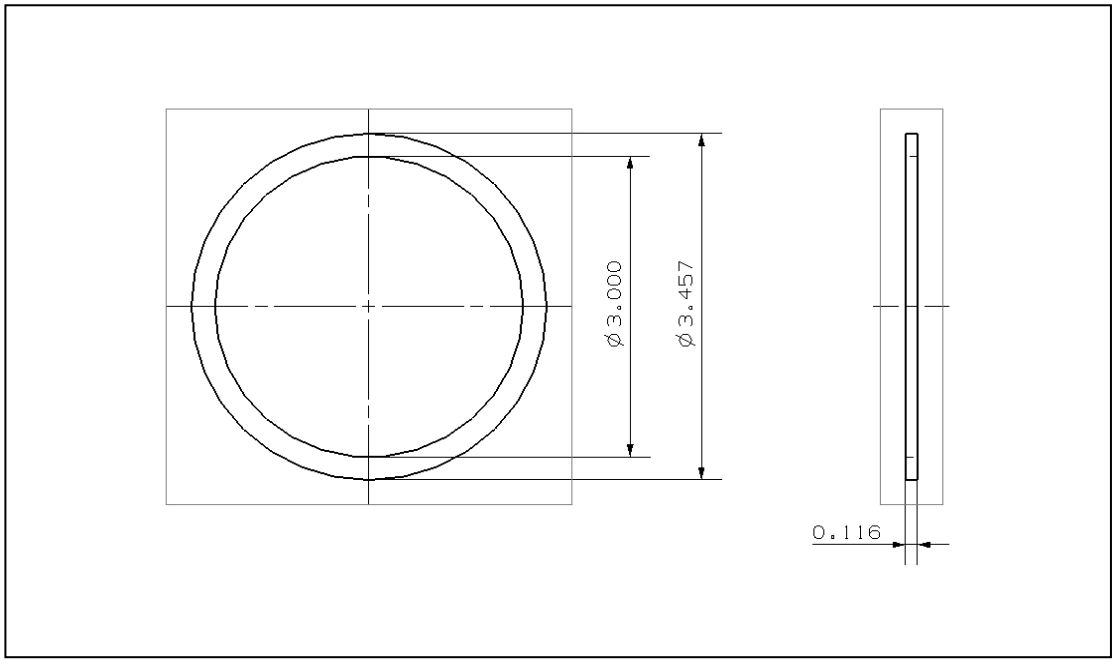
59. Örtlek, H. G., Babaarslan, O., "Spandex (lycra) İçerikli Core-spun İpliklerin (Pes/viskon) Tüylülük Özelliklerinin İncelenmesi", Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 8, Sayı 1, 2003.

EKLER

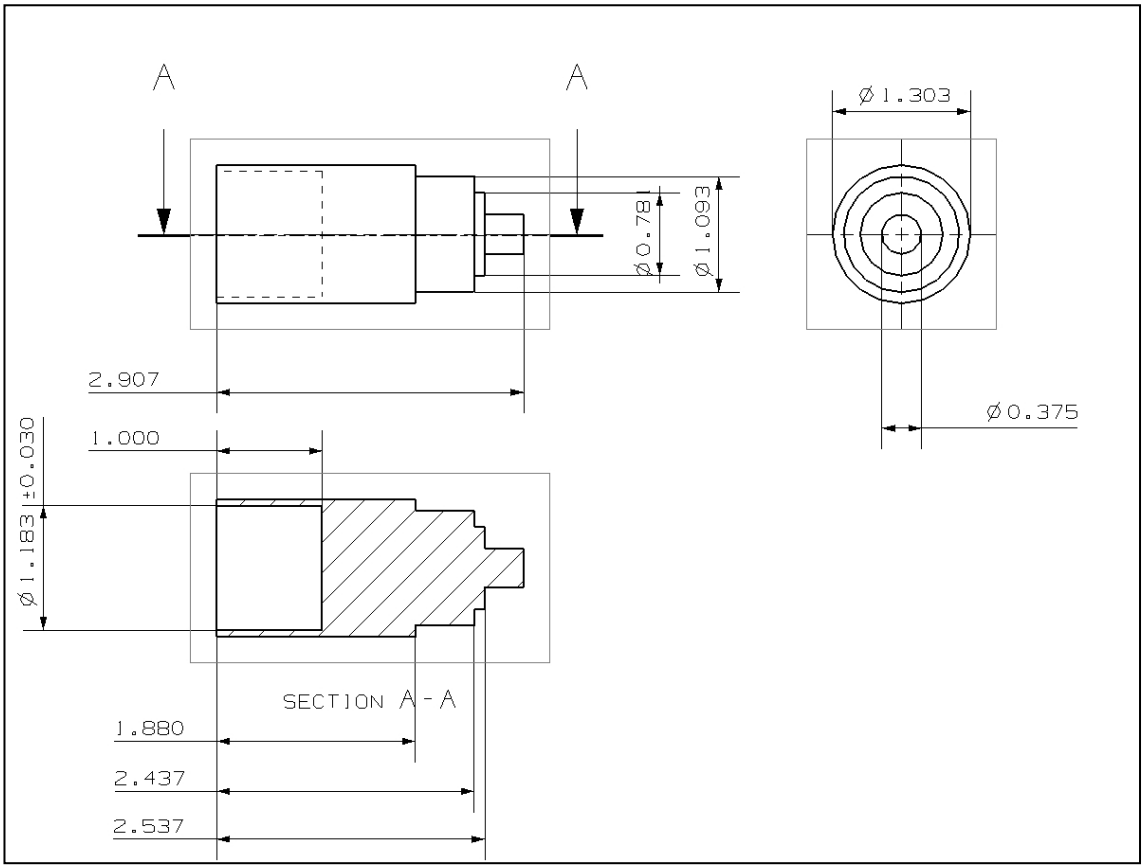
EK-1



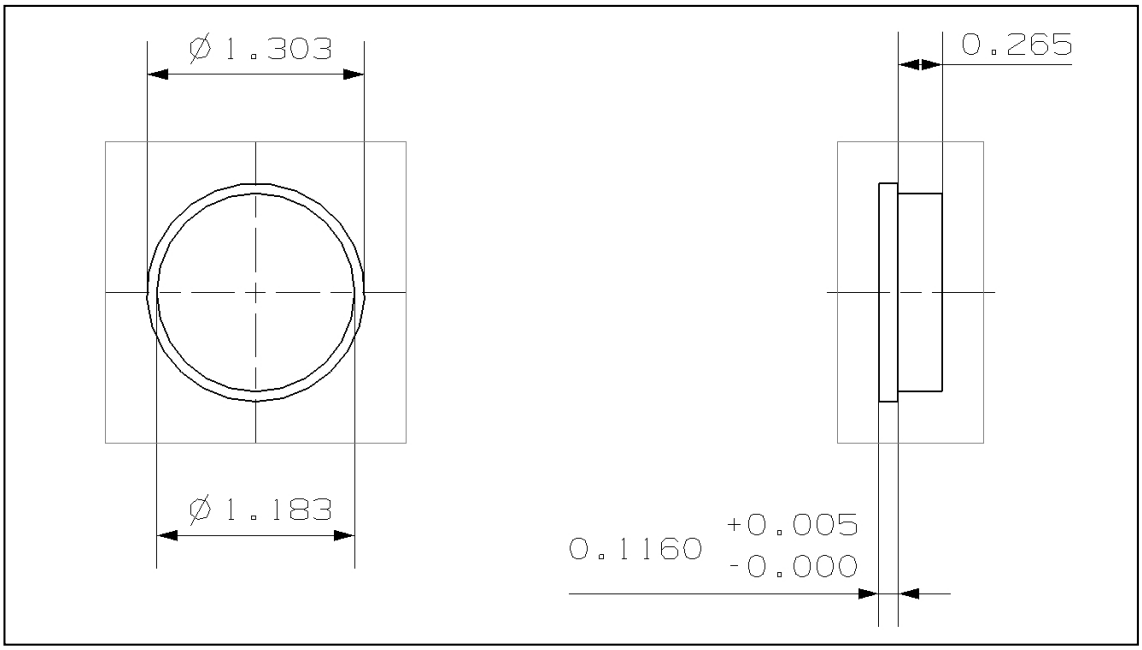
Şekil 1. ASTM D4935 standartı ile uyumlu ölçüm aparatı teknik resim-a



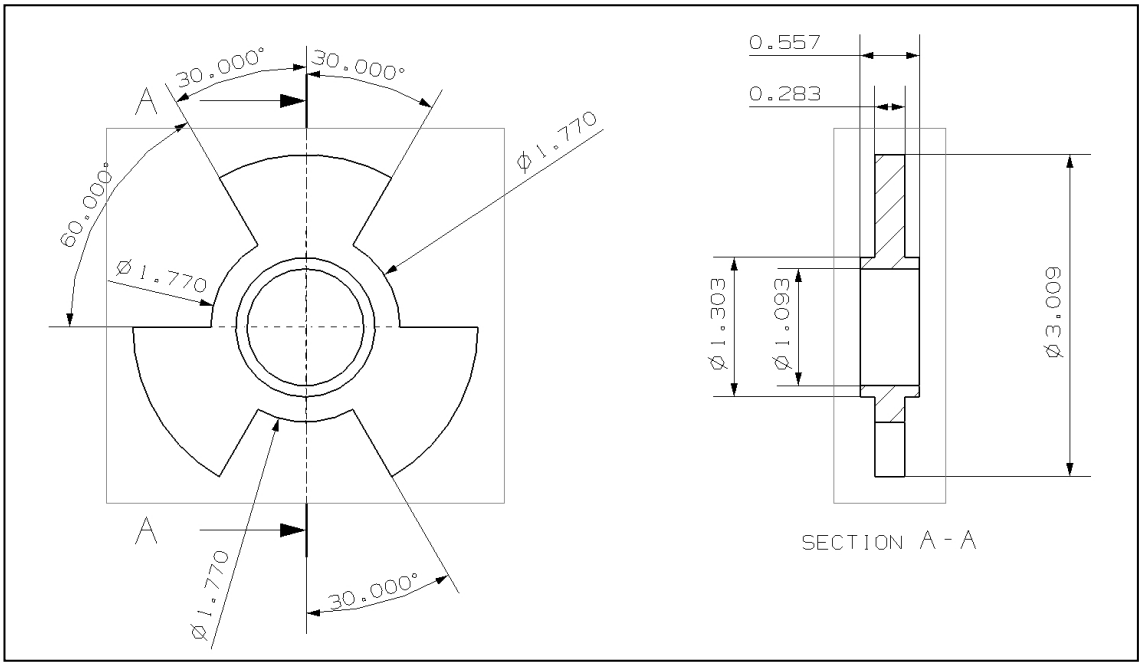
Şekil 2. ASTM D4935 standartı ile uyumlu ölçüm aparatı teknik resim-b



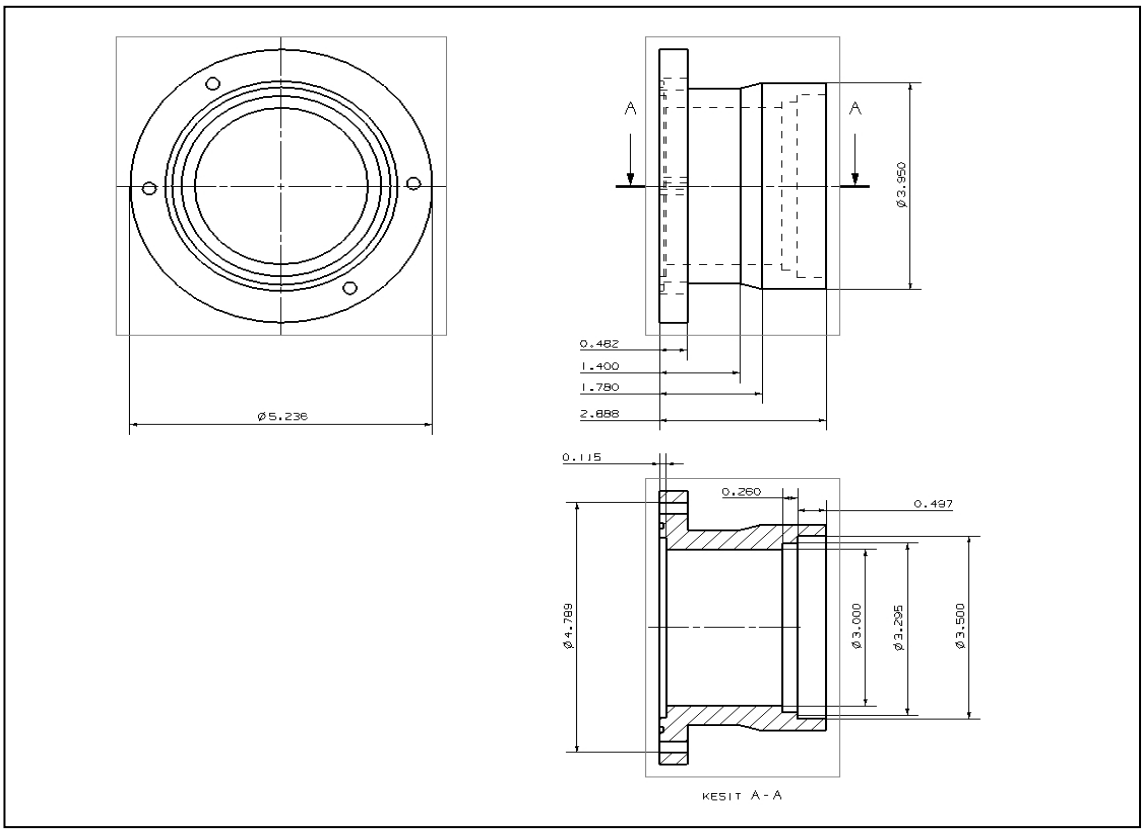
Şekil 3. ASTM D4935 standartı ile uyumlu ölçüm aparatı teknik resim-c



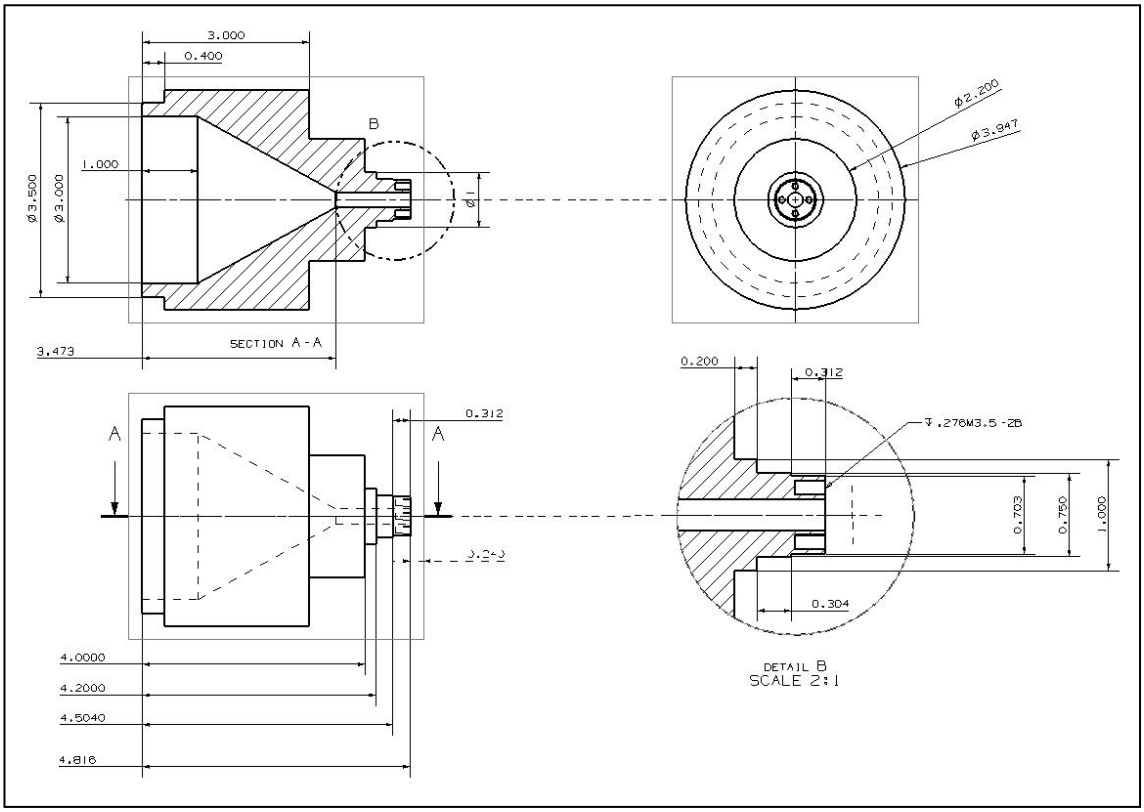
Şekil 4. ASTM D4935 standartı ile uyumlu ölçüm aparatı teknik resim-d



Şekil 5. ASTM D4935 standartı ile uyumlu ölçüm aparatı teknik resim-e

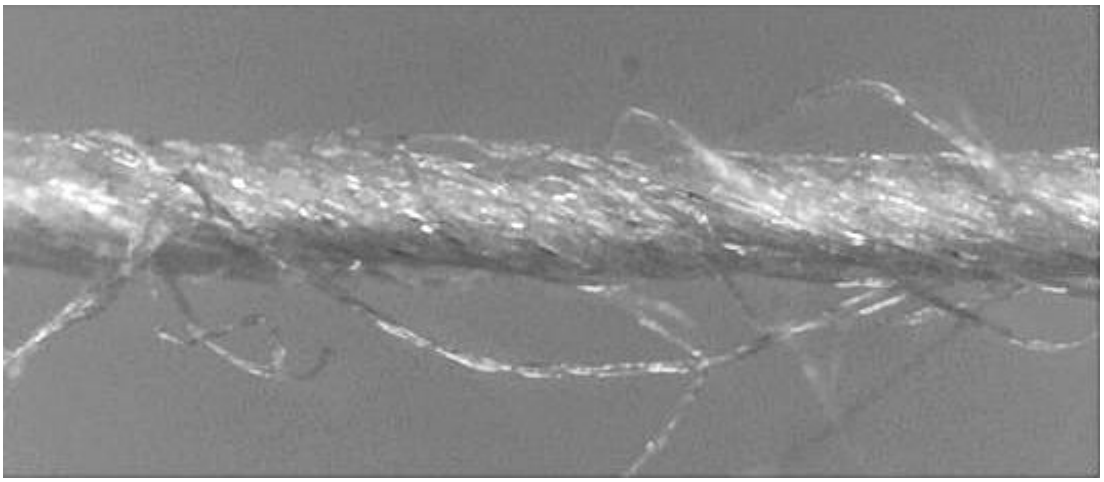


Şekil 6. ASTM D4935 standartı ile uyumlu ölçüm aparatı teknik resim-f

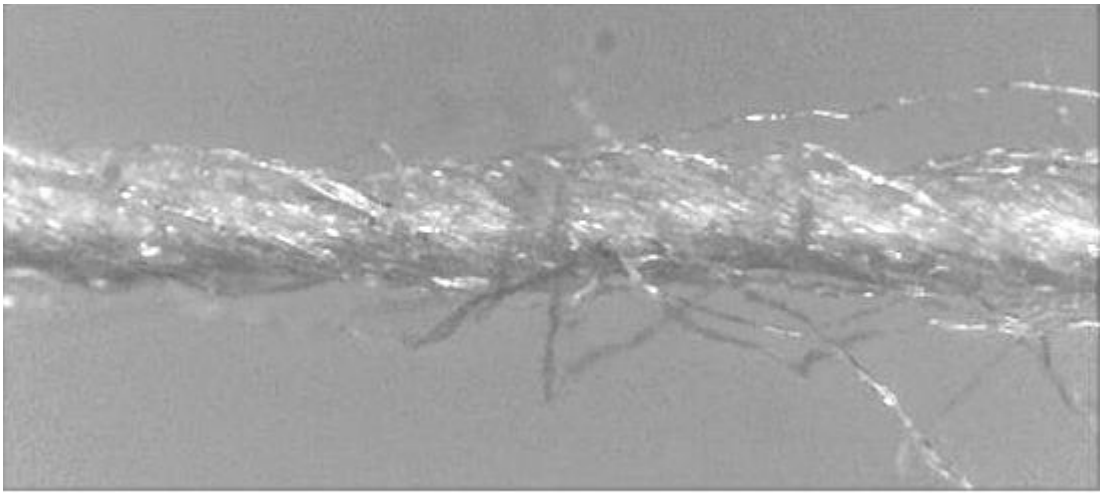


Şekil 7. ASTM D4935 standartı ile uyumlu ölçüm aparatı teknik resim-g

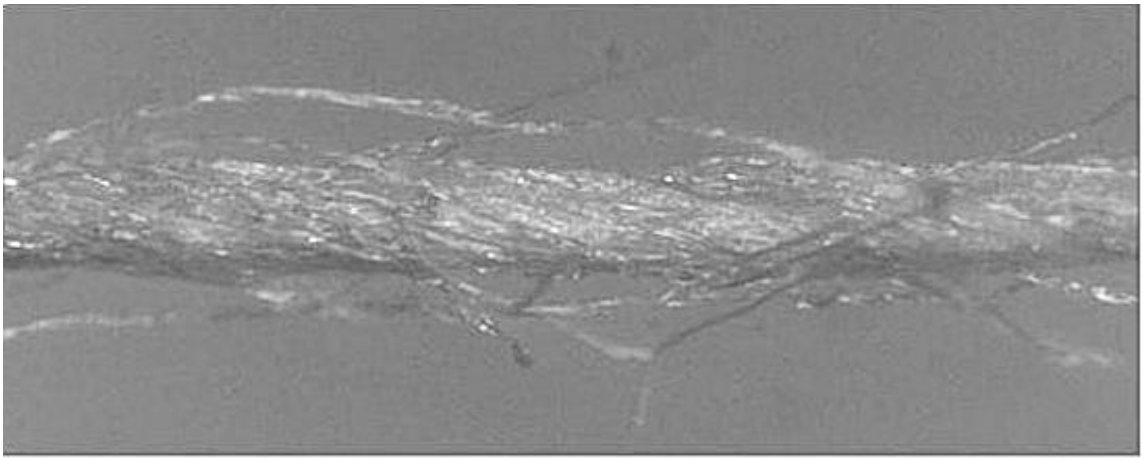
EK-2



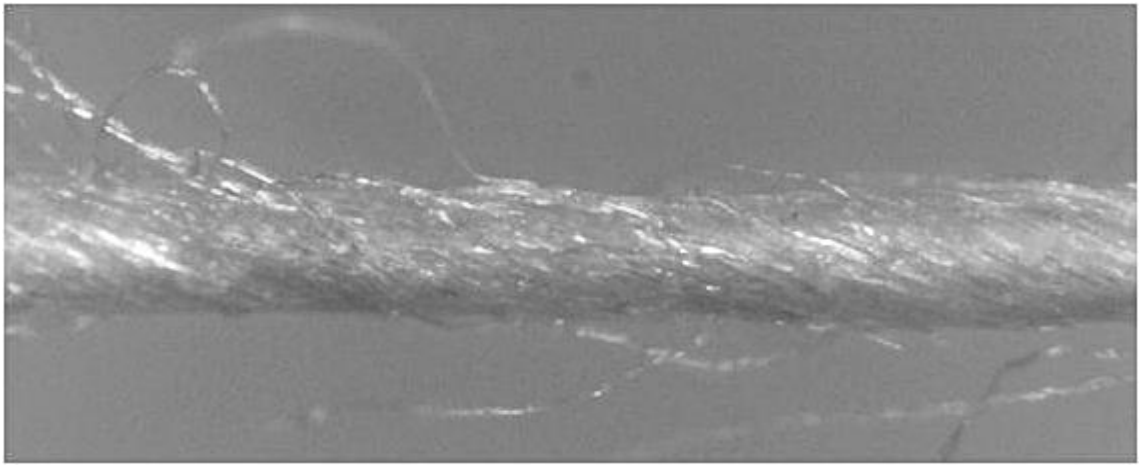
Şekil 1. 18-R Numune İplik Görüntüsü (45x)



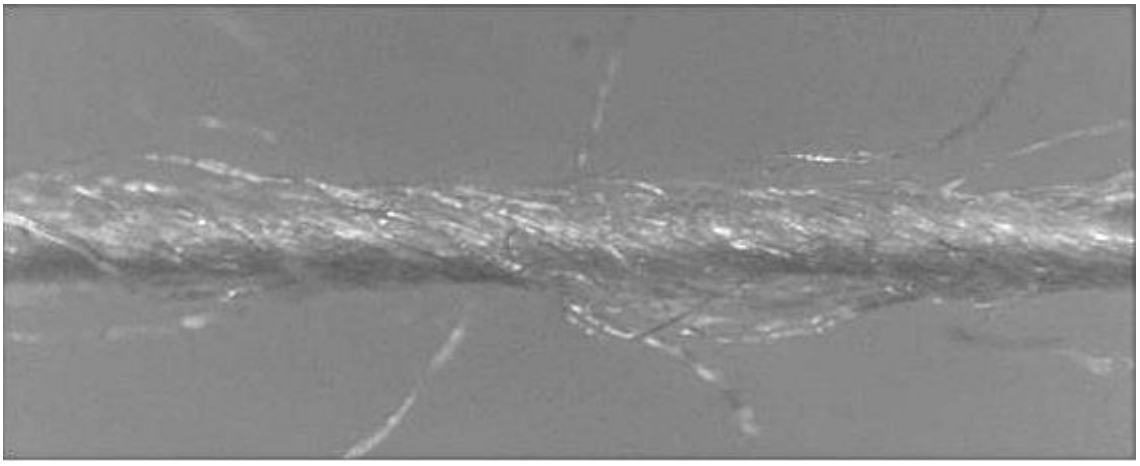
Şekil 2. 24-R Numune İplik Görüntüsü (45x)



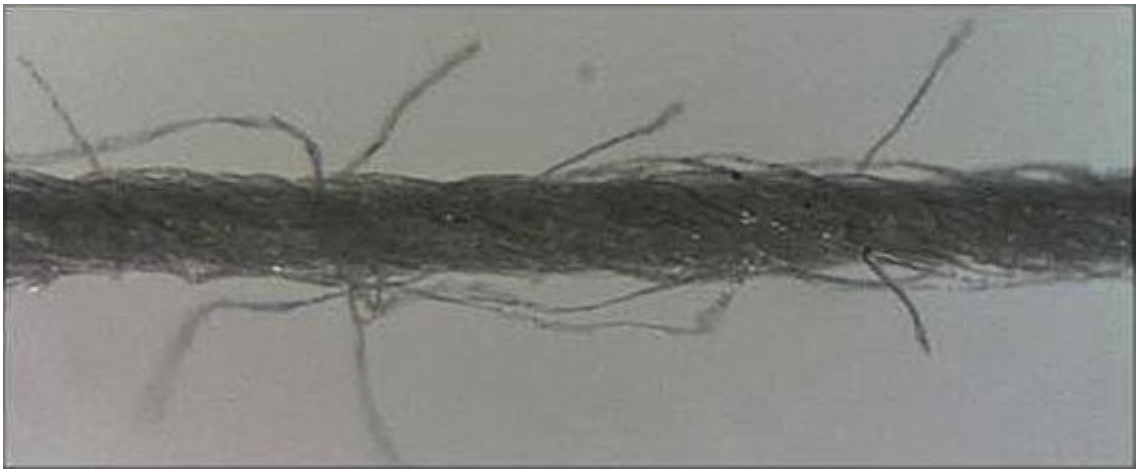
Şekil 3. 30-R Numune İplik Görüntüsü (45x)



Şekil 4. 18-S Numune İplik Görüntüsü (45x)



Şekil 5. 24-S Numune İplik Görüntüsü (45x)



Şekil 6. 30-S Numune İplik Görüntüsü (45x)



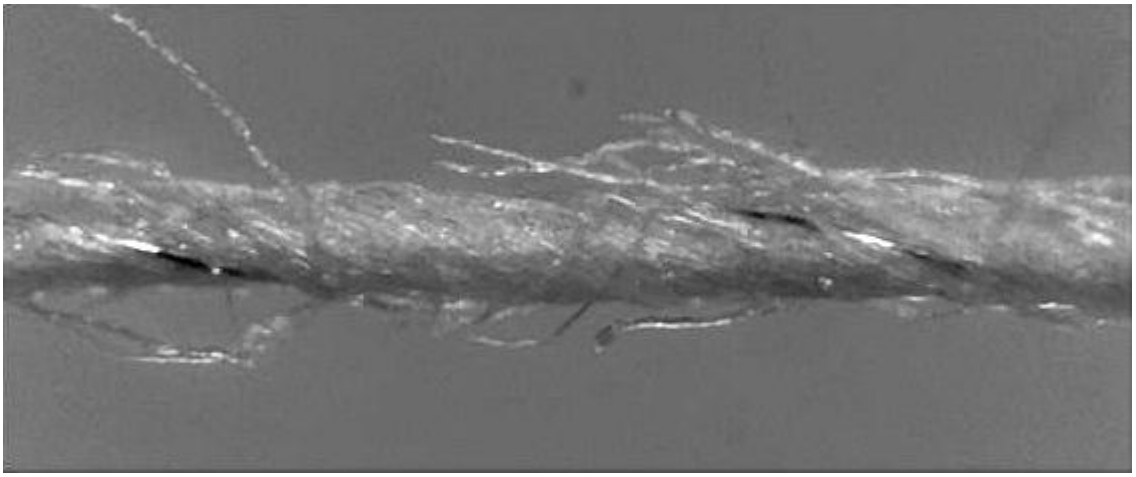
Şekil 7. 18-C Kodlu Numune İplik Görüntüsü (45x)



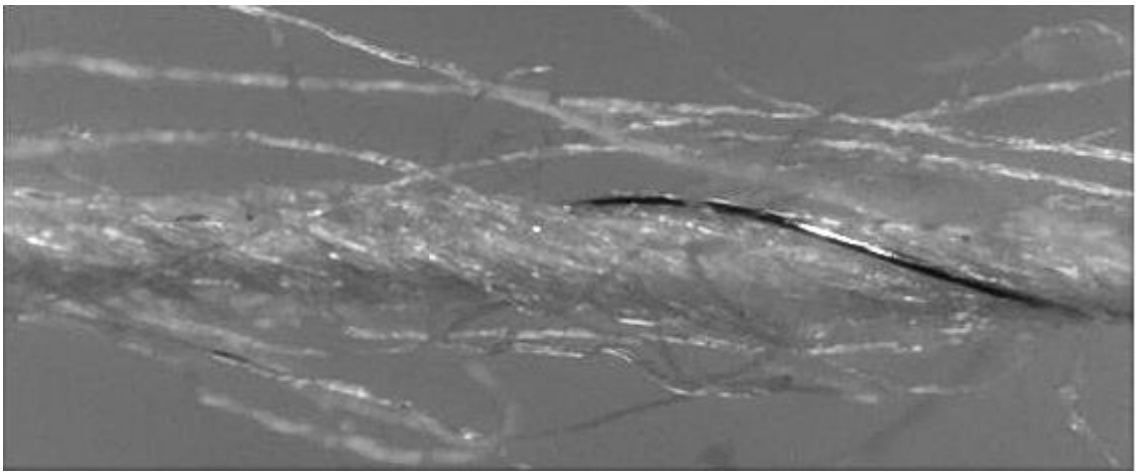
Şekil 8. 24-C Kodlu Numune İplik Görüntüsü (45x)



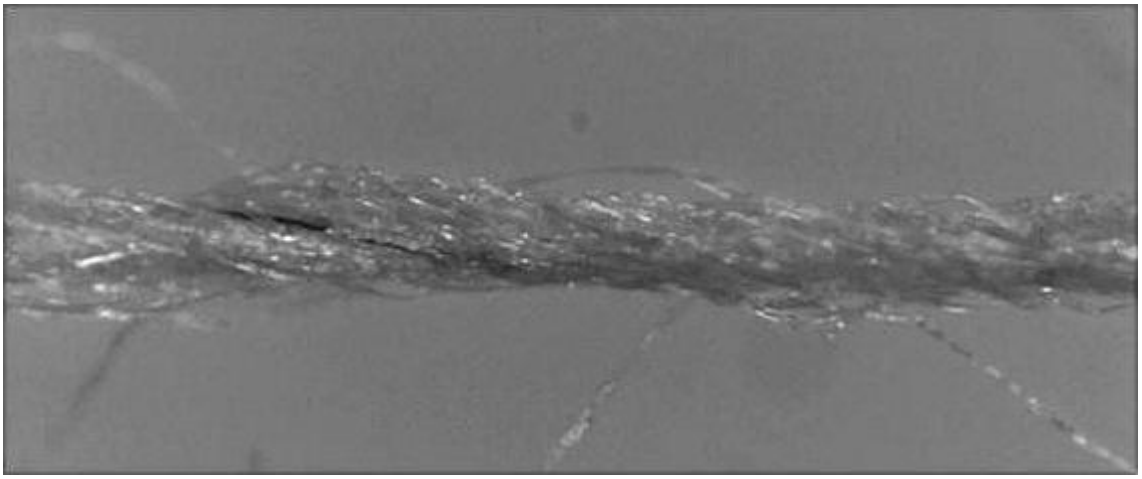
Şekil 9. 30-C Kodlu Numune İplik Görüntüsü (45x)



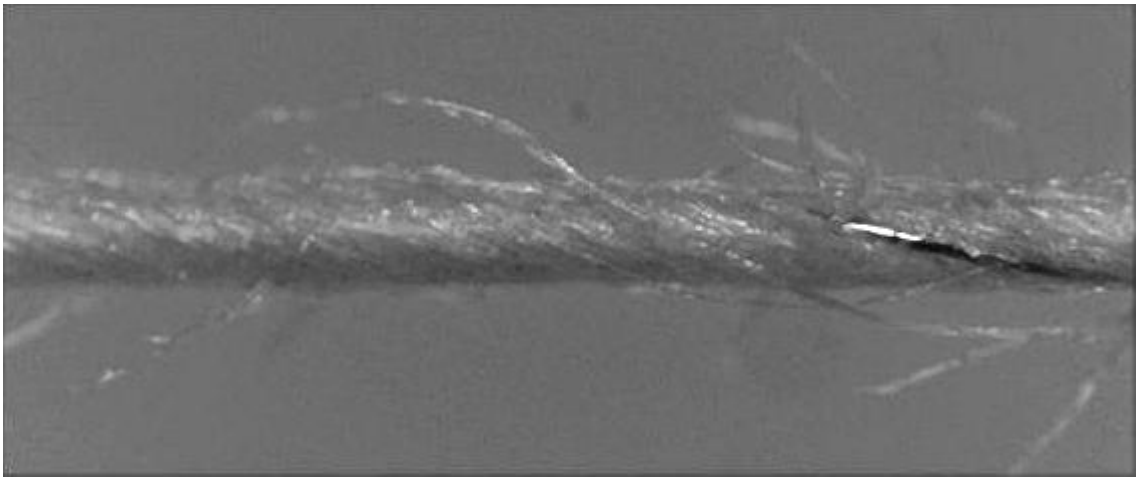
Şekil 10. 18-RC-S20 Kodlu Numune İplik Görüntüsü (45x)



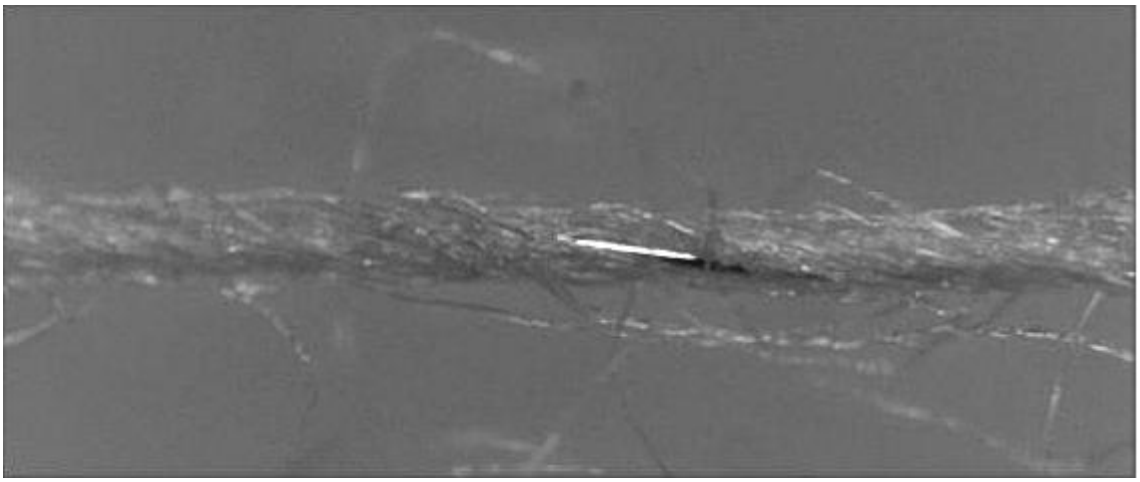
Şekil 11. 24-RC-S20 Kodlu Numune İplik Görüntüsü (45x)



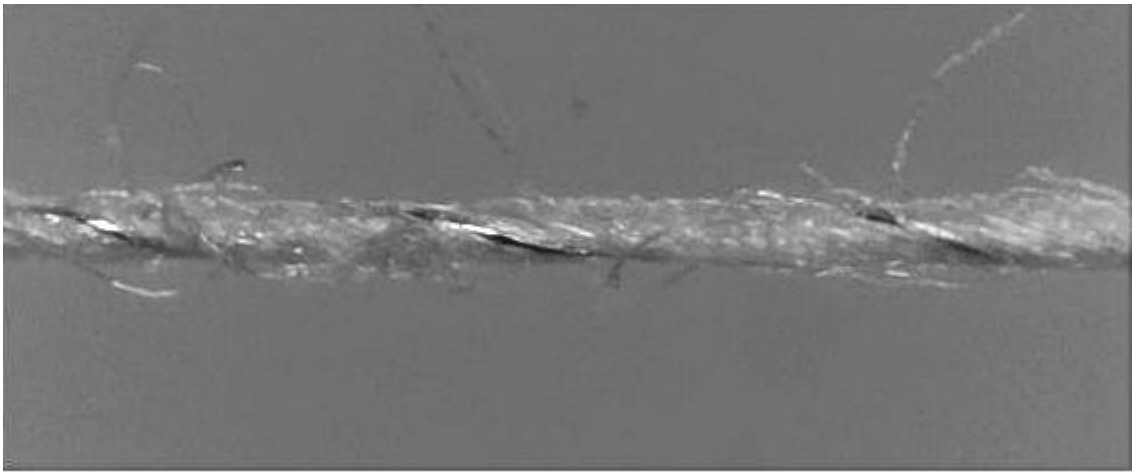
Şekil 12. 30-RC-S20 Kodlu Numune İplik Görüntüsü (45x)



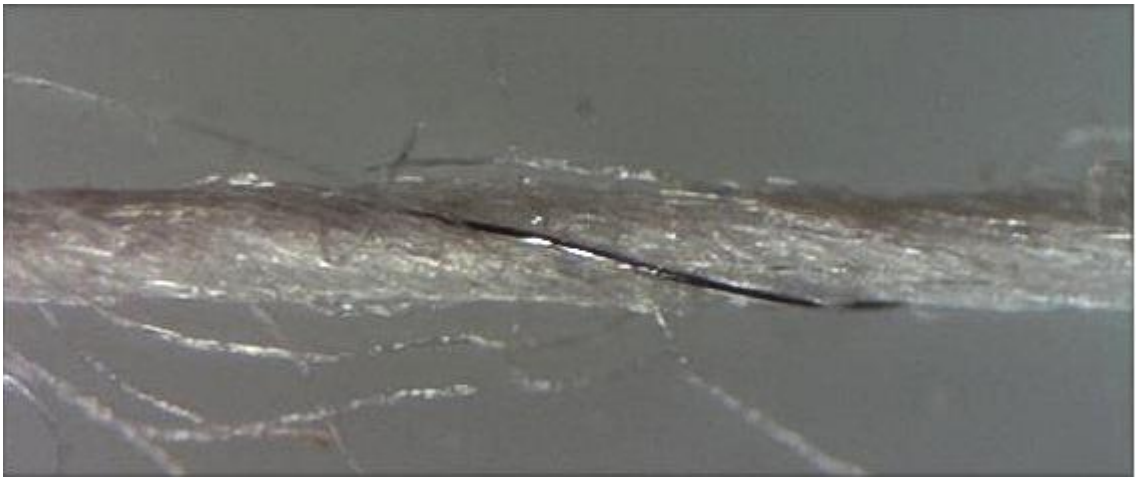
Şekil 13. 18-RC-S35 Kodlu Numune İplik Görüntüsü (45x)



Şekil 14. 24-RC-S35 Kodlu Numune İplik Görüntüsü (45x)



Şekil 15. 30-RC-S35 Kodlu Numune İplik Görüntüsü (45x)



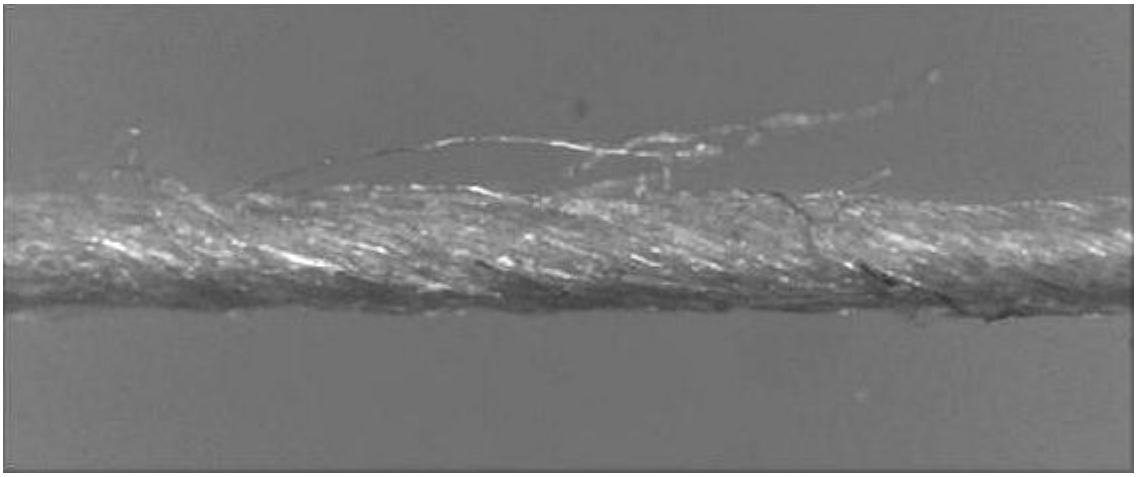
Şekil 16. 18-SC-S20 Kodlu Numune İplik Görüntüsü (45x)



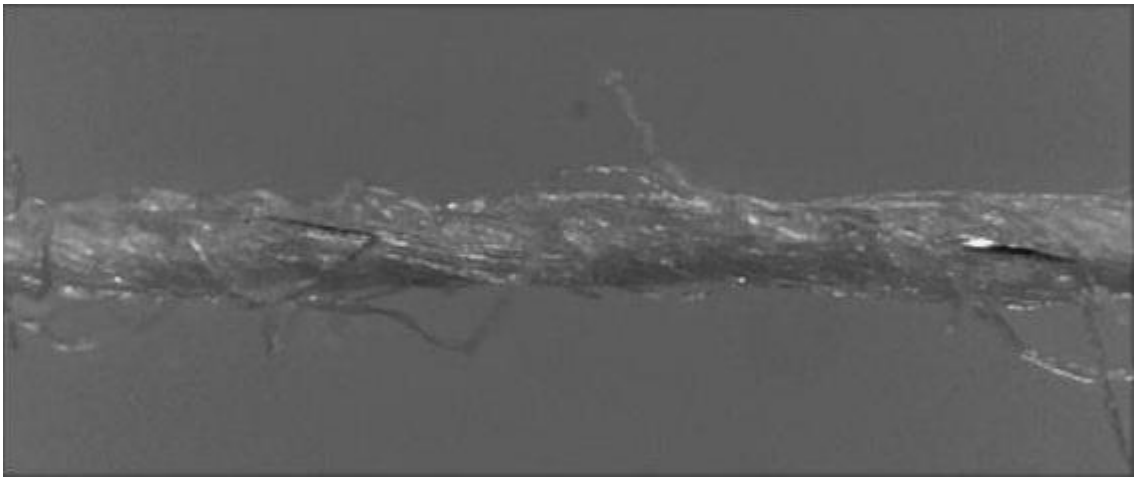
Şekil 17. 24-SC-S20 Kodlu Numune İplik Görüntüsü (45x)



Şekil 18. 30-SC-S20 Kodlu Numune İplik Görüntüsü (45x)



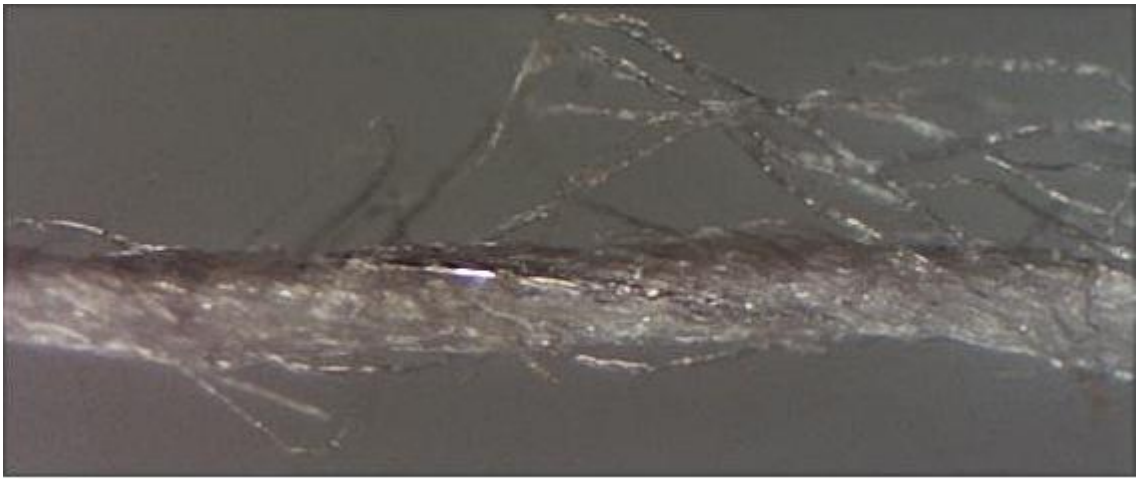
Şekil 19. 18-SC-S35 Kodlu Numune İplik Görüntüsü (45x)



Şekil 20. 24-SC-S35 Kodlu Numune İplik Görüntüsü (45x)



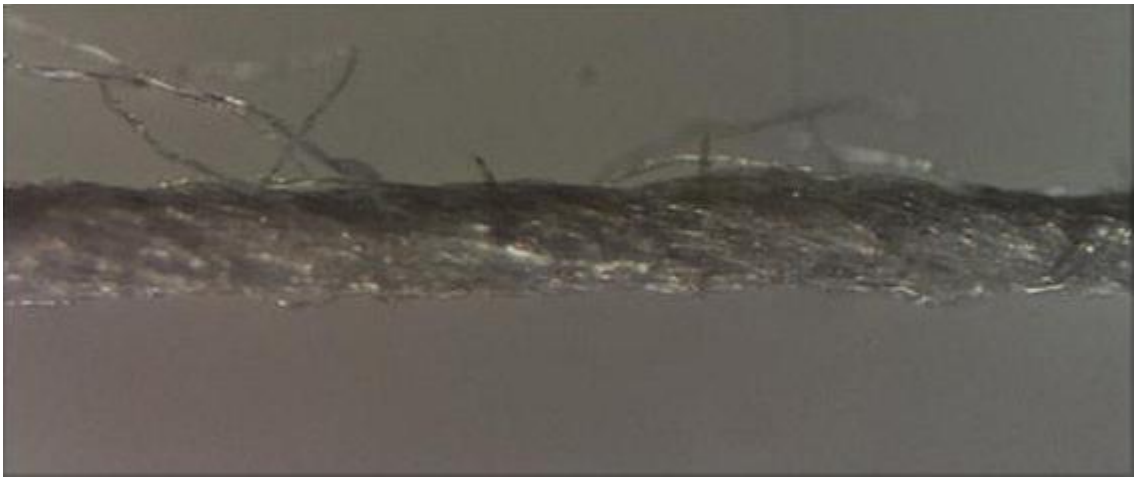
Şekil 21. 18-CC-S20 Kodlu Numune İplik Görüntüsü (45x)



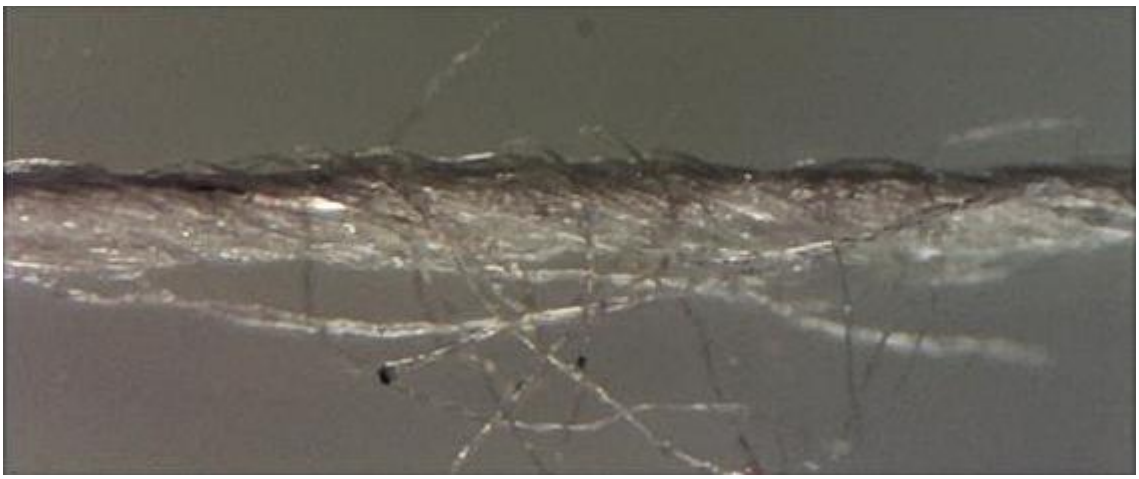
Şekil 22. 24-CC-S20 Kodlu Numune İplik Görüntüsü (45x)



Şekil 23. 30-CC-S20 Kodlu Numune İplik Görüntüsü (45x)



Şekil 24. 18-CC-S35 Kodlu Numune İplik Görüntüsü (45x)



Şekil 25. 24-CC-S35 Kodlu Numune İplik Görüntüsü (45x)

EK-3



Şekil 1. Y1C Kodlu Kumaş Görüntüsü (20x)



Şekil 2. Y1S-a Kodlu Kumaş Görüntüsü (20x)



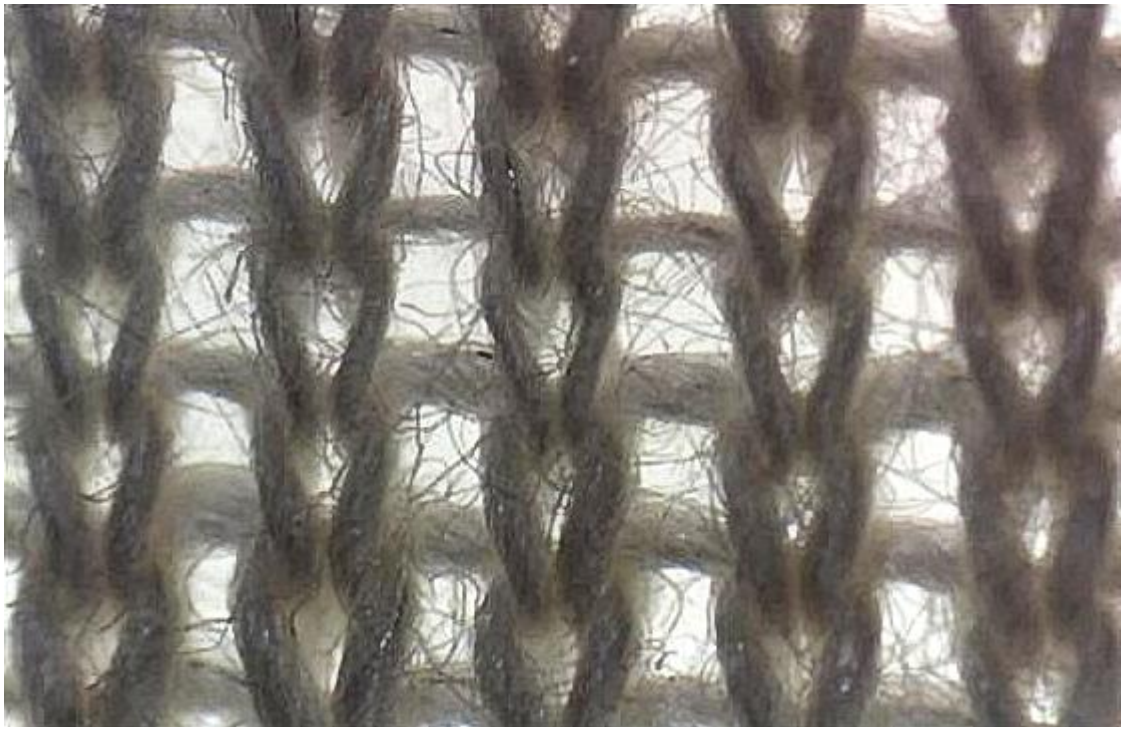
Şekil 3. Y1S-b Kodlu Kumaş Görüntüsü



Şekil 4. Y2C Kodlu Kumaş Görüntüsü (20x)



Şekil 5. Y2S-a Kodlu Kumaş Görüntüsü (20x)



Şekil 6. Y2S-b Kodlu Kumaş Görüntüsü (20x)



Şekil 7. Y2S-c Kodlu Kumaş Görüntüsü (20x)



Şekil 8. Y2S-d Kodlu Kumaş Görüntüsü (20x)



Şekil 9. Y2S-e Kodlu Kumaş Görüntüsü (20x)



Şekil 10. Y3S Kodlu Kumaş Görüntüsü (20x)



Şekil 11. Y4S Kodlu Kumaş Görüntüsü (20x)



Şekil 12. D1C Kodlu Kumaş Görüntüsü (20x)



Şekil 13. D1S Kodlu Kumaş Görüntüsü (20x)



Şekil 14. D2C Kodlu Kumaş Görüntüsü (20x)



Şekil 15. D2S Kodlu Kumaş Görüntüsü (20x)



Şekil 16. D3C Kodlu Kumaş Görüntüsü (20x)



Şekil 17. D3S Kodlu Kumaş Görüntüsü (20x)



Şekil 18. D4C Kodlu Kumaş Görüntüsü (20x)



Şekil 19. D4S Kodlu Kumaş Görüntüsü (20x)



Şekil 20. N1C-a Kodlu Kumaş Görüntüsü (20x)



Şekil 21. N1C-b Kodlu Kumaş Görüntüsü (20x)



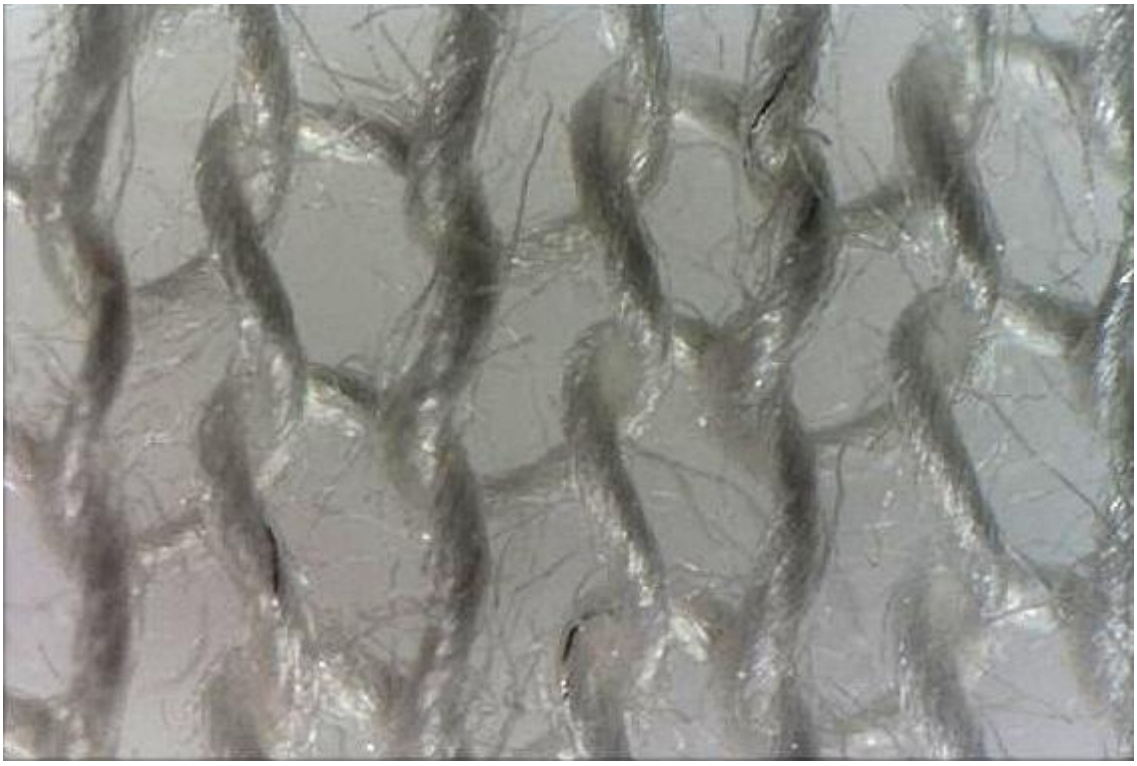
Şekil 22. N1C-c Kodlu Kumaş Görüntüsü (20x)



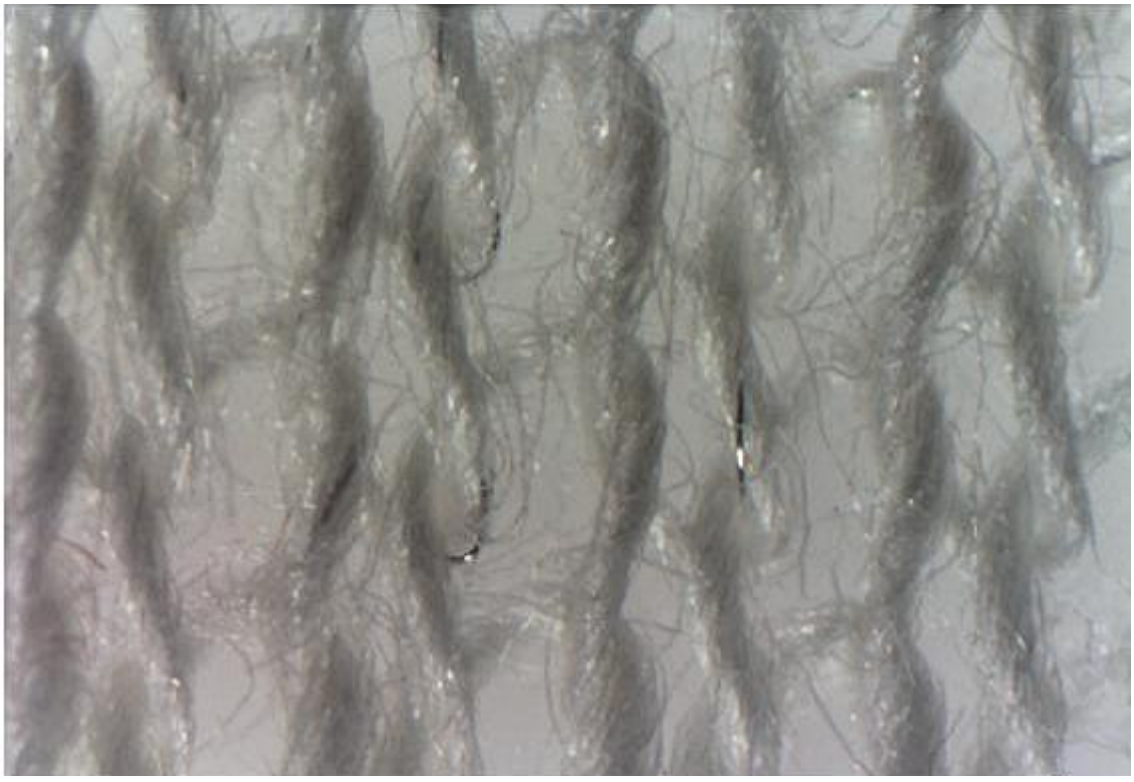
Şekil 23. N2S-a Kodlu Kumaş Görüntüsü(20x)



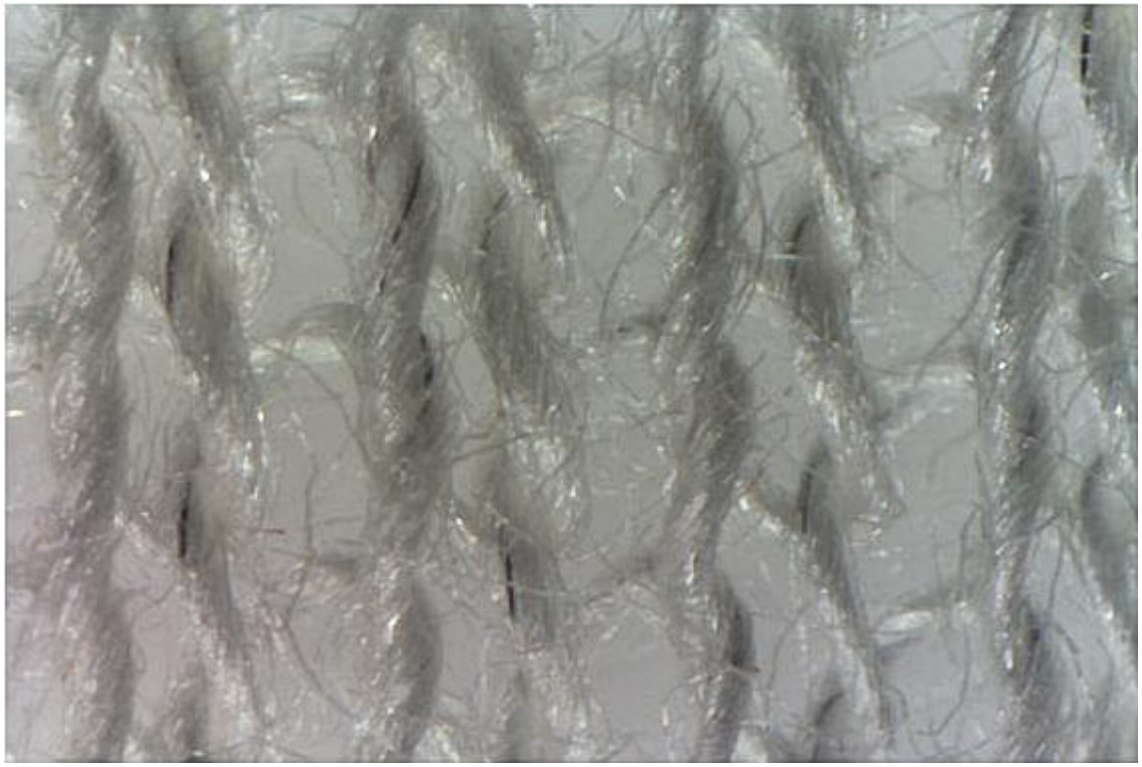
Şekil 24. N2S-b Kodlu Kumaş Görüntüsü (20x)



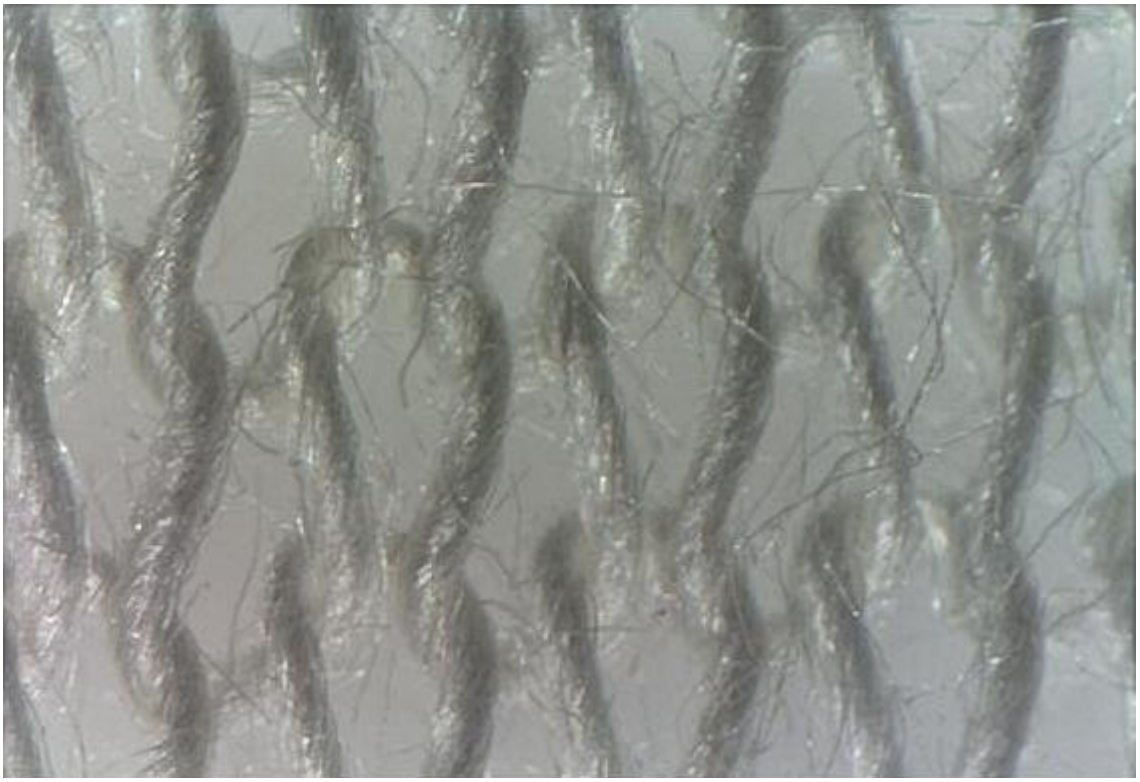
Şekil 25. N2S-c Kodlu Kumaş Görüntüsü (20x)



Şekil 26. N3S-a Kodlu Kumaş Görüntüsü (20x)



Şekil 27. N3S-b Kodlu Kumaş Görüntüsü (20x)

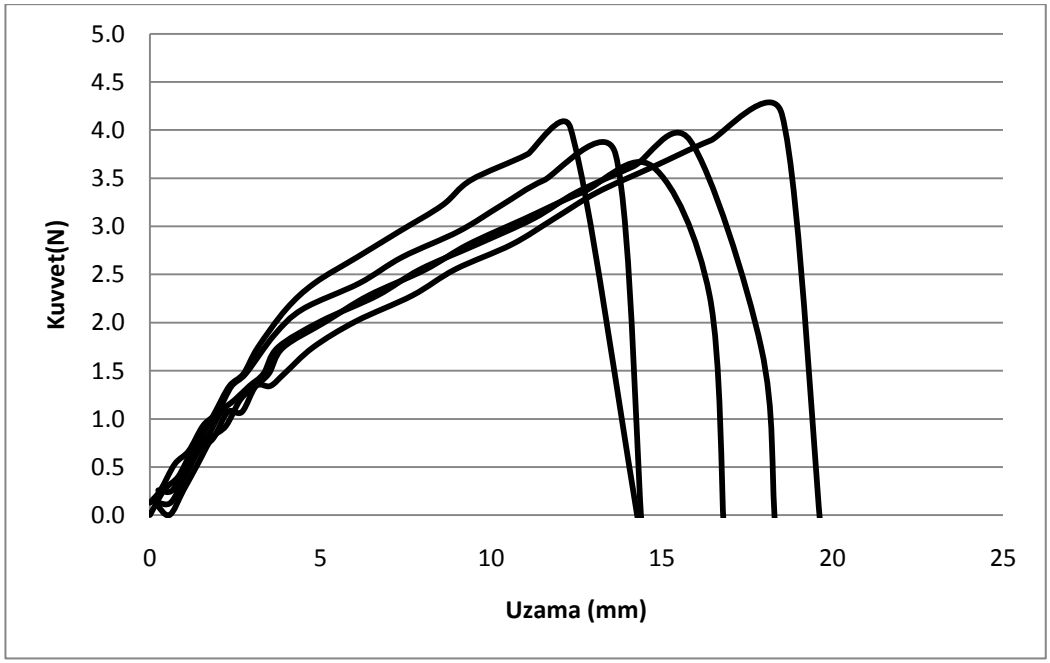


Şekil 28. N3S-c Kodlu Kumaş Görüntüsü (20x)

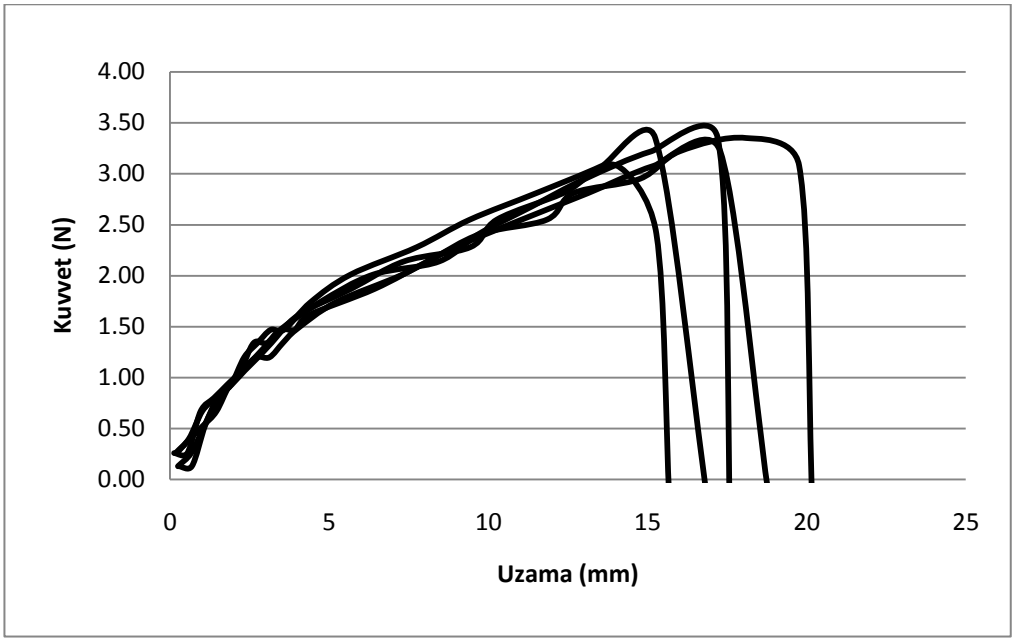
EK-4



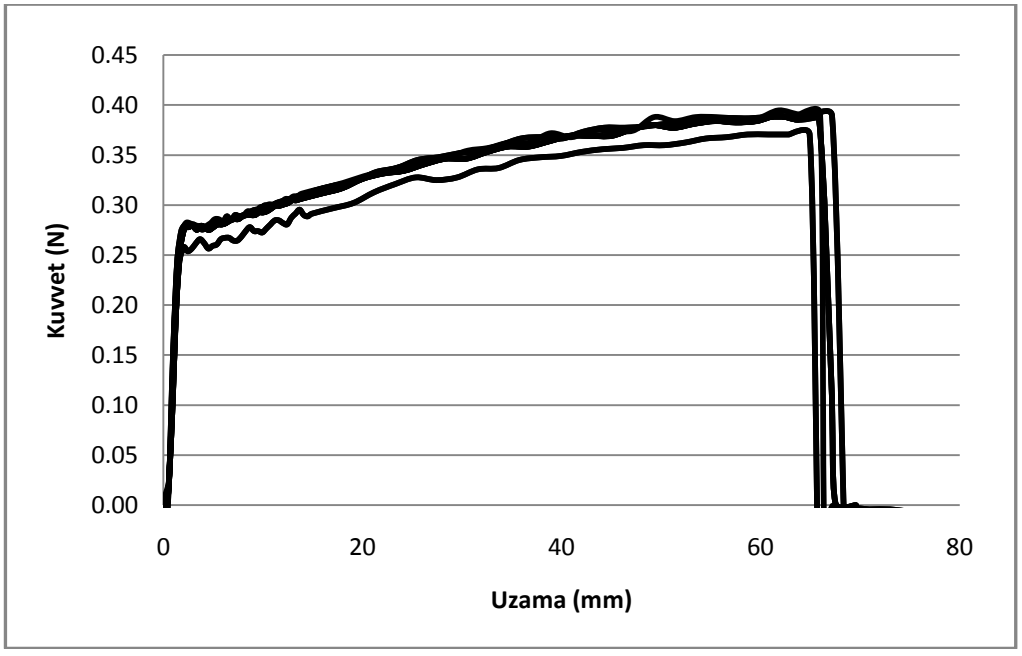
Şekil 1. 24-S %100 pamuk ipliğinin kuvvet-uzama grafiği



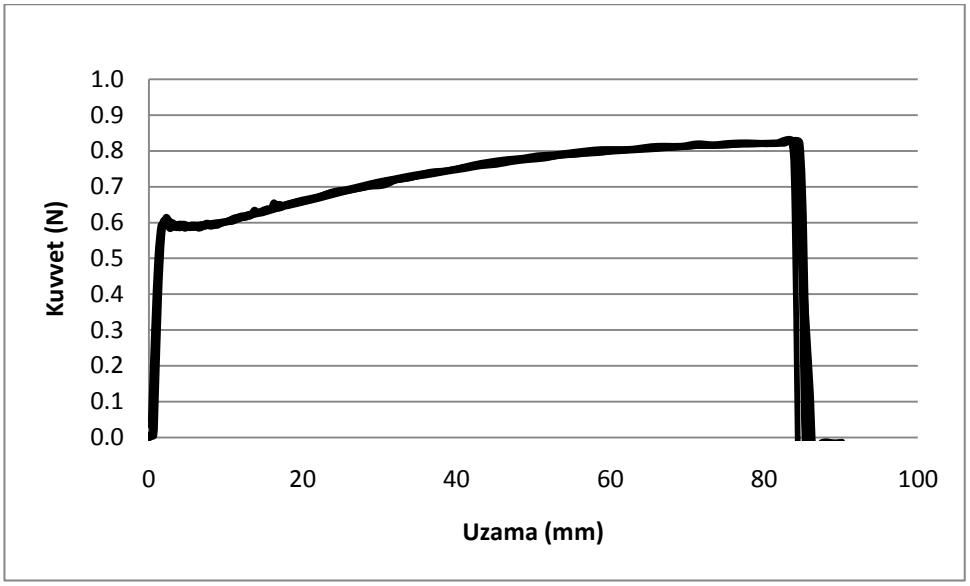
Şekil 2. 24-SC-S20 kompozit ipliğinin kuvvet-uzama grafiği



Şekil 3. 24-SC-S35 kompozit ipliğin kuvvet-uzama grafiği



Şekil 4. 20 mikron paslanmaz çelik telin kuvvet-uzama grafiği



Şekil 5. 35 mikron paslanmaz çelik telin kuvvet-uzama grafiği

ÖZGEÇMİŞ

1974 yılında Aydın'da doğdu. Ortaöğrenimini Antalya Atatürk Ortaokulu'nda, lise öğrenimini Antalya Lisesi'nde tamamladı. 1996 yılında Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. 1996-1997 yıllarında Yataş Havlu AŞ'de ve 1997-2001 yıllarında Soley Havlu AŞ'de çalıştı. 2004-2006 yıllarında kendi işyerini çalıştırdı. Halen Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Tekstil Mühendisliği Yüksek Lisans Programına devam etmektedir. Evli ve iki çocuk annesidir.