

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İLETKEN TEKSTİL YÜZEYLERİNDE
ELEKTROMANYETİK
KALKANLAMA ÖZELLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Nermin DAĞ**

Anabilim Dalı : Tekstil Mühendisliği

Programı : Tezli Yüksek Lisans

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Sema PALAMUTCU

TEMMUZ 2010

YÜKSEK LİSANS TEZ ONAY FORMU

Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü 081221007 nolu öğrencisi Nermin DAĞ tarafından hazırlanan “İLETKEN TEKSTİL YÜZEYLERİNDE ELEKTROMANYETİK KALKANLAMA ÖZELLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı : Yrd. Doç.Dr. Sema PALAMUTCU (PAÜ)

(Jüri Başkanı)

Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Ahmet ÖZEK (PAÜ)

Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Yüksel İKİZ (PAÜ)

Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 11.03.2010... tarih ve ...21/19..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.


Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü
Prof. Dr. Halil KARAHAN

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.

İmza : 

ÖĞrenci Adı Soyadı : Nermin DAĞ

ÖNSÖZ

Bu proje Pamukkale Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü'nde yürütülmekte olan TÜBİTAK 107M454 nolu "Elektromanyetik Kalkanlama Özelliği Olan Tekstil Yüzeylerinin Üretimi ve Yüzeylerin Kalkanlama Etkinlik Alanının Araştırılması" adlı araştırma projesi kapsamında yapılmıştır. Proje yürütücüsü ve aynı zamanda danışman hocam olan Yrd. Doç. Dr. Sema PALAMUTCU'ya, birçok konuda bilgi ve birikimlerini en iyi şekilde bana aktardığı için ve tez çalışmam sırasında her konuda yardımını esirgemediği için teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca Pamukkale Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümünden Yrd. Doç. Dr. Ahmet ÖZEK ve Doç. Dr. Ceyhun KARPUZ'a her türlü desteklerinden ötürü teşekkür eder, saygılarımı sunarım. Tez çalışmamın tüm aşamalarında bana hep moral ve güç veren aileme, maddi manevi tüm destekleri için minnettarım.

TEMMUZ 2010

Nermin DAĞ

(Tekstil Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	xii
SUMMARY	xiii
1.GİRİŞ	1
2.KURAMSAL BİLGİLER VE LİTERATÜR TARAMALARI	3
2.1 Kuramsal Bilgiler.....	3
2.1.1 Elektrik alan.....	3
2.1.2 Manyetik alan.....	4
2.1.3 Elektromanyetik alan.....	5
2.1.4 Ekranlama.....	8
2.1.5 Elektromanyetik alanın sağlığa zararları.....	9
2.1.6 EM Kalkanlama Etkinliği Ölçüm ve Standartları	12
2.1.6.1 MIL–STD-285.....	12
2.1.6.2 MIL-STD-907B.....	13
2.1.6.3 ASTM D4935.....	13
2.1.6.4 IEEE STD 299.....	14
2.1.6.5 TS EN 50147-1.....	15
2.1.7 Ölçüm yöntemleri.....	16
2.1.7.1 Yankısız oda.....	16
2.1.7.2 Özelleştirilmiş test hücreler.....	17
2.2 Literatür Taramaları.....	18
3.MATERYAL VE METOT	22
3.1 Kullanılan Materyal.....	22
3.2 Kullanılan Cihaz ve Makineler.....	22
4.BULGULAR VE TARTIŞMA	29
4.1 Kumaş Örgü Yapısının EMSE'ye Etkisi.....	29
4.2 Kumaş Sıklık Değişiminin EMSE'ye Etkisi.....	31
4.3 Kumaş Kat Sayıları Değişiminin EMSE'ye Etkisi.....	34
4.4 İletken Çeşidi ve İplik Numarası Değişiminin EMSE'ye Etkisi.....	42
4.5 Ölçüm Düzenğinde ve Ölçüm Ayarlarındaki Değişimin EMSE'ye Etkisi....	46
4.5.1 Sinyal jeneratörü yerine amplifikatör kullanılmasının EMSE'ye etkisi...46	
4.5.2 Alüminyum çerçeve yerine tahta çerçeve kullanılmasının EMSE'ye etkisi.....	47
4.5.3 dBm değerinin değiştirilmesinin EMSE'ye etkisi.....	48
4.5.4 Prizma şeklindeki poliüretan köpüklerin kullanılmasının EMSE'ye etkisi.....	49
5.SONUÇ	51

KAYNAKLAR.....	54
ÖZGEÇMİŞ.....	57

KISALTMALAR

ASTM	:American Society for Testing and Materials (Amerikan Test ve Malzeme Derneği)
dBm	:Desibel miliwatt
EMC	:Electromagnetic Compatability (Elektromanyetik Uyumluluk)
EMI	:Electromagnetic Interference (Elektromanyetik Karışma, Elektromanyetik Girişim)
EMR	:Electromagnetic Radiation (Elektromanyetik Radyasyon, Elektromanyetik Yayınım)
EMSE	:Electromagnetic Shielding Effectiveness (Elektromanyetik Kalkanlama Etkinliği)
ESD	:Electrostatic Discharge (Elektrostatik Deşarj)
FCC	:Federal Communications Commission (Federal İletişim Komisyonu)
GTEM	:Gigahertz Transverse Electromagnetic (Gigahertz Sahasında Enine Elektromanyetik Alan)
ICNIRP	:International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (Uluslararası İyonize Olmayan Radyasyondan Korunma Komisyonu)
IEEE	:The Institute of Electrical and Electronics Engineers (Elektrik-Elektronik Mühendisleri Enstitüsü)
JOCOTAS	:Joint Committee on Tactical Shelters (Askeri Taktik Sığınak Komitesi)
MIL	:Military (Askeri)
RF	:Radio Frequency

	(Radyo Frekansı)
SAR	:Specific Absorbtion Rate (Özgül Soğurma Oranı)
SE	:Shielding Effectiveness (Kalkanlama Etkinliği)
TEM	:Transverse Electromagnetic (Enine Elektromanyetik Alan)
TS	: Türk Standartları

TABLO LİSTESİ

Tablolar

2.1 : EM alan kaynakları.....	6
2.2 : Malzeme iletkenliği.....	9
2.3 : EM spektrumdaki dalgaların Hertz cinsinden frekansları.....	10
3.1 : 20/2 Ne ipliklerden üretilen iletken ipliklerin numarası ve karışım oranı...22	
3.2 : 24/2 Ne ipliklerden üretilen iletken ipliklerin numarası ve karışım oranı...22	
3.3 : Testte kullanılan dokuma kumaşların teknik bilgileri.....	24
3.4 : Testte kullanılan süprem örme kumaşların teknik bilgileri.....	24

ŞEKİL LİSTESİ

Şekiller

2.1 : q_0 yüküne etkiyen elektrik alanı.....	3
2.2 : Elektrik alan çizgileri.....	3
2.3 : q yükünün P de oluşturduğu elektrik alanı.....	4
2.4 : q yüküne etkiyen manyetik kuvvetin yönü.....	5
2.5 : Akım taşıyan telde manyetik alan çizgileri.....	5
2.6 : Elektromanyetik alan.....	6
2.7 : EM radyasyon kaynağı ve girişim alanlarının tanımı.....	6
2.8 : EMI kaynağı etrafındaki ayırıcı alanlar.....	7
2.9 : Kalınlığı t olan bir duvarın ekranlama etkinliği bileşenleri.....	8
2.10 : EM spektrum.....	10
2.11 : MIL-STD-285 test standardının modifiye edilmiş prensip ölçüm düzeneği.....	13
2.12 : ASTM D4935 test standardı için kullanılan ölçüm düzeneği	14
2.13 : Manyetik alan (elektrik alanı) ölçmesi için deney düzeneği.....	16
2.14 : 3m ve 10 m uzunluğundaki yankısız odalar	16
2.15 : Bilinen TEM hücrelerin çeşitli konfigürasyonları.....	17
2.16 : GTEM hücresi.....	18
3.1 : İplik katlama makinesi.....	23
3.2 : Süprem Örgü makinesi.....	23
3.3 : Deneyde kullanılan dokuma kumaşların örgü raporları.....	25
3.4 : Süprem örgünün şematik görünüşü.....	25
3.5 : EMSE ölçüm düzeneği.....	26
3.6 : Agilent N9310A RF sinyal jeneratörü.....	27
3.7 : 900 MHz ve 1800 MHz frekans bandları için alternatif sinyal kaynağı.....	27
3.8 : GW Instek GSP-827 spectrum analizör.....	27

4.1 : Atkı ipliği pamuk/50 µ bakır karışımı olan dokuma kumaşlarda SE değişimi.....	30
4.2 : Atkı ipliği pamuk/100 µ bakır karışımı olan dokuma kumaşlarda SE değişimi.....	31
4.3 : Pamuk/50 µ bakır karışımı iplikten örülen örme kumaşlarda SE değişimi.....	32
4.4 : Pamuk/100 µ bakır karışımı iplikten örülen örme kumaşlarda SE değişimi.....	33
4.5 : Atkı ipliği pamuk/50 µ bakır karışımı olan bezayağı kumaşlarda kat sayısı değişimine bağlı SE değişimleri.....	34
4.6 : Atkı ipliği pamuk/100 µ bakır karışımı olan bezayağı kumaşlarda kat sayısı değişimine bağlı SE değişimleri.....	35
4.7 : Atkı ipliği pamuk/50 µ bakır karışımı olan 1/3 dimi kumaşlarda kat sayısı değişimine bağlı SE değişimleri.....	36
4.8 : Atkı ipliği pamuk/100 µ bakır karışımı olan 1/3 dimi kumaşlarda kat sayısı değişimine bağlı SE değişimleri.....	37
4.9 : Atkı ipliği pamuk/50 µ bakır karışımı olan panama kumaşlarda kat sayısı değişimine bağlı SE değişimleri.....	38
4.10 : Atkı ipliği pamuk/100 µ bakır karışımı olan panama kumaşlarda kat sayısı değişimine bağlı SE değişimleri.....	39
4.11 : Atkı ipliği pamuk/50 µ bakır karışımı olan kırık saten kumaşlarda kat sayısı değişimine bağlı SE değişimleri.....	40
4.12 : Atkı ipliği pamuk/100 µ bakır karışımı olan kırık saten kumaşlarda kat sayısı değişimine bağlı SE değişimleri.....	41
4.13 : A1, D ve E olarak kodlandırılmış örme kumaşların SE değişimleri.....	43
4.14 : D ve F olarak kodlandırılmış örme kumaşların SE değişimleri.....	44
4.15 : E ve G olarak kodlandırılmış örme kumaşların SE değişimleri.....	45
4.16 : Sinyal jeneratörü ile alternatif sinyal kaynağının etkisinin karşılaştırılması.....	47
4.17 : Kullanılan çerçeve çeşidinin etkisinin karşılaştırılması.....	48
4.18 : dBm değerinin değiştirilmesinin etkisinin karşılaştırılması.....	49
4.19 : Ölçüm kutusunun iç duvarında piramit şeklinde poliüretan köpük kullanımının etkisinin karşılaştırılması.....	50

ÖZET

İLETKEN TEKSTİL YÜZEYLERİNDE ELEKTROMANYETİK KALKANLAMA ÖZELLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Bu çalışmanın amacı; elektriksel bakımdan iletken özellikli tekstil yüzeyleri üretilip, bu tekstil yüzeylerinin örgü sıklığı, örgü tipi ve kumaşların kat sayıları değiştirilerek iletken yüzeyin elektromanyetik kalkanlama (istenmeyen elektromanyetik etkilerden korunma amaçlı) özelliğini nasıl etkilediğinin araştırılmasıdır.

Bu çalışmada, öncelikle pamuk ipliği ile çeşitli incelikte olan bakır, çelik ve gümüş telleri katlanarak katlamalı iplik elde edilmiştir. Daha sonra üretilen bu ipliklerden dokuma ve örme kumaşlar iletken yüzeyler elde edilerek elektromanyetik dalgalara karşı kalkanlayıcı kumaş olarak kullanılması hedeflenmiştir. Elektromanyetik kalkanlama etkinliği ölçümleri Pamukkale Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümünden Yrd. Doç. Dr. Ahmet Özek ve Doç.Dr. Ceyhun Karpuz tarafından tasarlanan ölçüm düzeneğinde gerçekleştirilmiştir.

Ölçüm düzeneği spectrum analizör, RF sinyal jeneratörü, dual bantta çalışan iki anten ve dışarıdan gelebilecek etkilere karşı ekranlanmış ölçüm kutusundan oluşmaktadır.

Ölçümlerde kullanılan iletkenin cinsi, iletkenin inceliği, tekstil yüzeylerinin örgüleri, kullanılan ipliklerin numarasının değişmesi ve üretilen tekstil yüzeyinin sıklığının değişmesi elektromanyetik kalkanlama özelliğini etkilediği görülmüştür.

SUMMARY

A RESEARCH ABOUT ELECTROMAGNETIC(EM) SHIELDING EFFICIENCY OF CONDUCTIVE TEXTILE SURFACES

Aim of this work is producing conductive textile surfaces, searching electromagnetic shielding property of these textile surfaces and then evaluate the influence of textile constructional parameters on the electromagnetic shielding property of these textile surfaces.

In this work, various fineness of copper, steel and silver wires and cotton yarn are used in doubled yarn form. And then doubled yarns are used to make knitted and woven fabrics. Electromagnetic shielding measurements were carried out using the specially designed measurement set that is designed by Asst.Prof. Dr. Ahmet Özek and Assoc.Prof. Dr. Ceyhun Karpuz from Electric-Electronic Engineering Department of Pamukkale University. Measurement set is a two room measurement unit, consisting a spectrum analyzer, a RF signal generator, and two dual band antennas.

It is seen that influential parameters on the electromagnetic shielding property of fabrics are fineness of conductive wire, structural differences of textile surface, such as yarn thickness, tightness of knitted and woven surfaces.

1.GİRİŞ

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte teknolojik ürünler kullanımı artmıştır. Çevremizdeki akım taşıyan kablolar, elektrikli aletler, yüksek gerilim hatları, TV ve bilgisayarlar, radyo antenleri, cep telefonları ve diğer elektrik-elektronik ürünler elektromanyetik (EM) alan oluşturmaktadırlar ve enerji yayılmasına neden olmaktadır. Oluşan bu elektromanyetik alan ve enerji yayılımı canlılara zarar verebilmektedir ve hatta elektromanyetik girişim, EMI oluşturarak diğer elektronik ürünleri olumsuz etkileyebilmektedir.

Günlük hayatta etrafımızda bulunan elektromanyetik alanlar (EMA) insan organizmasına büyük ölçüde zarar verebilmektedir. İnsan sinir sistemi 500.000 km uzunluğu, 25 milyar sinir hücresi ile dev bir elektriksiz donanıma sahip muazzam bir elektronik sistemdir. Bedeni fonksiyonların hepsi 1-250 mikrovolt arası çok küçük gerilimli elektrik uyarıları ile devam etmektedir. EMA dışarıdan bu hassas sisteme tesir etmesi durumunda, doğal sirkülasyon zarar görebilmektedir. Dolaşım sistemi ve sinir sisteminde buna bağlı bozukluklar ortaya çıkabilmektedir. Vücudun bağışıklık sisteminin sürekli zayıflamasının “kanseri artıran bir etki” yapacağı da artık tıp tarafından kabul edilmiş bir konudur (Şeker, 2000).

EMA'nın iki tür biyolojik etkisi vardır. Birinci kısım kısa zamanda hissedilen etkiler diyebileceğimiz baş ağrıları, göz yanmaları, yorgunluk, halsizlik ve baş dönmeleri gibi şikâyetlerdir. Ayrıca gece uykusuzlukları, gündüz uykulu dolaşım, küskünlük ve sürekli rahatsızlık nedeniyle topluma katılmamak gibi neticeler de literatürde rapor edilmiştir. Diğer bir etki ise moleküller ve kimyasal bağlara, hücre yapısına vücut koruma sistemine yaptığı ve uzun sürede ortaya çıkabilen etkilerdir (Şeker, 2000).

EM kalkanlama konusunda etkinliği bilinen tipik metal ürünleri pahalı, ağır, ısıl genleşme ve esnek olmama gibi özellikleri nedeniyle her yerde kullanıma uygun değildir. Elektronik ve elektrik aletlerin EM koruması için tekstil ürünü kullanımı; hafif, esnek ve ucuz olduğundan ötürü popüler olmuştur. Kumaş yapımında kullanılan çoğu sentetik tekstil lifleri $10^{15} \Omega/\text{cm}^2$ direnci sağlayan yalıtım malzemeleridir. Bu değer elektromanyetik kalkanlama uygulamaları için gerekli direnç değerinden daha yüksektir. Örneğin anti-elektrostatik malzemelerin direnci $10^9 \Omega/\text{cm}^2$ ve $10^{13} \Omega/\text{cm}^2$ aralığında istenir. Kalkanlama malzemesi için istenen değer $10^2 \Omega/\text{cm}^2$ den daha düşüktür. EM kalkanlamayı sağlayıcı kumaş oluşturmaın yolları aşığıda belirtilmiştir (Cheng, 2000):

- Kumaşın yüzeyine iletken yüzeylerin laminasyonu, örnek; iletken polimerlerle kumaş kaplama.
- Yüzey içerisine karbon lifi ve paslanmaz çelik gibi iletken malzemelerin eklenmesi.
- Kumaşı oluşturunken içine iletken iplik ya da liflerle bütünleştirerek iletken kumaş yapımı.

Bu çalışmada EM kalkanlama amaçlı olarak kullanılabilcek tekstil yüzeyi yapılı elektriksel olarak iletkenlik değerı yüksek ürünler geliştirilerek bu ürünlerin EM kalkanlama etkinlikleri araştırılmıştır.

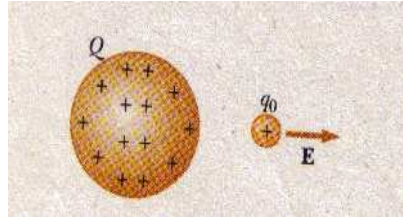
Çalışma öncesinde konuyla olan ilgisi nedeni ile elektrik alan; elektromanyetik alan, ekranlama, EM alan kalkanlama etkinliği ölçüm yöntemleri konusunda temel bilgi verilmiştir.

2.KURAMSAL BİLGİLER VE LİTERATÜR TARAMALARI

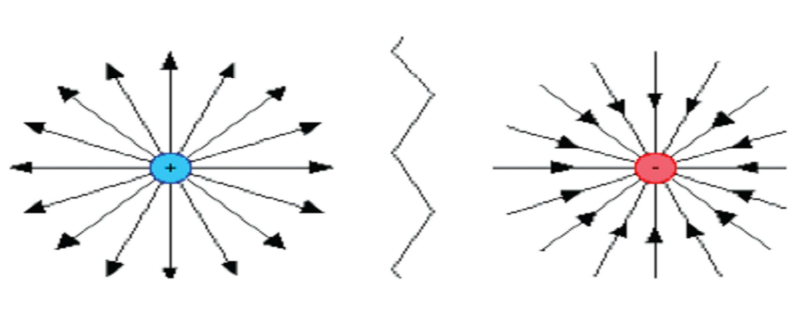
2.1 Kuramsal Bilgiler

2.1.1 Elektrik alan

Elektrik alanı E vektörü ile gösterilir. Uzayda bir noktadaki E elektrik alanı, o noktaya konulan artı bir deneme yüküne etkileyen F_e elektrik kuvvetinin deneme yükünün q_0 büyüklüğüne bölümü olarak tanımlanır (Serway ve Beichner, 2002). Eksi yük için elektrik alan vektörü E radyal olarak eksi yüke doğru yönelmiştir. Artı yük içinse durum radyal olarak yükten dışarı doğrudur (Çınar, 2006).



Şekil 2.1 : q_0 yüküne etkileyen elektrik alanı (Serway ve Beichner, 2002)



Şekil 2.2 : Elektrik alan çizgileri (Çınar, 2006)

Coulomb yasasına göre q yükünün q_0 deneme yüküne uyguladığı elektrik kuvveti aşağıdaki denklemde gösterilmiştir. (2.1).

$$F_e = k_e \frac{q \cdot q_0}{r^2} \hat{r} \quad (2.1)$$

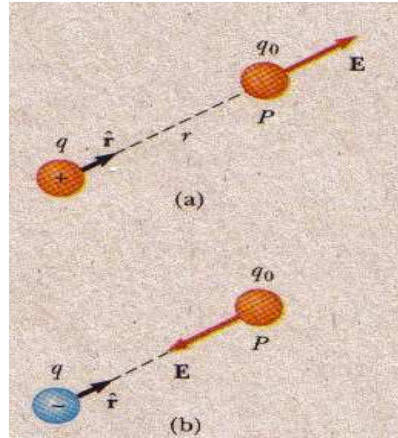
$$k_e = 8,9875 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \quad (2.2)$$

$$\epsilon_0 = 8,8542 \times 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{Nm}^2} \quad (2.3)$$

$$1 \text{ C} = 6,24 \times 10^{18} \text{ elektron ya da proton yükü} \quad (2.4)$$

Buradaki F_e elektrik kuvveti, k_e coulomb sabiti, ϵ_0 boş uzayın elektriksel geçirgenlik sabiti ve \hat{r} , q dan q_0 'a yönelik birim vektördür. Deneme yükünün bulunduğu konumda elektrik alanı $E = F_e/q_0$ ile tanımlandığından, q ' nun P ' de oluşturduğu elektrik alanı aşağıdaki denklemde gösterilmiştir (2.5) (Serway ve Beichner, 2002).

$$E = k_e \frac{q}{r^2} \hat{r} \quad (2.5)$$

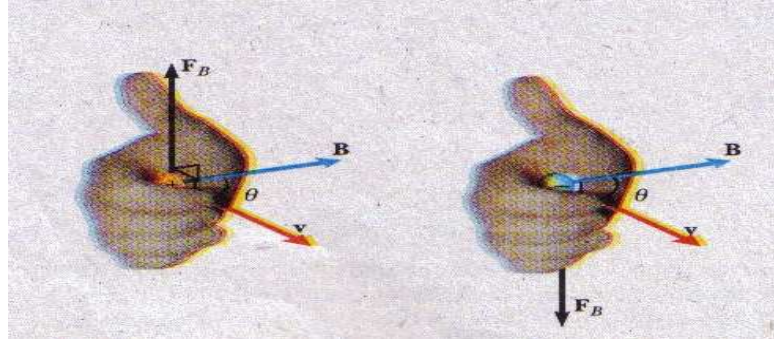


Şekil 2.3 : q yükünün P de oluşturduğu elektrik alanı (Serway ve Beichner, 2002)

2.1.2 Manyetik alan

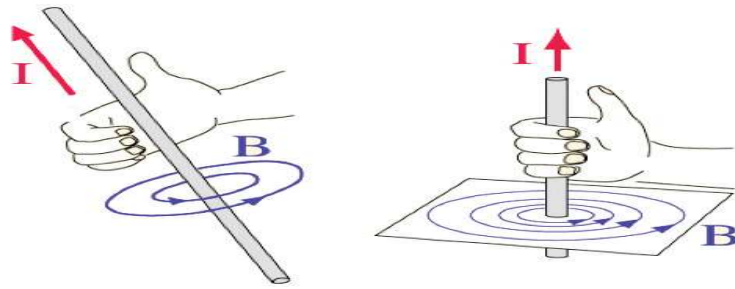
Uzayın bir noktasındaki B manyetik alanı, orada bulunan bir deneme cisminin alanın uyguladığı F_B manyetik kuvveti cinsinden tanımlanabilir. v hızıyla hareket eden deneme cisminin etkileyen F_B manyetik kuvveti aşağıdaki denklemle ifade edilmektedir. (2.6). Q pozitif ise; F_B nin yönü $v \times B$ nin yönünde, q negatif ise; $v \times B$ ile ters yönlüdür. Manyetik alan birimi Tesla olup T ile gösterilmektedir (Serway ve Beichner, 2002).

$$F_B = qv \times B \quad (2.6)$$



Şekil 2.4 : q yüküne etkiyen manyetik kuvvetin yönü (Serway ve Beichner, 2002)

$$F_B = |q|vB \sin \theta \quad (2.7)$$



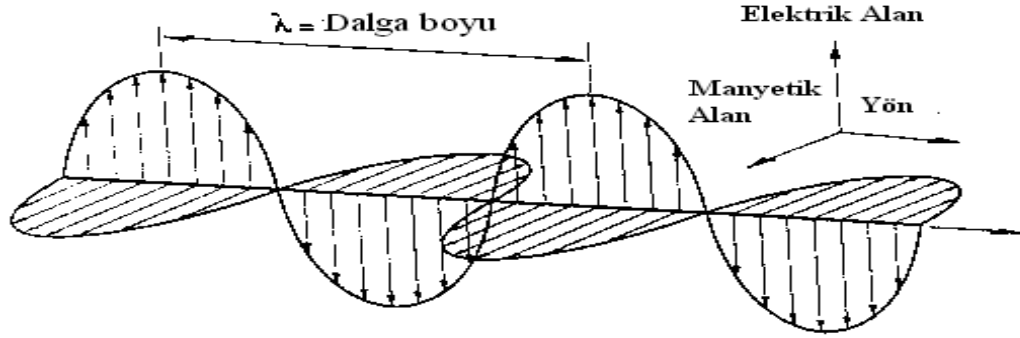
Şekil 2.5 : Akım taşıyan telde manyetik alan çizgileri (Çınar, 2006)

Fizikçiler tarafından manyetik alan, elektrik mühendisleri tarafından manyetik akı yoğunluğu olarak ifade edilen; fizikçiler tarafından mıknatıslama alanı B ile, elektrik mühendisleri tarafından manyetik alan şiddeti H olarak tanımlanan ifadeye ait denklem aşağıda ifade edilmiştir. (2.8). Denklemde görülen μ_o boş uzaydaki manyetik geçirgenliktir.

$$H = (B / \mu_o) \quad (2.8)$$

2.1.3 Elektromanyetik alan

Elektromanyetik alan, aslında manyetik alanla elektrik alanının birleştirilmiş asıl halidir (Çınar, 2006). Şekil 2.6'da manyetik alan ve elektrik alanının bileşimi ile oluşmuş olan EM dalga şekli görülmektedir. Tablo 2.1'de günlük hayatta maruz kaldığımız EM alan kaynakları verilmiştir.



Şekil 2.6 : Elektromanyetik alan (URL-1, 2009)

Tablo 2.1 : EM alan kaynakları (Uygunol ve Durduran, 2008)

Doğal EM Kaynakları	Doğal Olmayan EM Kaynakları
Güneş	TV ve bilgisayarlar
Bazı uzak yıldızlar	Elektrik akımı taşıyan yeraltı ve yer üstü elektrik hatları
Yıldırımlar	Elektrikli ev aletleri
	Mikrodalga fırınlar
	Radyo ve tv vericileri
	Telsiz haberleşme sistemleri,
	Kordonsuz telefonlar
	Hücreli telefon sistemleri (GSM Baz istasyonları)

Bir kaynaktan EM ışınım yayılması sonucu oluşan girişim (parazit), elektrik alan E ışınımı ve manyetik alan H ışınımı ile gerçekleşir. Alıcı sistem EM kaynağa yakın ise, (yakın alan) elektrik alan ve manyetik alan ayrı olarak ele alınmaktadır. Alıcı sistem kaynaktan uzakta ise (uzak alan) EM ışınım, E ve H alanlarının birleşimi olarak veya elektromanyetik ışınım olarak tanımlanmakta, bir kaynaktan yayılan alan karakteri, kaynağa olan mesafeye göre değişmektedir. Şekil 2.7’de EM kaynağa olan mesafeye göre ($\lambda/2\pi$ mesafesi), *yakın alan* ve *uzak alan* kavramları tanımlanmıştır. Bu iki bölgenin kesişme bölgesi, geçiş bölgesi olarak tanımlanmaktadır. (Arı ve Özen, 2008).

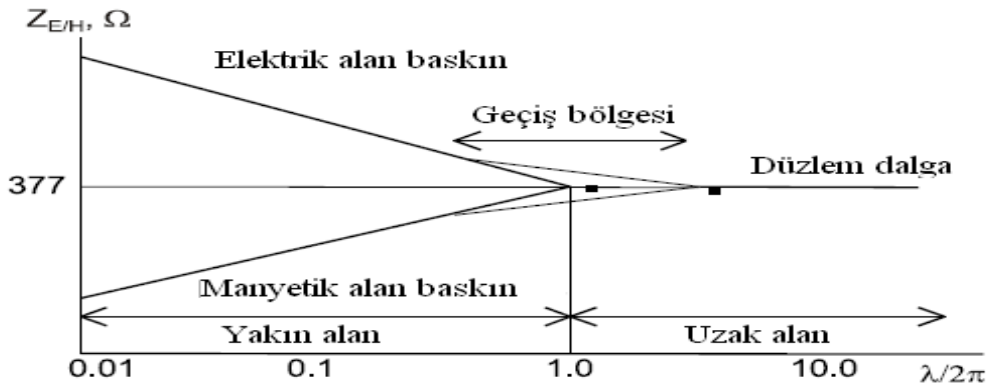


Şekil 2.7 : EM radyasyon kaynağı ve girişim alanlarının tanımı (Arı ve Özen, 2008)

Elektrik alan E'nin manyetik alan H'a oranı dalga empedansı olarak tanımlanmakta, uzak alan bölgesinde bu oran, "ortamın karakteristik empedansı" olarak isimlendirilmektedir. Aşağıdaki denklemle dalga empedansı Z_o olarak tanımlanmış olup değeri 377Ω olarak hesaplanmıştır. (2.9).

$$Z_o = \frac{E}{H} = 120\pi = 377\Omega \quad (2.9)$$

Şekil 2.8'de EM ışınım kaynakları etrafındaki alanlar yakın alan, uzak alan ve geçiş bölgesi olmak üzere üç farklı alan gösterilmiştir.



Şekil 2.8 : EMI kaynağı etrafındaki ayırıcı alanlar (Wieckowski ve Janukiewicz, 2006)

Elektromanyetik uyumluluk, EMC, elektronik ve elektrikli aygıt, gereç ve sistemlerin, kendileri çok yüksek EM ışınımları yaratmamak koşuluyla, içinde buldukları EM ortamlarında, istenilen normal şartlarda çalışmalarını yerine getirebilmeleri, birbirleriyle uyum içinde çalışabilmeleri olarak tanımlanmaktadır.

Örneğin, aynı EMA ortamında bulunan bir radardan, bir alıcı/verici telsizden ve bir uçağın savaş sistemlerini denetleyen mikroişlemci kartından çıkan EM dalgaların yüksekliklerinin ve sıklıklarının, bu aygıtların birbirlerine zarar vermeden, uyum içinde çalışabilecekleri şekilde düzenlenmesi gereklidir. Elektronik aletlerin ve özellikle sayısal (digital) sistemlerin hem sivil, hem de askeri ortamlarda günden güne çoğalması, çeşitlenmesi ve çalışma sıklıklarının yükselmesi, bu uyum açısından riskleri arttırmaktadır. Bu yüzden EMI problemi daha sık karşımıza çıkmakta ve EMC konusunu daha önemli hale getirmektedir (Gürel, 2002).

Bir üründe karşılaşılan bir EMC problemi için başlıca korunma yöntemleri ekranlama, topraklama, kablo ve konnektörler ve filtreler olmak üzere dört ana başlık altında toplanmaktadır (Sevgi, 2004). Çalışmanın konusu olan ekranlama yöntemi hakkında detaylı bilgi aşağıda verilmektedir.

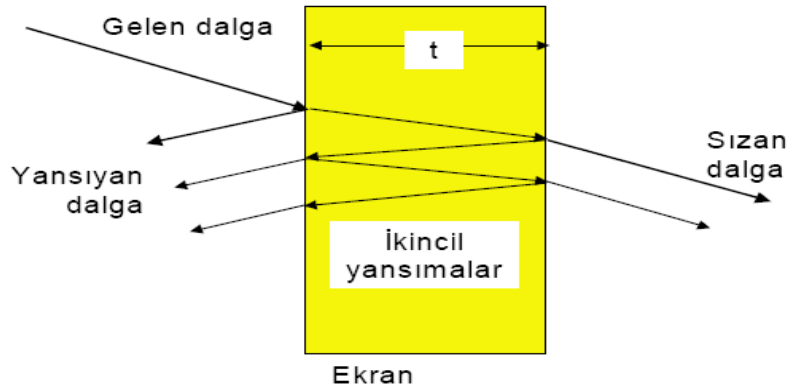
2.1.4 Ekranlama

Ekranlama; kart, devre ya da cihaz düzeyinde iki ortamı birbirinden elektromanyetik anlamda izole etmek diye tanımlanmaktadır. Ekranlamanın etkili olması ekranlanacak kaynağın cinsine bağlı olarak değişir. İçinden akım akan iletken tel parçaları elektrik dipol gibi, içinden akım akan halka şeklindeki parçalar ise manyetik dipol gibi davranmaktadırlar (Sevgi, 2004). Ekranlama (kalkanlama) teorisi Maxwell denklemleri ile açıklanabilir.

Ekranlamanın tipik bir ölçüsü olarak ekranlama etkinliği,, SE aşağıdaki denklemle gösterilmiştir. (2.10). Bu denklemde elektrik alan şiddeti E_1 , manyetik alan şiddeti H_1 ve güç P_1 değerleri kalkanlamanın olmadığı durumlarda elde edilen ölçüm verileridir. E_2 , H_2 ve P_2 değerleri ise kalkanlamanın olduğu durumlarda elde edilen ölçüm verileridir.

$$SE=20\log(E_1/E_2)=20\log(H_1/H_2)=10\log(P_1/P_2) \quad (2.10)$$

Şekil 2.9'da ekranlama amaçlı kullanılan bir yüzeydeki ekranlama etkinlik bileşenleri gösterilmiştir. Denklem 2.11'de kalkanlama etkinliği bileşenleri ifade edilmiştir. Aşağıdaki denklemde A ile ifade edilen yutulma kaybı; R ile ifade edilen yansıma kaybı ve B ile ifade edilen ikincil yansıma etkileridir. (2.11).



Şekil 2.9: Kalınlığı t olan bir duvarın ekranlama etkinliği bileşenleri (Sevgi, 2004)

$$SE=A+R+B \text{ [dB]} \quad (2.11)$$

SE değerinin pozitif ve yüksek seviyede olması iyi ekranlama etkinliği olduğu; negatif SE ise çınılama (rezonans), yani ekranlama bir yana işaretin kuvvetlenmesi anlamına gelmektedir.

Ekranlama amacıyla seçilecek malzemeler üç grupta toplanabilir (Sevgi, 2004):

1. Yüksek performanslı malzemeler: Çelik, bakır, paslanmaz çelik gibi malzemelerden yapılmış ve tamamen metal kaplı yapılar, (80-120 dB ekranlama etkinliği).
2. Standart performanslı malzemeler: İletken metal tabakalar ya da metal parçacıklı yapılar, (20-40 dB ekranlama etkinliği).
3. Zayıf performanslı malzemeler: Metalleştirilmiş kumaş yapılar, iletken kağıt malzemeler (iletken polimerler), (15-30 dB ekranlama etkinliği) (Sevgi, 2004).

Bazı malzemelerin iletkenlik değerleri Tablo 2.2’de gösterilmiştir.

Tablo 2.2 : Malzeme iletkenliği (Arı ve Özen, 2008)

Malzeme adı	İletkenlik (S/m)
Alüminyum	$3,5 \times 10^7$
Pirinç	$3,6 \times 10^7$
Karbon	3×10^4
Bakır	$5,8 \times 10^7$
Germanyum	2,3
Altın	$4,1 \times 10^7$
Demir	10^7
Civa	10^6
Deniz suyu	4
Gümüş	$6,2 \times 10^7$
Tungsten	$1,8 \times 10^7$

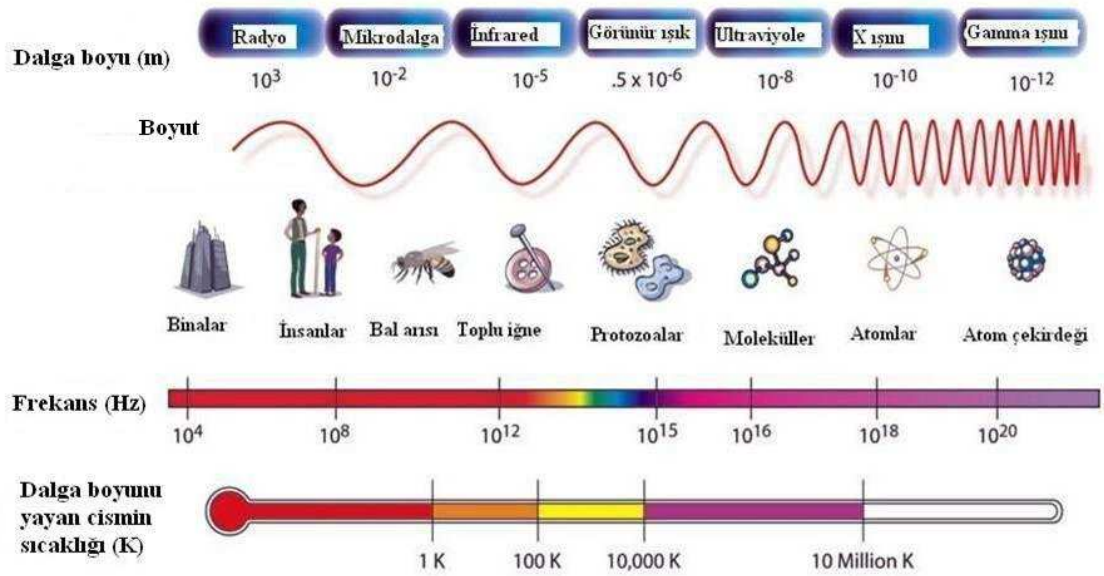
2.1.5 Elektromanyetik alanın sağlığa zararları

Elektromanyetik radyasyon, EMR, dalga özellikli radyasyonlar olarak tanımlanmaktadır. Tüm EM dalgalar, boşlukta aynı hızla yayılmakta, bu hızın ışık hızına eşit olup 300,000 km/sn olduğu bilinmektedir.

EM dalgaların hızı ile frekans ve dalga boyu arasındaki ilişki aşağıdaki denklemle açıklanmaktadır. (2.12).

Şekil 2.10'da gama ışınlarından radyo dalgalarına kadar elektromanyetik dalgaları içeren dizilim olan elektromanyetik spektrum görülmektedir. Şekil 2.10'da gösterilen EM spektrumun içerisindeki dalgaların frekans aralıkları Tablo 2.3'de verilmiştir.

$$\text{Işık Hızı (} 3 \times 10^{10} \text{ cm/sn)} = \text{Frekans (1/sn)} \times \text{Dalga Boyu (cm)} \quad (2.12)$$



Şekil 2.10 : EM spektrum (URL-2, 2010)

Tablo 2.3. : EM spektrumdaki dalgaların Hertz cinsinden frekansları (URL-3, 2010)

Dalga Adı	Frekans (Hertz)
Gamma ışını	10^{20} - 10^{24}
X ışını	10^{17} - 10^{20}
Ultraviyole ışınları	10^{15} - 10^{17}
Görünür Işıklar	4 - 7.5×10^{14}
İnfrared ışınları	10^{13} - 10^{14}
Mikrodalga	3×10^{11} - 10^{13}
Radyo dalgaları	$< 3 \times 10^{11}$

Dalga boyu son derece küçüldüğünde EMR, madde ile karşılaştığında, dalga olmaktan çok, bir enerji kümesi gibi davranmakta olup bu enerji kümeleri “kuantum” veya “foton” olarak isimlendirilmektedir. Bu tipteki EMR’lar, X ve gamma ışınlarıdır. Enerjileri çok yükselen bu ışınlar moleküllere çarptığında onları iyonlaştırarak, molekül yapısını, yani yaşamsal fonksiyonlarını bozmakta ve böylece olumsuz biyokimyasal tepkimeler sonucunda kanser oluşumunu kolaylaştırabilmektedir. Yapılan çalışmalarda X ve gamma ışınlarına maruz kalan insanlarda, kanser vakalarının oluşumunun (relatif risk) arttığı görülmüştür. Bu nedenle bu ışınlar, “İyonlaştırıcı Elektromanyetik Radyasyon” şeklinde ifade edilmektedir.

Bir diğer EMR grubu ise, elektriksel iletken tekstil ürünlerinin kalkanlama sağlaması amacı ile kullanıldığı “İyonlaştırmayan Elektromanyetik Radyasyonlar” grubudur. Bu gruba giren ışınlar düşük enerji seviyesinden yüksek enerji seviyesine doğru radyo dalgaları, mikro dalgalar, infrared radyasyon, görünür ışınlar ve lazer ışınları, ultraviyole ışınları olmak üzere sıralanırlar. Dalga boyu olarak, insan vücut kalınlığı içine düşen mikro dalgalar ve altındaki ışınların (infrared radyasyon, görünür ışınlar ve lazer ışınları, ultraviyole ışınları) insan vücuduna verdiği zararlar çeşitli kuruluşlar tarafından yapılan araştırmalarla ifade edilmiştir. (Palamutcu ve Dağ, 2009).

SAR oranı, cep telefonları ile ilgili önemli rakam olup, cep telefonu kullanımı sırasında vücut dokusu tarafından emilen EMR seviyesini gösteren bir değer olarak tanımlanmaktadır. Avrupada, ICNIRP tarafından tavsiye edilen SAR limiti insan 2.0W/kg olarak belirlenmiştir. Amerika’da ise FCC tarafından tavsiye edilen bu rakam 1.6 W/kg’ dır (URL-4, 2010).

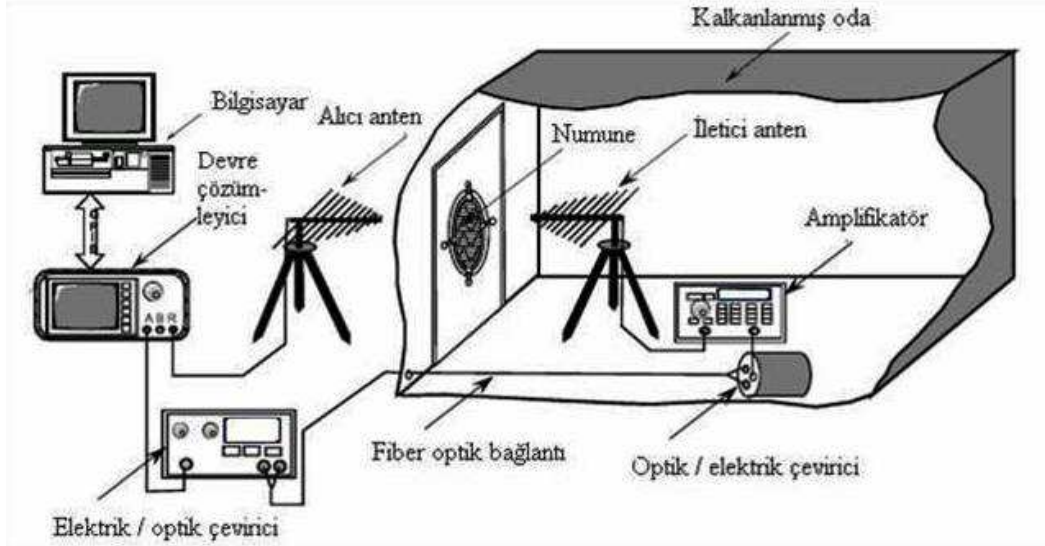
EM dalgalara maruz kalan insanlarda baş ağrısı, baş dönmesi, bulantı, halsizlik, uykusuzluk, konsantrasyon bozukluğu, titreme, karıncalanma, hafıza kaybı, kas ve eklemlerde ağrı gibi nörolojik etkiler, göğüs ağrısı, düşük veya yüksek tansiyon, kalp artışı hızlanma veya yavaşlama, nefes darlığı gibi kardiyolojik etkiler, sinüzit, bronşit, zatürre, astım gibi solunum yolu sorunları, ciltte tahriş ve yüzde kızarıklık gibi dermatolojik etkiler, göz yanması, görme bozukluğu, sindirim sorunları, bağışıklık sisteminde zayıflama, saç dökülmesi, kulak çınlaması, koku alma duyusunda bozulma gibi olumsuzlukların ortaya çıktığı belirtilmiştir. Uzun vadeli etkilerde ise göğüs kanseri, anormal hücre bölünmesi, sinirlerde hasar, Alzheimer ve Parkinson hastalığı, DNA kırılması, beyin hasarları ve düşüklere neden olabildiği belirtilmiştir (URL-5, 2009).

2.1.6 EM Kalkanlama Etkinliği Ölçüm Standartlar

2.1.6.1 MIL–STD-285

Askeri amaçlar için SE değerlendirilmesinde kullanılan Amerika’da geliştirilen MIL-STD-285 standardı 1956 da yayınlanmıştır. Bu yöntem 100 kHz - 10GHz frekans aralığı için kullanılmaktadır. .

Standart kapsamında frekans aralıkları ve elektrik bileşenleri tanımlanmıştır. MIL-STD-285’de tanımlanan SE ölçüm yöntemleri daha sonra IEEE-STD-299 olarak değiştirilmiştir. Bu standartta SE değeri numune varken ve yokken ki değerler üzerinden hesaplanmaktadır. MIL-STD-285’den türemiş ölçüm standartlarında genelde 1x1m,0,5x0,5m kare veya 30 cm çapında yuvarlak test numuneleri ile ölçüm yapılmaktadır. Şekil 2.11 de MIL-STD-285’e benzer olarak bir ölçüm düzeneği gösterilmiştir (Wieckowski ve Janukiewicz, 2006).



Şekil 2.11. : MIL-STD-285 test standardının modifiye edilmiş prensip ölçüm düzeneği (Wieckowski ve Janukiewicz, 2006)

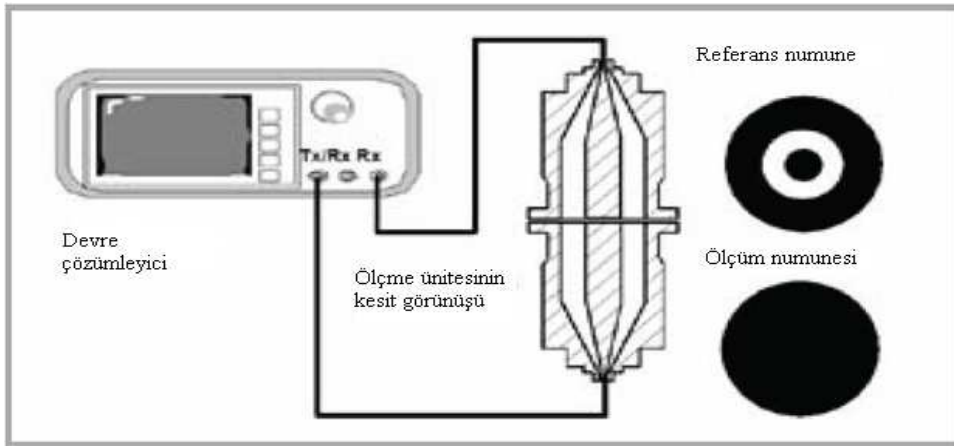
2.1.6.2 MIL-STD-907B

MIL-STD-285 standardının elektromanyetik olarak kalkanlanmış odalarda EM azalma ölçümlerinin belirlenmesinde kullanılmakta olduğu belirtilmiştir. Bu standardın bilinen yetersizlikleri ile ilgili olarak birçok kuruluş tarafından yapılan düzeltme girişimleri başarısızlıkla sonuçlanmıştır, ancak JOCOTAS tarafından kontrol edilen EMI bölümünün modifiye edilmiş şekli MIL-STD-907B standardı olarak yayınlanmıştır. Bu standartta EMI test parametreleri, ölçüm tekniğinin değişkenliğini düşürme, ölçüm tekrarlanabilmesini geliştirme ve manyetik alan (düşük empedans) testlerinde güvenilirliğin sağlanması amacı ile geliştirilmiştir. Düzlem dalga ve elektrik alan test prosedürleri MIL-STD-285 standardı ile aynı prensip kullanılarak ile yapılmaktadır (Lee ve Madden, 1990).

2.1.6.3 ASTM D4935

Bu standart 1989'da ASTM tarafından düzlemsel malzemelerin elektromanyetik koruyucu etkilerini ölçmek amacıyla geliştirilmiştir. ASTM D4935'ün 1999 da yenilenen versiyonu Eylül 2005'ten itibaren kabul görmemesine rağmen, pek çok yerde kullanılmaya devam edilmektedir (Wieckowski ve Janukiewicz, 2006).

30 MHz-1,5 GHz frekans aralığında SE ölçümleri yapılabilen standartta, SE yansıma ve ek kayıplar hesaba katılarak test numunesi ile referans numune SE değerleri arasındaki fark karşılaştırılarak ekranlama etkinliği belirlenmektedir. Ölçüm prosedürü iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada referans numunesi kapasitif kuplajı dengelemek için test adaptörüne yerleştirilmekte; numune 133/76 mmlik halka içerisinde 33 mm çapında hazırlanan referans numune ölçüm işlemine tabi olmaktadır. İkinci aşamada ise ölçüm numunesi kullanılmakta ve iki değer arasındaki fark SE olarak belirlenmektedir (Wieckowski ve Janukiewicz, 2006). Şekil 2.12 de ASTM D4935 test standardı için kullanılan ölçüm düzeneği gösterilmiştir.



Şekil 2.12.: ASTM D4935 test standardı için kullanılan ölçüm düzeneği (Wieckowski ve Janukiewicz, 2006)

2.1.6.4 IEEE STD 299

1969 da yayınlanan IEEE-STD-299 standardının şu an 2006 yılında yayınlanmış son versiyonu yürürlüktedir. 2005 yılından önceki versiyonlarda SE ölçümlerindeki belirsizlik tam olarak açıklanmamaktadır.

1997 versiyonunda belirtilmiş olan; ölçüm yapılan koruyucu odaların en küçük lineer boyutlarının 2m'den büyük veya eşit olma sınırı 2005 versiyonu için de geçerlidir. Konuyla ilgili yapılan çalışmalarda 2m'den daha küçük herhangi bir boyuttaki koruyucu odalara uygulanabilen test prosedürlerinin geliştirilmekte olduğu belirtilmiştir. (Croisant, 2005).

IEEE-STD-299'un 1997 versiyonunda ölçüm aralığı üç alt aralığa bölünmüştür.

- Düşük aralık- 9kHz (50 Hz) den 20MHz -Manyetik bileşen(H) için
- Rezonans aralık-20MHz den 300 MHz'e -Elektriksel bileşen(E) için

- Yüksek aralık-300 MHz den 18 Ghz'e -Düzlem dalga gücü için(P) için (Wieckowski ve Janukiewicz, 2006).

2.1.6.5 TS EN 50147-1

Bu standart 9 KHz-40 GHz frekans aralığında kalkanlanmış odaların ekranlama zayıflama etkisini ölçmekte kullanılmaktadır. Ekranlama etkinliği hesabı için aşağıdaki denklemler kullanılmaktadır. (2.13 ve 2.14).

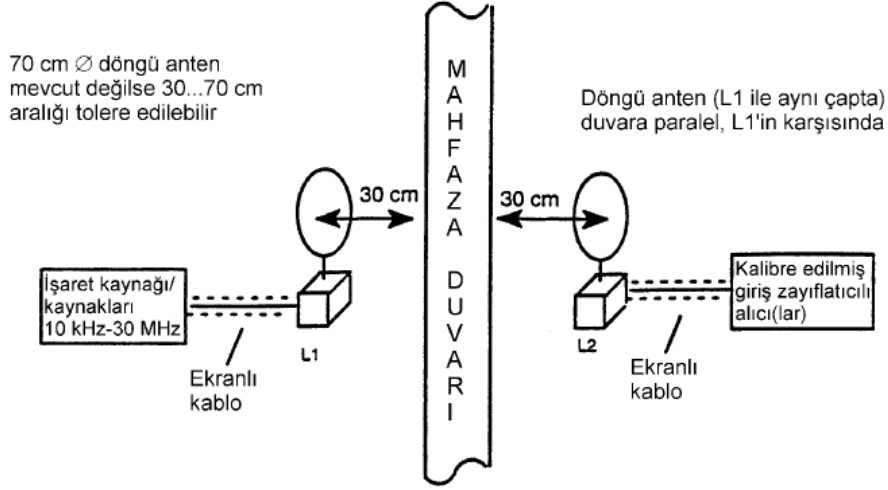
$$\alpha_s=20\log(E_0/E_1) \quad (2.13)$$

$$\alpha_s=20\log(H_0/H_1) \quad (2.14)$$

Buradaki α_s ; dB cinsinden kalkanlama etkinliği, E_0 ve H_0 verici ve alıcı antenler arasında herhangi bir ekranlamanın olmadığı durumdaki değerlerdir. E_1 ve H_1 ise verici ve alıcı antenler arasında ekranlamanın olduğu durumdaki değerlerdir.

Standart kapsamında kullanılan deney cihazları:

- Uygun frekans kararlılığına sahip, 9 KHz-40 GHz aralığını kapsayan kesintisiz dalga işaret kaynakları, (mikrodalga bölgesinde (1-40 GHz) sürekli dalga kaynakları bulunamıyorsa, bu kaynaklar yerine darbe üreten kaynaklar kullanılabilir).
- Manyetik alan ölçme işlemleri için halka antenler.
- Elektrik alan ve düzlem dalga ölçme işlemleri için ayarlanabilir veya geniş bantlı iki kutuplu antenler, mikrodalga frekanslarında düzlem dalga ölçümleri için boynuz antenler.
- Ek yeri sızıntısı ölçme işlemleri için sondalar.
- Uygun hassasiyette alıcılar (TS EN 50147-1, 2005).

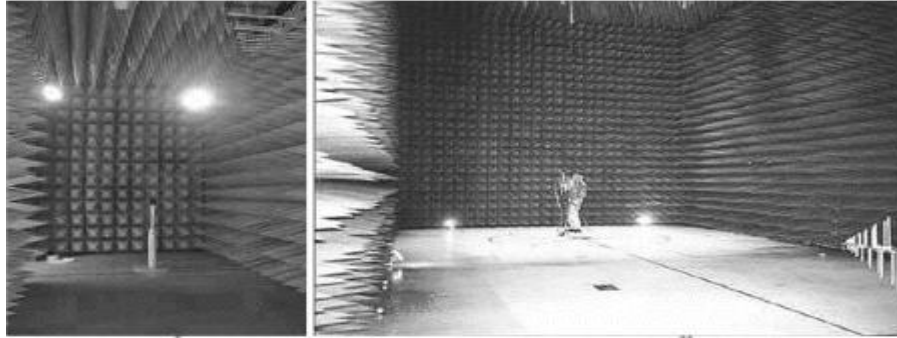


Şekil 2.13 : Manyetik alan (elektrik alanı) ölçmesi için deney düzeneği (TS EN 50147-1, 2005)

2.1.7 EM Kalkanlama Ölçüm yöntemleri

2.1.7.1 Yankısız oda

Şekil 2.14’de gösterilen yankısız odaların ekranlama ölçümlerinde kullanımı oldukça yaygın olarak karşılaşılmaktadır. Yankısız odaların iç duvar yüzeyleri karbon kaplı absorbe edici konikler ve/veya ferrit duvar döşemelerle kaplanmaktadır. Anten ile test numunesi arasındaki mesafenin 1 m’den daha fazla olması önerilmektedir. Yankısız odalarda absorbe edici etkilerinin düşük olması nedeni ile düşük frekanslarda (<80MHz) ölçüm yapılması için uygun bulunmamaktadır. (Montrose ve Nakauchi, 2004).



Şekil 2.14 : 3m ve 10 m uzunluğundaki yankısız odalar (Montrose ve Nakauchi, 2004)

2.1.7.2 Özelleştirilmiş test hücreleri

Bu grupta TEM ve GTEM olarak adlandırılan iki esas ölçüm hücresi yer almaktadır. Bu test hücrelerinin en büyük avantajı boyutlarının küçük olmasıdır.

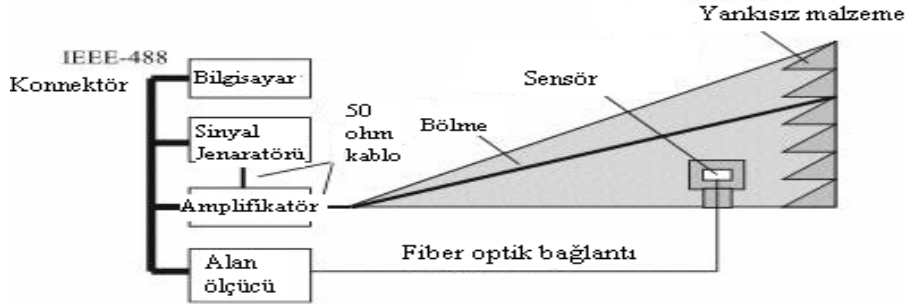
TEM hücresi; yayılan ışınlar karşı bağışıklıkta ve yayılım analizinde laboratuvar ortamlarında kullanılan küçük muhafazalı odalardır. (Şekil 2.15) TEM hücresinin avantajı küçük boyutlarda, düşük maliyetli, amplifikatöre ihtiyacı olmaksızın, istenilen herhangi bir yere taşınabilir ve yerleştirilebilir olmalarıdır. Ayrıca dışarıdan yayılan ışınım karşı ek bir ekranlama işlemine ihtiyaç olmamaktadır. Dezavantaj olarak ise test sırasında hücre içindeki durumun izlenmesi için bir pencereye ihtiyaç olmasıdır.



Şekil 2.15 : Bilinen TEM hücrelerin çeşitli konfigürasyonları (Montrose ve Nakauchi, 2004)

Şekil 2.16'da gösterilen GTEM hücresinin normal TEM hücresine göre belirgin avantajları vardır. Yüksek frekanslardaki ölçüm limitleri, sinyal kaynağından bitiş noktasına kadar devam eden sivri uçlu iletim hattı kullanılarak yok edilmektedir.

Hücresinin sonunda bulunan yankısız absorblayıcılar GHz seviyelerinde etkin ölçüm yapılmasına olanak vermektedir. GTEM hücresinin bir diğer avantajı ekranlamaya gerek kalmadan tüm frekans aralıklarında test yapılmasını sağlamalarıdır. Ayrıca küçük çıkış güçlü amplifikatör kullanılabiliyor olması amplifikasyon maliyetinde tasarruf sağlamaktadır. (Montrose ve Nakauchi, 2004).



Şekil 2.16 : GTEM hücresi (Montrose ve Nakauchi, 2004)

2.2 Literatür Taramaları

Cheng vd (2000) araştırmalarında iletken örgü kompozit kumaşlar üzerinde çalışmışlardır. Cam lifleri ve polipropilen matriks kullanılarak hazırlanan kompozit malzemelerde EM kalkanlama özelliğini sağlamak amacıyla iletken malzeme olarak bakır tel kullanmışlardır. Kompozit içindeki bakır miktarı, kumaş örgü yapısı, sıklığı, ve iplik bileşimi değiştirilerek 300 kHz-3 GHz arasındaki frekanslarda elektromanyetik kalkanlama etkinliği, EMSE ölçümleri yapılmıştır. Sonuç olarak örgü yapılı kompozit yüzeylerin bileşenindeki bakır miktarının EMSE değeri üzerinde etkili olduğu belirtilmiştir.

Cheng (2000) yaptığı çalışmada elektromanyetik kalkanlama uygulamaları için paslanmaz çelik/polyester örgü kumaşı tasarlamıştır. Ring ve DREF iplik eğirme makinalarında eğrilen paslanmaz çelik/polyester kesikli lif karışımı iplikler düz yataklı örme makinesinde örülerek farklı yapılarda örgü kumaş numuneleri hazırlanmıştır. SE için koaksiyal iletim hattı kullanılarak 30 kHz - 300 MHz frekans aralığında ölçüm yapılmıştır. Sonuç olarak özellikle iletken bileşen oranı yüksek olan numunelerde daha yüksek EMSE ve Elektrostatik deşarj, ESD elde edildiği belirtilmiştir. .

Ueng ve Cheng (2001) yaptığı çalışmada mikrodalga fırın uygulamalarında güç sızıntısının kalkanlaması amacıyla paslanmaz çelik/polyester, paslanmaz çelik/rayon ve paslanmaz çelik/kevlar karışımı iplikler ile hazırladıkları dokuma kumaşlar ile deney yapmışlardır. DREF III eğirme makinasında eğrilen özlü ipliklerin kullanıldığı dokuma yüzeyler 300 kHz-3 GHz frekans aralığında, koaksiyal iletim hattı deney düzeneği ile EMSE etkinliği belirlemek amacı ile teste tabi tutulmuşlardır. Sonuç olarak bu iletken kumaşların ev elektriği ve elektronik uygulamalar için uygun olabileceği belirtilmiştir.

Cheng vd (2003) yaptıkları araştırmada DREF III eğirme makinasında eğirdikleri paslanmaz çelik, kevlar, alev dayanımı yüksek rayon ve bakır içeren iplikler hazırlamış ve bu iplikleri kullanarak dokuma kumaş numuneleri hazırlamışlardır. 300 kHz-3 GHz frekans aralığında kumaşların EMSE değerleri ölçülmüştür. Sonuç olarak iplik içinde iletken bileşen olarak paslanmaz çelik oranının %40'dan fazla olması durumunda; paslanmaz çelik tel ve aleve dayanıklı rayon lifi ile hazırlanan numunelerde 1800 MHz-2450 MHz frekans aralığında daha yüksek EMSE değeri elde edildiği gösterilmiştir. Paslanmaz çelik /kesikli lif veya bakır tel/paslanmaz çelik/kesikli lif içeren kumaşların ev elektroniği eşyalarında kalkanlama (EMSE>40 dB) için teknik olarak uygun olabileceği belirtilmiştir.

Cheng vd (2006) 3/1 dimi örgülü bakırlı dokuma kumaş numunelerin EMSE değerini atkı sıklıkları, çözgü sıklıkları, tel çapları ve iplik yerleşim açılarındaki değişimin etkisi yönünden araştırmışlardır. 144 MHz -3000 MHz frekans aralığında koaksiyal iletim hattı kullanarak yapılan EMSE ölçüm sonuçlarına göre çözgü ve atkı sıklığındaki değişimlerin ve iletken kumaş kat sayılarındaki artışların SE'de artışa neden olduğu gözlemlenmiştir. İletken tel çapındaki artışın ise SE'de azalmaya neden olduğunu belirtmişlerdir.

Wieckowski ve Janukiewicz (2006) çalışmalarında kalkanlama teorisi, MIL-STD-285 ASTM D4935 ve IEEE-STD-299 standartları ile ilgili karşılaştırmalar yapmışlardır. Wrocław Teknoloji Üniversitesi Telekomünikasyon ve Akustik Enstitüsünde tasarlanıp yapılmış olan MIL-STD-285 prensibine benzer ölçüm düzeneği tanıtılmıştır. Bu ölçüm düzeneğine göre SE değerinin hesaplanmasının zaman alıcı olduğu ve ayrıca çeşitli zorlukları olduğu belirtilmiştir.

Chen vd (2007) çalışmada iletken kumaş takviyeli termoplastik kompozitlerin SE özelliklerini araştırmışlardır. Bakır tel ve paslanmaz çelik tel dokuma ve örme işlemleri boyunca sürtünme ve gerilmeyi düşürmek için poliamid filamentıyla kaplanmış olarak kullanılmıştır. SE ölçümleri ASTM D4935, ASTM ES7-84 standartlarına göre ve dual koaksiyal TEM hücresi ölçüm yöntemiyle oluşturulan düzeneklerde yapılmıştır. Sonuç olarak rotorla eğrilmiş iletken iplikler kullanılarak elde edilen bakır içerikli dokuma-örme kumaşların ve bakır içerikli dokuma-örme kumaş kompozitlere göre çeşitli frekanslarda EMI kalkanlamasında etkili olduğu belirtilmiştir.

Hakansson ve Kaynak (2007) yaptıkları çalışmada para-toluen-2-sülfonik asit ve iletken polipirol (PPy/pTSA) ile kaplanan naylon-likra karışımı tekstil yüzeylerinin 1-18 GHz frekans bölgesinde mikrodalga refleksiyon, transmisyon ve kompleks permitivite özelliklerini araştırmışlardır. Permitivitenin sanal kısmının test edilen frekans bölgesi boyunca frekansa bağlı bir değişim gösterdiğini belirtmişlerdir. Yüksek miktarda pTSA ilave edilen ve 3 saat süresince kaplanan örneklerin toplam elektromanyetik koruma etkinliğinin %80'i aşmış olduğunu bulmuşlardır. Polimerizasyon süresinin, dopant konsantrasyonunun ve dopant seçiminin iletken tekstil materyallerinin permitivitesini ve dolayısıyla yansıma, transmisyon, soğurma ve toplam koruma etkinliğini etkilediği hakkında bilgi vermişlerdir Yaklaşık %48,27-%48,78 olarak en yüksek soğurma seviyesinin 0,018-0027 mol/l pTSA dopant konsantrasyonunda 120-180 dk. polimerizasyon süresinde çalışılarak üretilen kumaş örneklerinde elde edildiğini belirtilmiştir.

Neelakandan vd (2009) farklı kumaş yapılarıyla kumaş kat sayılarını değiştirerek ürettikleri polianilin polyester kumaşın yüzey direnci özelliğini araştırmışlardır. Kumaş kat sayılarındaki artışla kumaşın direncinin azaldığını bulmuşlardır. Bezayağı kumaşların dimi ve saten kumaşlardan daha yüksek yüzey direncine sahip olduğunu bulmuşlardır.

Onar vd (2009) yaptıkları çalışmada polianilin(PAni) ve Polipirol(PPy) ile kaplanmış pamuklu kumaşların yapısal, elektrik ve elektromanyetik özelliklerini inceleyip karşılaştırmışlardır. Pamuklu kumaşlar kimyasal oksidatif polimerizasyon yöntemiyle PAni ve PPy polimeriyle kaplanmıştır. PAni ve PPy ile kaplanmış pamuklu kumaşların direnç değerlerinin sırasıyla 350 Ω ve 512 Ω olduğu belirtilmiştir. PAni ile kaplanmış pamuklu kumaşların ortalama EM kalkanlama etkinliği ve ortalama emme değerleri sırasıyla 3,8 dB, %48 ve PPy ile kaplanmış pamuklu kumaşların ortalama EM kalkanlama etkinliği ve ortalama emme değerleri ise sırasıyla 6 dB, %50 ile olarak tespit edilmiştir. Sonuç olarak PAni ve PPy ile kaplanmış kumaşların direnç değerleri ve EM parametreleri arasında önemli fark gözlemlenmediği ortaya konmuştur.

3.MATERYAL VE METOT

3.1 Kullanılan Materyal

Bu tez çalışmasında bakır/pamuk, çelik/pamuk ve gümüş/pamuk karışımları iplikler ile oluşturulan farklı örgülerde bezayağı, 1/3 dimi, panama ve kırık saten dokuma kumaşlar ve süprem örme kumaşlar kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan gümüş iletken tel Elektrisola firmasının ürettiği maksimum %1 bakırdan ve %99 gümüşten oluşan AgCu1 isimli ürünüdür. Kullanılan çelik tel ise paslanmaz çeliktir. Deneylere başlamadan önce kullanılacak ipliklerin gerçek numaraları tespit edilmiştir. Bunun için elektronik çıkırığa 100 m uzunluğunda iplik sarılarak numune alınmış ve Precisa XT320 modelli elektronik hassas terazide tartılmıştır. Üretilen ipliklerin numaraları ve içerisindeki karışımların miktarları Tablo 3.1’de ve Tablo 3.2’de gösterilmiştir.

Tablo 3.1 : 20/2 Ne ipliklerden üretilen iletken ipliklerin numarası ve karışım oranı

İplik çeşitleri	Karışım oranları yüzdeler olarak	İplik numaraları (Nm)
Pamuk/50 µBakır	(89/11)	7,06
Pamuk/100 µBakır	(62/38)	5,05
Pamuk/50 µGümüş	(87/13)	7,19
Pamuk/50 µÇelik	(86/14)	7,67

Tablo 3.2 : 24/2 Ne ipliklerden üretilen iletken ipliklerin numarası ve karışım oranı

İplik çeşitleri	Karışım oranları yüzdeler olarak	İplik numaraları (Nm)
Pamuk/50 µGümüş	(73/27)	15,27
Pamuk/50 µÇelik	(74/26)	15,66

3.2 Kullanılan Cihaz ve Makineler

Elektromanyetik ekranlama özeliği olan tekstil yüzeyi üretimi için iletken iplik elde etmek için Ağteks Ltd. Şti.’nin ürettiği DirecTwist-2B (Şekil 3.1) katlama makinesi kullanılmış ve iletken tel ile pamuk ipliği katlanarak iletken iplik elde edilmiştir.



Şekil 3.1 : İplik katlama makinesi

Süprem örgü kumaşları için İpekçioğlu firmasının Faycon CKM 01 S Kontrol Makinesi kullanılmıştır. (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 : Süprem Örgü makinesi

Daha sonra dokuma makinesinde Ne 32/2 kalınlığında %100 pamuk çözgü iplikleri ve çalışma kapsamında elde edilmiş olan iletken iplik çeşitleri ayrı ayrı atkı ipliği olacak şekilde kullanılarak çeşitli örgülerde dokuma kumaşlar elde edilmiştir. Testlerde kullanılan dokuma kumaşların örgü tipleri bezayağı, 1/3 dimi, kırık saten ve panama'dır. Testlerde kullanılan dokuma kumaşların teknik bilgileri Tablo 3.3'de ve süprem örme kumaşların teknik bilgileri Tablo 3.4'de gösterilmiştir.

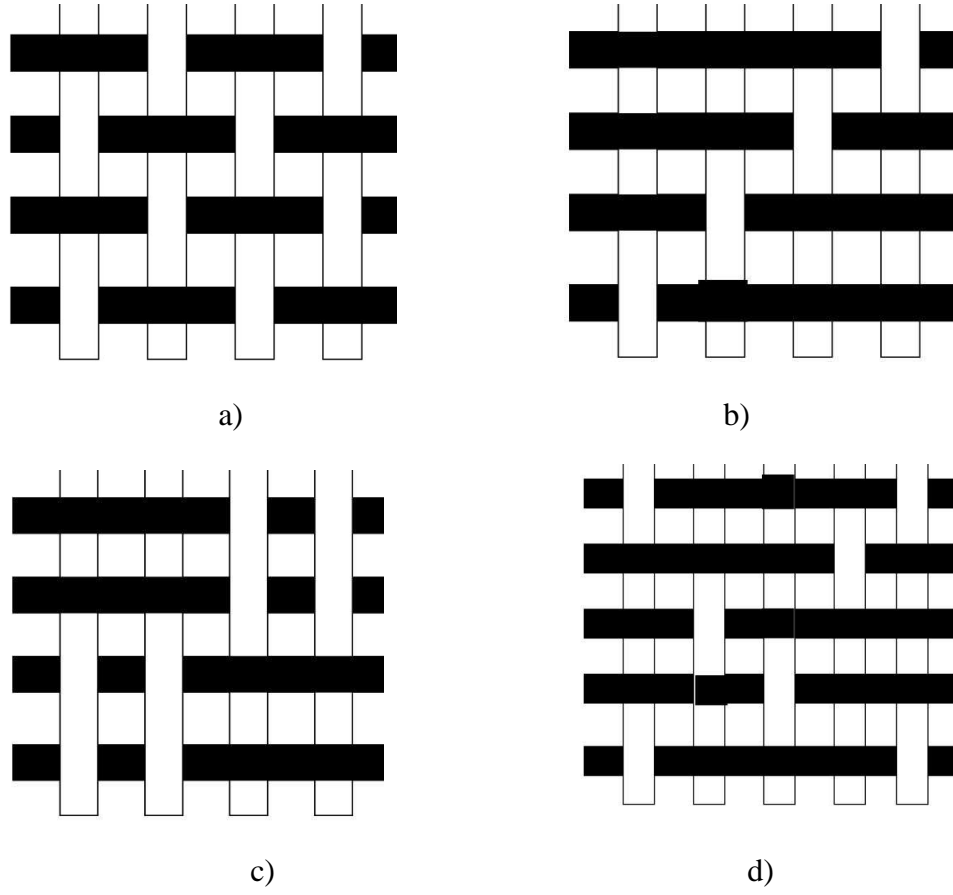
Tablo 3.3 : Testte kullanılan dokuma kumaşların teknik bilgileri

Örgü tipi	Atkı	İplik numarası (Nm)	Çözgü sıklığı (tel/cm)	Atkı sıklığı (tel/cm)	Gramaj (g/m ²)
Bezayağı	Pamuk/50 μ Cu	7,06	13	13	244,73
1/3 Dimi	Pamuk/50 μ Cu	5,05	12	14	243,71
Kırık saten	Pamuk/50 μ Cu	7,06	12	14	273,8
Panama	Pamuk/50 μ Cu	5,05	13	14	244,25
Bezayağı	Pamuk/100 μ Cu	7,06	13	13	333,56
1/3 Dimi	Pamuk/100 μ Cu	5,05	13	14	338,84
Kırık saten	Pamuk/100 μ Cu	7,06	13	14	309,84
Panama	Pamuk/100 μ Cu	5,05	13	14	358,36

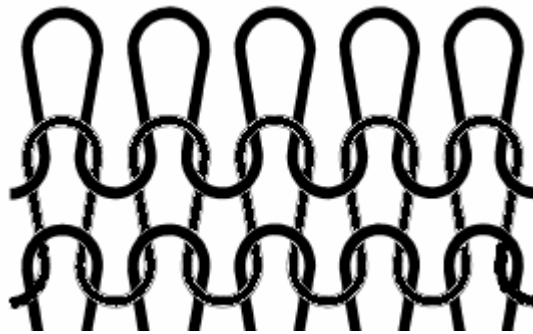
Tablo 3.4 : Testte kullanılan süprem örme kumaşların teknik bilgileri

İplik tipi	Kodu	İplik numarası (Nm)	İlme sıklığı (1/cm)	Sıra sıklığı (1/cm)	Gramaj (g/m ²)
Pamuk/50 μ Cu	A1	7,06	4,5	12	298,64
Pamuk/100 μ Cu	A2	5,05	4,5	14	415,08
Pamuk/50 μ Cu	B1	7,06	4	16	395,23
Pamuk/100 μ Cu	B2	5,05	3,5	22	528,65
Pamuk/50 μ Cu	C1	7,06	4,5	18	404,17
Pamuk/100 μ Cu	C2	5,05	4	26	533,34
Pamuk/50 μ Ag	D	7,19	4	12	375,90
Pamuk/50 μ Çelik	E	7,67	4	11	373,12
Pamuk/50 μ Ag	F	15,27	4	13	208,912
Pamuk/50 μ Çelik	G	15,66	4	12	198,32

Şekil 3.3 ve Şekil 3.4’de testte kullanılan kumaşların örgü raporları ve şematik resimleri gösterilmektedir.



Şekil 3.3 : Deneyde kullanılan dokuma kumaşların örgü raporları
a)Bezayağı b) 1/3 Dimi c) Panama d) Kırık Saten



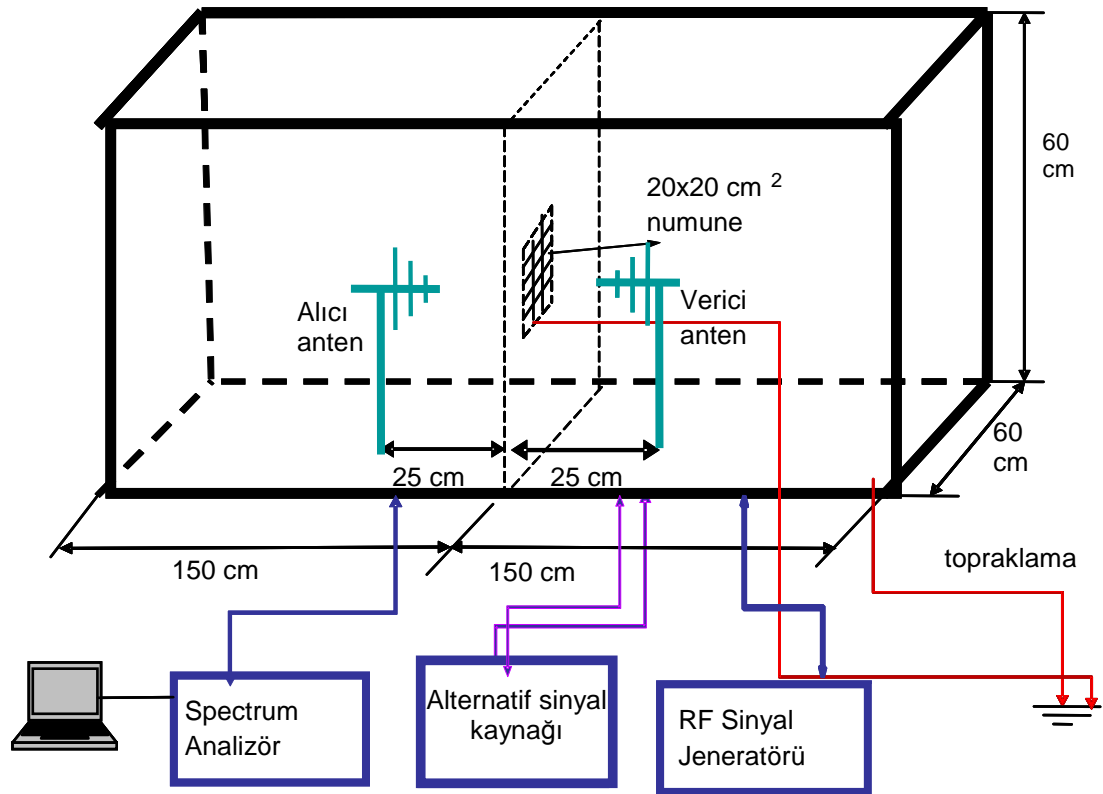
Şekil 3.4 : Süprem örgünün şematik görünüşü (Cheng, 2000)

İletken iplikler kullanılarak üretilmiş olan tekstil yüzeylerinin kalkanlama özelliğinin araştırılmasında kullanılmış olan ölçüm düzeneği Şekil 3.5’de şematik olarak gösterilmiştir.

300x60x60 cm boyutlarındaki ölçüm düzeneğinin gövdesi arasında kauçuk bulunan sandviç formundaki alüminyum levha kullanılarak yapılmıştır. Bağlantı kesitlerinde alüminyum profiller kullanılarak iletkenlik özelliğinin kesintisiz olarak devam etmesi sağlanmıştır. Ölçüm ünitesinde dışarıdan gelebilecek yansımaları önlemek için dış yüzeyi alüminyum folyolarla ve içerideki yansımaları da önlemek için piramit şekilli poliüretan esaslı malzeme ile kaplanmıştır.

Ölçüm düzeneği için sinyal kaynağı olarak Agilent N9310A RF Sinyal Jeneratörü (Şekil 3.6) ve ayrıca Set Telekomünikasyon Elektronik Elektrik Güv. Sis. İnş. Yat. San. ve Tic. Ltd. Şti tarafından imal edilmiş olan 900 MHz(+/- 50 MHz) ve 1800 MHz(+/- 25 MHz) frekans bant genişliğinde çalışan alternatif sinyal kaynağı (Şekil 3.7) kullanılmıştır. Frekans alıcı cihaz olarak GW Instek GSP-827 Spectrum Analizör (Şekil 3.8), alıcı ve verici anten çifti olarak ise çubuk anten kullanılmıştır. Alternatif sinyal kaynağı diğer sinyal jeneratörüne göre daha güçlü sinyal çıkışı sağlaması amacı ile kullanılmıştır. .

Antenler dual bantta çalışan çubuk tipinde antenler olup antenlerin çalışma frekansları 900 MHz ve 1800 MHzdir. Spectrum analizörden alınan verileri bilgisayara aktarabilmek için EagleShot isimli yazılım kullanılmıştır.



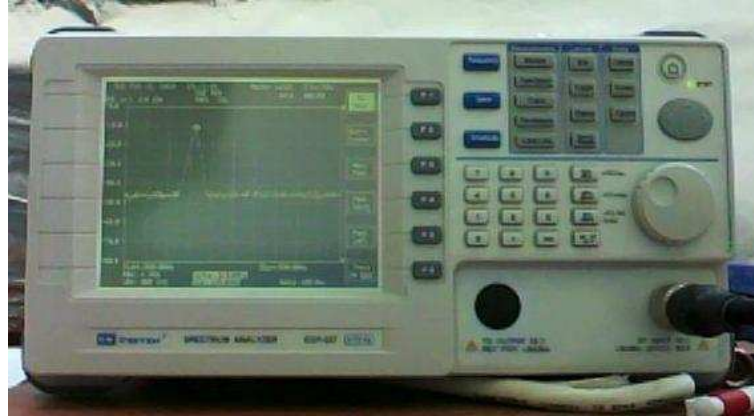
Şekil 3.5 : EMSE ölçüm düzeneği



Şekil 3.6 : Agilent N9310A RF sinyal jeneratörü



Şekil 3.7 : 900 MHz ve 1800 MHz frekans bandları için alternatif sinyal kaynağı



Şekil 3.8 : GW Instek GSP-827 spectrum analizör

Ölçüm ünitesinde yapılan testler için 20 cm x 20 cm büyüklüğündeki çerçeveye yerleştirilecek büyüklükte tekstil yüzeyleri kullanılmıştır.

Ölçümler yapılırken önce çerçeve içinde kumaş yokken ölçüm yapılarak ölçüm kalibrasyonu yapılmıştır. Ölçüm ünitesinde yapılan EMSE ölçümleri için sinyal jeneratöründen alınan 20 dBm seviyesinde, 850 MHz –970 MHz ve 1740 MHz – 1860 MHz frekans aralıklarında 10 MHz adımlarla ölçüm verileri alınmıştır. Ölçüm sonucu dBm olarak kayıt altına alınmıştır. dBm eşitliği aşağıdaki denklemle ifade edilmektedir (3.1).

$$\text{dBm}=10 \times \log(\text{giriş gücü mW olarak}) \quad (3.1)$$

Alternatif sinyal kaynağı ile aynı frekans aralıklarında gerçekleştirilen ölçümlerde; ölçüm yapılırken 900 MHz’de 4 watt çıkış gücünde ve 1800 MHz’de 2 watt çıkış gücünde sinyaller gönderilerek gerçekleştirilmiştir.

Numune olmadan ölçülen değer (dBm) ile numune kullanılarak ölçülen değer (dBm) farkı alınarak SE hesaplanmıştır. Grafiklerin çiziminde Sigmaplot programı kullanılmıştır.

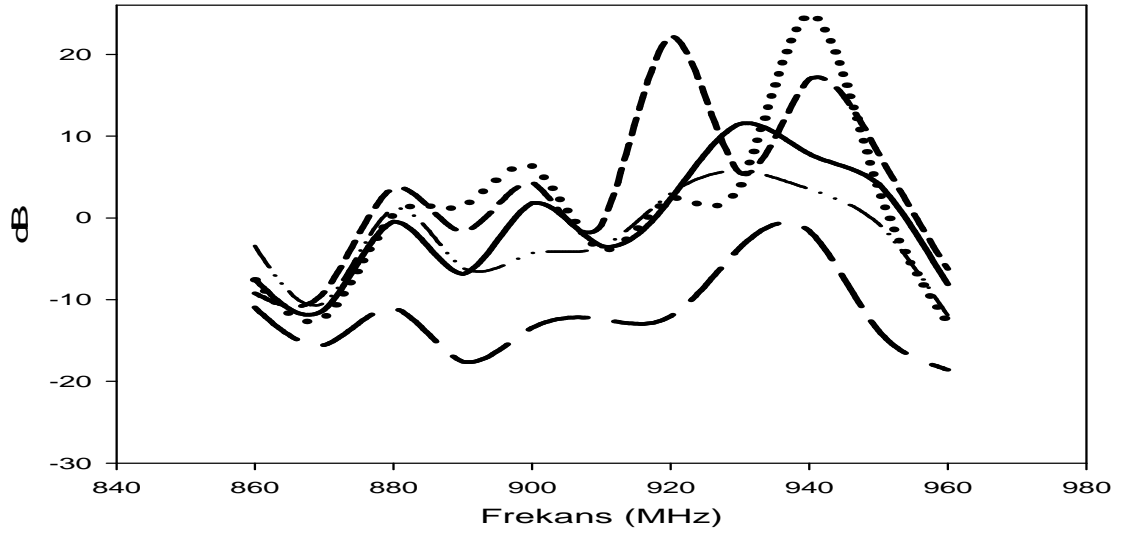
4.BULGULAR VE TARTIŞMA

Şekil 4.1 - Şekil 4.18 arasındaki toplam onsekiz şekil için a grafiğinde 850MHz - 970MHz frekans aralığında EMSE verileri, b grafiğinde ise 1740 MHz -1860 MHz frekans aralığındaki EMSE verileri gösterilmiştir.

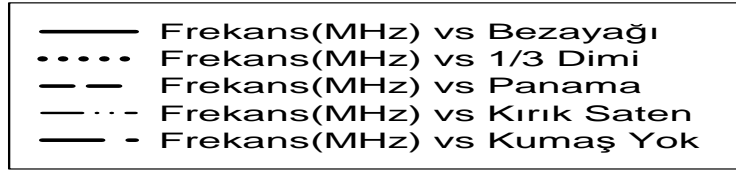
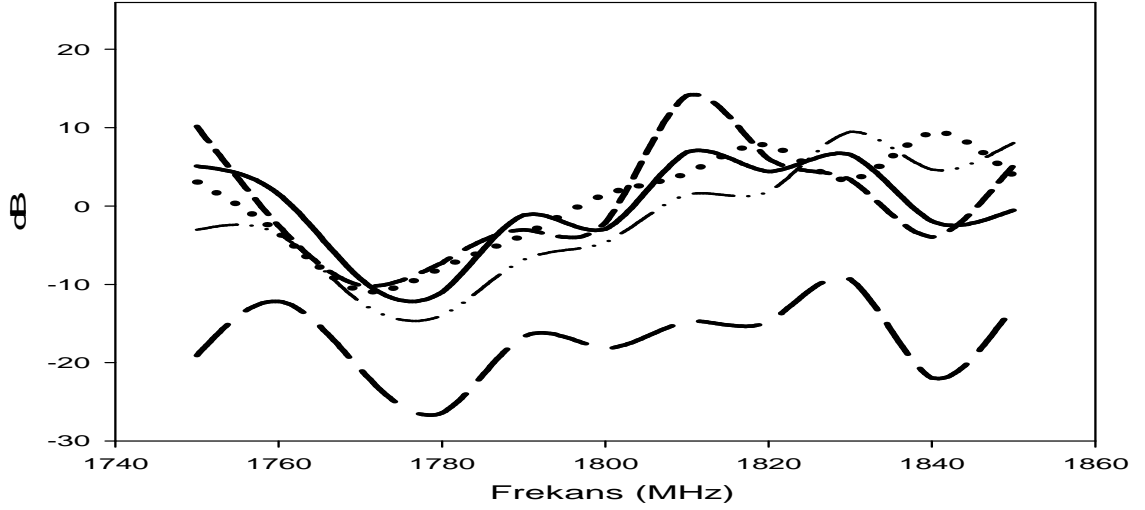
4.1 Kumaş Örgü Yapısının EMSE'ye Etkisi

Atkı ipliğinde 50 μ bakır /pamuk ve 100 μ bakır/pamuk karışımlı iplik olan bezayağı, 1/3 dimi, kırık saten ve panama dokuma kumaşlar ile ölçümler gerçekleştirilmiştir

Şekil 4.1'de 850-970 MHz frekans aralığında 920 MHz'de panama kumaşı, 940 MHz'de 1/3 dimi kumaş daha yüksek SE sergilemektedir. 1740-1860 MHz frekans aralığında 1810 MHz'de panama kumaşı ve bezayağı kumaşı diğer kumaşlara göre daha yüksek SE sergilemektedir.



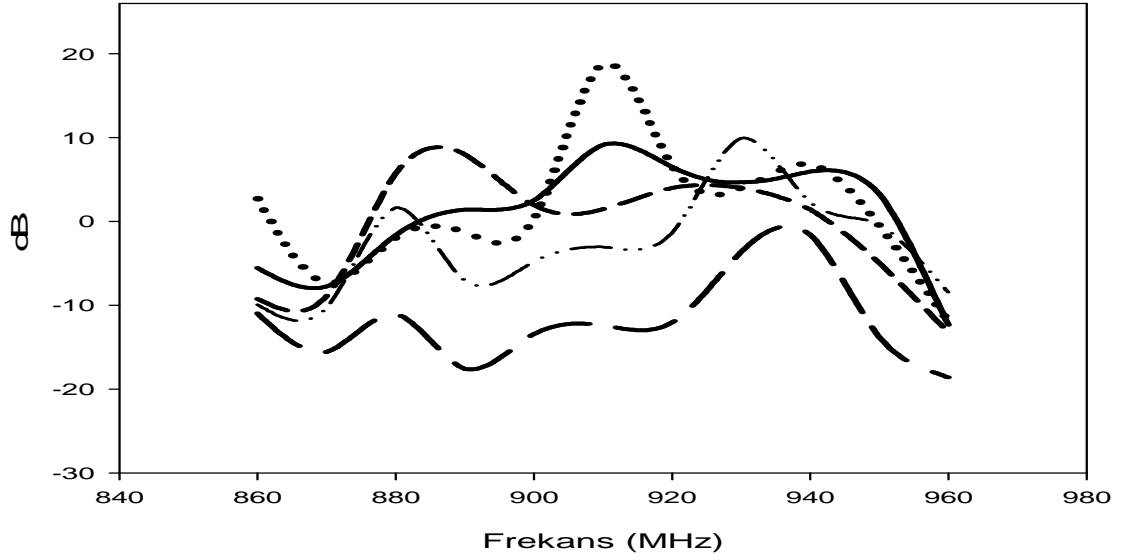
a)



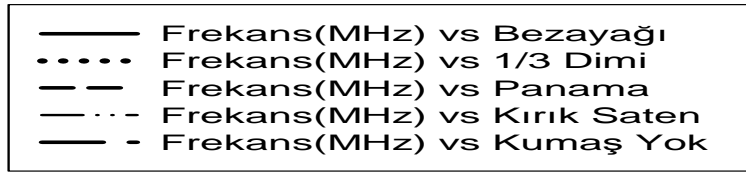
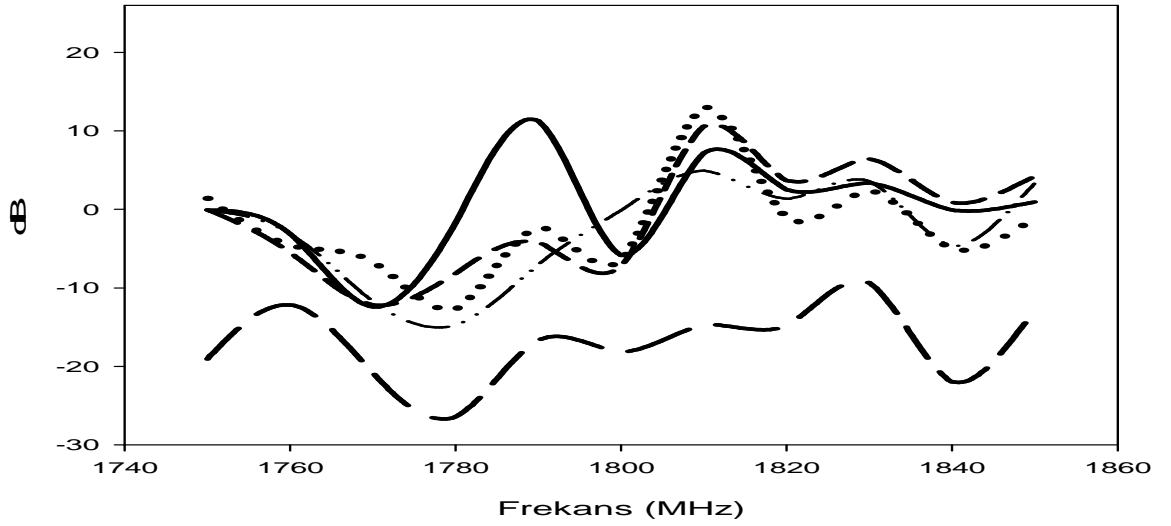
b)

Şekil 4.1 : Atkı ipliği pamuk/50 μ bakır karışımı olan dokuma kumaşlarda SE değişimi

Şekil 4.2’de 850-970 MHz frekans aralığında 890 MHz’de panama kumaşı, 910 MHz’de 1/3 dimi, 940 MHz’de kırık saten kumaşı daha yüksek SE sergilemektedir. 1740-1860 MHz frekans aralığında 1790 MHz’de bezayağı ve 1810 MHz’de 1/3 dimi kumaşı daha yüksek SE sergilemektedir.



a)

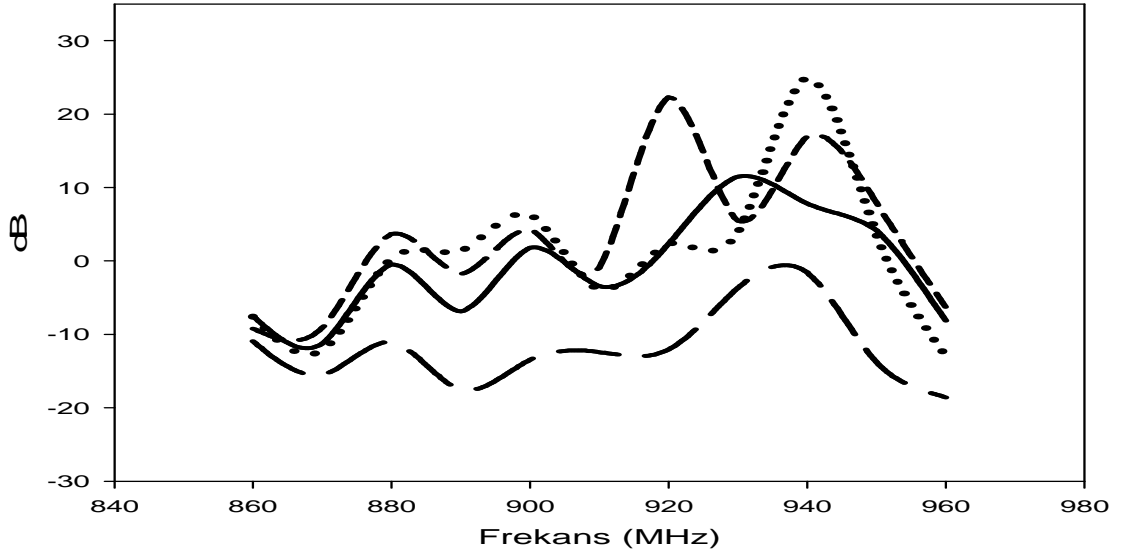


b)

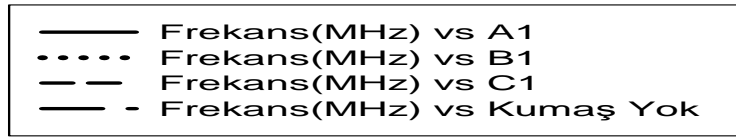
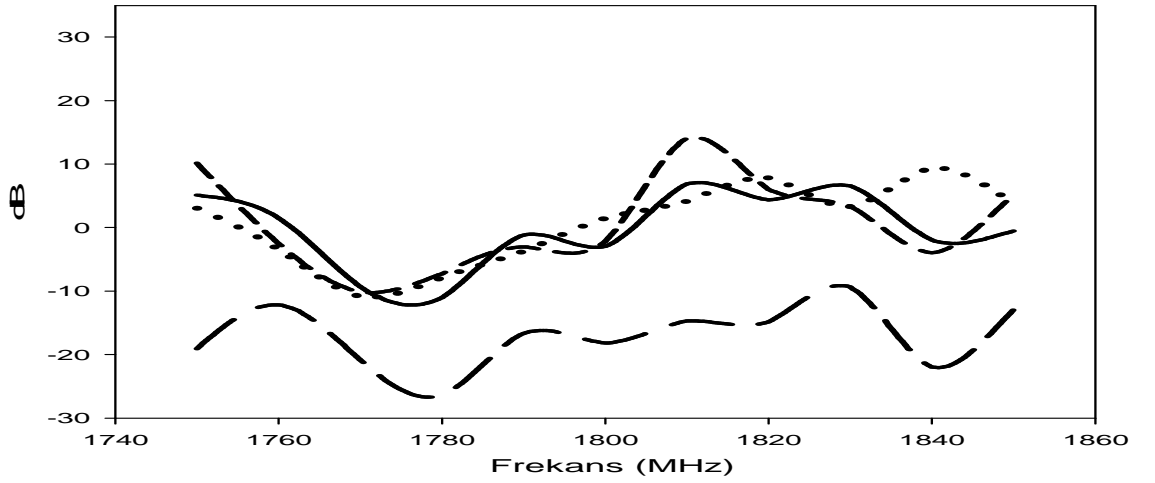
Şekil 4.2 : Atkı ipliği pamuk/100 μ bakır karışımı olan dokuma kumaşlarda SE değişimi

4.2 Kumaş Sıklık Değişiminin EMSE'ye Etkisi

Bu deneyde 3. bölümde bahsedildiği gibi A1, A2, B1, B2, C1, C2 olarak kodlandırılan örme kumaşlar kullanılarak sıklık değişiminin EMSE'ye etkisi incelenmiştir.



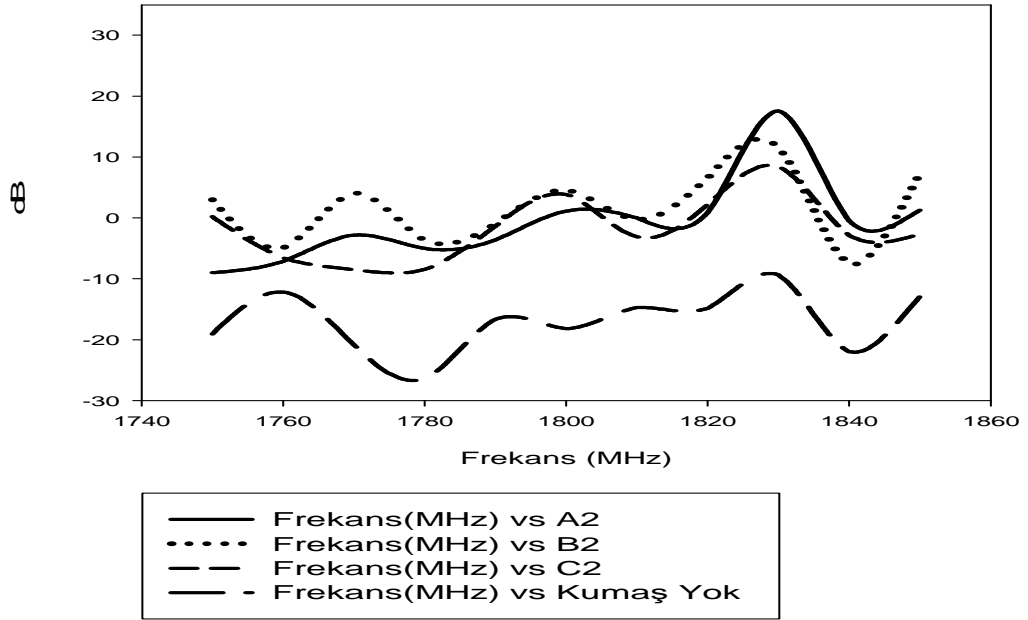
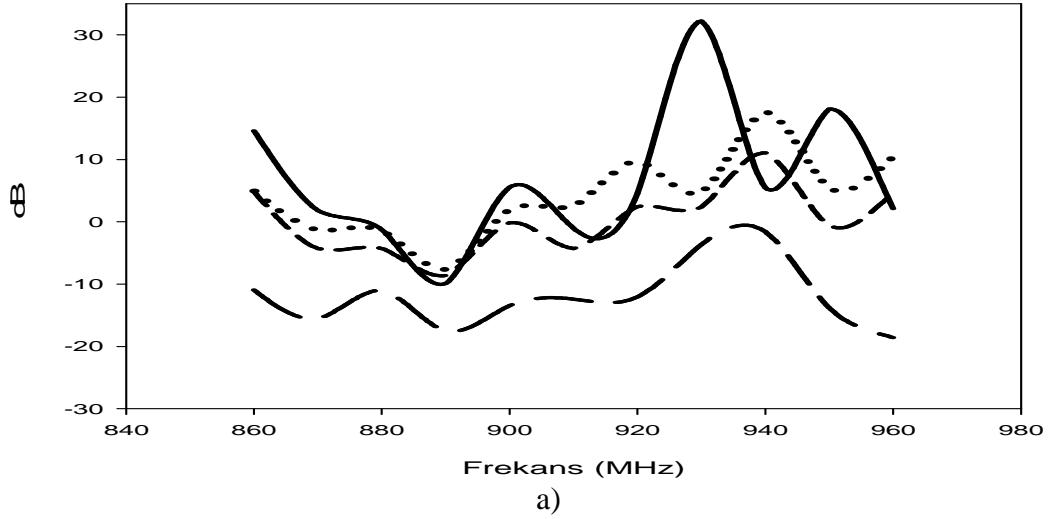
a)



b)

Şekil 4.3 : Pamuk/50 μ bakır karışımı iplikten örülen örme kumaşlarda SE değişimi

Şekil 4.3'de 850-970 MHz frekans aralığında 920 MHz'de C1, 930 MHz'de A1, 940 MHz'de B1,kodlu kumaş daha yüksek SE sergilemektedir. 1740-1860 MHz frekans aralığında yaklaşık 1810 MHz'de C1 ve 1840 MHz'de B1 kodlu kumaşın daha yüksek SE sergilediği görülmektedir.



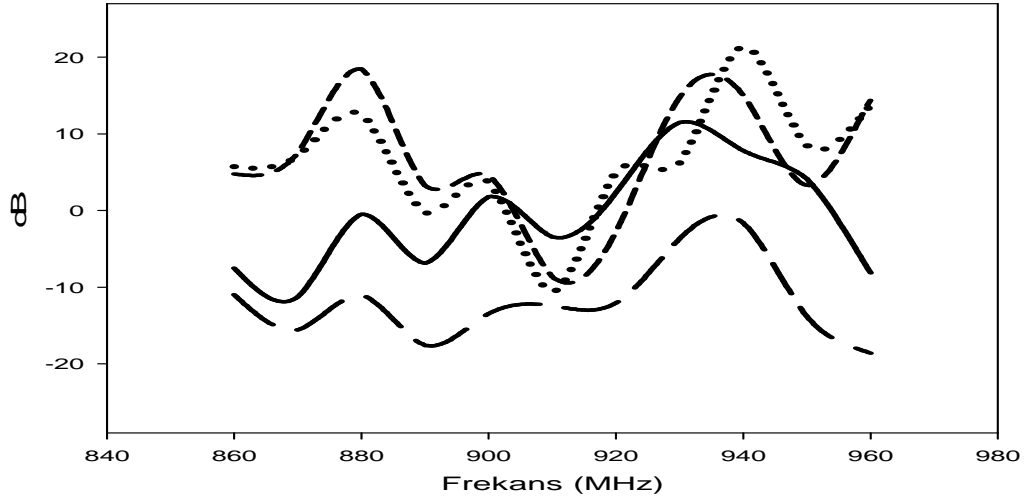
Şekil 4.4 : Pamuk/100 μ bakır karışımı iplikten örülen örme kumaşlarda SE değişimi

Şekil 4.4'de gösterildiği gibi 850-970 MHz frekans aralığında 900 MHz'de, 930 MHz'de ve 950 MHz'de A2 kodlu kumaş daha yüksek SE sergilemektedir. 1740-1860 MHz frekans aralığında 1830 MHz'de A2 diğer örme kumaşlara göre daha yüksek SE sergilemektedir. .

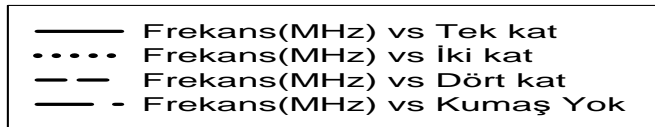
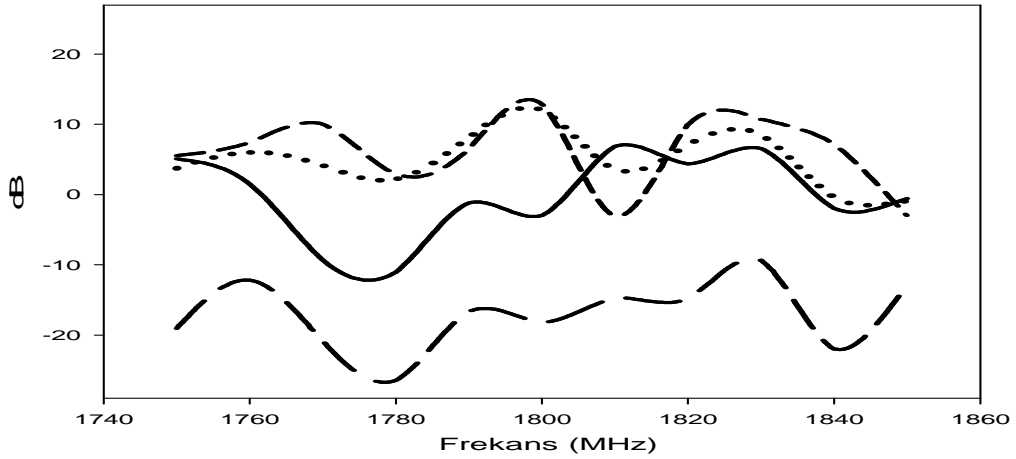
Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'ün geneline bakıldığında A1 ve A2 kodlu kumaşlar diğer örme kumaşlara göre daha yüksek SE sergilemektedir. Bu durum A1 ve A2 kodlu örme kumaşlardaki iletken miktarının diğer örme kumaşlara göre fazla olması ile açıklanabilir.

4.3 Kumaş Kat Sayıları Değişiminin EMSE'ye Etkisi

Bu bölümde atkı ipliğinde 50 μ ve 100 μ bakır/pamuk karışımı olan bezayağı, 1/3 dimi, kırık saten ve panama dokuma kumaşların tek katlı, iki katlı ve dört katlı ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.5 - Şekil 4.12' de dâhil olmak üzere toplam 8 şekilde kumaşların katlı ölçümü yapılırken her kattaki numunenin atkı ve çözgü iplikleri birbirine 90° olacak şekilde yerleştirilmiştir.



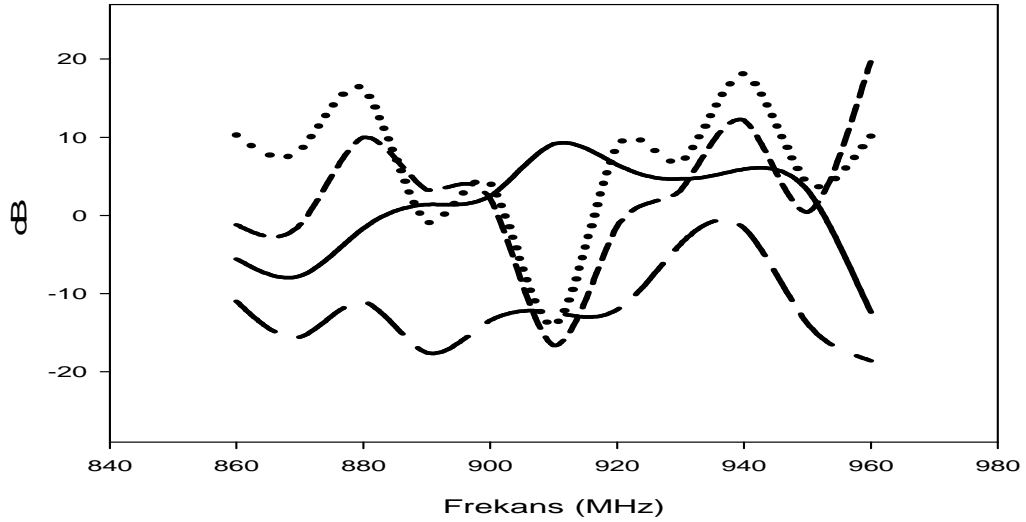
a)



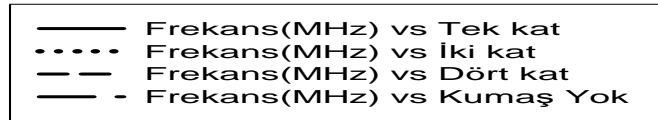
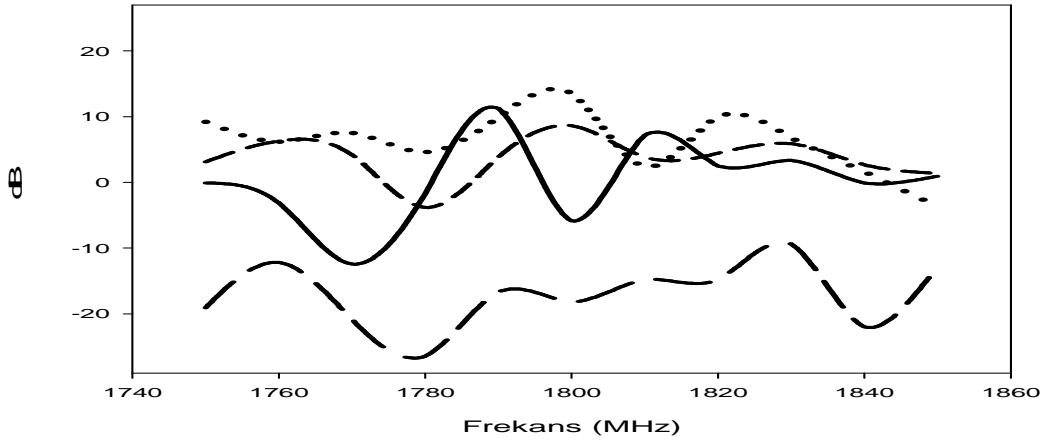
b)

Şekil 4.5 : Atkı ipliği pamuk/50 μ bakır karışımı olan bezayağı kumaşlarda kat sayısına bağlı SE değişimleri

Şekil 4.5’de 850-970 MHz frekans aralığında 880 MHz’de dört katlı kumaş iki katlı kumaşa göre daha yüksek SE sergilerken, 940 MHz’de bu durumun tersi gözlemlenmektedir. 1740-1860 MHz frekans aralığında 1810 MHz’de tek kat kumaş diğerlerinin aksine daha iyi SE sergilemektedir. Ancak grafiğin geneli incelendiğinde iki katlı numune ve dört katlı numunenin birbirine yakın SE değerleri sergilediği görülmüştür.



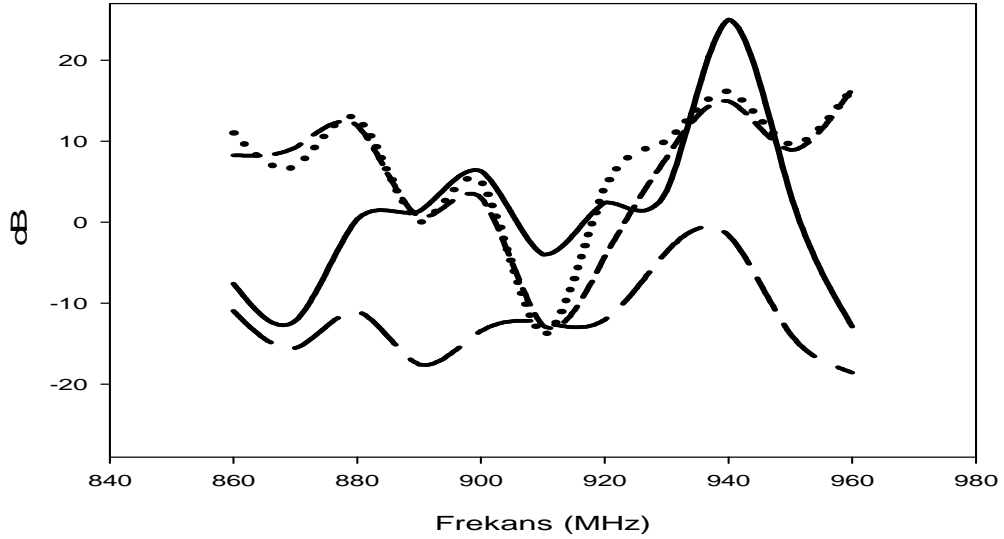
a)



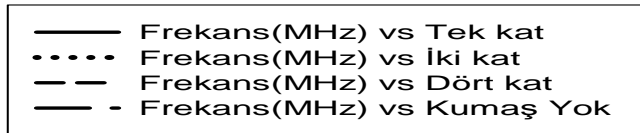
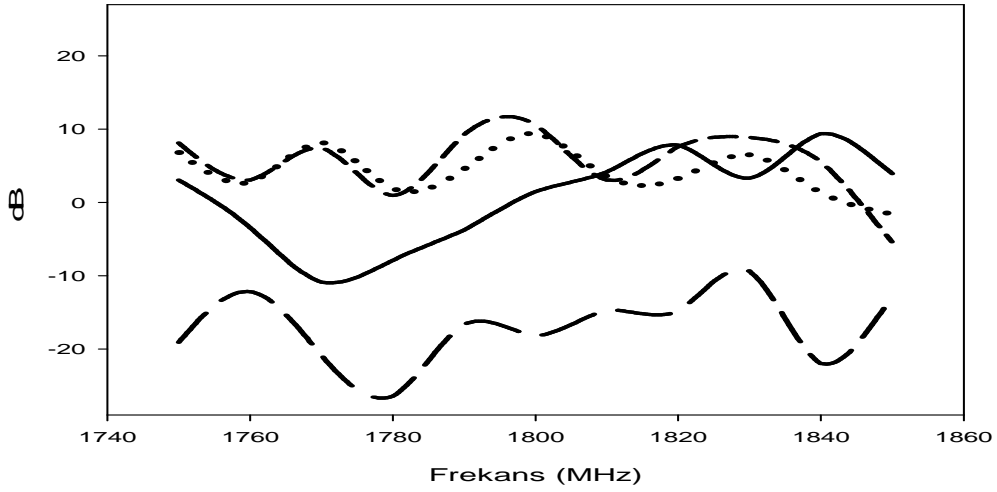
b)

Şekil 4.6 : Atkı ipliği pamuk/100 µ bakır karışımı olan bezayağı kumaşlarda katsayısı değişimine bağlı SE değişimleri

Şekil 4.6'da 850-970 MHz frekans aralığında 910 MHz tek kat kumaş daha yüksek seviyede SE sergilediği ifade edilebilir. 1740-1860 MHz frekans aralığında 1770 MHz ve 1800 MHz frekansta tek kat kumaş daha düşük SE sergilemektedir.. Genel olarak bakıldığında iki katlı numune kullanılması ile daha iyi SE sağlandığı görülmektedir.



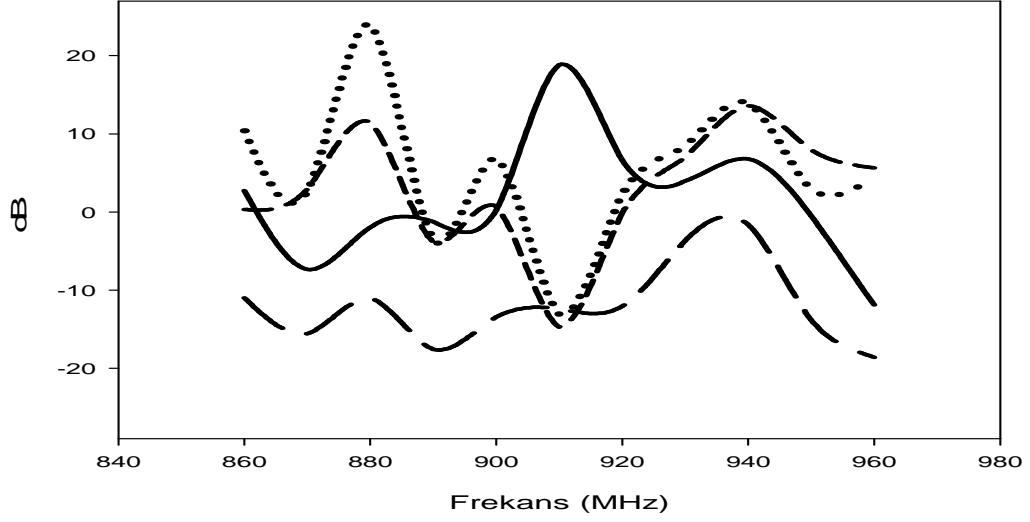
a)



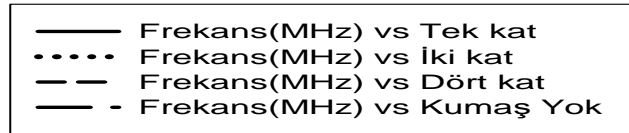
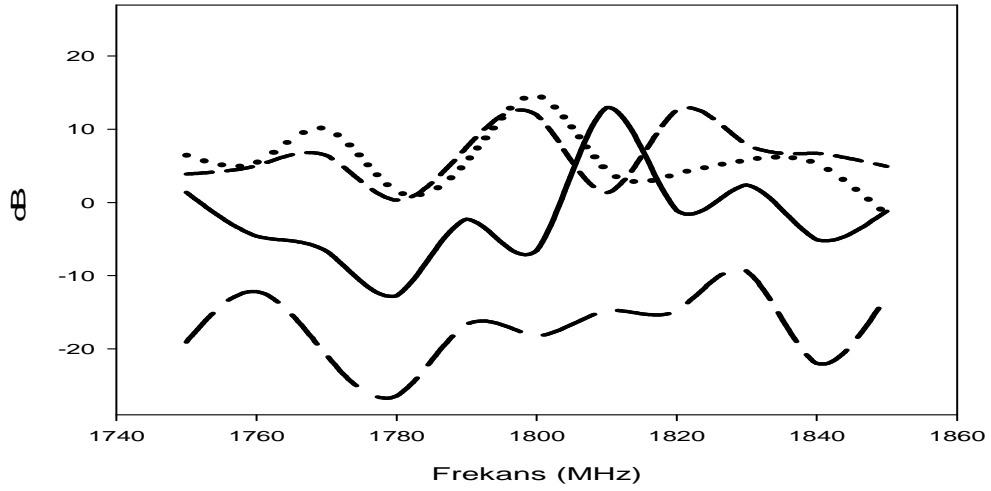
b)

Şekil 4.7 : Atkı ipliği pamuk/50 μ bakır karışımı olan 1/3 dimi kumaşlarda kat sayısı değişimine bağlı SE değişimleri

Şekil 4.7’de 850-970 MHz frekans aralığında 890-950 MHz frekans bölgesinde tek kat kumaş daha iyi SE sergilemektedir. 1740-1860 MHz frekans aralığında tek kat kumaş genelde daha düşük SE sergilerken 1818 MHz ve 1840 MHz’de daha yüksek SE sergilemektedir.



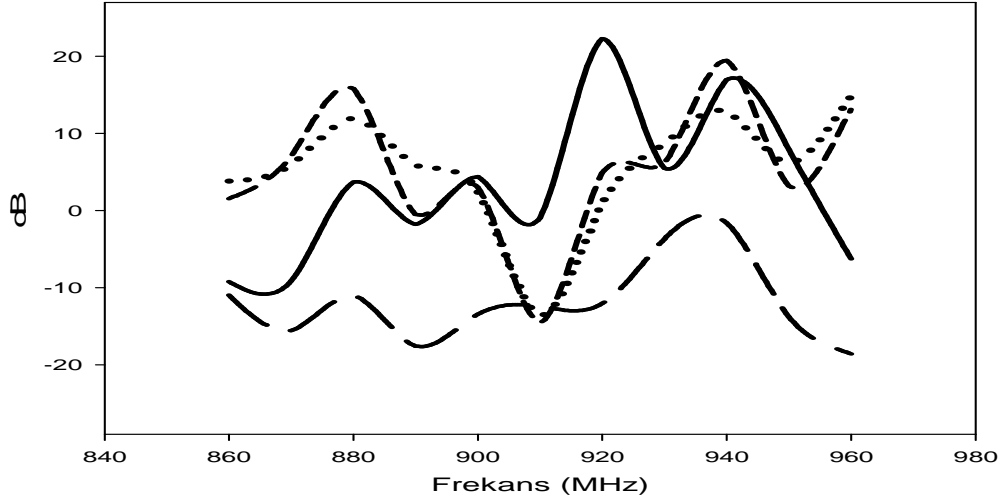
a)



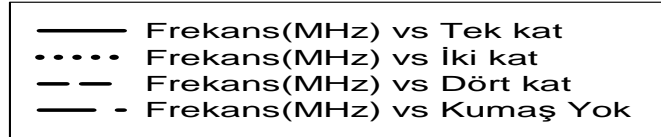
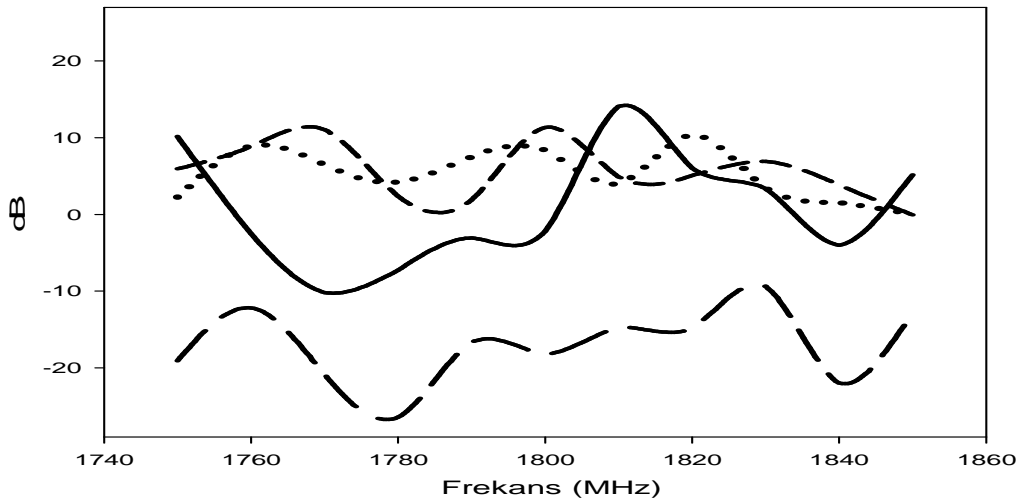
b)

Şekil 4.8 : Atkı ipliği pamuk/100 μ bakır karışımı olan 1/3 dimi kumaşlarda kat sayısı değişimine bağlı SE değişimleri

Şekil 4.8’de 850-970 MHz frekans aralığında tek kat kumaş 920 MHz’de daha iyi SE sergilemektedir. 1740-1860 MHz frekans aralığına bakıldığında ise tek kat kumaş 1810 MHz’de daha iyi SE sergilemektedir. Grafiğin geneline bakıldığında iki katlı numune tek katlı kumaşa göre daha iyi SE sergilemektedir.



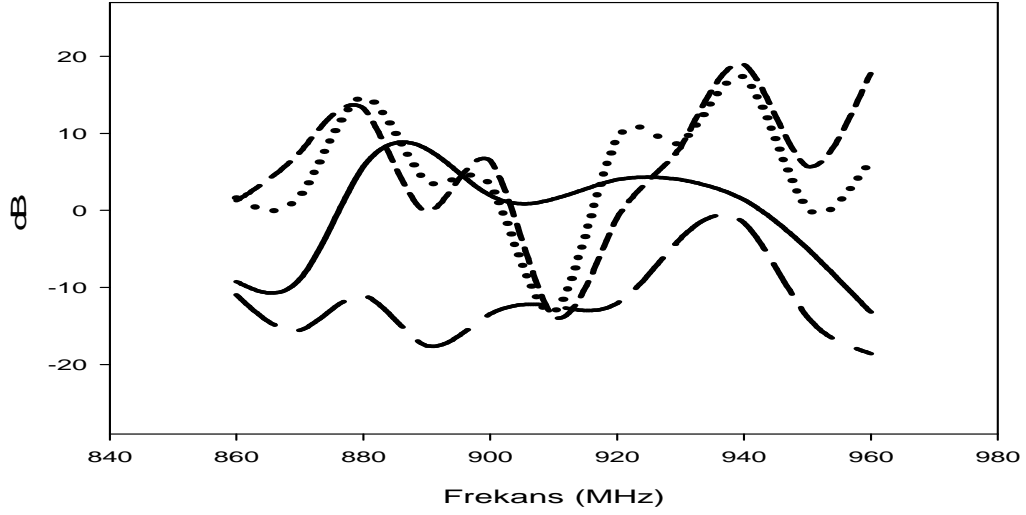
a)



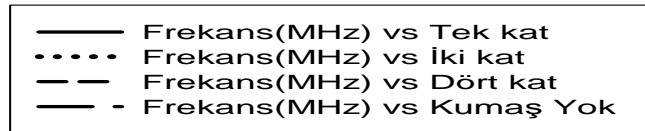
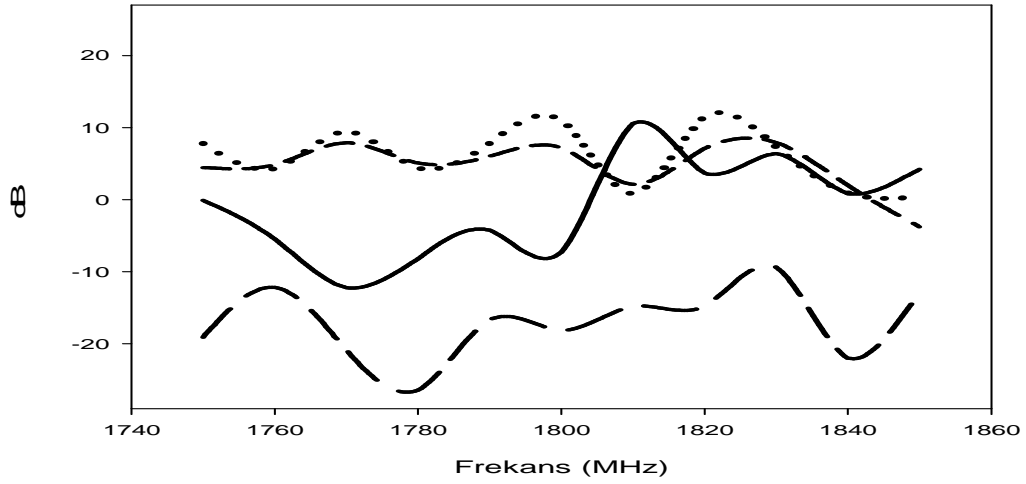
b)

Şekil 4.9 : Atkı ipliği pamuk/50 µ bakır karışımı olan panama kumaşlarda kat sayısının değişimine bağlı SE değişimleri

Şekil 4.9'da 850-970 MHz frekans aralığında 910 MHz'de İki katlı numune, dört katlı numune ve tek katlı kumaş düşük SE sergilerken 930 MHz'de tek kat kumaş yüksek seviyede SE sergilemektedir. 1740-1860 MHz frekans aralığında genelinde tek kat kumaş diğerlerine göre daha düşük SE sergilerken 1810 MHz'de oldukça yüksek SE sergilemektedir.



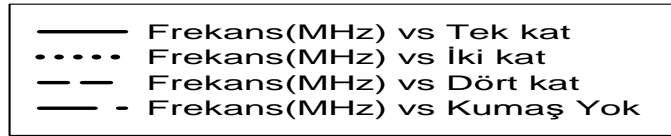
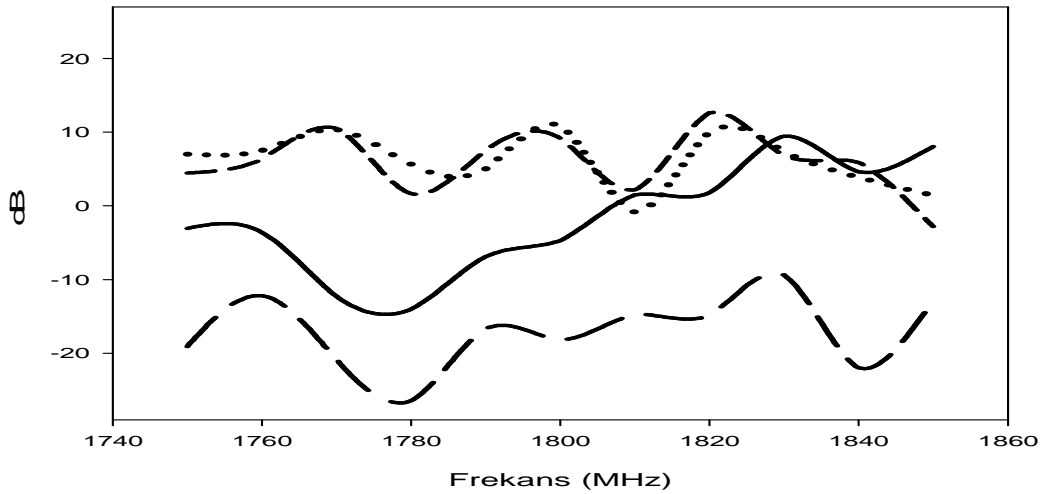
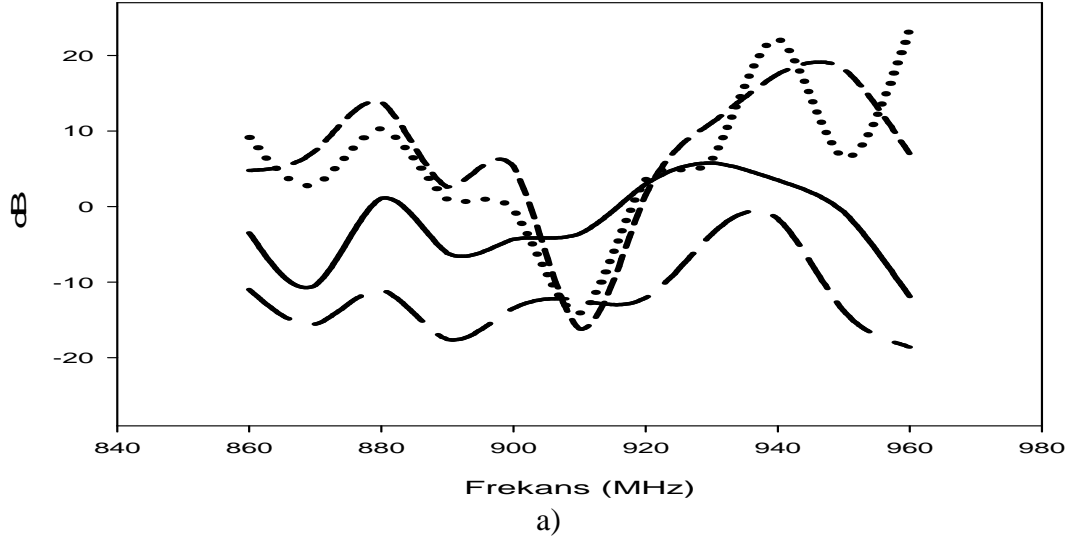
a)



b)

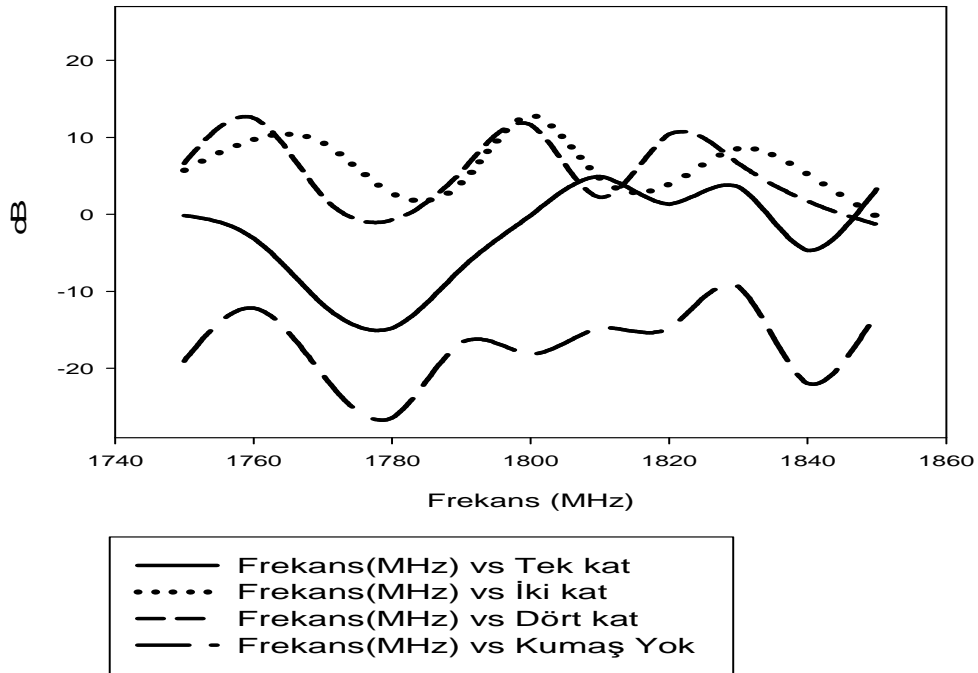
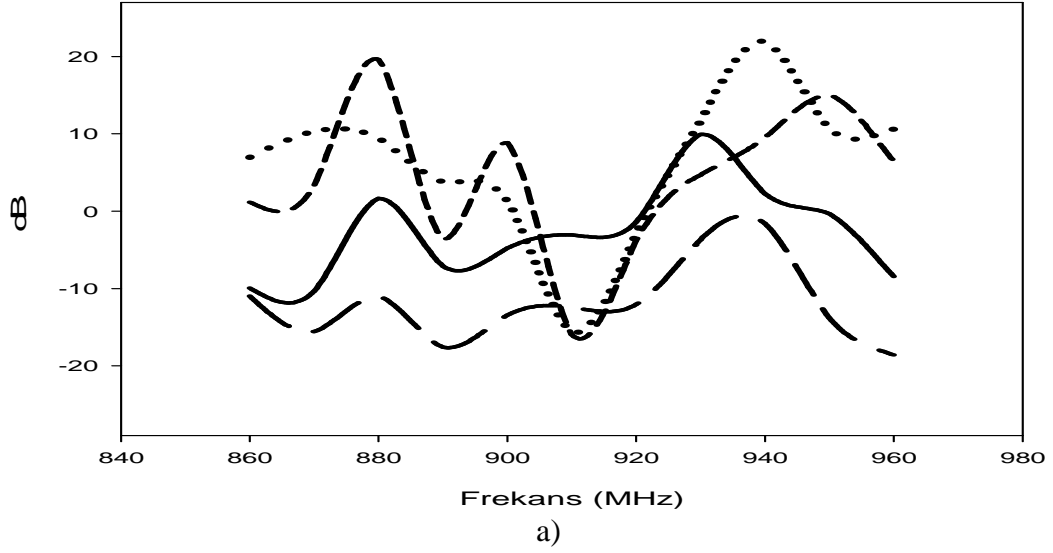
Şekil 4.10 : Atkı ipliği pamuk/100 μ bakır karışımı olan panama kumaşlarda kat sayısı değişimine bağlı SE değişimleri

Şekil 4.10'da 850-970 MHz frekans aralığında 890 MHz civarında ve 910 MHz'de tek kat kumaş yüksek SE sergilemektedir. 1740-1860 MHz frekans aralığının genelinde tek kat kumaş daha düşük SE sergilerken 1810 MHz'da daha yüksek SE sergilemektedir.



Şekil 4.11 : Atkı ipliği pamuk/50 μ bakır karışımı olan kırık saten kumaşlarda kat sayısı değişimine bağlı SE değişimleri

Şekil 4.11’de 850-970 MHz frekans aralığının genelinde tek kat kumaş daha düşük SE sergilerken 910 MHz’de diğerlerine göre daha yüksek SE sergilemektedir. 1740 - 1860 MHz frekans aralığının genelinde tek kat kumaş daha düşük SE sergilerken 1830 MHz’de diğerlerine göre daha yüksek SE göstermektedir.



Şekil 4.12 : Atkı ipliği pamuk/100 μ bakır karışımı olan kırık saten kumaşlarda kat .sayısı değişimine bağlı SE değişimleri

Şekil 4.12’de 850-970 MHz frekans aralığının genelinde tek kat kumaş daha düşük SE sergilerken 910 MHz’da diğerlerine göre daha yüksek SE sergilemektedir. 1740-1860 MHz frekans aralığında ise tek kat kumaş 1810 MHz’de daha yüksek SE sergilemektedir.

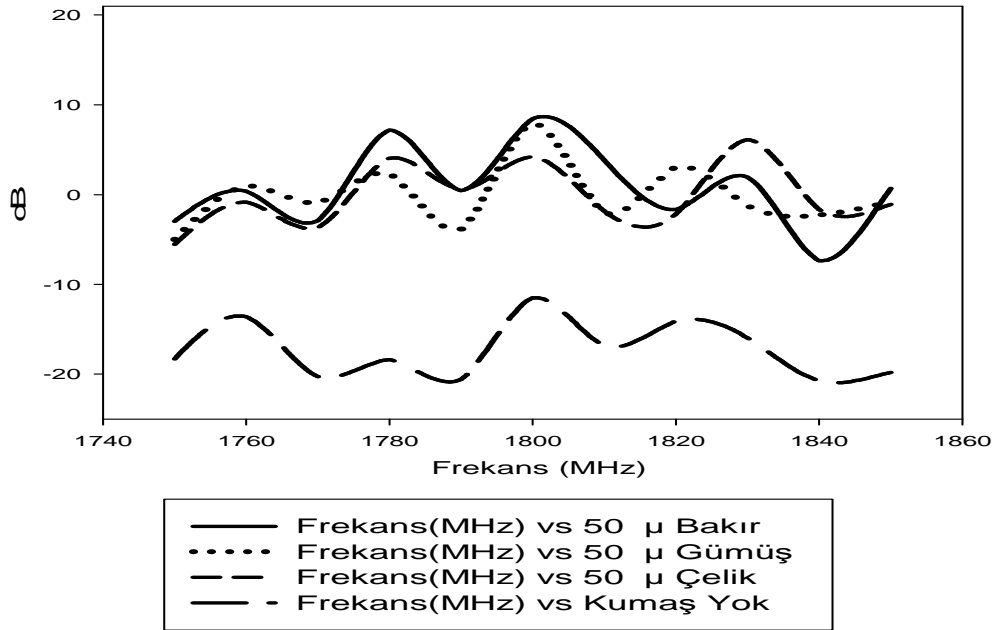
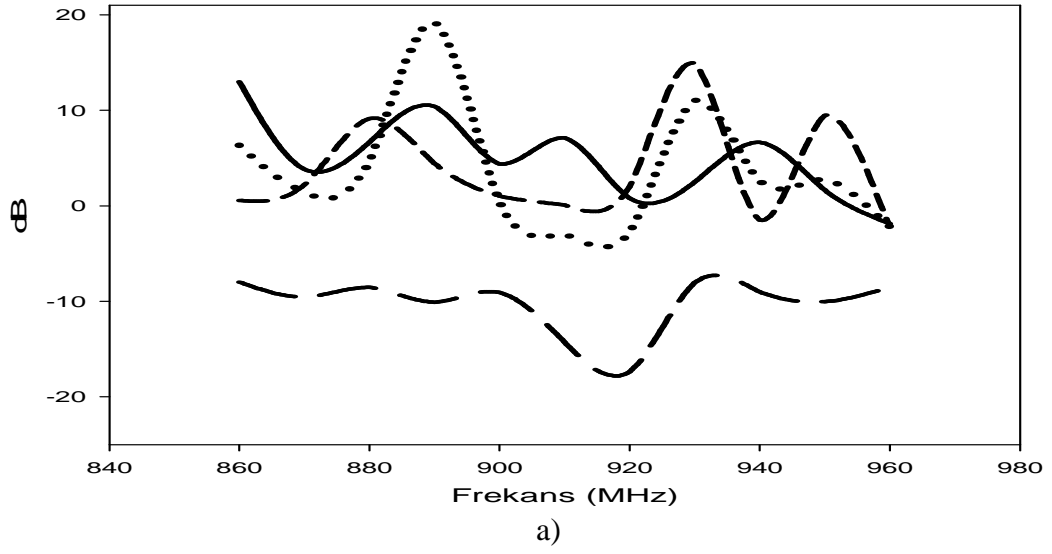
Şekil 4.5’den Şekil 4.12 ‘ye kadar ki grafiklerde iki katlı numune ve dört katlı numune birbirine yakın EMSE değerleri verdiği gözlemlenmiştir. İki katlı numune ve dört katlı numune tek katlı kumaşa göre daha yüksek SE sergilemektedir. Fakat tek katlı kumaş 910 MHz’de ve 1810 MHz’de diğer kumaşlara göre daha yüksek SE sergilemektedir. Bunun sebebi ölçüm yapılırken o frekanslarda ölçüm düzeneği içerisinde rezonans meydana geldiği için olabilir.

4.4 İletken Çeşidi ve İplik Numarası Değişiminin EMSE’ye Etkisi

Üçüncü bölümde A1,D,E,F ve G olarak kodlandırılmış örme kumaşlar test edilmiştir. Şekil 4.13’de iletken farklılığının EMSE’ye etkisi gösterilmektedir. Şekil 4.14 ve Şekil 4.15’de iplik numarası değişiminin EMSE’ye etkisi gösterilmiştir. Burada Ne 20/2 ve Ne 24/2 numaralı iplikten üretilmiş iletken örme kumaşların EMSE’si karşılaştırılmaktadır.

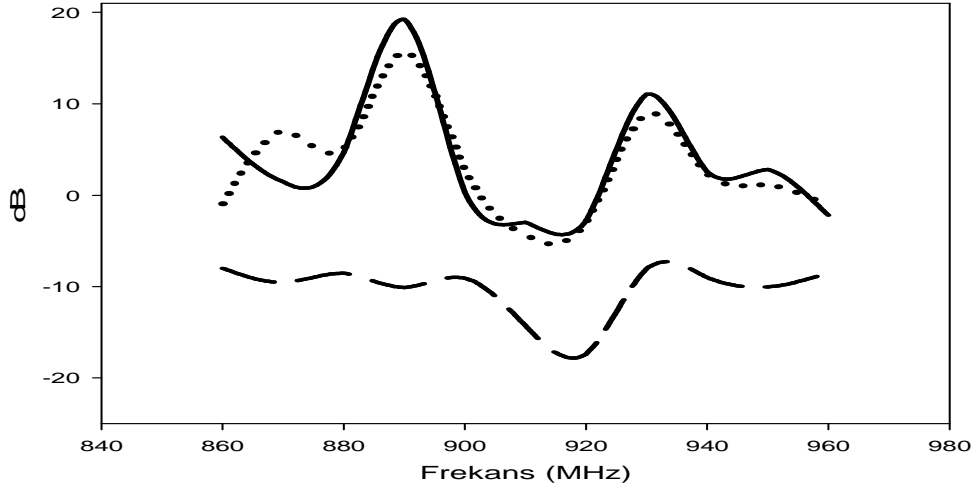
Şekil 4.13’de 850-970 MHz frekans aralığında 930 MHz’de gümüş içeren kumaş ve 950 MHz’de çelik içeren kumaş daha yüksek SE sağlasa da antenin çalışma aralığına yakın olan 890 MHz’de gümüş içeren kumaş, 910 MHz’de bakır içeren kumaş daha yüksek SE göstermektedir. 1740-1860 MHz frekans aralığında bakır içeren kumaş şekilden de görüldüğü üzere diğer örme kumaşlara göre daha yüksek SE göstermektedir.

Şekil 4.13’de oluşan durumda bakır ve gümüş içeren kumaşların birbirine yakın veya benzer SE eğilimleri göstermesi, bakır ve gümüş metallerinin birbirine yakın iletkenlik değerlerine sahip olması ile açıklanabilir.

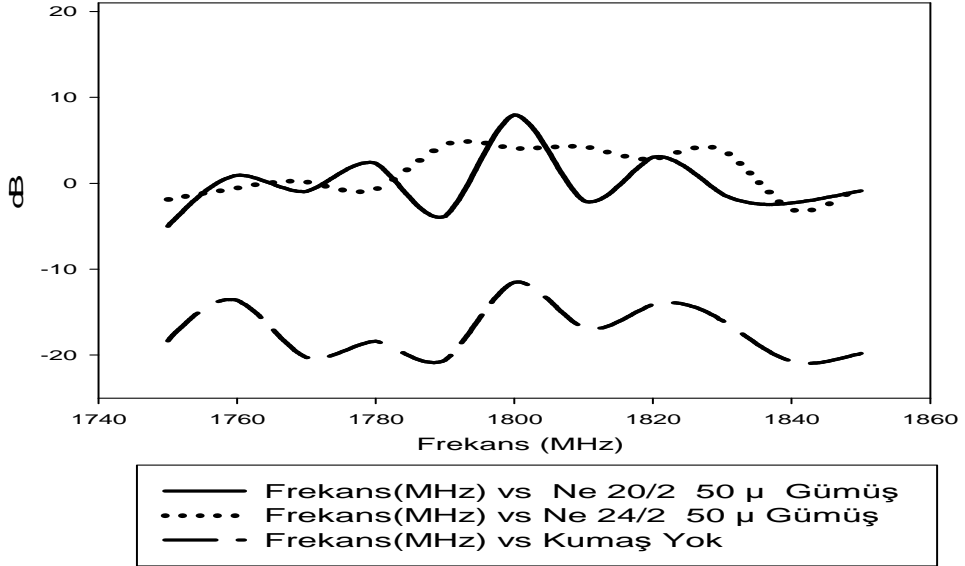


Şekil 4.13 : A1, D ve E olarak kodlandırılmış örme kumaşların SE değişimleri

Şekil 4.14'de 850-970 MHz frekans aralığında 890MHz'de ve 930 MHz'de Ne 20/2 iplik ile örülmüş olan kumaş daha yüksek SE değerleri göstermektedir. 1740-1860 MHz frekans aralığına bakılırsa 1790-1830 MHz frekans bölgesinde Ne 24/2 iplik ile örülmüş olan kumaş daha yüksek SE göstermektedir. Genel olarak bakıldığında Ne20/2 iplik ile örülmüş olan kumaşların daha yüksek SE sağladığı görülmektedir.



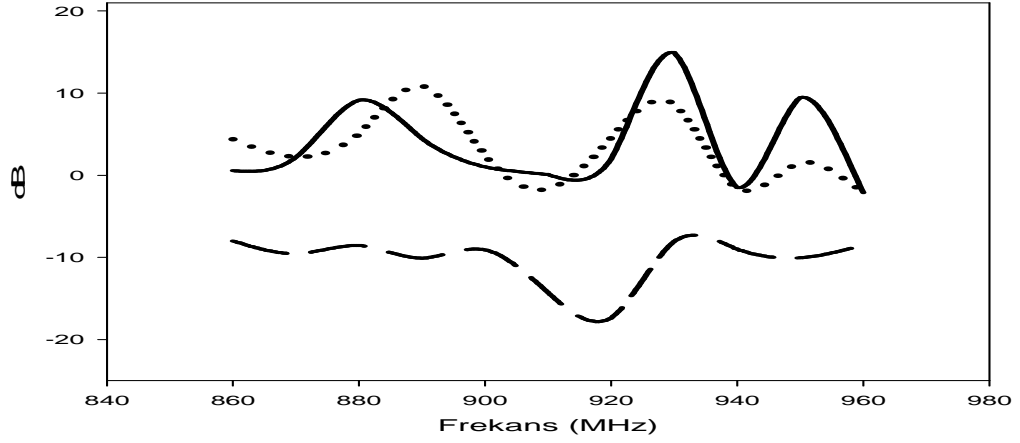
a)



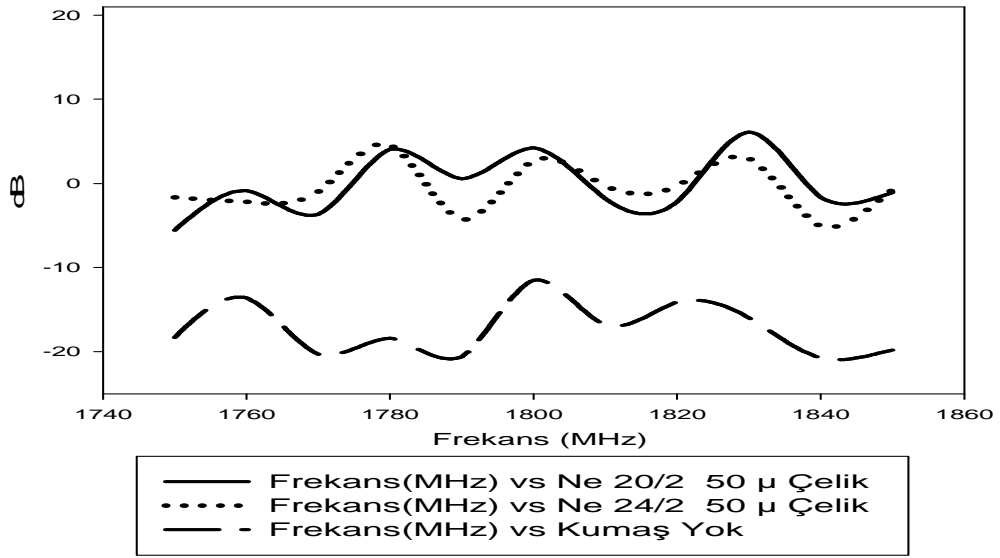
b)

Şekil 4.14 : D ve F olarak kodlandırılmış örme kumaşların SE değişimleri

Şekil 4.15’de gösterildiği gibi 850-970 MHz frekans aralığında 880 MHz, 930 MHz ve 950MHz’de Ne 20/2 iplik ile örülmüş olan kumaş daha yüksek SE göstermektedir. 1740-1860 MHz frekans aralığında 1820 MHz’de Ne 24/2 iplik ile örülmüş olan kumaş daha yüksek SE göstermektedir. Şekil 4.15 ‘in geneline bakıldığında Ne 20/2 Ne iplik ile örülmüş olan kumaş daha yüksek SE göstermektedir.



a)



b)

Şekil 4.15 : E ve G olarak kodlandırılmış örme kumaşların SE değişimleri

Şekil 4.14 ve Şekil 4.15 incelendiğinde Ne 20/2 pamuk ipliğinden yapılan örme kumaş diğer kumaşa göre daha yüksek SE değerleri göstermiştir. Bunun sebebi iplik kalınlaştıkça iplik içerisindeki iletken telin iplik içindeki yerleşiminin daha düzenli dağılım göstermesi ile açıklanabilir.

4.5 Ölçüm Düzenesinde ve Ölçüm Ayarlarındaki Değişimin EMSE'ye Etkisi

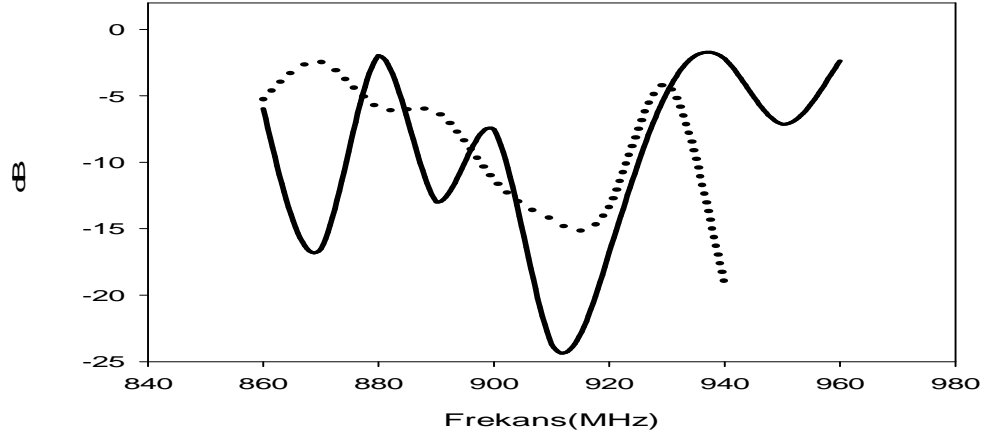
Ölçüm düzenesinde ve ölçüm kutusunda değişiklik yapılması durumunda EMSE ölçüm sonuçlarında değişiklik olup olmadığı araştırılmıştır. Aşağıda maddeler halinde verilmiş olan durumların EMSE ölçümleri gerçekleştirilirken ölçüm kutusu içerisinde deney numunesi olmadan ölçümler yapılmıştır.

4.5.1 Sinyal jeneratörü yerine alternatif sinyal kaynağı kullanılmasının EMSE'ye etkisi

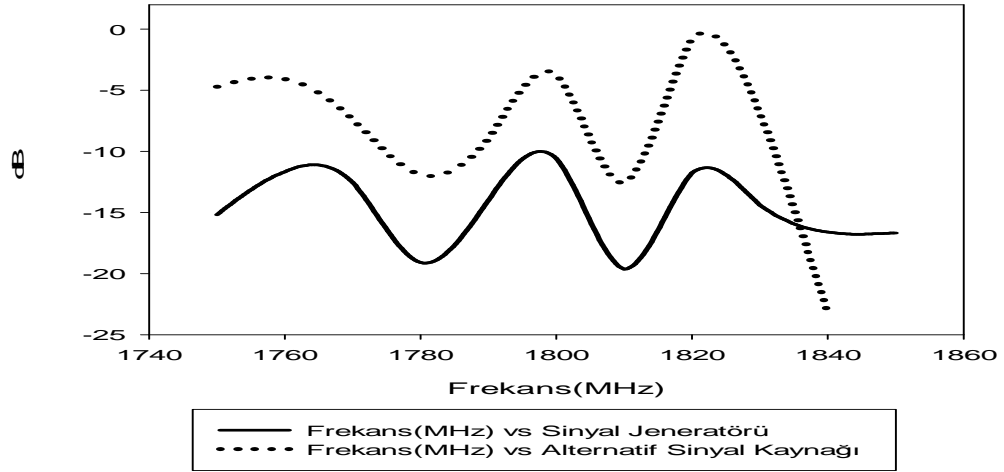
Ölçüm düzenesinde sinyal kaynağı olarak Agilent N9310A markalı RF Sinyal Jeneratörü yerine özel olarak Set Telekomünikasyon Elektronik Elektrik Güv. Sis. İnş. Yat. San. ve Tic. Ltd. Şti tarafından imal edilmiş olan alternatif sinyal kaynağı kullanıldığında ölçüm düzenesinin antenlerinde değişiklik yapılmıştır. Verici anten tarafında 900 MHz ve 1800 MHz frekans bandında sinyal gönderebilen iki adet prob anteni verici antene monte edilmiştir. Alıcı anten ise dual bantta çalışan çubuk antendir.

Şekil 4.16'da sinyal jeneratörü ile 900 MHz ve 1800 MHz frekanslarda daha güçlü sinyal gönderilebilen alternatif bir sinyal kaynağı kullanılarak kumaş yok iken ölçülen değerlerinin karşılaştırılması gösterilmiştir. Grafikten de anlaşıldığı üzere alternatif sinyal kaynağının sinyal jeneratörüne göre daha güçlü sinyal gönderdiği anlaşılmaktadır. Bu bulgu alternatif sinyal kaynağından yayılan sinyallerin 900 MHz'de 4 watt ve 1800 MHz'de 2 watt gücünde olduğunu doğrulamaktadır.

850-970 MHz frekans aralığında 880 MHz, 900 MHz ve 940 MHz'de düşük olmasının sebebi alıcı ve verici antenin özdeş olmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir.



a)

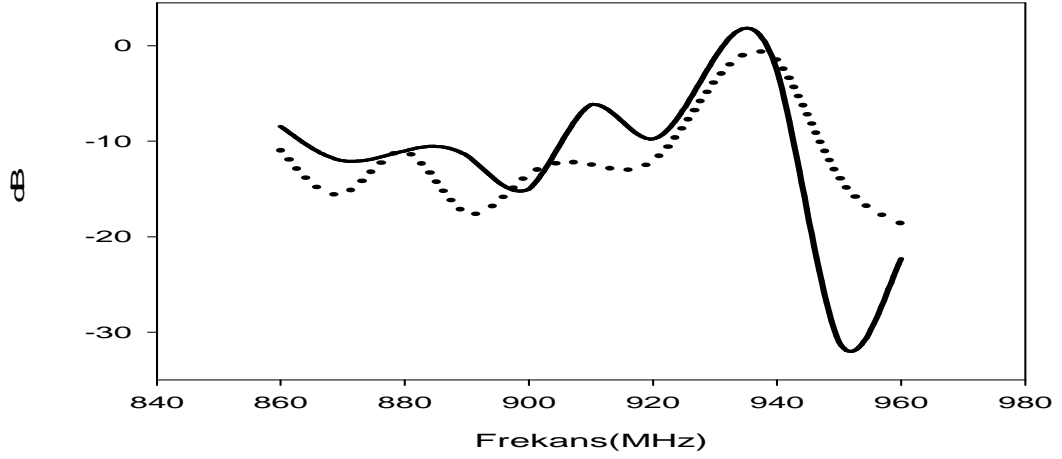


b)

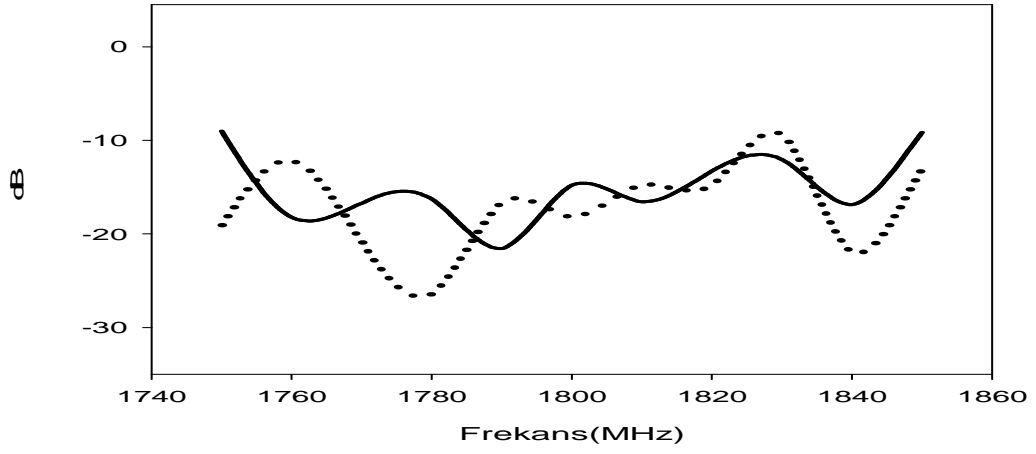
Şekil 4.16 : Sinyal jeneratörü ile alternatif sinyal kaynağının etkisinin karşılaştırılması

4.5.2 Alüminyum çerçeve yerine tahta çerçeve kullanılmasının EMSE'ye etkisi

Ölçüm düzeneği ilk tasarlandığında numune yerleşim çerçevesi olarak tahta çerçeve kullanılmıştır. Ancak daha sonra sistemin hassasiyetinin iyileştirilmesi amacı ile topraklanmış alüminyum çerçeve kullanılmıştır. Alüminyum çerçeve tüm ölçümler için standart olarak kullanılmıştır. Bu bölümde tahta çerçeve ile alüminyum çerçeve kullanımının ölçüm hassasiyeti üzerindeki etkisi incelenmiştir. Kullanılan çerçeve çeşidinin etkisi Şekil 4.17'de gösterilmiştir.



a)

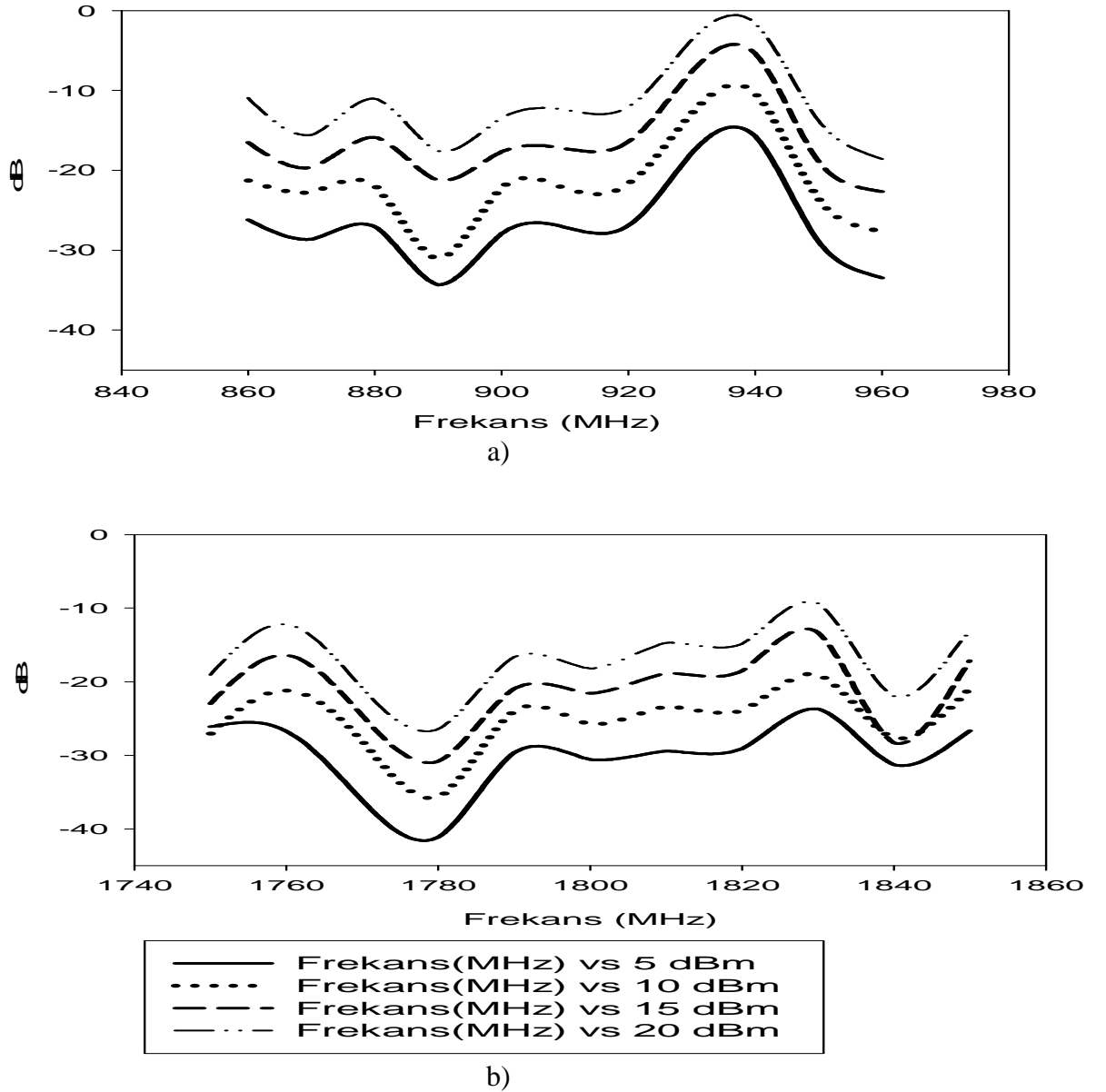


b)

Şekil 4.17 : Kullanılan çerçeve çeşidinin etkisinin karşılaştırılması

4.5.3 dBm değerinin değiştirilmesinin EMSE'ye etkisi

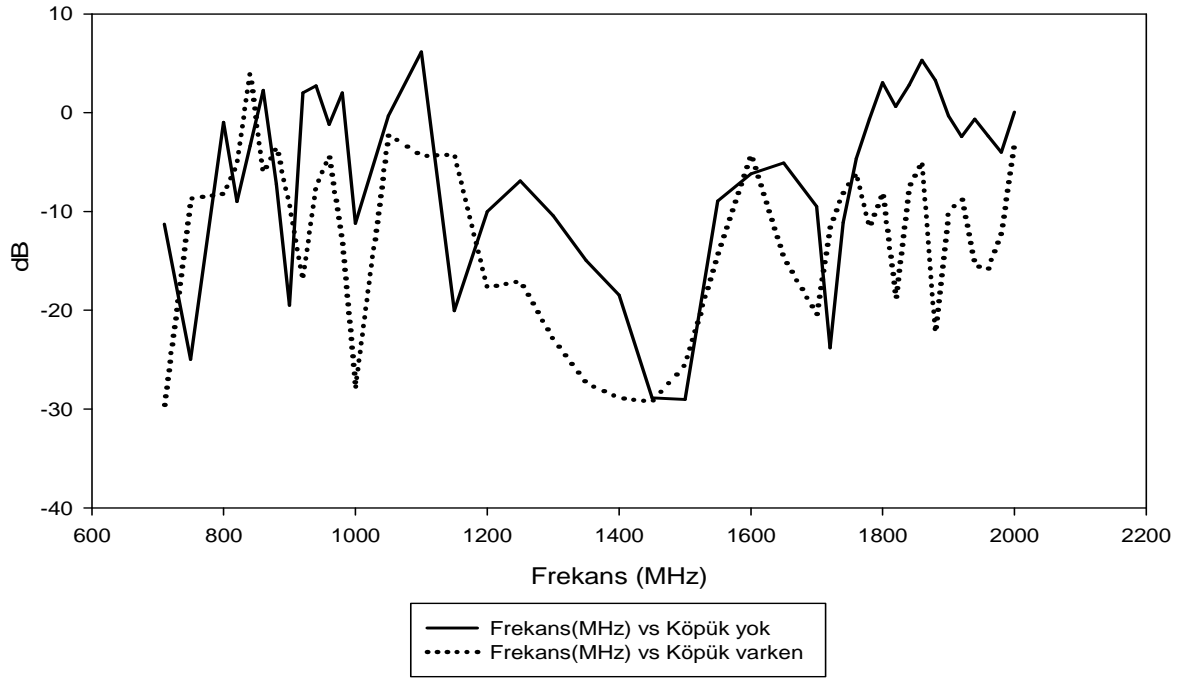
Bu bölümde topraklaması yapılmış alüminyum çerçeve kullanılarak farklı dBm değerlerinde sinyal gönderilmesinin etkisi araştırılmıştır. Sırayla 5, 10, 15 ve 20 dBm sinyal gücündeki ölçümlere ait değerler Şekil 4.18'de gösterilmiştir. Şekilden de anlaşıldığı üzere 20 dBm sinyal gücünde daha yüksek SE değerleri elde edilmiştir. .



Şekil 4.18 : dBm değerinin değiştirilmesinin etkisinin karşılaştırılması

4.5.4 Prizma şeklindeki poliüretan köpüklerin kullanılmasının EMSE'ye etkisi

Ölçüm kutusu içerisindeki deney numunesi olmadan, prizma şeklindeki köpüklerin var iken ve yokken ki ölçülen değerleri Şekil 4.19'da gösterilmektedir. Ölçüm yapılırken; ölçüm kutusunun topraklaması olmadan, tahta çerçeve kullanılarak yapılmış olan bu ölçüm 700-2050 MHz frekans aralıklarında yapılan ölçümlerdir. Şekilden de anlaşıldığı üzere antenlerin çalışma frekansları olan 900MHz ve 1800MHz frekanslarında ölçüm kutusunun içerisinde böyle bir malzeme kullanılmasının ölçüm kutusu içerisindeki yansımaları azalttığı görülmektedir.



Şekil 4.19 : Ölçüm kutusunun iç duvarında piramit şeklinde poliüretan köpük kullanımının etkisinin karşılaştırılması

5.SONUÇ

TÜBİTAK 107M454 “Elektromanyetik Kalkanlama Özelliği Olan Tekstil Yüzeylerinin Üretimi ve Yüzeylerin Kalkanlama Etkinlik Alanının Araştırılması” konulu proje kapsamında yürütülmüş, üretim ve ölçümlerin Pamukkale Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü ve Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında gerçekleştirilmiş olan bu çalışma sonucunda elde edilen veriler aşağıdaki şekilde özetlenmiştir.

İletken iplikler kullanılarak üretilmiş olan dokuma ve örme kumaşlarda kumaş üretim parametreleri ve ölçüm düzeneğine bağlı çeşitli faktörlerin etkisiyle EMSE değerlerinin nasıl etkilendiği araştırılmıştır. Yapılan literatür taramaları ve deneysel araştırmalara göre EMSE'nin daha yüksek ya da daha düşük olmasını etkileyen sebepler genel olarak maddeler halinde aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Oluşturulan kumaşın örgü çeşidi
- Numunenin kumaş kat sayısı
- Kullanılan iletkenin cinsi
- Kullanılan iletkenin inceliği ve kumaş içerisinde bulunma oranı
- Ölçüm düzeneğinde yapılan değişiklikler
- Ölçüm düzeneğindeki cihazların teknik özellikleri
- Kullanılan antenlerin karakteristik özelliği
- Ölçüm sırasındaki frekansa bağımlı olarak deney düzeneğinin geometrisinden kaynaklanan yansımalar
- Ölçüm kutusu içindeki ortamın izolasyonu

Yapılan deneylerde iletken kumaş oluşturulmasında kullanılan iletken cinsinin EMSE'yi etkilediği görülmüştür. Çünkü her iletken malzemenin iletkenlik değeri farklıdır.

Gerçekleştirilen deneylerde örgü çeşitliliğinin EMSE'yi nasıl etkilediğini incelediğimizde genelde panama ve 1/3 dimi kumaşların diğerlerine göre daha iyi SE değerleri gösterdiği belirlenmiştir. Bunun sebebi dokuma kumaşların örgülerinden ötürü kumaş içerisinde bulunan iletken miktarındaki değişim ile açıklanabilir..Bu sonuç Chen vd tarafından 2007 yılında yapılan çalışma ile de doğrulanmaktadır.

Örme kumaşlarda iletken inceliği ve sıklık değiştiğinde EMSE değerinin etkilendiği görülmüştür. Bu sonuç Cheng vd tarafından 2000 yılında yapılan çalışma sonuçları ile paraleldir. Cheng vd, örme kumaşların örme raporu, ilmek sıklığı, sıra sıklığı ve iplik numarasının değişmesiyle kumaş içerisindeki bakır miktarı değiştiği için EMSE'yi etkilediğini belirtmişlerdir.

Kat sayılarını arttırdığımızda iki katlı kumaşın tek katlı kumaşa göre daha yüksek EMSE sağladığı bulunmuştur. Perumalraj vd 2009 yılında yaptıkları çalışmada da iki katlı kumaşların tek katlı kumaşlara göre daha yüksek EMSE sağladığı durumunu, yapılan deneylerde de gözlemlenmiştir. Bu çalışmada ayrıca dört katlı numuneler ile de ölçümler yapılmıştır. Ancak çalışma sonucunda iki katlı ve dört katlı numunelerin birbirine yakın EMSE sağladığı görülmüştür. Bunun sebebi tez çalışmasında kullanılan dokuma kumaşlardaki iletken ipliklerin sadece atkı yönünde olması ile ilişkilendirilebilir.

Kumaş içerisinde aynı iletkene sahip olan iletken kumaşların üretiminde kullanılan iplik numarasını değiştirerek EMSE değişimi incelendiğinde EMSE değerlerinin değiştiği görülmüştür. Bu durum Das vd 2009 tarafından incelenmiştir. Tez çalışması ile paralel olan bu bulgularda da iplik kalınlığının artması ile EMSE değerinde artış olduğu belirtilmiştir.

Numune kumaş içerisinde kullanılan iletken kalınlığındaki değişimlerin EMSE üzerindeki etkisi incelendiğinde Perumalraj ve Dasaradan'ın 2010 yılında yaptıkları çalışma ile paralel bulgular elde edilmiştir. İletken malzemenin çapı arttığında EMSE değerinde azalma olduğu görülmüştür.

Ölçüm düzeneğinde yapılan değişikliklerin EMSE ölçüm değerini etkilediği belirlenmiştir. Sinyal jeneratörü yerine 900 MHz ve 1800 MHz frekanslarında daha güçlü sinyal gönderilebilen alternatif sinyal kaynağı kullanılarak sinyal gönderiminde kazanç olduğu görülmüştür. Ölçüm kutusu iç duvarlarına yapıştırılan piramit şeklindeki poliüretan esaslı malzemelerin kullanımının kutu içerisinde oluşan yansımaları azalttığı ve gönderilen sinyalin gücünün değişmesiyle EMSE değerlerini etkilediği görülmüştür.

Bu tez çalışmasında EMSE ölçümleri ile ilgili karşılaşılan en büyük sorunlardan bir tanesinin belli frekanslarda görülen rezonans davranışı olduğu vurgulanmalıdır. Bunun nedeni ölçümler yapılırken kullanılmış olan antenlerin ilgili bazı frekanslarda ölçüm kutusunun geometrik yapısına bağlı olarak rezonans noktasına karşılık gelmesidir.

Dördüncü bölümdeki grafiklerin her birinde kumaş yokken ölçülen değerler birbirinden farklıdır. Bu farklılık her bir ölçüm sırasında antenlerin geometrik konumlarında ortaya çıkabilecek olası hassas aksenal değişimler ile açıklanabilir. Antenlerin aksenal yerleşimindeki küçük bir açısal fark anten tarafından iletilen veya alınan sinyalin değerinde değişikliğe neden olmuştur.

Bu tez çalışmasında yapılan ölçümler sonucunda elde edilen bulgular sadece 900 MHz ve 1800 MHz frekans bandı için geçerlidir. Ancak üretilen iletken kumaşlar bu frekans bantları dışındaki diğer frekanslar içinde EMSE etkinliği gösterecek özelliktedir. Bundan sonraki çalışmalarda üretilmiş olan kumaşların bu frekanslar dışındaki daha düşük ve daha yüksek frekans bantları için EMSE etkinlik değerlerinin araştırılması faydalı olacaktır.

Ayrıca yeni kumaş tasarımları geliştirilerek daha yüksek EMSE değerleri sağlayabilecek ürünler araştırılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Arı, N. ve Özen, Ş.**, 2008. *Elektromanyetik Uyumluluk*, Palme Yayıncılık, Ankara.
- Chen, H.C., Lee, K.C., and Koch, M.**, 2007: Comparison of Electromagnetic Shielding Effectiveness Properties of Diverse Conductive Textiles via Various Measurement Techniques. *Journal of Materials Processing Technology*. Vol.192-193, pp. 549-554
- Cheng, K.B.**, 2000: Production and Electromagnetic Shielding Effectiveness of the Knitted Stainless Steel/Polyester Fabrics. *Journal of Textile Engineering*. Vol. 46, no.2, pp. 42-52
- Cheng, K.B., Ramakrishna, S.,and Lee, K.C.**, 2000: Electromagnetic Shielding Effectiveness of Copper/Glass Fiber Knitted Fabric Reinforced Polypropylene Composites. *Composites:Part A*, Vol. 31, pp. 1039-1045
- Cheng, K.B., Cheng, T.W., Lee, K.C., Ueng, T.H. and Hsing, W.H.**, 2003: Effects of Yarn Constitutions and Fabric Specifications on Electrical Properties of Hybrid Woven Fabrics. *Composites: Part A*, Vol. 34, pp 971-978
- Cheng, K.B., Cheng, T.W., Nadaraj, R.N., GiriDev V.R. and Neelakandan, R.**, 2006: Electromagnetic Shielding Effectiveness of the Twill Copper Woven Fabrics.*Journal of Reinforced Plastics and Composites*, Vol.25, no.7, pp 699-709
- Croisant, W.J.**(2005). IEEE Standard 299-Limitations and Future Work Retrieved November 16, 2009, from <http://emcserver.ing.uniroma1.it/emclab/images/0/06/Croisant.pdf>
- Çınar, K.**, 2006: Elektromanyetik Alan, *Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi*, sayı.465,s80-81
- Das, A., Kothari, V.K.,Kothari, A., Kumar, A., and Tuli, S.**, 2009 : Effect Of Various Parameters on Electrmagnetic Shielding Effectiveness of Textile

- Fabrics *Indian Journal of Fibre&Textile Research*, Vol.134, pp144-148
- Gürel, L.**, 2002. Elektromanyetik uyumluluk benzetimleri, *URSI-TÜRKİYE'2002 Birinci Ulusal Kongresi*, İstanbul, Türkiye, Eylül 18-20.
- Hakansson, E., ve Kaynak, A.**, 2007. Mikrodalga frekansında potansiyel uygulamalar için iletken polimer kaplanmış kumaşlar: elektromanyetik özellikler üzerine bir araştırma, *III.Uluslararası Teknik Tekstiller Kongresi*, İstanbul, Türkiye, Aralık 1-2
- Lee, Y.M., and Madden, K.J.**, 1990. Mil-Std-907B Modifies Mil-Std-285 Emi test procedures, *IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility*, Washington DC, USA, August 21-23
- Montrose, M.I., and Nakauchi, E.M.**, 2004. *Testing for EMC Compliance: Approaches and Techniques*, p480, Wiley-IEEE Press, Hoboken, NJ, USA,
- Neelakandan, R., Giridev, V.R., Murugesan, M., and Madhusoothanan, M.**, 2009: Surface Resistivity and Shear Characteristics of Polyaniline Coated Polyester Fabric. *Journal of Industrial Textiles*. Vol. **39**, no.2, pp 175-186.
- Onar, N., Akşit Cireli, A., Ebeoglugil M.F., Birlik, I., Çelik, E., and Ozdemir, I.**, 2009: Structural, Electrical, and Electromagnetic Properties of Cotton Fabrics Coated with Polyaniline and Polypyrrole. *Journal of Applied Polymer Science*. Vol. **114**, pp. 2003-2010.
- Palamutcu, S., Dağ, N.**, 2009: Fonksiyonel Tekstiller I : Elektromanyetik Kalkanlama Amaçlı Tekstil Yüzeyleri. *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, Cilt.3, no.1, s 87-101.
- Perumalraj, R., Dasaradan, B.S., Anbarasu, R., Arokiaraj P., and Leo Harish, S.**, 2009 : Electromagnetic Shielding Effectiveness Of Copper Core-Woven Fabrics. *The Journal of The Textile Institute*, Vol.100, no.6, pp.512-524
- Perumalraj,R., and Dasaradan B.S.**, : 2010. Electromagnetic Shielding Effectiveness of Doubled Copper-Cotton Yarn Woven Materials *FIBRES &TEXTILES inEastern Europe*, Vol.18, no.3(80), pp.74-80.
- Serway, R.A.and Beichner, R.J.**, 2002. *Fen ve Mühendislik için Fizik-2/Kemal Çolakoğlu*, Palme Yayıncılık, Ankara
- Sevgi, L.** 2004 : EMC ve Korunma Yöntemleri : (I) Ekranlama. *Endüstri&Otomasyon*, retrieved December 28, 2009

http://www3.dogus.edu.tr/lsevgi/LSevgi/E&O/EO_Eylul04.pdf

Şeker, S.,2000: Elektromanyetik Kirlenme Etkileri ve Güvenlik Önlemleri, *EMO Dergisi*, s14-21

TS EN 50147-1, 2005. ICS 209.020; 14.140.01 Yankısız Odalar- Bölüm 1: Ekran zayıflatmasının ölçülmesi Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Ueng, T.H., and Cheng, K.B., (2001) The Leakage Power Density and Electromagnetic Shielding Effectiveness of Conductive Woven Fabrics. *Journal of Textile Engineering*, 47:(3-4) 70-76

Uygunol, O., Durduran, S.S., 2008. Elektromanyetik Kirlilik Haritalarının Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yardımıyla oluşturulması, *I.CBS Günleri Sempozyumu*, Ankara, Türkiye, Kasım 19-21

Url-1 < <http://www.geo.mtu.edu/rs/back/spectrum/>>, alındığı tarih 03.11.2009.

Url-2 <. <http://www.williams.edu/astronomy/Course-Pages/111/Images/ems.jpg> >, alındığı tarih 27.1.2010.

Url-3 < <http://www.spacetoday.org/DeepSpace/Telescopes/GreatObservatories/Chandra/ElectromagneticSpectrum.html> > alındığı tarih 27.1.2010.

Url-4 < <http://www.mobile-phones-uk.org.uk/sar.htm>> alındığı tarih 11.07.2010.

Url-5 <http://www.safelivingtechnologies.ca/EMF_Health_Effects.htm> alındığı tarih 15.11.2009.

Wieckowski, T.W., and Janukiewicz, J.M., 2006 : Methods for Evaluating the Shielding Effectiveness of Textiles. *FIBRES&TEXTILES inEastern Europe*, Vol.14, no.5(59), pp.18-22

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Nermin DAĞ
Doğum Yeri ve Tarihi: 05.08.1986
Adres: Merkez/Denizli
Lisans Üniversitesi: Pamukkale Üniversitesi
Tekstil Müh.(2008)

Yayın Listesi:

- Palamutcu, S., Dağ, N., 2009: Fonksiyoneller Tekstiller I : Elektromanyetik Kalkanlama Amaçlı Tekstil Yüzeyleri. Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi, Cilt. 3, no.1, s 87-101
- Palamutcu S., Ozek A., Dağ, N.,and Karpuz C., 2009: Electromagnetic Shielding Effectiveness of Electrical Conductive Cotton Blended Woven and Knitted Fabrics. *X International Scientific Conference IMTEX 2009*, September 15-16, 2009 Lodz, Poland
- Palamutcu S., Dağ, N., Özek A., and Karpuz C., 2010: Influence Of Woven Fabric Structure On The Electromagnetic Shielding Effectiveness Of Electrical Conductive Textile Surfaces. *4th International Technical Textiles Congress* May 16-18, 2010 İstanbul, Turkey
-