

T. C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

84090

DRH ANTENLERİN İŞIMA
DİAGRAMLARININ ÜÇ BOYUTLU
ANALİZİ

Ertan KARAGÖL
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

84090

TEZ DANIŞMANI
Yrd. Doç. Dr. E. Murat ESİN

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

GEBZE

1999

Bu tez çalışması, G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 26.07.1999 tarih ve 99/21 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından Elektronik Müh. Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE
(Tez Danışmanı)

: Yrd. Doç. Dr. Murat EŞİN
Murattsin

ÜYE

: Doç. Dr. Ali Akkumru
AA

ÜYE

: Yrd. Doç. Dr. Emrullah KARACIHA
Emrullah

ONAY

G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 24/08/1999 tarih ve 99/24 sayılı kararı.

İmza / Mühür

ÖZET

Bu çalışmada, anten desenlerinin iki ve üç boyutlu olarak analizleri yapılmıştır. Test işleminden önce uygulanması gereken metotlar araştırılmış ve en iyi metod bulunduktan sonra ölçme için imal edilen bir anten platformu üzerine devre yerleştirilmiştir. Pozisyoner üzerinde bulunan DRH antenin ölçümleri yapılarak network analyzer cihazından elde edilen veriler bir grafik ara yüz programında işlenmiştir.

Programlamanın çalıştığını gözlemleyebilmek için teorik sonuçlar kullanılmıştır. Deney yoluyla edinilen sonuçlarla teorik olarak elde edilen sonuçların karşılaştırılması amacıyla öncelikle teorik sonuçların görüntülenmesi işlemi yapılmıştır. Elde edilen test verilerin ilk olarak iki daha sonra ise üç boyutlu olarak grafik ara - yüz programlama yoluyla görüntülenmesi sağlanmıştır.

Üç boyutlu grafik sonuçlarının doğruluğunun tespiti maksadıyla bu test programlama sonuçları teorik üç boyutlu grafik sonuçlarla karşılaştırılmış ve doğru sonuçlara varıldığı anlaşılmıştır.

SUMMARY

In this study, two and three dimensional analysis of antenna patterns were made. Before testing, the choosing applicable methods were investigated and after the best method, the circuit was placed on an antenna platform which was produced for measurement. The measurements of the DRH antenna on the positioner were made and the data gathered were processed by a graphical interface program.

In order to verify that the program was working correctly, theoretical results were used. The compare test results and theoretical values, first theoretical results were displayed using the program. The test results were firstly displayed in two dimension and then in three dimension.

To verify the correctness of the three dimensional test results, the graphics were compared with that of the theoretical values and it was seen that the resulting graphics was correct.

TEŞEKKÜR

Yapılan tez çalışması sırasında maddi-manevi yardımlarını eksik etmeyen bilgisayar öğretim üyesi ve tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. E. Murat ESİN beye teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmanın seyri sırasında okulumuz personelinin gösterdiği anlayış ile alınan görevin başarıya ulaştırılmasındaki gayretin aynı oranda sürmesi, bilim ve teknolojide ülkemiz menfaatlerinin korunup gelişmesinde daha yüksek faydalar getireceğine olan inancımı pekiştirmiştir. Bu bakımdan çalışmaya dolaylıda olsa katkı yapan herkesi daima saygıyla anmayı bir görev biliyorum.



İÇİNDEKİLER



SAYFA

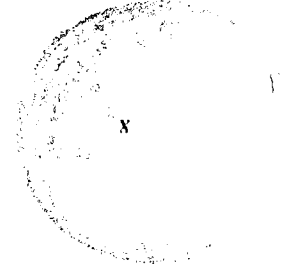
ÖZET	IV
SUMMARY	V
TEŞEKKÜR	VI
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	VII
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	XI
ÇİZELGELER DİZİNİ	XIV
1. GİRİŞ	1
1.1. Antenler ve Ölçme Terminolojisi	3
1.2. Anten Ölçme Parametrelerinin Hesabı	10
2. KONUYLA İLGİLİ ÇALIŞMALAR	15
2.1. Uzak Alan Bölgesinde İki Antenin Karşılıklılığı	15
2.2. Friis İletim Denklemi	22
2.3. Anten Test Teknikleri	24
2.4. Anten Parametreleri Arasındaki İlişkiler	32
2.5. Kayıpların Tespiti	37
2.6. Matlab 4.0 For Windows Grafik Çizimleri	38
3. GEREÇ VE YÖNTEM	42
3.1. Mikserler	42
3.2. Kuaksiyel Kablolar	44
3.3. Geniş-Band Antenler	46
3.4. Network Analyzer (NA)	49
3.5. Ölçüm Platformları	50
3.6. Grafik Ara-Yüz Programlama	51
3.7. Deney Çalışmaları	60

4. BULGULAR	63
5. SONUÇLAR	91
KAYNAKLAR	92
ÖZGEÇMİŞ	94



SİMGELER VE KISALTMALAR

DRH	Double Ridge Horn
θ	Düsey Döndürme Açısı
ϕ	Yaty Döndürme Açısı
E	Elektrik Alan Vektörü
H	Magnetik Alan Vektörü
AF	Anten Faktörü
AYF	Anten Yayılım Faktörü
G	Kazanç
BG	Band Genişliği
DG	Demet Genişliği
RF	Radyo Frekans
DDO	Duran Dalga Oranı
V_c	Anten Çıkış Gerilimi
V_o	Anten Giriş Gerilimi
YGDG	Yarı Güç Demet Genişliği
P_{ilert}	Antene Aktarılan Güç
P_{yans}	Antenden Geri Dönen Güç
Γ	Yansıma Katsayısı
V_{mak}	Maksimum Gerilim
V_{min}	Minimum Gerilim
λ	Dalga Boyu
P_d	Güç Yoğunluğu
P_r	Test Anteninin Aldığı Güç
P_t	Kaynak Anteninin İlettiği Güç
G_t	Kaynak Anteninin Kazancı
r	İki Anten Arasındaki Mesafe
f	Frekans



c	Işık Hızı
R_1	Birinci Sistemin Direnci
R_2	İkinci Sistemin Direnci
V_1	Birinci Sistemin Gerilimi
V_2	İkinci Sistemin Gerilimi
D	Antenin Boyu
Z_1	Kaynak Anteninin Giriş Empedansı
Z_2	Test Anteninin Giriş Empedansı
J_1	Kaynak Anteninin Akım Kaynağı
J_2	Test Anteninin Akım Kaynağı
M_1	Kaynak Anteninin Magnetik Akım Kaynağı
M_2	Test Anteninin Magnetik Akım Kaynağı
A	Vektör Potansiyel
μ	Ortamın Permaabilitesi
ϵ	Ortamın İletkenlik Katsayısı
η	Ortamın İç Empedans Katsayısı
Z_g	Jeneratörün İç empedansı
V_g	Jeneratörün Ürettiği Gerilim
Z_g	Jeneratörün İç empedansı
Z_L	Yük Empedansı
Y_{12}	Yükün Transfer Admitansı
Y_{21}	Jeneratörün Transfer Admitansı
W	Güç Yoğunluğu
PAK	Pre Anfi Kazancı
KL_1	Birinci Kablo İşaret Kaybı
KL_2	İkinci Kablo İşaret Kaybı
$SJÇ$	Sinyal Jeneratörü Çıkış İşaret Genliği
AK	Anfi Kazancı
Z_0	Kuaksiyel Kablonun Karakteristik Empedansı
α	İletkenlik Kaybı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
1.1.Uzak alan mesafesinde test anteninin uçlarında oluşan faz hatasının meydana gelmesi	3
1.2. R. H. Hertz tarafından yapılan ilk antenin fiziki yapısı	5
1.3. Anten faktörünün tanımı	7
1.4. Anten yayılım faktörünün tanımı	7
1.5. Horn anten için genel hatlarıyla anten deseni	7
1.6. İstotropik kaynak ve anten deseni için kazancın şematik gösterimi	8
1.7. Bir antenin band genişliği tanımı	8
1.8. Bir antenin demet genişliği	9
1.9. Anten yayılım bölgeleri	11
1.10. Polarizasyon çeşitlerinin gösterimi	11
2.1. Küresel koordinatlarda bir antenin yerleşim yeri	16
2.2. Anten ve gözlem noktasının arasındaki mesafe	16
2.3. İki antenin karşılıklılığı	16
2.4. İki anten devresinin empedans karakteristiği	21
2.5. Friis iletim denklemi için anten pozisyonu	22
2.6. Test altındaki materyalden yayılan dalganın ölçümü	25
2.7. Test altındaki antenden yayılan dalganın ölçümü	27
2.8. Test anteni ve materyal arasındaki alanın genlik değişimi	27
2.9. Toprak yüzeyinden yansımalar	29
2.10. Yükseltilmiş platformlarla anten testlerin yapılışı	29
2.11. Eğimli mesafelerde anten ölçümleri	32
2.12. Sessiz odalarda anten testlerinin yapılışı	32
2.13. Parabolik reflektörlerde yapılan testlerde düzlem dalganın eldesi	33
2.14. Parametreler arası ilişkiler	33
2.15. S-parametrelerinin gösterimi	37
3.1. Bir mikserin blok diagramı	43
3.2. Mikser çıkışındaki işaretlerin yan bandları	43
3.3. Mikserin işaret tepkisi	43
3.4. Kuaksiyel ve iki telli hatların karakteristik empedansı.	44

3.5. RG214 kablosu ve N tipi adaptör	45ii
3.6. DRH antenin dış görünüm fotoğrafı ile arka ve yan ara kesitinin gösterimi	46
3.7. DRH eğimli parçalarının tespit grafiği	48
3.8. NA 'ın dışardan görünümünün bir fotoğrafı	49
3.9. Ölçüm platformları	50
3.10. Anten pozisyoneri	51
3.11. Polar koordinatlarda 2 boyutlu çizim akış şeması	52
3.12. İki boyutlu koordinatlar arasındaki ilişki	54
3.13. Üç boyutlu çizim programı akış şeması	55
3.14. Deney düzeneği	65
4.1. Vertikal dipol gücünün λ uzaklığında üç boyutlu gösterimi	65
4.2. Vertikal dipol gücünün $\lambda / 4$ uzaklığında üç boyutlu gösterimi	66
4.3. Horizontal dipol gücünün λ uzaklığında üç boyutlu gösterimi	67
4.4. Horizontal dipol gücünün $3 \lambda / 4$ uzaklığında üç boyutlu gösterimi	68
4.5. Horizontal dipol gücünün $\lambda / 4$ uzaklığında üç boyutlu gösterimi	69
4.6. Bir ucu kapalı ve $\lambda / 4$ uzağında prop beslemeli borudan yansıyan gücün gösterimi	70
4.7. Probdan daha geride başlayan anten eğiminin güçte neden olduğu faz farklı yapının 3 boyutlu gösterimi	71
4.8. Anten eğimli yapısından çıkan alan gücünün 3 boyutlu gösterimi	72
4.9. H - düzleminden 1 GHz için alınan gücün kutupsal koordinatlarda gösterimi	73
4.10. H - düzleminden 1 GHz için alınan gücün dik koordinatlarda gösterimi	74
4.11. H - düzleminden 1 GHz için alınan gücün üç boyutlu olarak gösterimi	75
4.12. H - düzleminden 3 GHz için alınan gücün kutupsal koordinatlarda gösterimi	76
4.13. H - düzleminden 3 GHz için alınan gücün dik koordinatlarda gösterimi	77
4.14. H - düzleminden 3 GHz için alınan gücün üç boyutlu olarak gösterimi	78
4.15. H - düzleminden 8 GHz için alınan gücün kutupsal koordinatlarda gösterimi	79
4.16. H - düzleminden 8 GHz için alınan gücün dik koordinatlarda gösterimi	80
4.17. H - düzleminden 8 GHz için alınan gücün üç boyutlu olarak gösterimi	81
4.18. E - düzleminden 1 GHz için alınan gücün kutupsal koordinatlarda gösterimi	82
4.19. E - düzleminden 1 GHz için alınan gücün dik koordinatlarda gösterimi	83
4.20. E - düzleminden 1 GHz için alınan gücün üç boyutlu olarak gösterimi	84
4.21. E - düzleminden 3 GHz için alınan gücün kutupsal koordinatlarda gösterimi	85
4.22. E - düzleminden 3 GHz için alınan gücün dik koordinatlarda gösterimi	86

4.23. E - düzleminden 3 GHz için alınan gücün üç boyutlu olarak gösterimi	87
4.24. E- düzleminden 8 GHz için alınan gücün kutupsal koordinatlarda gösterimi	88
4.25. E - düzleminden 8 GHz için alınan gücün dik koordinatlarda gösterimi	89
4.26. E - düzleminden 8 GHz için alınan gücün üç boyutlu olarak gösterimi	90



ÇİZELGELER DİZİNİ

xiv

Çizelge	Sayfa
1.1. Elektrik alan ve güç arasındaki değişim	12
3.1. Kuaksiyel kabloların özellikleri	45
3.2. RG214 için 3 GHz den düşük frekanslarda görülen kayıplar	47
4.1. Ölçme verileri tablosu	64



1. GİRİŞ

Bu tezde, öncelikle ele alınan geniş - band mikrodalga antenlerinden DRH (Double Ridged Horn) antenin hem dikey ve hem de yatay eksenlerde sabit bir açı aralığında döndürülmek suretiyle her bir açı değeri için elde edilen genlik değerlerinden hareketle, güç veri dosyası oluşturmak ve bir grafik ara yüz programı yardımı ile bu verilerin işlenmesini sağlayarak güç ışıma desenlerinin iki ve üç boyutlu görüntülerinin bilgisayar ekranından izlenmesini temin etmektir. Varılan bu noktada, grafikler incelenerek, teorik hesaplamalarla oluşturulmuş olan böyle bir antenin gerçek performansı ortaya konacaktır.

Anten ışıma gücü ölçümü antenin fiziki boyutları ve çevre koşulları göz önüne alındığında çok fazla dikkat gerektiren bir çalışmadır. Daha önceden hesaplanamayan nedenlerle testlerin güvenli yapılması özel ekipman ve yapıları mevcut kılmayı gerektirmektedir ki bu tez çalışmasıyla işlemler fazla dikkat harcanmaya gerek olmadan yapılabilmesi sağlanmakta ve herhangi bir anten çifti deney düzeneğine yerleştirildikten sonra elde edilen veriler bilgisayar yardımı ile işlenerek rahatlıkla sonuçlara varılabilmektedir. Ayrıca, iki ve üç boyutlu grafikler yardımı ile anten hakkında bilgi edinmek kolaylaşmakta ve bu sayede teorik ve pratik sonuçların karşılaştırılması mümkün olmaktadır.

Yürütülen çalışma için gereken teorik ve pratik sonuç karşılaştırmalarının yapılabilmesi maksadıyla; öncelikle genel olarak antenler ve anten parametreleri hakkında ön bilgi vermek, sistemde karşılaşılan ölçme terminolojisi hakkında kısa açıklamalar yapmak ve mevcut veya bulunması gereken değerlerin tanımlanmasıyla formülasyonlarının ifade edilmesi yolu izlenmektedir. Bu tanım ve açıklamalar antenlerin ölçüm metotlarının uygulanmasında hangi metodun seçilmesi gerektiği sorusuna ışık tutacaktır.

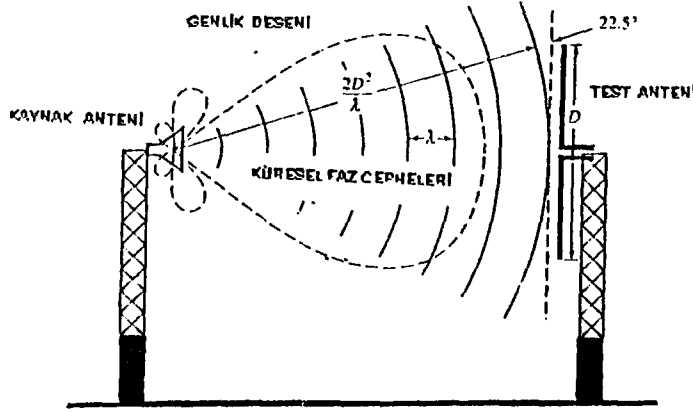
Genel olarak antenin bulunduğu yerleşim yeri ve boyutları test ve ölçüm tekniğinin seçimi konusunda yön göstermekte olup bunlar şu şekilde sıralanır:

- 1-Yakın alan ölçmeleri,
- 2-Uzak alan ölçmeleri,
- 3-Yakın alan / Uzak alan ölçmeleri,
- 4-Ölçekli model ölçmeleri,

Bu metotlardan biri tercih edilerek devrenin testleri yapılmalıdır [1], [2].

Tez çalışmasında uzak alan ölçüm tekniğinin kullanılması (şekil-1.1 de gösterildiği gibi) sayesinde küresel dalga cephesi probleminin minimize edilmesi sağlanmış olmaktadır. Bu durumda iki antenin ki bunlardan biri kaynak anteni diğeri ise test edilen antendir, birbirlerini tam olarak karşılıklı görecektir şekilde sisteme bağlanmaları gerekir. Ayrıca şekilden anlaşılacağı üzere test antenin açıklık yüzeyi fazla büyük olması durumunda sistemde faz hataları meydana gelmektedir. Bunu önlemek için uzak alan mesafesine dikkat edilirken antenlerin toprak yüzeyinden yüksekliklerine de dikkat etmek gerekir. Test edilecek anten ya kaynak anteninin yada bir özel probun karşısında durmaktadır. Karşılıklılık teoremi gereği iki antenin karşılıklı durması nedeniyle güç özellikleri birbirlerine benzer olmaktadır. Buradan hareketle bir anten için ölçülen değerlerin diğeri ile ilişkili olması gerekmektedir. Uzak alan ölçmeleri ile faz hatalarından kurtularak düzlemsel dalga formuna yaklaşıldığı için bu mesafede yapılacak testlerde anten karakteristiklerinin temini daha etkili bir yol olarak görülmektedir [3], [4], [5].

Antenlerin pek çok kullanım sahası olmakla beraber, yaydıkları elektromagnetik dalganın güç - demet özelliklerinin çeşitli boyutlarda görüntülenmesi ile kullanım sahalarında verimlilik ve kolaylık göstermesi amaçlanır. Özellikle çeşitli radar, mikrodalga ve askeri elektronik harp uygulamalarında önem kazanan bu parametre, gerçek boyutları ile net bir şekilde ortaya konmak zorundadır [6]. Geniş band aralığında kullanılabilme gibi elektriksel özellik gösteren yeni DRH'ların aynı fiziksel boyutlara sahip eski tiplerine göre band-genişliği 1:18 yükseltilmiş olması, dizayn edilen test antenin değişik parametrelerinden öncelikli olarak, en başta yarı güç demet genişliğinin görüntülenmesini gerektirmektedir. Bunun yapılabilmesi için sabit bir platforma bağlı bulunan kaynak anteninin tam karşısındaki yatay veya dikey hareket imkanına



Şekil 1.1. Uzak alan mesafesinde test antenin uçlarında oluşan faz hatasının meydana gelmesi.

sahip bir platform üzerinde bulunan test anteninden θ (düşey) ve Φ (yatay) döndürme açıları için alınan elektrik alanın genlik verileri, yüksek performanslı sayısal hesap ve grafik programlamalar için geliştirilmiş MATLAB 4.0 for windows programı kullanılmak suretiyle E ve H düzlemlerindeki güç değerlerine dönüştürülür [7]. Genlik değerlerinin 2 veya 3 boyutlu eğrilikler olarak görüntülenmesi sağlanarak, arzu edilen band genişliği aralığında sonuçların kullanılabilmesi temin edilir. Bu çeşit bir antenin fonksiyonel biçimde kullanılması bakımından görüntüleme işlemi mühendislere kolaylık sağlar. Ayrıca deney işlemi için kurulan sistemin başka antenlerin ölçümleri için kullanılma imkanı sunacak olması da, tali bir yarar temin etmektedir.

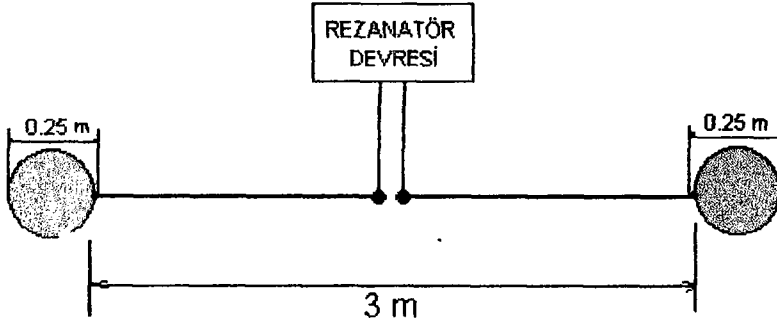
1.1. Antenler ve Ölçme Terminolojisi

İlk antenden günümüze kadar geçen sürede anten modellerinde meydana gelen gelişim, onların testleri ile yapılarının elektromagnetik teoriden gelen izahlarından ayıramaması gerektiğini vurgulamıştır. Çünkü, ölçülendirilemeyen bilimin gerçek bilim sayılamaması günümüzde anten konusunun başlı başına bilim dalı haline gelmiş olmasının esas nedeni olarak görülmektedir. Antenlerin temel özelliği, elektromagnetik dalgaların yayılmasını temin eden araçlar olmasıdır. Alman bilim adamı Krause'a göre anten tanımı, klavuzlanmış dalga ve serbest uzay arasında ilişki kurabilen yapı veya geçiş bölgesi olarak ifade edilmektedir [8].

Bulundukları ortamda yayılarak enerji taşıyan dalgalar, elektromagnetik dalgalar olarak isimlendirilmiş olup, 19.yy dan önce bu dalga kuramı bilinmemekte ve zamanla değişmeyen statik durumlar araştırıldığından elektrik ve magnetik kuvvetlerin ayrı olarak ele alınması gerek şart olarak öne sürülmüştü. İlk defa 1864 de İngiliz fizik profesörü J. C. Maxwell yayınladığı kitabında [9] herhangi bir yerdeki bir nokta üzerinde bulunan elektrik ve magnetik alanlar arasındaki ilişkiyi o noktanın konumuna ve zamana bağlı olarak ifade etmiş ve bunlara bilindiği gibi Maxwell denklemleri ismi vermiştir. Yani zamanla değişen olaylarda elektrik ve magnetik alanlar bir arada bulunmak zorundadır. Bu iki alanın bir arada beraber bulunması durumunda tek bir elektromagnetik alan olarak ifadelendirilmesi gereğini yine Maxwell ortaya atmıştır. Ayrıca o, elektromagnetik alanın yayılımının ışık hızıyla olduğunu da belirtmiştir [10].

1880 de Berlin Acedemy of Science da elektromagnetik güçler ile dielektrik polarizasyon arasında bir ilişki olduğu bilinmesine rağmen, 1886 da Alman fizik ordinaryüs profesörü R. H. Hertz Karlsruhe Teknik Üniversitesinde 3 metre uzunluğunda ve kısaltılabilir boyunda (30 cm) yayın ileten bir anten yapmıştır. Bu anten şekil 1.2. de gösterildiği gibi yapılmıştır. Burada bir rezonans devresinin hasıl ettiği elektromagnetik alan daha sonraları Hertz dipol anteni olarak adlandırılan ince bir tel (ki bunun çapı 2 mm dir.) ile çevreye yayılmaktadır. Uçlardaki 0.25 metre çaplı küreler ile elektrik alan (E); dışardan birbirini tamamlayarak, magnetik alan (H) ise; telin dışına ve elektrik alanına dik doğrultuda bileşenler oluşturacak şekilde yayılmaktadır. Buradan E, H alan bileşenlerinin bir arada bulunduğu anlaşılmaktadır.

1901 de İtalyan araştırmacı Marconi ilk kıtalar arası (atlantik ötesi) yayını 50 kW gücünde 70 metre uzunluklu 4 kule bağlantılı 200 metre tel kullanarak konik tel kafes tipinde karesel konik anten yaparak gerçekleştirmiş oldu. Bunu takip eden yıllarda çeşitli anten modelleri gerçekleştirilse de 1930 da Karl Guthe Jansky Bell laboratuvarlarında galaksilerden gelen radyo dalgalarını alan anten sistemi gerçekleştirdi. 1938 de Grete Reber 9 metre çaplı ilk parabolik reflektörlü anteni dizayn ederek, yıldızların radyo haritalarını ilk defa ortaya koydu ve böylelikle anten sistemlerinin gelişmesini sağlayan bilim adamlarından biri oldu.



Şekil 1.2. R. H. Hertz tarafından yapılan ilk antenin fiziki yapısı.

Yukarıda çok kısa olarak bahsedilen antenlerin başlangıcında ve gelişiminde teorik ve uygulama alanlarında edinilen tecrübeler önemli rol oynamaktadır. Bu nedenle antenlerin performansının tespiti sırasında karşılaşılan terminolojiyi açıklamak veya en azından bu çerçevede genel hatlarıyla değinmeyi gerektirmektedir. Bu durumda öncelikle bir anteni tanımlayan belli başlı parametrelerin neler olduğu sorusuna cevap aranmalıdır. Aşağıda belirtilen sırayla ilgili parametreler:

- 1 - Anten Faktörü,
- 2 - Anten Yayılım Faktörü,
- 3 - Anten Işıma Diagramı,
- 4 - Kazanç (G),
- 5 - Band Genişliği (BG),
- 6 - Demet Genişliği (DG),
- 7 - Radyo Frekans (RF) Güçleri,
- 8 - Anten Alan Bölgeleri,
- 9 - Voltaj Duran Dalga Oranı (VDDO),
- 10 - Polarizasyon

olarak, başlıklar altında verilmiş olup kısaca açıklanacaktır

Anten Faktörü: kısaca AF ile gösterilen bu parametre ölçme esnasında yayılan alan gücünün hesap edilmesinde kullanılır. Test esnasında ölçülen çıkış

gerilimi, bu antene yayılım sırasında gelen alanın anten üzerinde oluşturduğu gerilim düşümünün ve bahsedilen anten faktörünün toplamı olarak ifade edilir. Anten faktörü birimi dBV/m 'dir. Şekil 1.3. de bu ifade gösterilmiştir. Bu faktör kullanılan frekans değerleri arttıkça onunla orantılı olacak şekilde artar.

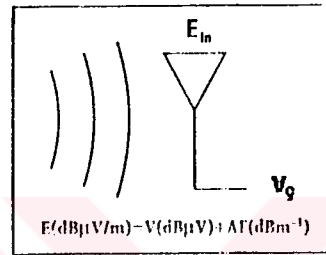
Anten Yayılım Faktörü; (AYF) olarak gösterilen bu parametre, antenlerin belirli mesafeler ve kullanım frekansları sahasında performansını tayin eder. Antenden yayılan elektromagnetik alanın daha önceden tespit edilmiş mesafe deki şiddeti, anten terminallerine uygulanan işaret şiddeti ile AYF'nin toplamı olarak bulunur. Bunun birimi dB/m dir. Şekil 1.4. de gösterilen AYF'nin AF'den farkı frekans ile olmayıp mesafeyle değişmesidir ki bu yönüyle AF'den ayrılır

Anten Işıma Diagramı; Antenler için terimlerin tanımları IEEE standartlarına göre yapılmış ve buna göre anten yayılım deseni veya anten ışıma diagramı dendiğinde, antenden yayılan alanın yayıldığı uzayın koordinatlarının bir fonksiyonu olarak grafik şeklinde bir yaklaşımla ifade edilmesini anlamak gerekir. Anten ışıma diagramı terimi ile antenin, uzak alan bölgesinde oluşturduğu alan tanımlanmış olup, onun yaydığı alanın şiddeti, fazı, polarizasyonu, güç yoğunluğu gibi demet özelliklerini içine almaktadır. Şekil 1.5. de misal olarak bir horn antenin anten deseni kutupsal koordinatlarda basitçe verilmiştir. Burada 0 derece doğrultusu için antenin cevabı maksimum olduğu görülmektedir. Işıma diagramı ana lobu maksimum kazanç doğrultusundadır. Diğer loblar ise yan loblardır. Pek çok tipte anten ışıma diagramına sahip demet türleri var olmakla birlikte genellikle aşağıdaki gibi bir sınıflandırma geçerlidir.

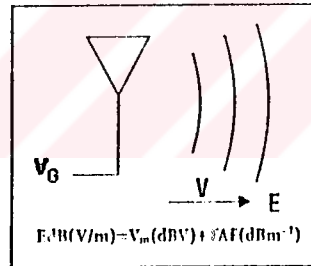
- 1-Her yönde demet,
- 2-Kalem demet,
- 3-Yelpaze demet,
- 4-Şekilli demet.

Her yönde demet, en çok haberleşme uygulamalarında kullanılan demet tipidir. Bu demetin açıklık (azimuth) ve yükselti (elevation) desenleri daireseldir. Kalem demet; küçük katı açının oluşturduğu bir huni şeklindeki bir ana lob'un sahip olduğu

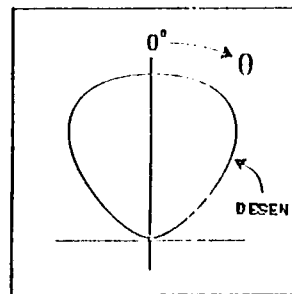
yüksek yönelticilik özelliğini taşıyan desen türüdür. Bu demet yönü boyunca dairesel simetrik bir yapıda ve uç noktasına doğru hafifçe sivrilen görünüm taşımaktadır. Kalem demet olarak isimlendirilmesinin nedeni bu yapıdan dolayıdır. Yelpeze demet ise bir tarafı dar diğer tarafı geniş yapıda olan demettir. Elev. yada azimut tarama açısını kullanan radarlarda sırayla demetin geniş tarafı yatayda veya dikey doğrultudadır. Şekli demet ise, çok geniş uygulamalarda kullanılmakta olup bu demetin bir yönüne özel olarak kullanımı amacına göre şekil verilmiştir. Demetin diğer yönleri ise dar veya geniş şekildedir. Bu demeti kullanan hava izleme radarlarında demetin düşey yönü şekilli diğer tarafı daraltılmış yapıdadır ve bu demete iyi bir misal oluşturmaktadır [11].



Şekil 1. 3. Anten faktörünün tanımı. $E = V_G + AF$

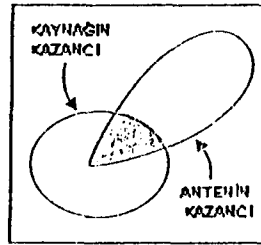


Şekil 1. 4. Anten yayılım faktörünün tanımı. $E = V_G + A F$

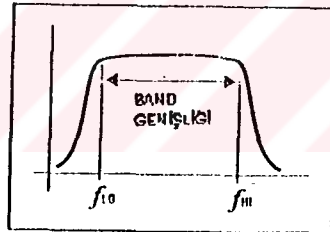


Şekil 1. 5. Horn anten için genel hatlarıyla anten deseni.

Anten Kazancı: Antenin, isotropik (eşit dağılımlı) bir kaynakla isotropik kaynağın alan yayılımının her yönde eşit olarak dağıldığı görülmekteyken karşılaştırmanın yapıldığı teorik antenin belirli bir yönde yayılım yaptığı görülmektedir. Buradaki temel fark bir ampul ve flaş ışığının ışık dağılımının arasındaki fark gibidir. Flaş, ışığı belirli bir yöne doğru yayarken, elektrik ampulü çevresini eşit olarak aydınlatacak şekilde ışık yayar. Anlaşılacağı üzere antenin kaynağa göre kazancı daha fazladır. Çünkü alan ile beraber içerisindeki ışın çizgileri de tek yöne yöneltilmiş olduğundan alanın yüksek kazançlı olduğu söylenebilir.



Şekil 1. 6. İotropik kaynak (K) ve anten (A) deseni için kazancın şematik gösterimi.

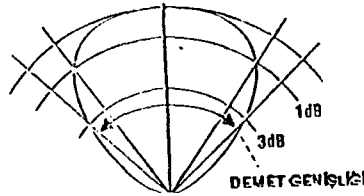


Şekil 1. 7. Bir antenin band-genişliği tanımı.

Band Genişliği: Bir antenin çalışma frekans aralığını gösteren bu parametre şekil 1.7. de f_{LO} ile gösterilen antenin en düşük çalışma frekansı ve f_{HI} ile gösterilen antenin en yüksek çalışma frekansıdır. Band genişliği $f_{LO} : f_{HI}$ olarak ifade edilir.

Demet Genişliği: Anten görüş açısını tanımlayan parametrelerden biri olan bu terim, antenden alınan gücün yarı değere düştüğü iki nokta arasındaki açı olarak tanımlanır. Genellikle bu değerler desenin 3 dB sınırı üzerinde tanımlanmışlardır.

Demet genişliğinin (DG) bu sınır ile çakıştığı noktalardaki gücü, yarı güç demet genişliği (YGDG) olarak tanımlanır. Fakat bu tanımdan farklı olarak demet genişliği 3 dB demet genişliği olarak kullanılır ki burada kastedilen YGDG değil DG olmaktadır. Şekil 1.8. de demet genişliği bir horn için kabaca gösterilmiştir. 3dB noktaları arasındaki açı 60° dir.



Şekil 1.8. Bir antenin demet genişliği.

Radio Frekans Güçleri: Elektromagnetik güçlerin iletilmesi için kullanılan antenlerin sadece kendisini uyaran işaretin belirli miktarını iletmesi nedeniyle (1.1) de ifade edilen bir güç aktarımı mevcuttur. Burada ileri güç ile uyarıcıdan antene aktarılan güç ifade edilmiştir. Yansıyan güç ise anten bağlantısı yoluyla antene aktarılan gücün bir kısmının uyarıcıya geri dönmesi durumunda tanımlanan güçtür. Net güç olarak antenden serbest uzaya aktarılan güç tanımlanmıştır. Bu durumda genel ifade şu şekildedir:

$$P_{net} (W) = P_{ileri} (W) - P_{yansıyan} (W) \quad (1.1)$$

Anten Alan Bölgeleri: Bir antenin alan şiddeti dağılımı, antenden uzaklığın ve onun açısal koordinatlarının bir fonksiyonudur. Anten etrafındaki uzay keskin olmayacak şekilde üç yayılım bölgesine ayrılır. Bunlar:

- 1 - Reaktif yakın alan bölgesi,
- 2 - Yakın alan bölgesi (Fresnel) bölgesi,
- 3- Uzak alan (Frauhof) bölgesi.

Reaktif yakın alan bölgesi, anten etrafındaki yakın alan içinde reaktif alanın öncelikle etkin olduğu bölgelerdir. Yakın alan bölgesi reaktif yakın alan ve uzak alan

arasında bulunan bir bölgeyi ihtiva eder. Şekil 1.9. da gösterilen bu bölge içersinde alan yayılımı daha önemlidir. Uzak alan bölgesinde ise açısal alan dağılımı mesafeden bağımsızdır.

Voltaj Duran Dalga Oranı: Herhangi bir kaynaktan enerji yük empedansına aktarılacak istenirken enerjinin bir kısmı yarıtıcıya doğru yansımaya uğrar ki bunun ölçüsü duran dalga oranı (DDO) olarak bilinir. Bu büyüklük iletim hattında ölçülen maksimum voltaj değerinin minimum voltaj değerine oranı olarak hesap edilir. DDO'nun ideal olarak 1'e eşit olması istenir. Bunun artması yansıma katsayısını arttırır ve antenden yayılan enerjinin azalmasına neden olur. DDO'nun düşük olduğu değerlerdeki antenlerin uygulamada tercih edilmesinin de sebebi budur. DDO ile yansıma katsayısı arasında

$$[\Gamma] = \frac{DDO - 1}{DDO + 1} \quad (1.2)$$

ve

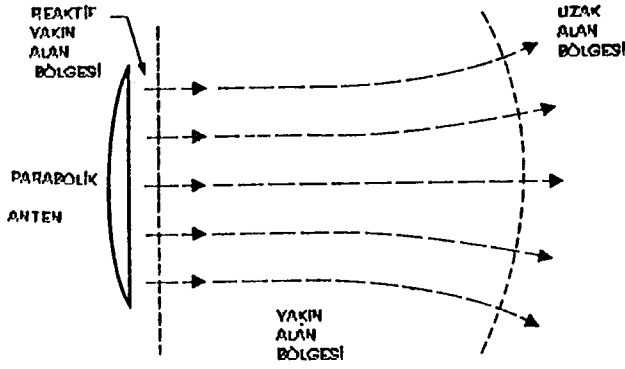
$$DDO = \frac{V_{\max}}{V_{\min}} \quad (1.3)$$

olmak şartıyla (1.2) ve (1.3) gibi bir bağıntı vardır. Formül (1.2) gereği DDO 1'e eşit olursa, yüke yansıma olmaksızın maksimum enerji aktarılmış olur.

Polarizasyon: Antenlerin (kaynak veya test) zemin düzlemine göre test sırasında duruşları iki şekil de olur. Antenler ya zemin düzlemine dik veya ona paralel olacak şekilde bağlanmalıdır. Bu iki duruma birden sırasıyla, düşey (vertikal) ve yatay (horizontal) polarizasyon denir ve şekil 1.10. da gösterilmiştir. Birbirini karşılıklı gören antenler için iki polarizasyondan biri tercih edilmelidir.

1.2. Anten Ölçme Parametrelerinin Hesabı

Anten parametreleri olarak bir önceki bölümde tanımlanan ifadelerin mühendislik açısından bir anlam ifade etmesi için matematiksel tanımlarının verilmesi gerekmektedir. Öncelikle anten faktöründen hareket edilirse, anten faktörü;



Şekil 1.9. Yayılım bölgeleri.



Şekil 1.10. Polarizasyon çeşitlerinin gösterimi.

antenin bulunduğu yerdeki alan şiddetinin antene bağlı yükün çıkış gerilimine oranı olarak ifade edilir. Bu durumda;

$$AF = E / V \quad (1.4)$$

dir. Ayrıca dB olarak AF ifade edilecek olursa;

$$AF_{[dB(1/m)]} = 20 \log (E / V) \quad (1.5)$$

$$AF_{[dB(1/m)]} = E_{[dB(1/m)]} - V_{[dB(v)]} \quad (1.6)$$

Anten faktörü direkt olarak hesaplanmak istenirse;

$$AF = 9.73 / \lambda \sqrt{G} \quad (1.7)$$

Sabit bir empedans (50 Ω) içeren sistemde işaret seviyesinin güç ve gerilim ifadesi;

$$P = V^2 / R \quad (1.8)$$

olur. (1.8) de ki güç miliwatt ve gerilim mikrovolt olarak dönüştürülürse,

$$V_{\{dB(\mu V)\}} = P_{\{dBm\}} + 107 \quad (1.9)$$

halinde gerilim elde edilir. Elektrik alanında alanının şiddeti güç yoğunluğu olarak

$$P_d = E^2 / 120\pi \quad (1.10)$$

ifade edilir. Genel olarak alanın şiddeti ve güç yoğunluk değerleri çizelge 1.1. de verilmiştir. Bir noktadaki güç yoğunluğu, antenler arasındaki mesafe, verici antenin kazancı ve iletilen güç ile şu şekilde ifade edilir;

$$P_d = P_t G_t / 4\pi r^2 \quad (1.11)$$

(1.11) ifadesi Friss Yayılım Formülü olarak bilinir ve ilerdeki bölümde daha geniş anlatılacaktır.

Çizelge 1.1. Elektrik alan ve güç arasındaki değişim

E	P
200 V/m	10.60 mW/cm ²
100 V/m	2.65 mW/cm ²
10 V/m	26.50 μ W/cm ²
1 V/m	0.26 μ W/cm ²

Verici antenden belirli bir mesafedeki elektrik alan şiddetinin elektrik ve magnetik alan değerleri serbest uzayın empedansı ile ilişkili olup,

$$E_{r/m} = \sqrt{30P_t} \sqrt{G_t} \frac{1}{r} \quad (1.12)$$

dir. AF ve kazanç arasında,

$$G_{(dB)} = 20 \log (f_{(MHz)}) - AF_{[dB(\frac{1}{m})]} - 29.79 \quad (1.13)$$

şeklinde bir ilişki vardır. Uyarılmış elektrik alanı, anten faktörü ve mesafe bilindiğinde güç ifadesi;

$$P_{[dB(W)]} = 20 \log_{10} (E_{(V/m)}) + 20 \log_{10} (r_{(m)}) - 20 \log_{10} (f_{(MHz)}) + AF_{[dB(\frac{1}{m})]} + 15 \quad (1.14)$$

şeklindedir. Serbest uzayın frekansı ve dalga boyu arasında ;

$$f\lambda = c \quad \text{veya} \quad \lambda = 300 / f_{MHz} \quad (1.15)$$

gibi basit bir oran mevcuttur. Sabit empedanslı sistemlerde güç referansları değişik ölçüm noktaları arasında alınır ve bunlar akım veya gerilim değerleri cinsinden ilişkilendirilir. Bu nedenle güç oranı desibel olarak;

$$\text{Güç Oranı} = 10 \log_{10} (P_1 / P_2) \quad (1.16)$$

$$= 10 \log_{10} [(V_1^2 / R_2) / (V_2^2 / R_1)] \quad (1.17)$$

$$= 20 \log_{10} (V_1 / V_2) - 10 \log_{10} (R_1 / R_2) \quad (1.18)$$

şeklinde tanımlanır. Sabit empedanslı sistemler için, $R_1 = R_2$ dir. Bu durumda;

$$\text{Güç Oranı} = 20 \log_{10} (V_1 / V_2) \quad (1.18)$$

olmalıdır. Burada desibel olarak kazanç;

$$G_{(dB)} = 10 \log (G) \quad (1.19)$$

$$G = 10^{G_{(dB)}/10} \quad (1.20)$$

olarak hesap edilir.

Daha önce açıklanan AYF için aşağıdaki iki bağıntı verilebilir;

$$AYF_{[dB(\frac{1}{m})]} = G_{(dB)} - 2.22 - 20 \log_{10} (r_{(m)}) \quad (1.21)$$

$$AYF_{(dB)} = 20 \log_{10} (f) - AF_{[dB(\frac{1}{m})]} - 32.0 - 20 \log_{10} (r_{(m)}) \quad (1.22)$$



2. KONUYLA İLGİLİ ÇALIŞMALAR

Bu bölümde giriş kısmında verilen ölçme ile ilgili parametreler hakkında daha ayrıntılı bilgi verilip teorik yaklaşımlar anlatılmaktadır. Bu kapsam içinde ölçmek istenen antenin deney içersinde ne şekilde yerleştiği, üretilen alanların anten üzerinden nasıl çevreye yayıldığı veya alındığı, testlerin nasıl yapılacağı ve bu esnada parametreler arasında nasıl bir ilişki olduğu sorularına yanıt aranmaktadır.

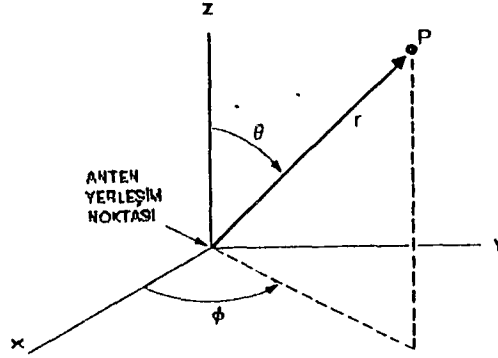
İkinci aşama olarak ise öncelikle, alınan verilerden bilgisayar ortamına veri transferi ve çeşitli program paketleri içinde yapılacak tercih belirlenmelidir. Bu durumda program içinde kullanılabilmesi muhtemel program deyimleri hakkında kısa açıklamalar yapmak gereklidir.

2.1. Uzak Alan Bölgesinde İki Antenin Karşılıklılığı

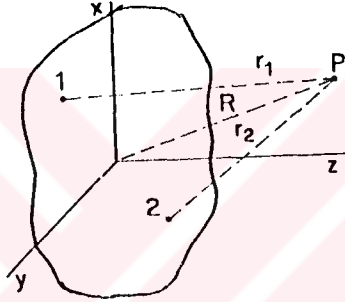
Genel olarak, bir antenin alan şiddetinin dağılımı antenden uzaklığın ve açisal koordinatların bir fonksiyonudur. Şekil 2.1. de küresel koordinatlarda bir antenin yerleşim şekli verilmiştir. Bu antenin çevresini kaplayan bölge içersinde yeni oluşan alan reaktif yakın alandır (bkz.1.1). Şekil 1.9. da gösterilen sistemde D anten boyu, r metre olarak antenden diğer devreye (antene) olan uzaklık ve ise alanın dalga boyu olmak üzere, antenden çok küçük mesafelerde ($r < \lambda / 2$) bu alan yayılımı gözükmemektedir. Reaktif yakın alan bölgesi dışında yakın ($\lambda / 2 < r < 2D$) ve uzak ($r > 2D$) alan bölgeleri tanımlanmıştır. Yakın alan bölgesinde yayılan enerjinin açisal dağılımı antenden uzaklığa bağlı iken uzak alan bölgesinde bu özellik geçerli değildir.

Antenin ışıma yaptığı çeşitli noktalardan yayılan dalganın genlik ve fazı yakın alan bölgesinde uzaklığın bir fonksiyonudur. Şekil 2.2. de bu durum şematik olarak gösterilmiştir. Burada antenin xy düzlemine simetrik olarak yerleştirildiği kabul edilmiştir. Antenin iki noktasından, (P) gözlem noktasına uzaklığı r'nin 1 ve 2 alt indisleri ile gösterilen uzaklıkları olarak alınırsa gözlem noktası orjinden

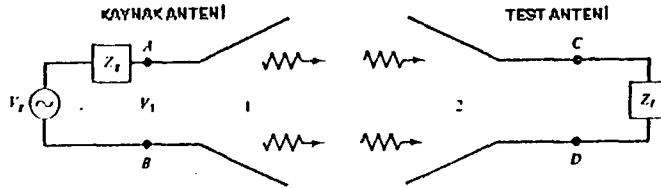
uzaklaştıkça iki noktanın ona olan uzaklığı da değişir. Bu nedenle seçilen her bir nokta için ayrı ayrı faz ve genlik değerleri okunur. Antenin her noktası gözlem noktasına farklı mesafede olacağından yayılan alanların ölçümü tam bir kesinlikle yapılamaz.



Şekil 2.1. Küresel koordinatlarda bir antenin yerleşim yeri.



Şekil 2.2. Anten ve gözlem noktasının arasındaki mesafe.



Şekil 2.3. İki antenin karşılıklılığı.

Eğer gözlem noktası aralığı çok uzun seçilirse şekilde 1 ve 2 indisleriyle gösterilen anten noktalarının gözlem noktasına olan uzaklıklarının doğrultuları yaklaşık paralel bir duruma gelirler ki bu durumda genlik ve faz mesafeden bağımsız (sabit bir değerde) dır. Ayrıca bu bölgede yayılan enerjinin açısal dağılımı da mesafeye bağımlı olmayacak biçimde gözükmektedir. Bu şekilde özellikler taşıyan bölgeye, uzak alan bölgesi denmektedir. Uzak alan bölgesi içerisinde yapılan

ölçümlerde kaynak ve test edilecek objenin hangi pozisyonda durması gerektiği önem taşımaktadır [12], [13].

Uzak alanda yapılan ölçmeler için öncelikle karşılıklılık teoremini temel almak gerekmektedir. Bu teoremin pek çok uygulama alanı mevcut olup kısaca açıklanması ve nedenlerinin tartışılarak test edilecek ve kaynak antenlerinin (1 ve / veya 2), konumlarına göre güç değişimlerinin ne şekilde olacağına ilişkin soruya cevap verilmesi gerekmektedir. Şekil 2.3. deki gibi bir sistemin tasarlandığı varsayılırsa, burada iki anten aynı doğrultuda ve karşılıklı gelecek şekilde yerleştirildiği görülmektedir. Bu antenin ilki kaynak, ikincisi test edilmek istenen antendir. Bunların giriş empedansları sırasıyla Z_1 ve Z_2 olup lineer ve isotropik malzemeden imal edildikleri düşünülmektedir.

Teorik olarak, antenlerin bulunduğu bölgede, her hangi iki noktada ikişer kaynağın bulunduğu düşünülür. Bu noktalardaki kaynaklar elektrik ve magnetik akım kaynaklarıdır (J_1 , M_1 ve J_2 , M_2). Kaynakların ve alanlarının (elektrik ve magnetik) bir bölge içersinde çift olarak bulunması dualitesi gereğidir ve Maxwell ifadeleri için bu karşılaştırma [14] de yapılmıştır. Alanlar ve kaynaklar arasındaki ilişki;

$$-\nabla \cdot (E_1 \times H_2 - E_2 \times H_1) = E_1 \cdot J_2 + H_2 \cdot M_1 - E_2 \cdot J_1 - H_1 \cdot M_2 \quad (2.1)$$

dır. Bu ifadeye Lorentz karşılıklılık teoreminin diferansiyel formu denmektedir. (2.1) nolu ifadenin her iki tarafına hacim integrali uygulanırsa diverjans teoremi gereği formül;

$$-\oint_S (E_1 \times H_2 - E_2 \times H_1) \cdot ds' = \iiint_V (E_1 \cdot J_2 + H_2 \cdot M_1 - E_2 \cdot J_1 - H_1 \cdot M_2) \cdot dv' \quad (2.2)$$

biçimine dönüşür.

Serbest uzay için $J_1 = M_1 = J_2 = M_2 = 0$ olduğu göz önüne alınırsa, (2.1) ve (2.2) denklemleri;

$$\nabla \cdot (E_1 \times H_2 - E_2 \times H_1) = 0 \quad (2.3)$$

ve

$$\oint_S (E_1 \times H_2 - E_2 \times H_1) = 0 \quad (2.4)$$

(2.2) eşitliğinin sol tarafı alanlar ve kaynaklardan ibaret olan sonsuz yarıçaplı bir yüzey tarafından kapatılmış bölgeyi ifade eder. Sonlu bir bölge içerisinde kaynaklar ve alanlar uzak alan bölgesi içerisinde ancak gözlenebilir. Bu durumda (2.4) ifadesinin gereği olarak (2.2) ifadesinin sol tarafı 0'a eşit olması gerekmektedir. Eşitliğin sağ tarafı,

$$\iiint_V (E_1 \cdot J_2 + H_2 \cdot M_1 - E_2 \cdot J_1 - H_1 \cdot M_2) \cdot dv' = 0 \quad (2.5)$$

a eşit olduğundan (2.5) eşitliği,

$$\iiint_V (E_1 \cdot J_2 - H_1 \cdot M_2) \cdot dv' = \iiint_V (E_2 \cdot J_1 - H_2 \cdot M_1) \cdot dv' \quad (2.6)$$

haline dönüşür. (2.6) ifadesinin sol tarafında, 1 noktasındaki alanlarla 2 noktasının akım kaynakları ve sağ tarafında ise 2 noktasının kaynakları ile 1 noktasının alanları arasında bir ilişki mevcut olup 1. ve 2. akım kaynaklarının açığa çıkardığı 1., 2. alanların sırasıyla ayrı olarak 2., 1. akım kaynakları ile bağıntılı oldukları görülmektedir. Bu tanıma reaksiyon teorisi denir ve eşitliğin var olabilmesi için integral içindeki çarpanların karşılıklı olarak bir birine benzer olması gerekmektedir. Uzak alan içerisinde bulunan bir elektrik akım kaynağı (J) tarafından oluşturulan alanların, sonlu boyutta antenler tarafından küresel dalgalar şeklinde yayıldığı

düşünülür. Akım kaynağı vektör potansiyel (A) olarak aşağıdaki formül (2.7) gibi ifade edilebilir,

$$A = \frac{\mu}{4\pi r} \iiint J e^{-jkr} dv' \quad (2.7)$$

ve burada

$$A = \vec{a}_r A_r(r, \theta, \phi) + \vec{a}_\theta A_\theta(r, \theta, \phi) + \vec{a}_\phi A_\phi(r, \theta, \phi) \quad (2.8)$$

(2.8) deki ifadeyi her bir toplamdaki vektörlerin genlik değişimleri ile genel olarak ifade edecek olursak;

$$A \cong [\vec{a}_r A'_r(\theta, \phi) + \vec{a}_\theta A'_\theta(\theta, \phi) + \vec{a}_\phi A'_\phi(\theta, \phi)] e^{-jkr} / r, \quad r \rightarrow \infty \quad (2.9)$$

olur ki Maxwell denklemlerinden bulunan Elektrik alan ifadesi,

$$E = -j\omega A - j / \omega \mu \epsilon [\nabla(\nabla \cdot A)] \quad (2.10)$$

den

$$E = -j\omega \frac{e^{-jkr}}{r} [\vec{a}_r(0) + \vec{a}_\theta A'_\theta(\theta, \phi) + \vec{a}_\phi A'_\phi(\theta, \phi)] + (1/r^2) \{.....\} + ... \quad (2.11)$$

olarak bulunur. Magnetik alan ise;

$$H = \frac{1}{\mu} \nabla \times A \quad (2.12)$$

ifadesi gereği

$$H = \frac{j\omega}{\eta} \frac{e^{-jkr}}{r} [\vec{a}_r(0) + \vec{a}_\theta A'_\theta(\theta, \phi) - \vec{a}_\phi A'_\phi(\theta, \phi)] + (1/r^2) \{.....\} + ... \quad (2.13)$$

şeklindedir. Burada $\eta = \sqrt{\mu/\varepsilon}$ ortamın karakteristik empedansıdır ve her iki alan ifadesinde r 'nin 1'den büyük üstel değerlerinde oluşan harmoniklerin alana katkısı minimal olarak alınabilir. Uzak mesafede alanların ifadesi ise

$$\begin{cases} E_r = 0 \\ E_\theta = -j\omega A_\theta \\ E_\phi = -j\omega A_\phi \end{cases} \quad (2.14)$$

ve

$$\begin{cases} H_r = 0 \\ H_\theta = (j\omega/\eta)A_\phi \\ H_\phi = -(j\omega/\eta)A_\theta \end{cases} \quad (2.15)$$

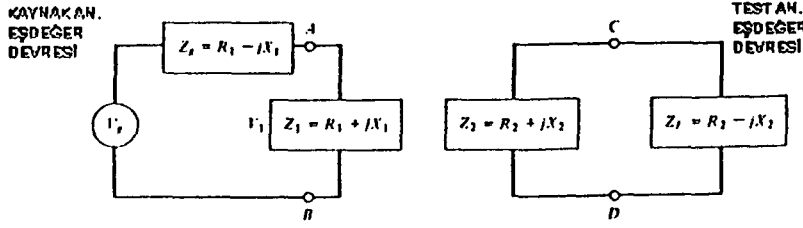
halini alır. Aynı şekilde magnetik akımdan (dolayısıyla potansiyel F vektöründen) kaynaklanan alan ifadeleri sonuç olarak:

$$\begin{cases} H_r = 0 \\ H_\theta = -j\omega F_\theta \\ H_\phi = -j\omega F_\phi \end{cases} \quad (2.16)$$

ve

$$\begin{cases} E_r = 0 \\ E_\theta = -j\omega\eta F_\theta \\ E_\phi = j\omega\eta F_\phi \end{cases} \quad (2.17)$$

olarak bulunmaktadır. Bu ifadelerden anlaşılmaktadır ki uzak alan sahası içerisinde elektromagnetik alan E ve H bileşenleri, küresel koordinatlar boyunca birbirlerine dik olarak bulunmaktadır. Bu dalganın alan yapısı TEM modundaki alanlar gibidir.



Şekil 2.4. İki anten devresinin empedans karakteristiği.

Yukarda verilen ifadelerden anlaşılacağı gibi verici antenden yayılmakta olan alan simetrik ve değişime uğramadan uzak alanda yayılmaktadır. Bu anten yayılım gücünün aynı oranda alınması için ise iki antenin karşılıklılığına bakmak gerekir. Daha önce herhangi bir bölge içersinde iki nokta için alan ve akım kaynaklarının oluşturduğu ifaden hareketle; iki noktadan birincisinde verici, ikincisinde alıcı anten yer alacak biçimde şekil 2.4. de gösterilen devre sistem için tasarlanırsa, jeneratörün iç empedansı (Z_g) ve yük empedansı (Z_L) aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$Z_g = Z_1^* = R_1 - jX_1 \quad (2.18)$$

ve

$$Z_L = Z_2^* = R_2 - jX_2 \quad (2.19)$$

Birinci antene jeneratör tarafından aktarılan güç

$$P_1 = \frac{1}{2} \text{Re}[V_1 I_1^*] = \frac{1}{2} \text{Re} \left[\left(\frac{V_g Z_1}{Z_1 + Z_g} \right) \frac{V_g^*}{(Z_1 + Z_g)^*} \right] = \frac{|V_g|^2}{8R_1} \quad (2.20)$$

Yük empedansı, antenler ve jeneratör empedansının transfer admittansı Y_{21} ve yüke etkiyen akım $V_g Y_{21}$ ise yük de gözüken güç

$$P_2 = \frac{1}{2} \text{Re}[Z_2 (V_g Y_{21}) (V_g Y_{21})^*] = \frac{1}{2} R_2 |V_g|^2 |Y_{21}|^2 \quad (2.21)$$

(2.21) ve (2.22) eşitliklerinin oranları

(2.22)

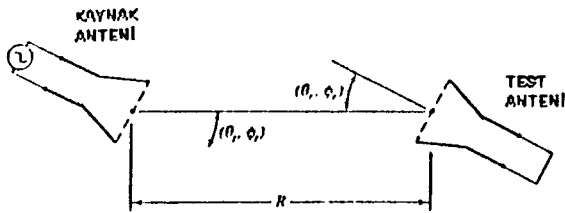
olarak bulunur. Benzer yolla 2 - anteni verici ve 1 - anteni alıcı olarak düşünülecek olursa güç oranı;

(2.23)

gibi bulunacaktır. (2.22) ve (2.23) ifadeleriyle açıklanan devrenin benzer olabilmesi için olmalıdır ki bu durumda güç oranları birbirine eşit olmakta ve güç her doğrultuda aynı şekilde dağılmaktadır. Buna iki antenin karşılıklılık teoremi denir [15], [16] ve [17].

2.2. Friis İletim Denklemi

Uzak alan sahasında bulunan antenler şekil 2.5. deki gibi karşılıklı ve bulundukları doğrultu ile açı yapacak şekilde döndürüldüklerinde verilen güç ve alınan güç arasında bir ilişki söz konusu olmaktadır. Bu ilişki Friis iletim denklemi ile ifade edilmektedir.



Şekil 2.5. Friis iletim denklemi için anten pozisyonu.

Bir antenden yayılan elektromagnetik alan bileşenleri E ve H ise Maxwell tarafından zaman değişkeni dahil edilerek ifadelendirilen bu değişkenler;

$$E(x,y,z,t) = \text{Re}[E(x,y,z)] e^{j\omega t} \quad (2.24)$$

$$H(x,y,z,t) = \text{Re}[H(x,y,z)] e^{j\omega t} \quad (2.25)$$

halini alır. $\text{Re}[E e^{j\omega t}] = \frac{1}{2}[E e^{j\omega t} + E^* e^{-j\omega t}]$ tanımı ve poynting vektörü tanımı gereği $(W = E \times H)$ ortalama güç yoğunluğu:

$$W = \frac{1}{2} \text{Re}[E \times H^*] + \frac{1}{2} \text{Re}[E \times H e^{2j\omega t}] \quad (2.26)$$

gibidir. Bu ifadenin ikinci bileşeni harmonikler olup poynting vektörü ifadenin ilk bileşendir ve orijin merkezli yarıçapı r olan küresel dalganın birim yüzeyindeki yayılan güç,

$$P = \oint_S W \cdot ds = \frac{1}{2} \oint_S \text{Re}(E \times H^*) \cdot ds = \int_0^{2\pi} \int_0^\pi (\vec{a}_r P_d) \cdot (\vec{a}_r r^2 \sin \theta) d\theta d\phi = 4\pi r^2 P_d \quad (2.27)$$

ve burada güç yoğunluğu;

$$P_d = \frac{P}{4\pi r^2} \quad (2.28)$$

Eğer verici antenin terminallerindeki giriş gücü P_t ise r mesafesindeki güç yoğunluğu;

$$P_d = \frac{P_t G_t}{4\pi r^2} \quad (2.29)$$

olmaktadır. Doğrultu ile θ_t, ϕ_t açısı yaptığı için (2.29) ifadesi

$$P_d = \frac{P_t G_t(\theta_t, \phi_t)}{4\pi r^2} \quad (2.30)$$

olarak yazılmalıdır. Karşısında bulunan anten vasıtasıyla yüke aktarılan güç;

$$P_r = P_d G_r(\theta_r, \phi_r) \frac{\lambda^2}{4\pi} \quad (2.31)$$

eşitliğinden yeniden ifade edilirse;

$$P_r = P_t G_t(\theta_t, \phi_t) G_r(\theta_r, \phi_r) \left(\frac{\lambda}{4\pi r}\right)^2 \quad (2.32)$$

Alınan gücün giriş gücüne oranı;

$$\frac{P_r}{P_t} = \left[\frac{\lambda}{4\pi r} \right]^2 \cdot G_r(\theta_r, \phi_r) \cdot G_t(\theta_t, \phi_t) \quad (2.33)$$

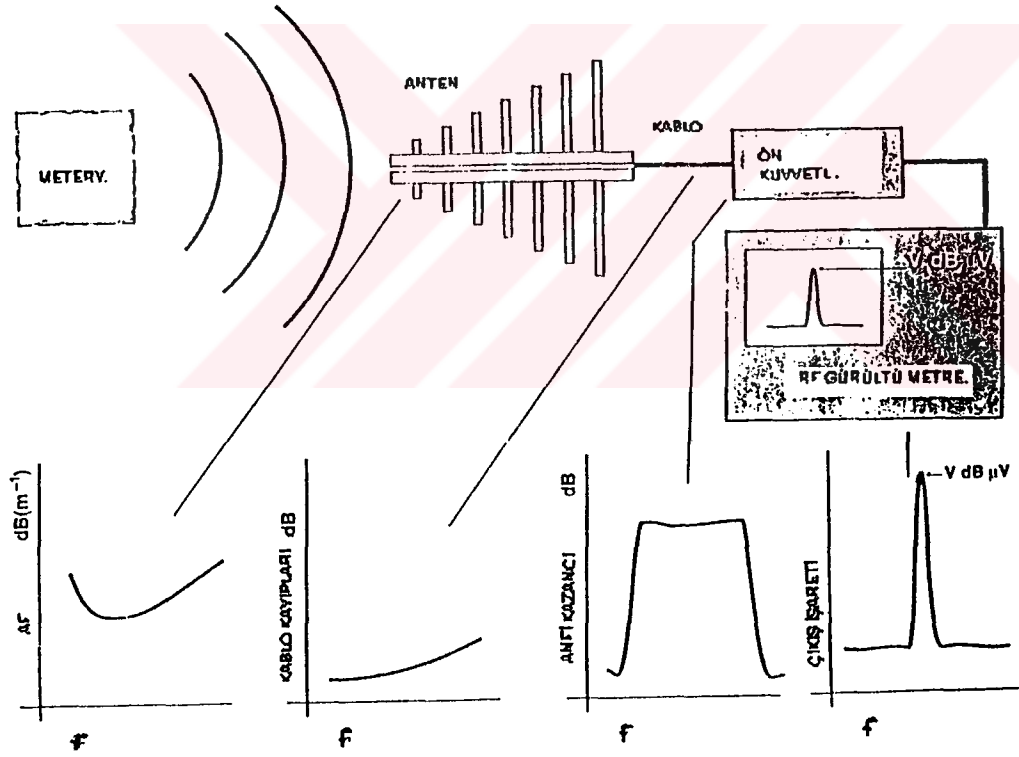
şeklindedir. Bu (2.33) ifadesine Friss iletim eşitliği denmektedir. Alıcı taraftaki antenin yükünde alınan gücün, verici antenin girişindeki gücüne oranı (2.33) deki gibi ifade edilirse buradaki $\lambda^2 / (4\pi r)^2$ çarpanına serbest uzayın kayıp faktörü denir ve antenden enerjinin küresel olarak yayılmasından kaynaklanan kayıp faktörüdür. Ayrıca anten testlerinde diğer parametreler yanında kazancın bilinmesinin gerekliliği (2.33) ifadesinden ayrıca anlaşılmaktadır [18].

2.3. Anten Test Teknikleri

Mevcut bir antenin performansının ölçümü için iki adet anten kullanılmalı ve ölçümü yapılacak anten, alıcı modundaki anten olmalıdır. Burada vurgulanması gereken teorik olarak alıcı modundaki anten karakteristiklerinin kaynak anteninkilerle aynı olduğudur. İdeal şartlarda uzak alan ışıma karakteristiklerinin ölçümü için test anteninin düzlem dalga (üniform genlik ve faza sahip dalga) ile aydınlatılması gerekir. Fakat bu gerçekte tamda böyle olamaz. Bu durumda açık bir sahada ve antenler arası mesafenin çok geniş olması sağlanarak ölçüm yapma zorunluluğu doğar. Böyle bir durumda küresel dalga cepheleri düzlemsel dalga formuna yaklaşır. Mesafe önemlidir. Eğer, bu $2D^2/\lambda$ dan çok daha uzak olursa yüzeyden yansımaların olması [19] sebebiyle ölçüm sonuçları hatalı çıkar. Misal olarak şekil 1.1. de görülebileceği gibi kaynak antenden gelen dalgalarla yüzey

düzlem çizgisi arasında 22.5° lik bir açı oluşmuştur ki bu açı nedeniyle maksimum faz hatası ona karşılık gelecek şekilde meydana gelir. Bunun dışında test sahası içerisinde bulunabilecek objelerden de dalgaın yansımalar yaparak sonucu bozucu etkide bulunacağı bilinmelidir. Konu edilen bu sebeplerden dolayı uzak alanda yapılan ölçümlerde dikkatli olunmalı, ayrıca kaynak ve test antenleri veri alınana kadar hareketsiz olarak durmalıdır. Önlem olarak test harici yansıtıcı nesneler ortamdaki uzak tutulmalı ve uygun hava şartları içerisinde testler yapılmalıdır.

Temel olarak test iki şekilde yapılır. Bunlardan birincisi test altındaki materyalden çıkan elektromagnetik yayılımın ölçümü, diğeri ise bu materyale yönelen test sinyalinin radyo frekans enerjisinin ölçümüdür. İki durumdan, birincisinde antene gelen sinyaller olduğundan AF, diğeri ise antene yönelen işaretler olduğundan AYF önem kazanır.



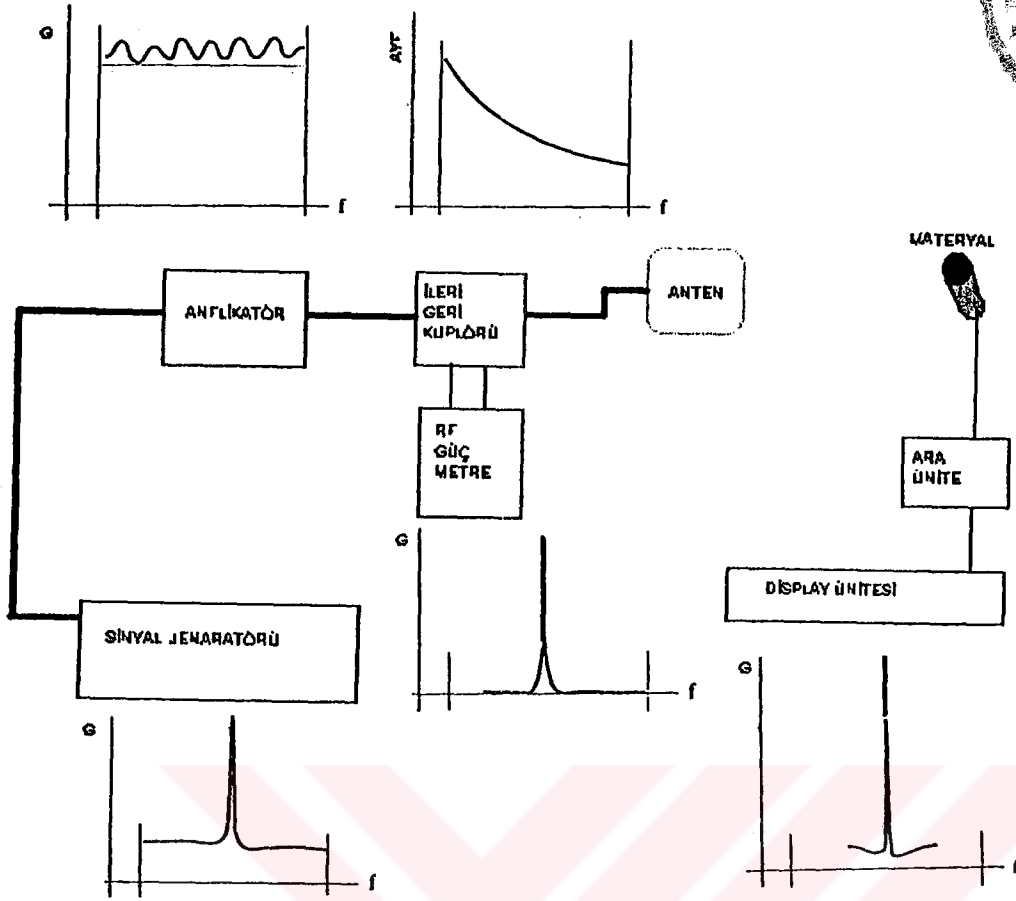
Şekil 2.6. Test altındaki materyalden yayılan dalgaın ölçümü.

İlk durum ele alınacak olursa, yani yayılan alanın bir anten vasıtasıyla alınarak ölçüm yapılması halinde alıcı anten kaynaktan veya test altındaki ekipmandan 3 ila 10 metre uzağa konulmalıdır. ANSI C63.4 standardına göre alıcı antenin yerden

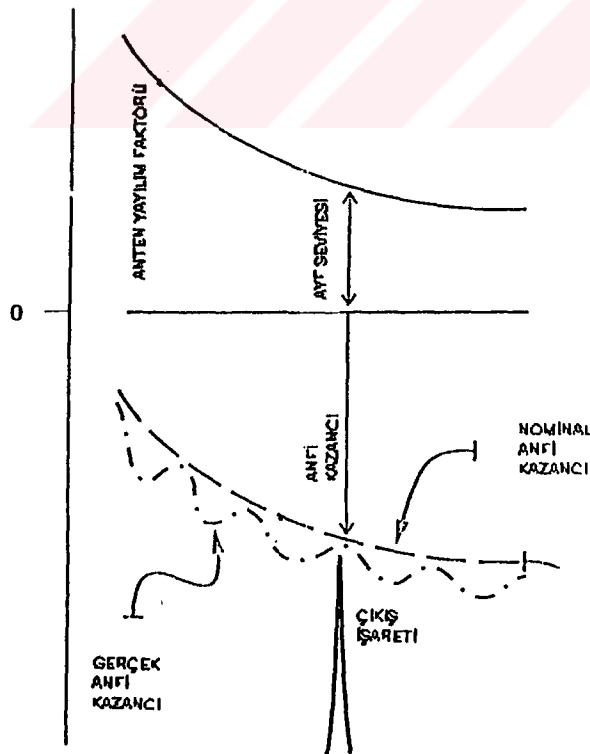
yüksekliği 1 ila 4 metre arasında olmalı ve açılara (θ ve ϕ) göre tarama yapılabilecek şekildeki bir platforma konması gerekir. Bu sistem şekil 2.6. da gösterilmiştir. Bu sayede antene gelen en iyi işaret seviyeleri tespit edilebilmektedir. Sistemde alıcı anten, preamplifikatör ve radyo gürültü-metre cihazları ara bağlantı kabloları ile birbirlerine bağlanmışlardır. Buradaki en son cihaz alıcı (receiver) veya spektrum analizyazdır. Alıcı anten elde edilen çıkış gerilimi ve ona etki eden alanın arasında ilişki AF ile ilgili olup, anten performansını ifade eder. Preamfi katı, spektrum analizyazı gelecek olan çok küçük şiddetteki sinyalin genliğini arttırarak işaret yapısını bozmadan okumaların düzgün olarak yapılmasında kuvvetlendirici olarak görev yapmaktadır. Spektrum analizyaz ise 120 kHz band genişliğinde olup mikro-voltmetre ile dB μ V olarak kalibre edilmiştir. Receiver kullanılarak tasarlanan test düzeneğinde ise preanfi katına ihtiyaç duyulmaz. Birinci ve ikinci ara bağlantı kabloları cihazlar arasındaki sinyal geçişlerinin temini maksadıyla kullanılmıştır. Buralardaki işaret geçişleri esnasında oluşabilecek işaret kayıplarının en az seviyede olması gerektiğinden, idealde kayıpsız olduğu düşünülen ve fakat en az kayıplı olanları tercih edilmektedir. Kayıpların ölçüm neticelerini olumsuz etkilediği bilinmektedir. Bütün sistem göz önüne alındığında, elektrik alan işaretinin büyüklüğü, aşağıdaki (2.34) eşitliği gereği spektrum analizyaz da ölçülen gerilim değeri, negatif anfi kazancı, anten faktörü ve 1. ve 2. ara bağlantı kuaksiyel kabloların kayıplarının beraberce toplamı olarak ifade edilir.

$$E \text{ (dB } \mu \text{ V/m)} = V \text{ (dB } \mu \text{ V)} - \text{PAK(dB)} + \text{AF(dB/m)} \\ + \text{KL}_1 \text{ (dB)} + \text{KL}_2 \text{ (dB)} \quad (2.34)$$

Şekil 2.7. de düzenlemesi görülen diğer tip test ile bir anten verici gibi davranacak şekilde sisteme yerleştirilip dışarı çıkan radyo frekans işaretleri test altında bulunan ekipman üzerine yollanmakta ve bunun test işaretine reaksiyonu analiz edilmektedir. Burada amaçlanan işaretin etkisine bağlı olarak ekipmanın algılama gücünü belirlemektir. Ekipman elektrik alanına çok fazla uyumlu olduğu için çevresinde başka cihazların bulunması test sonuçlarını etkilememektedir. Bu şekilde görülebileceği gibi deney düzeneği, sinyal jeneratörü, anfi, ileri / geri güç kuplörü, anten ve prop sistemi meydana getirmektedir.



Şekil 2.7. Test altındaki antenden yayılan dalganın ölçümü.



Şekil 2.8. Test anteni ve materyal arasındaki alanın genlik değişimleri.

Sinyal jeneratörü, gerekli test işaretinin üretilmesi maksadıyla kullanılmakta olup burada test için en düşük 1kHz lik sinüs işaretleri ile uyarmakla şekildeki gibi bir çıkış işareti elde edilmektedir. Anflikatör katı ise, test işaretinin şiddetinin arttırılması maksadıyla kullanılmaktadır. Bu katta kazanç, en düşük seviyededir ve geniş band genişliği aralığında tekrarlanan değişik dB'lerdeki bandları geçirmektedir. İleri / geri güç kuplörü, anfi çıkışı ve anten girişi arasında ve antene yakın şekilde bağlanmıştır. Bu devre anteni test süresi boyunca girişi için gerekli seviyede ileri ve geri güç arasında ki farkın sabit olarak verilmesini temin etmek amacıyla kullanılmaktadır. En son olarak prob sistemi elektrik alan şiddetinin direkt olarak ölçülmesi için kullanılmaktadır. Bu alan ifadesi;

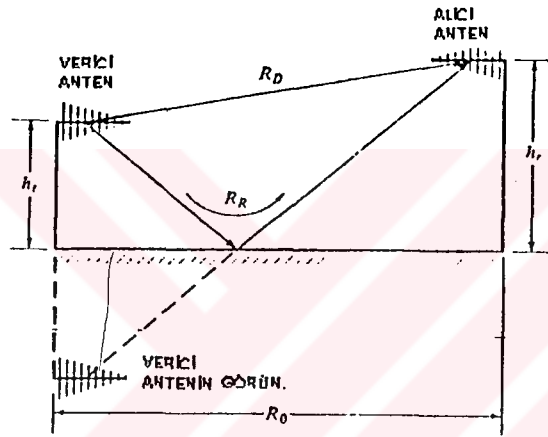
$$E(\text{dB } \mu \text{ V/m}) = \text{SJÇ} (\text{dB } \mu \text{ V}) + \text{AK} (\text{dB}) + \text{AYF}(\text{dB/m}) \quad (2.35)$$

olup şekil 2.8. de bu sistemde meydana gelen ve alınan işaretlerin 100 MHz de içerikleri ile gösterimi sunulmuştur.

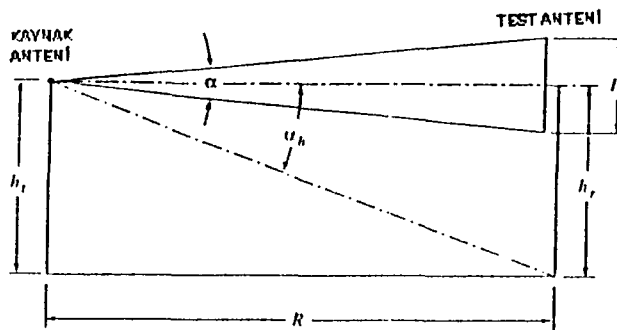
Anten testleri antenler arasındaki mesafe ayrımlarına göre de sınıflandırılabilir. Burada anten özellikleri, açık ve kapalı mekanlarda bulunmaları durumunda ortaya konulmaktadır. Açık alanlarda yapılan ölçmelerde genel bir çevre şartları değerlendirmesi yapılırken kapalı mekanlarda yapılan ölçmeler mekanın yapısı tarafından sınırlanmaktadır. Çünkü anten karakteristiklerin ölçümü uzak alan kriterine göre teorik düzlem dalga ile yapılmaktadır. Kapalı ortamlarda ise ihtiyaç duyulan mesafe sınırlanmıştır. Genellikle, bir antenin radyasyon diagramının bir ana lob ve birbirinden minimum noktada ayrılmış olan birkaç yan lobdan oluştuğu daha önce bahsedilmiştir. Verici antenden belirli bir uzaklıkta ana lobun maksimumu yönünde maksimum alan şiddeti görülür. Yan ve geri lobların maksimumları yönünde alan şiddetleri görülmekle beraber bunların etkisi genellikle ihmal edilebilecek orandadır. Bu büyüklükler anten yakın alanı çevresinde ihmal edilemez. Buralarda yan ve geri lobların istenmeyen maksimum enerji seviyeleri antenin ana lob enerjisine direkt katkı yapmakta ve kapalı mekanlar içersinde yansıtıcı yüzeylere sahip cisimler de varsa bu etki daha da artmaktadır ki antenin ışıma gücü okumasının çok hatalı olmasına neden olan bu etkilerden sistemi kurtarmak için kapalı mekan düzenlemelerine ihtiyaç duyulmaktadır. Böylelikle daha iyi ve doğru neticelere

ulaşmak mümkündür.

Genel olarak antenler arası mesafe iki kısma ayrılır. Bunlar yansıma ve serbest boşluk mesafeleridir. Yansıma uzaklıklarının bilinmesi ile test anteni ölçüm sahasında oluşabilecek girişimleri bulmak ve böylelikle tam bir test ortamı sağlamak hedeflenir. Şekil 2.9. da gösterildiği gibi doğrudan antene olan yol haricinde toprak yüzey düzleminden tahmini yansımalar olmaktadır. Açıkta ölçme metodu uygulanan bu tip testlerde verici anten ile alıcı antenin zeminden yükseklikleri bu nedenle önemlidir ve sabit olarak tespit edilmelidir. Bunun yanı sıra simetrik ve küçük genlik değerlerinin aydınlatma alanı içersinde önem kazandığı, büyük boyutlu anten ölçmelerinde ve UHF sahasında açık alan yansıma mesafelerinin bilinmesi gereklidir.



Şekil 2.9 Toprak yüzeyinden yansımalar.



Şekil 2.10 Yükseltilmiş platformlarla anten testlerinin yapılışı.

Çok girinti ve çıkıntılı yüzeylerin olmadığı alanlarda ölçüm yapabilmek için

genellikle yüksek kule veya binaların üstlerine antenler yerleştirilerek ölçüm yapılır. Yükseltilmiş mesafeler olarak tanımlanan ve zeminden belirli yüksekliğe monte edilen antenler fiziki olarak büyük boyutlu antenlerdir. Bu yapı şekil 2.10 da gösterilmiş olup, çevre şartlarının etkilerinden kurtulmanın yolları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

İlk olarak, kaynak antenin yan lob seviyesi ve yönelticiliğinin seçimine dikkat edilmelidir. İkincisi, antenler arasındaki mesafe hattı düzgün ve aralarında herhangi bir engel olmamalıdır. 3. olarak kaynak bölgesinden harici cisimlerin enerji alması mümkün olmamalı ve hareket üreten nesneler bu bölgede bulunmamalıdır. Dördüncüsü, çevredeki yüzeylerden test antenine yansıma yoluyla gelebilecek işaretlerin enerji seviyeleri önceden detaylı olarak belirlenmelidir.

Eğimli mesafeleri, şekil 2.11. de gösterilen sistem ile kaynak anteni toprağa yakın bir uzaklığa yerleştirilirken test anteni iletkenlik özelliği taşımayan bir kulenin üstüne birbirlerini görebilecek biçimde yerleştirilerek uygulanır. Kaynak anteninin test antenini gördüğü doğrultuda serbest uzayda yayılım desenleri maksimum olacaktır. Bu yolla topraktan olabilecek yansımalar tamamen ortadan kaldırılmış olacaktır. Yükseltilmiş mesafe ölçümlerine göre bu ölçüm tekniği daha küçük bir mesafede yapılmış olmakta ve belirli bir kolaylık sağlamaktadır.

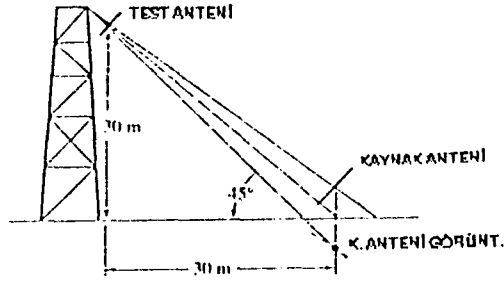
Yansımasız odalar (sessiz odalar), dış ortam ölçmelerine göre izlenebilir bir test düzeneğinin, çevre şartlarının ve güvenlik durumunun önemli olduğu ölçmelerde kapalı yerlerde ölçme yapmak alternatif bir yoldur. Bu teknikte, odanın duvarları radyo frekans emicileri (absorber) ile kaplanmıştır. Emiciler ile yüksek mikrodalga frekanslarında oluşabilecek yansımalar en düşük seviyeye indirilmektedir. Odalar iki tipte dizayn edilir. Bunlar dik ve eğimli odalardır. Bu dizaynlar optik geometriye ve tahmini yansımaların en düşük olduğu durumlara göre geliştirilmiş olup, duvarlardan yansımaların hangi doğrultuları izlediği şekil 2.12 de belirtilmiştir. Dikey odada yüksek kalitede emicilerin kullanılması yansıyan enerjinin azaltılmasını sağlar. Duvarları belirli bir eğimle yapılan eğimli odada bir piramit şekli vardır. Eğim kazanan duvarlardan sonra duvarların dikleştiği görülmektedir. Kaynak anten, eğimin başlangıç noktasına yerleştirilerek duvarlardan gelen yansımalar daha da azaltılmış olur. Yansıma sadece antenin duvara yakın kısmında olur ve böylelikle

direkt ışıma ile yansımalar arasındaki faz farkı oldukça azalmış olmaktadır. Dikey odalarda ise yansımaların çok daha fazla olduğu görülmektedir. Her iki durum içinde yansımaların daha az olması için emiciler kullanılır ve yansımaların ana loba enerjisi aktarması önlenmiş olur [20].

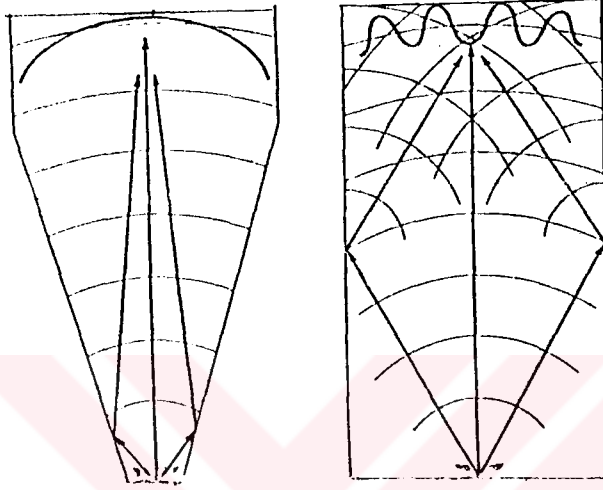
Parabolik yansıtıcı yüzeyler gibi modellerin ölçülmesinde uzak alan bölgelerinde görülen düzlem dalganın kullanılması gerekmekte ve bunun için uzak mesafelere ihtiyaç duyulmaktadır. Fakat gerekli mesafelerin bulunması bazı şartlarda problem teşkil etmektedir ki çok kısa mesafelerde ölçüm metodu bu maksatla geliştirilmiştir. Burada kullanılan metot ile düzlemsel dalga cepheleri çok kısa bir uzaklıkta elde edilmekte ve oldukça büyük yansıtıcı yüzeylerin düzlem alan karakteristikleri iyi bir şekilde ortaya konulabilmektedir. Böyle bir çok kısa mesafe düzenlemesi şekil 2.13. de verilmiş olup test bölgesi içerisinde yayılan dalganın düzlemsel olduğu anlaşılmaktadır. Bu metot ile yapılan ölçmelerin açık hava ölçmeleriyle aynı olması bir üstünlüktür [21].

Pek çok uygulamada antenler büyük hava araçları, gemiler vs gibi boyutları itibariyle devasa sayılan taşıtların üzerinde ve hareketli olarak bulunmaktadır. İşte bu gibi durumlarda skala modeli ölçmeler tercih edilmektedir [22]. Çünkü çevre şartları devamlı değişmekte ve ölçülen anten istenmeyen etkiler altında kalmaktadır. Geometrik olarak ölçeklendirilen modeller bu metot ile analiz edilmekte ve anten ile destek yapılarının performansı bir bütün olarak ölçmeye dahil edilmiştir olmaktadır.

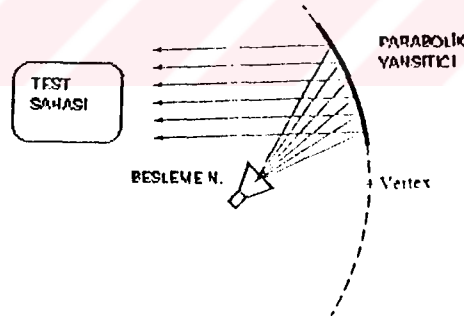
Bir test sahasının boyutları yakın alan ölçmeleri için uygun olsa da uzaya gönderilen antenlerin genişliği onların uzak alan ölçümlerinin yapılmasını imkansız hale getirmektedir. Bu amaçla antenler yakın alan ölçümleri yoluyla ölçülür ve elde edilen veriler analitik metotlar kullanılarak uzak alan yayılım karakteristikleri tespit edilir. Genel olarak uzak alanı belirlemek için üç yakın alan tekniği vardır. Bunlardan birincisi bir tarama probundan alınan faz ve genlik dağılımlarını uzak alan için transfer etmektir. İkincisi yaklaşık üniform bir genliği test anteni yansıtıcısında elde etmektir. Üçüncüsü teknik ise fresnel bölgesinde çok küçük açısal aralıklarda uzak alan desenlerini ölçmektir [23].



Şekil 2.11. Eğimli mesafelerde anten ölçümleri.



Şekil 2.12. Sessiz odalarda anten testlerinin yapılması.



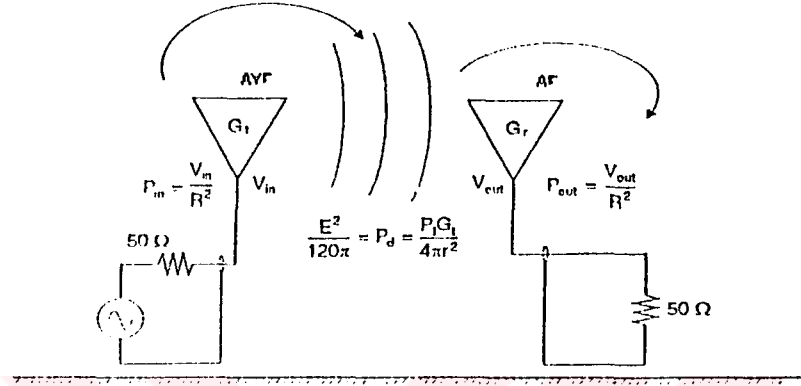
Şekil 2.13. Parabolik reflektörlerde yapılan testlerde düzlem dalganın eldesi.

2.4. Anten Parametreleri Arasındaki İlişkiler

Önceki bölümlerde değinildiği gibi antenden yayılan veya antene gelen alanların ölçümünde sırasıyla AF ve AYF önem kazanmaktadır. Uzak alan

ölçmelerinde iki anten karşılıklı olarak yerleştirildiği için her iki parametrenin de bir birleri arasında ilişkisinde söz edilebilir.

Şekil 2.14. de bu parametrelerin düzenek içersinde gösterimi verilmiştir. Bu şekil üzerinde parametrelerin ifadeleri de görüldüğü biçimde tanımlanmaktadır. Aşağıda ise bu ifadeler sunulmaktadır.



Şekil 2.14. Parametreler arası ilişkiler.

Eğer AF, sisteme göre tanımlanacak olursa, (1.14) ifadesinden;

$$AF = \frac{E}{V_L} \quad (2.36)$$

dir ve burada Anten faktörü alanın ve anten üzerine etki eden alanın antende meydana getirdiği gerilimin bir oranıdır. Desibel olarak bu ifadeden hareketle antene etki eden alan ifadesi;

$$E_{[dB(\frac{\mu V}{m})]} = V_{[dB(\mu V)]} + AF_{[dB(m^{-1})]} \quad (2.37)$$

şekline dönüşür. Bu alanın sahip olduğu güç yoğunluğu ifadesinden hareketle alıcı antenin çıkışında görülen güç arasında,

$$P_{out} = P_d \cdot G_r \cdot \frac{\lambda^2}{4\pi} \quad (2.38)$$

olan ve alıcı anten kazancı, alanın dalga boyu ve sabit bir terim ile çarpım kadarlık bir eşitlik vardır. Burada alanın sahip olduğu güç yoğunluğunun tanımı (1.11) ifadesinde verildiği gibidir. Uzak alan bölgesi içerisinde alıcı antene gelen alanın düzlemsel dalga formunda olduğu bilinmektedir. Denklem (1.10), (2.38) de yerine konursa alıcı anten çıkış gücü;

$$P_{out} = \frac{V_L^2}{Z} = G_r \cdot \frac{E^2 \lambda^2}{480\pi^2} \quad (2.39)$$

olur. (2.39) denkleminde hareketle (2.36) ifadesindeki AF tanımı yeniden yazılacak olursa

$$AF = \sqrt{\frac{480\pi^2}{ZG_r\lambda^2}} \quad (2.40)$$

Burada $Z = 50 \Omega$ luk sistemde empedans değerini yerine koyup (2.40) ifadesini desibel olarak yeniden yazacak olursak

$$AF = 19.8 - 20 \log(\lambda) - 10 \log(G_r) \quad (2.41)$$

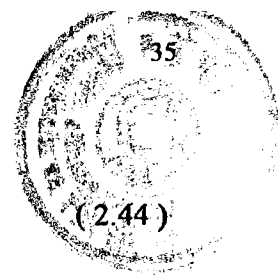
olacaktır. Sistemin aynı şeklini kullanarak AYF ifadesini tanımlarsak:

$$AYF = \frac{E_{[dB(\frac{r}{m})]}}{V_{in[dB(r')]}} \quad (2.42)$$

dir ki burada AYF antenden belirli uzaklıktaki elektromagnetik (veya elektrik) alanın anten giriş voltajına oranı olarak (2.42) gereği verildiği görülmektedir. Anten giriş gerilimi ve alan ifadeleri buradan dB olarak şu şekilde ifade edilir.

$$E_{[dB(v_m)]} = V_{in[dB(v)]} + AYF_{[dB(1/m)]} \quad (2.43)$$

olup, buradan anten giriş gerilimi;



$$V_{in[dB(v)]} = E_{[dB(v_m)]} - A Y F_{[dB(1/m)]} \quad (2.44)$$

dır. TAF üç standart durumdan hareketle tanımlanabilir. Bunlar;

1- Friss iletim denklemi (2.33) den hareketle;

$$P_d = \frac{P_t G_t}{4\pi r^2} \quad (2.45)$$

2- Ohm kanunu:

$$P = \frac{V^2}{R} \quad (2.46)$$

3- Serbest uzay için Ohm kanunu:

$$P_d = \frac{E^2}{\eta} = \frac{E^2}{120\pi} \quad (2.47)$$

(2.45) ve (2.47) formüllerini kullanarak E ifadesini bulunabilir.

$$E = (1/r) \sqrt{30 P_t G_t} \quad (2.48)$$

Buradan hareketle verici antenden r kadar uzaklıktaki bir noktada bulunan elektrik alan şiddetinin sahip olduğu giriş gücü ve kazancı P_t ve G_t ise (2.48) formülünden E' nin değeri bulunmaktadır.(2.46) denklemini kullanarak verici anten gerilim değeri;

$$V_{in} = \sqrt{P_t R} \quad (2.49)$$

dir ki AYF tanımı gereği E alanının verici anten girişindeki gerilime oranı olduğu bilindiğinden (2.48) ve (2.49) formülleri (2.42) de yerine konursa :

$$AYF = \frac{E}{V} = \frac{\frac{1}{r} \sqrt{30 P_t G_t}}{\sqrt{P_{in} R}} = \frac{1}{r} \sqrt{0.6 G_t} \quad (2.50)$$

ifadesi bulunur. Bu ifadenin logaritmik şekli:

$$AYF_{(dB)} = G_{r(dB)} - 20 \log_{10}(r_{(m)}) - 2.22 \quad (2.51)$$

Son haliyle (2.51) den kazancı eşitliğin diğer tarafına alır ve ifadeyi düzenlersek ($f\lambda = c$) tanımından;

$$G_{r(dB)} = 20 \log_{10}(f_{(MHz)}) - AF_{[dB(m^{-1})]} - 29.79 \quad (2.52)$$

elde edilir. Her ne kadar AF ve AYF ifadelerinde birimlerin farklı olması nedeniyle bir eşitleme yapılamayacağı görülse de bu parametrelerin her ikisi de kazanç parametresi altında bir bütün olarak birbirleri ile ilişkilendirilir. Karşılıklılık teoremi gereği $G_t = G_r$ olmalıdır ve (2.51) de (2.52) yerine konursa

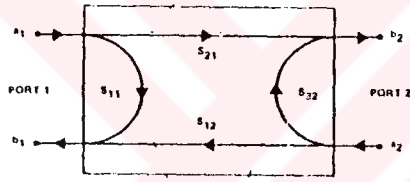
$$AYF_{(dB)} = 20 \log_{10}(f_{MHz}) - AF_{[dB(m^{-1})]} - 32 \quad (2.53)$$

elde edilir.

Bu dönüşüm hem AF ve hem de AYF'nün ölçümü durumunda da geçerlidir. Eğer zemin düzlemi üzerinde AF ölçülüyorsa aynı şartlar için AF'nin gerçek değerinden AYF hesaplanır. Şurası hatırdan çıkarılmamalıdır ki uygulamalarda iki anten karşılıklı ise empedans uyumluluğu, verimlilik gibi faktörler karşılıklılık içine alınamaz. Bu gibi faktörler, AF ölçümü dahilindedir ve AYF, ancak AF ölçümünden hareketle bulunabilir. Eğer kazanç ve elektrik alan biliniyorsa (2.48) den giriş gücü ifadesi bulunur. Bunun başka bir yolu ise kazanç değeri (2.51) de yerine konup AYF bulunur. Daha sonra (2.43) den giriş gerilimi bulunup (2.46) ifadesi ile yine giriş gücü bulunabilir. Üçüncü bir yöntem ise giriş gücünü direkt olarak ölçmektir.

2.5. Kayıpların Tespiti

Her zaman bir mikrodalga iletim hattı bir mikrodalga cihazına bağlandığında hattaki elektrik ve magnetik alanlar cihazdan lineer olarak çıkamazlar. Mikrodalga gücünün bir kısmı bağlantı bölgesinden yansımaya uğrar. Genel olarak bu yansıyan güç geri dönüş kaybı olarak isimlendirilen kaybın ana sebebidir. Şekil 2.15. de cihazdan yansıyan güç ile cihaza giren ve ondan çıkan güç gösterilmiştir. Geri dönüş kaybı yansıyan gücün giriş gücüne oranıdır. Burada cihazın her iki kısmına mikrodalga işaretleri girip çıkmaktadır. Bu durumda cihazın her iki kısmı içinde geri dönüş kaybından bahsedilir. Kaybın belirlenmesinde s-parametrelerinden hareket edilir ki şekilde gösterilen işaretler için bu parametrelerin tanımı aşağıda verilmektedir.



Şekil 2.15. S-parametrelerinin gösterimi.

$$S_{11} = \frac{b_1}{a_1} \quad (2.54)$$

$$S_{21} = \frac{b_2}{a_1} \quad (2.55)$$

$$S_{12} = \frac{b_1}{a_2} \quad (2.56)$$

$$S_{22} = \frac{b_2}{a_2}$$

(2.57)

Burada (2.54) ifadesi giriş yansıma katsayısı, (2.55) oranı girişe işaret uygulandığında çıkışta sadece çıkış işareti görülüyorsa kazancı ifade eder. (2.56) eşitliği cihazın ters tarafından girişe doğru ne kadar güç sızıntısı olduğunu belirtir ki bu transmisyon katsayısı cihazın izolasyonunu ifade eder. (2.57) parametresi çıkışın yansıma katsayısını gösterir. (2.54), (2.55), (2.56) ve (2.57) ifadeleri için sırasıyla a_1 , a_2 , b_1 ve b_2 0'a eşit olması istenir. Yapılacak ölçümlerde elde edilen okumaları doğru olarak değerlendirebilmek için öncelikle bu kayıpların bilinmesi gereklidir. Böylelikle sistemden alınan test işaretleri belirli bir ön düzeltmeden geçerek işlenmiş olacaktır [24].

2.6. Matlab 4.0 For Windows Grafik Çizimleri

Matlab, ingilizcede 'MATrix LABoratory sözcüklerinden türetilmiş bir programlama türüdür. Bu programda temel eleman, boyutlandırma gerektirmeksizin bir matristir. İlk matlab bundan birkaç yıl önce Fortran'da yazıldı. Daha sonraları C++'da bu dil yazılarak kullanıcıya sunuldu. Matlab'i, PC, SUN, UNIX, VAX, Apollo, HP, DECS, RS/6000 ve Convex gibi bilgisayar sistemlerinde kullanmak mümkün olup bu çalışma için PC'lerde kullanılan MATLAB for WINDOWS tercih edilmiştir.

Matlab grafik sistemi, verilerin hazırlanmasında ve görüntü eldesinde çok değişik ve kendine özgü teknikleri ile kullanıcılara büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Bu sistem, yerleşik olarak yazılmış grafik nesnelerinden (çizgi, yüzey vb) ve bu nesnelerin ayarlamalarından oluşur. Ayrıca, sistemin temelini oluşturan yüksek düzeyli ve iki veya üç boyutlu grafik fonksiyonları ile daha alt düzeyli bir boyutlu grafik fonksiyonlarını da içermektedir.

Matlab aslında bir tür nesne olan, elemanları kompleks sayılar da olabilen matrislerle çalışır. Bu matrisler dörtgen boyutunda veya bazen bire bir boyutlu

olabilecekleri gibi ya bir satırdan veya bir sütundan oluşan vektörler olabilir. Matrisler için boyut belirtmeye gerek yoktur. Matrislerin elemanları tam bir liste olarak, yerleşik deyim ve fonksiyonları kullanarak, M – dosyaları ile veya dış veri dosyalarından yükleyerek girilebilir. Amaçlanan işlemlerin yapılması için matris işlemlerini temel almak gerekir. Bu sayede herhangi şekilde elde edilen veriler arasında dizi işlemleri (matrislerin elemanları arasında birebir işlem yapılabilmesi) yapılmaktadır. Sıralama yeteneği olarak adlandırılan bu özellik sayesinde dizi şeklinde satır veya sütun vektörleri üretmek mümkün olmaktadır. Ayrıca vektörler matematiksel bir fonksiyona argüman olarak girilirse fonksiyon değerleri vektörün tüm değerleri için ayrı ayrı hesaplanır. Tersı durumunda yani vektörlerden matris formuna dönüşüm de bu dil için geçerlidir.

MATLAB programında kullanılan verilerin alınması işlemi için iki yol tercih edilmiştir. Bunlardan birincisi köşeli parantezler arasında dizi elemanlarını kapalı bir liste olarak girmektir ki veri almada en kolay yol budur. Fakat büyük matris elemanlarını kullanımı sırasında bu yolun tercih edilmesi yorucu olmaktadır. İkinci yol verilerin ASCII olarak kaydedilmesi sağlanarak sık kullanılan verilerin kullanılmasını kolaylaştırmaktır. FORTRAN ve C programlama dillerinden biri kullanılarak elde edilen verilerin MATLAB’de kullanılması için ayrıca MEX-dosyası alt yordamı geliştirilmelidir.

Test düzeneğinden elde edilen verilerin grafiklerinin çıkarılmasında matris işlemlerini iyi bilmenin yanı sıra iki ve üç boyutlu grafiklerin MATLAB’de çizdirilmesi için gerekli fonksiyon komutlarının bilinmesi ve ayrıca grafik nesnelerini daha detaylı kullanımı gerekir. Bu amaçla kullanılan fonksiyonlardan gerekli olabileceklerden bazıları: İki boyutlu çizim için PLOT, POLAR ve üç boyutlu çizim için PLOT3, SURFACE, MESH gibi fonksiyonlar kullanılır.

Bu fonksiyonların yanı sıra grafiğe başlık ekleme, x ve y-eksenlerine etiket verme ve ızgara çizgilerini grafikte gösterme amacıyla yardımcı fonksiyonlar kullanılır. Fonksiyonlarla birlikte katar argümanlarda kullanarak çizilen grafiğin çizgi rengi ve sembolleri değiştirilip göz algılaması daha iyi bir hale getirilir. Ayrıca burada yaygın olarak kullanılan bilgisayar dillerinde bulunan döngü ve kontrol

deyimlerine eş değer yapılar vardır. Bu kontrol deyimleri ile oluşturulan 3 boyutlu çizim programı perspektif görüntü alınmasında kullanıcıya kolaylık sağlar.

Grafik çizimlerinde kullanılan verilerin ölçüm sırasında bir disket ortamına FORTRAN programlama ile kaydedilmiş olması nedeniyle bu verilerin MATLAB de işleme hazır hale getirilmesi gerekmektedir. Bahsedilen yollardan ilki için veriler EXCEL 5.0 da satırlar arasında boşluklar ve bu satırların sonlarında satır sonlandırma karakterleri konarak düzenlenerek bu " veri.dat " dosyası "load veri.dat " komutu ile MATLAB ortamına kaydedilir. Eğer program FORTRAN içerisinde yapılıyor veya elde edilen veriler program ile haberleşerek kullanılmak isteniyorsa MEX dosyası oluşturulacak şekilde bir program yazılması gereklidir. Bu sayede MATLAB de bu veri dosyaları bir M- fonksiyon dosyası olarak kullanılabilir. FORTRAN da hazırlanan MEX programı için aşağıda ki deyim sıralaması parçası kullanılarak veriler MATLAB de kullanılacak hale getirilebilir.

1. ep = engopen (" ")
2. mp = mx createFull (36 , 36 , 0)
3. callmxSetName (mp, "V")
4. callmxCopyReal8ToPtr (V , mxGetPr(mp),1296)
5. stat = engPutMatrix (ep , mp)
6. stat = engClose (ep)

Bu sayede MATLAB in çalışma alanı ep ye mp matrisi depolanmış olur.

MAT dosyası olarak FORTRAN programından elde edilen verilerin kopyalanması için bir MAT dosyası açar. Bunun için yapılan deyim sıralaması aşağıdakine benzer olur.

1. fp=Matopen ("ver.mat" , "u")
2. mp=matgetMatrix(fp,"V")
3. callmxcopyPtrToReal8 (mxgetpr(mp),V,1296)
4. stat=matClose(fp)

Oluşturulan bu program parçası ile MATLAB de ‘load’ komutuyla veriler işenir [25].



3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu bölümde elde etmek istenilen sonuçlar için tasarlanan sistem ve parçaları anlatılmakta olup, tercih edilen yöntem ve deneyin yapılışı daha açık olarak verilmiş olmaktadır.

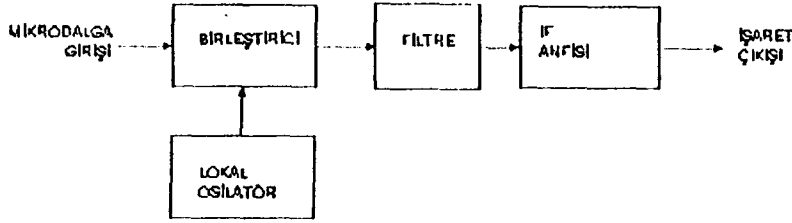
3.1. Mikserler

Her düşük gürültü seviyeli mikrodalga receiver'ı, mikrodalga bandı dışında en düşük frekansta modüle olmuş yan bandları ve taşıyıcıyı kaydırıp almak için mikser kullanmak zorundadır. Bunun en kolay ve ekonomik olanı 90 dB kazançlıdır. Çalışmada 20 GHz giriş ve 20 MHz çıkışa sahip bir mikser kullanılmıştır.

Mikserlerin çalışmasını daha iyi anlayabilmek için misal olarak eğer 10 GHz mikrodalga işareti 10 MHz band genişliğinde olacak şekilde ise bu işaretin modüleli yan bandları 9.995 ve 10.005 GHz frekans aralığında bulunmakta olduğu anlaşılır. Bu mikserin blok diagramı şekil 3.1. de gösterilmiştir. Modüleli yan bandlarda taşınan bilgi bir taşıyıcı tarafından iletilir. Diğer mikrodalga işaretleri anteni uyaran işaretlerle birlikte bulunmaktadır. Fakat mikserin girişinde istenmeyen bu işaretler filtre edilir. Çıkışta gözüken işaret mikserin içindeki schottky diodları ile birleştiriciden ibaret olan kattan geçer. Bu katın diğer bir girişine lokal osilatör bağlıdır. Osilatör'ün frekansı ara frekans (IF) kuvvetlendiricisinin merkez taşıyıcı frekansı ile mikrodalga işaretinden oluşmuştur ki işaret alıcıda üretilir. Burada merkez frekans 70 MHz olup osilatörün çıkış frekansı 10.07 GHz seviyesindedir.

Girişe mikrodalga işareti uygulandığı anda lokal osilatör çalışmaya başlar. Bu işaretlerin birleştiricinin çıkışında birleşik olarak gözükmesi için diyotlara uygulanması gerekir. Çünkü birleştiriciden çıkan işaret hala ayrılabilen yapıdadır. Bu katın çıkışındaki işaretin frekansı 20.07 GHz dir. Bu işaretler bir filtre devresine uygulanarak 70 MHz çıkışlı işaretler halinde kuvvetlendirici devresine girerek kuvvetlendirilir ve mikserin çıkışında gözükürler.

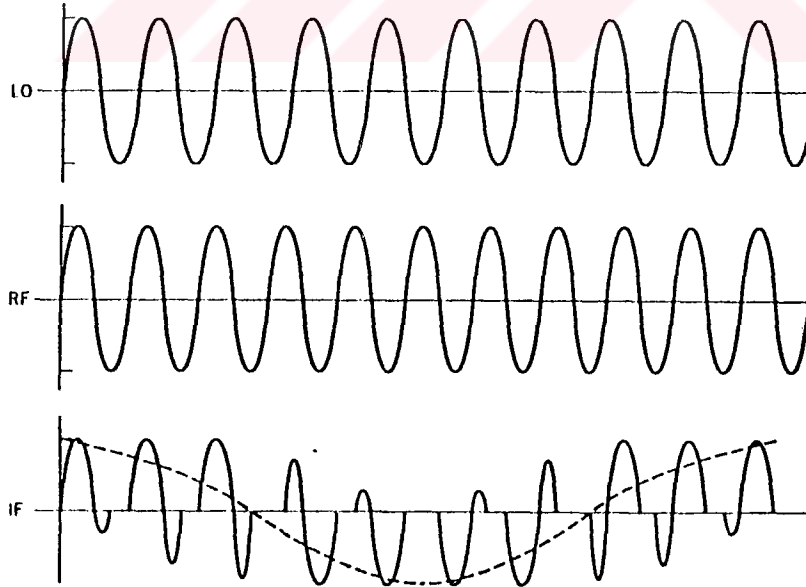
Şekil 3.2. de 10 MHz lik band genişliğine sahip birleşik modüleli yanbandlar 70 MHz bandına kaydığı gözükmemektedir. 9.995 GHz de modüleli mikrodalga taşıyıcının yan bandı 75 MHz ye ve 10.005 GHz deki taşıyıcının yanbandı 65 MHz ye kaymıştır. Ayrıca mikserin işaret tepkisi şekil 3.3 de gözükmemektedir. Burada mikser girişindeki işaretin (RF), lokal osilatörün (LO) ve mikser çıkışında görülen işaretin 10 nanosaniye'lik zaman aralığında değişimini gözlenmektedir [26] ve [27].



Şekil 3.1. Bir mikserin blok diagramı.



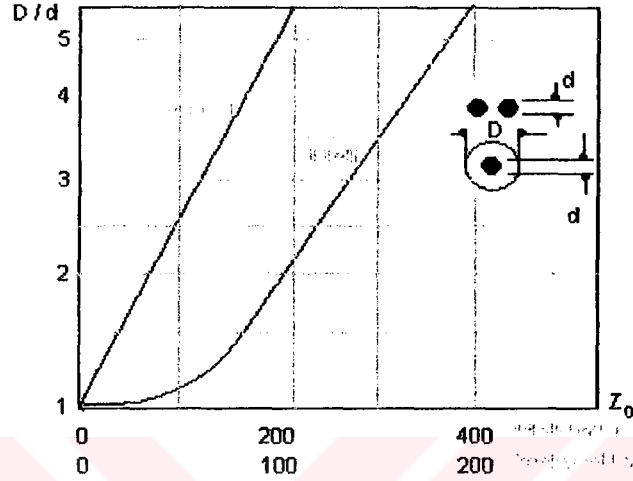
Şekil 3.2. Mikser çıkışındaki işaretin yanbandları.



Şekil 3.3. Mikserin işaret tepkisi.

3.2. Koaksiyal Kablolar

Mikro dalga işaretlerinin iletimi için koaksiyal iletim hatları kullanılır ki bu bir silindirik boru şeklindeki iletkenin merkezinde içi dolu bir iletken silindirin yerleştirilmesi ile elde edilen yapıdır. Şekil 3.4. de bu hatların yapısı, koaksiyal ve ikitelli hatlar için karakteristik empedans grafiğinde gösterilmiştir.



Şekil 3. 4. Koaksiyal ve ikitelli iletim hatların karakteristik empedans karşılaştırması.

Bir koaksiyal kablunun iç iletken çapı $2a$ ve dış iletken çapı $2b$ ise karakteristik empedans:

$$Z_0 = \frac{138}{\sqrt{\epsilon}} \log_{10} \frac{b}{a} \quad (\text{ohm}) \quad (3.1)$$

olup şekil 3.4. de ki grafikte bu ikitelli hatla karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.

İlk en yüksek modun kesim dalga boyu:

$$\lambda_c = F\pi\sqrt{\epsilon}(a+b) \quad (\text{m}) \quad (3.2)$$

dir. Eşitlik de $F \cong 1$ kabul edilmektedir. Bu mod için iletkenlik kaybı:

$$\alpha_c = 1.14 \times 10^{-16} \sqrt{\frac{f\epsilon}{\sigma}} \times (a^{-1} + b^{-1}) (\log_{10} \frac{b}{a})^{-1} \quad (\text{Np/m}) \quad (3.3)$$

olup hattan iletilen güç:

$$P = \frac{E^2 a^2 \sqrt{\epsilon}}{52.2} \log_{10} \frac{b}{a} \quad (\text{W}) \quad (3.4)$$

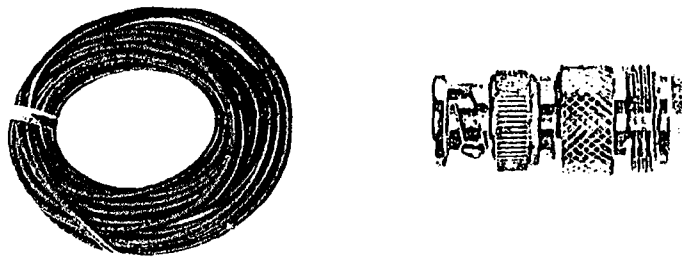
olarak tanımlanır.

Esnek ve yarı-sert (sırasıyla; F ve SR) olarak sertliklerine göre tanımlanan bu hatların çeşit ve özellikleri çizelge 3.1. de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Koaksiyal kabloların özellikleri.

MODEL	ESNEKLİK	ÇAP (m)	KARAKTERİSTİK EMPEDANS (Ohm)	ZAYIFLAMA (dB / 30.5 m)		GÜÇ TAŞIMA (W)	
				3 GHz	10 GHz	3 GHz	10 GHz
085	SR	0.21	50	34	73	115	43
RG 19	F	0.20	50	78	172	41	14
141	SR	0.27	50	21	45	310	160
RG58A	F	0.49	50	41	---	22	---
250	SR	0.62	50	14	29	600	280
RG 214	F	1.07	50	19	47	95	37
RG59A	F	0.60	75	25	---	40	---
RG62A	F	0.60	93	9	30	40	15

Çalışma için ayrıca kablo bağlantı ara birimi olarak BNC adaptörü kullanılmıştır. Seçilen kablo modeli RG-214 koaksiyal kablosudur. Bu kablo ve adaptörün fotoğrafı şekil 3.5. de verilmiştir.



Şekil 3.5. RG214 kablosu ve N tipi adaptör.

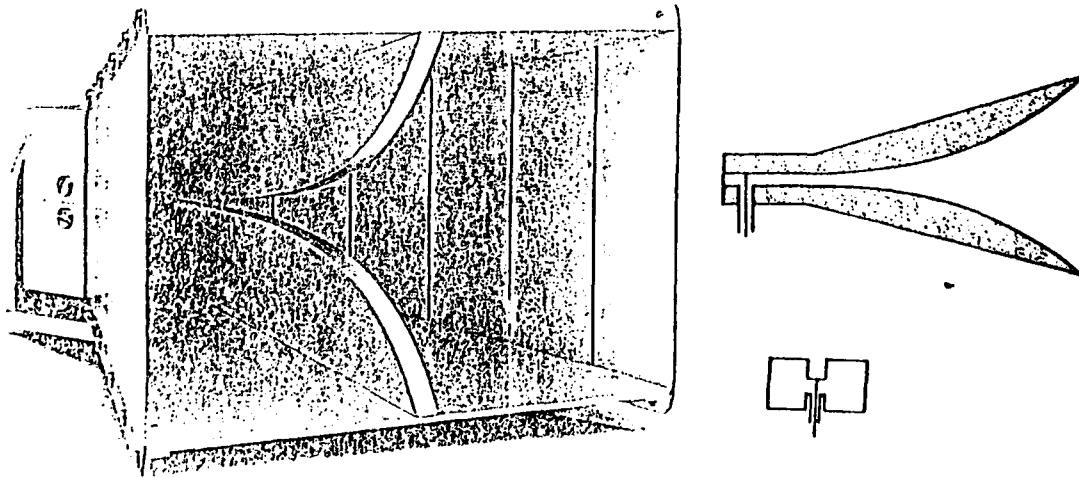
3.3. Geniş – Band Antenler

Bu tez çalışmasında ölçümü yapılan anten tipi D.R.H. olarak bilinen horn antenlerdendir. Bu tip antenin pek çok değişik modelde olanları var olmakla birlikte 1 – 18 GHz lik modeli seçilerek ölçüm neticelerinin alınması düşünülmüştür. Uygulamada kullanılacak olan geniş band antenler için kazancı arttırılmış olanların tercih edilmesi en iyi yol olarak gözükmemektedir. Bu geniş bantlı antenler sırasıyla frekanstan bağımsız log-periyodik dipol dizi antenler, spiral antenler ve DRH'lerdir. Adı geçen antenler, direkt olarak kullanılabilirken aynı zamanda yansıtıcı yüzeylerin beslemeleri olarak da kullanılırlar.

DRH'lar konik (pramidal) hornların karşılıklı duvarlarının iç orta yerlerine eğimli yüzeyler yerleştirilerek imal edilen hornlardır. Hornların her duvarından sadece iki duvara karşılıklı olarak bu eğimli yüzeyler yerleştirilmiştir. Antenin fotoğrafı şekil 3.6. da verilmiştir. Burada anten boyutları ve özellikleri:

Boyutlar ve ağırlık

En:	29.9 cm
Boy:	24.4 cm
Yükseklik:	15.9 cm
Ağırlık :	1.8 kg



Şekil 3.6. DRH antenin dış görünüm fotoğrafı ile arka ve yan ara kesitin gösterimi.

Özellikleri:

Frekans Aralığı: 1 – 18 GHz

Empedans : 50 Ohm

Konnektör Tipi: N

şeklindedir.

Dalga kılavuzunun TE_{10} modundaki en düşük kesim frekansına sahip mikrodalga işaretlerinin geçişini sağlamak için şekildeki eğimli yapının dizayn edilmesinin yanı sıra, DRH'ler ile TE_{30} modlarının alınması da temin edilir ki bu şekilde kesim frekansları band genişliği 1:12 den yukarısına çıkabilmektedir. 12 GHz den yukarı frekanslarda antenin (kuaksiyel kablo veya) konnektöründen alınan güçler için N tipi konnektör bağlantısı nedeniyle küçük kayıplar meydana gelir. Böyle bir bağlantı kullanılarak (antenin frekansları mikserlendikten sonra) yapılacak ölçümler için frekanslar, maksimum güç ve kablo kayıpları Çizelge 3.2. da verilmiş olup antene giren gücün belirli kayıplarla olduğu buradaki kayıp sütunundan bulunabilmektedir. DRH sayesinde klasik hornların (aynı frekans aralığına göre geliştirilen klasik hornlar çok büyük ölçeklidir.) kullanım zorlukları aşılmış olmaktadır ki bu özellikleri nedeniyle tercih edilmektedirler.

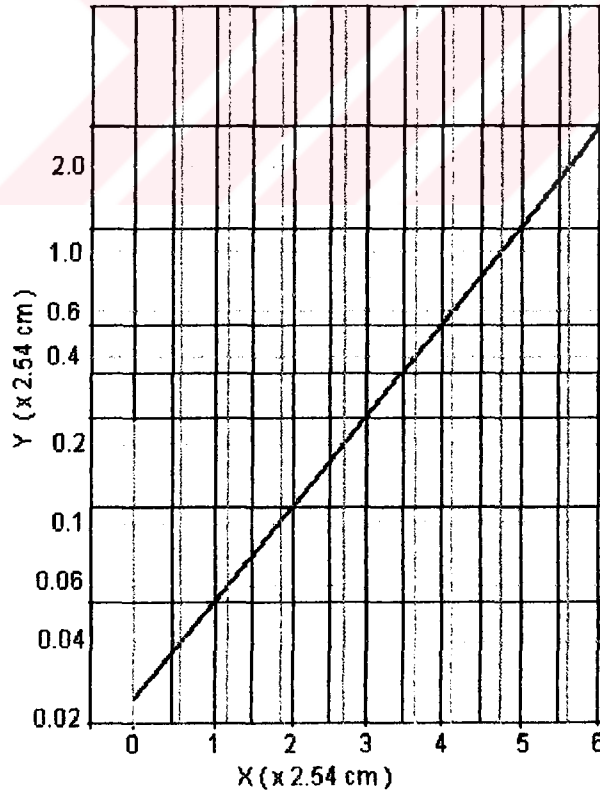
Şekil 3.7. de ki grafik yardımı ile antenin eğimli yapısının koordinatları tespit edilmekte olup x-ekseni; yüzey çizgisinin antenin merkez hattına uzaklığı, y-ekseni; antenin merkez hattının eğimli yüzey çizgisine dik uzaklığını tanımlamaktadır.

Çizelge 3.2. RG214 için 3 GHz den düşük frekanslarda görülen kayıplar.

FREKANS	MAKSİMUM GÜÇ KAPASİTESİ	30.5 m KAYIPLARI
10 MHz	3.700 W	0.66 dB
50 MHz	1.300 W	1.50 dB
100 MHz	850 W	2.20 dB
200 MHz	540 W	3.20 dB
400 MHz	350 W	4.60 dB
1.000 MHz	190 W	9.00 dB

Antenin eğimli yüzeyinin genişliği 0.925 cm dir. H-düzlemi duvarlarındaki yapı ızgaralı olup ızgara aralıkları, bandın ilk değerindeki dalga boyunun 0.1 katına eşittir. Bu ızgaraların her biri 0.24 cm enindedir. Çok büyük band aralıklı DRH ler için bu aralıklar daha geniş seçilmektedir. Yapısı verilmiş olan bu anten için 6 adet ızgara ve 5 aralık vardır. Bu ızgara kalınlıkları 0.10 cm dir. Buradaki duvar, dielektrik malzemenin ızgaraları kaplaması şeklinde yapılmıştır. Duvar malzemesi 0.16 cm kalınlıklı cam – teflon bileşiği olarak imal edilmektedir [29]. Bu grafiğin ifadesi: $Y=m \cdot \exp (n \cdot X)$ eşitliğinden bulunur. Burada n ve m sabit değerlerdir.

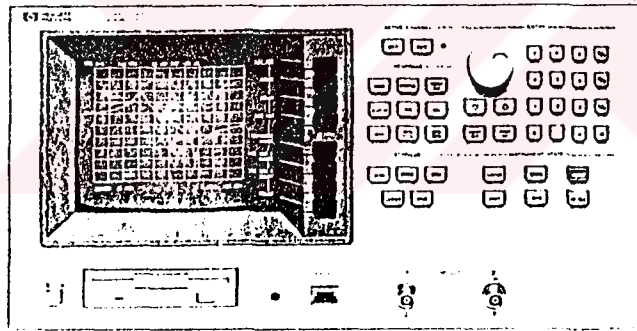
Şekil 3.6. DRH'nin besleme noktası kesiti ve yandan gösterimi verilmiştir. Burada eğimli yapının besleme noktasında ki yüksekliği 1.66 mm olup prob bir monopol anten olarak besleme işlemini gerçekleştirir. Bu antenin boyu en düşük dalga boyunun onda biri kadardır [30]. Band genişliği 1:18 olduğu için en yüksek dalga boyu 30 mm dir. Anten açıklığının yüksekliği en yüksek dalga boyu 18x30 mm olduğu için bu değer yarısına eşittir. Aynı şekilde besleme noktası açıklığı da $1 \times 30 / 2$ ifadesinden hesap edilir [31], [32].



Şekil 3.7. DRH eğimli parçalarının tespit grafiği.

3.4. Network Analyzer (NA)

Bu cihaz çok karmaşık mikrodalga işaretlerinin ölçülmesinde kullanılmaktadır. HP firmasının üretilen cihazın fotoğrafı şekil 3.8. de gösterilmiştir. Lineer devrelerin sinüs dalga testleri için devrelerin empedansı veya transfer fonksiyonları NA ile ölçülmektedir. Devrenin ihtiyaç duyduğu işaretleri portlarının biri vasıtasıyla devreye uygular ve diğeriyle ise işaretleri alır. Çeşitli akım ve gerilimlerin bir oranı olarak transfer veya empedans fonksiyonları bulunur ve ekranında görüntülenir. Test edilen düzenele kendi yapısı içersinde sinüs dalga jeneratörü olarak bağlantı kurarak bir tarama osilatörü ile onu uyarır. Bu sayede ölçümler çok kısa bir zamanda tamamlanmaktadır. Yüksek frekanslarda iletim hatlarında ilerleyen dalgalardan işaret seçimleri oldukça zor olmakla beraber bu özelliği sayesinde kolaylık sağlaması onun ayrı bir avantajdır. İşaretlerin eldesi için NA' ın iki özelliğinden biri tercih edilmek suretiyle çalıştırılır. Bunlardan birincisi, geniş band yakalama özelliği ve ikincisi dar band yakalama özelliğidir. İlki için işaretin tüm frekans aralığı ikincisinde ise çok hassas düşük gürültü aralıkları seçilerek kullanım sağlanmaktadır.



Şekil 3.8. NA'ın dışardan görünümünün bir fotoğrafı.

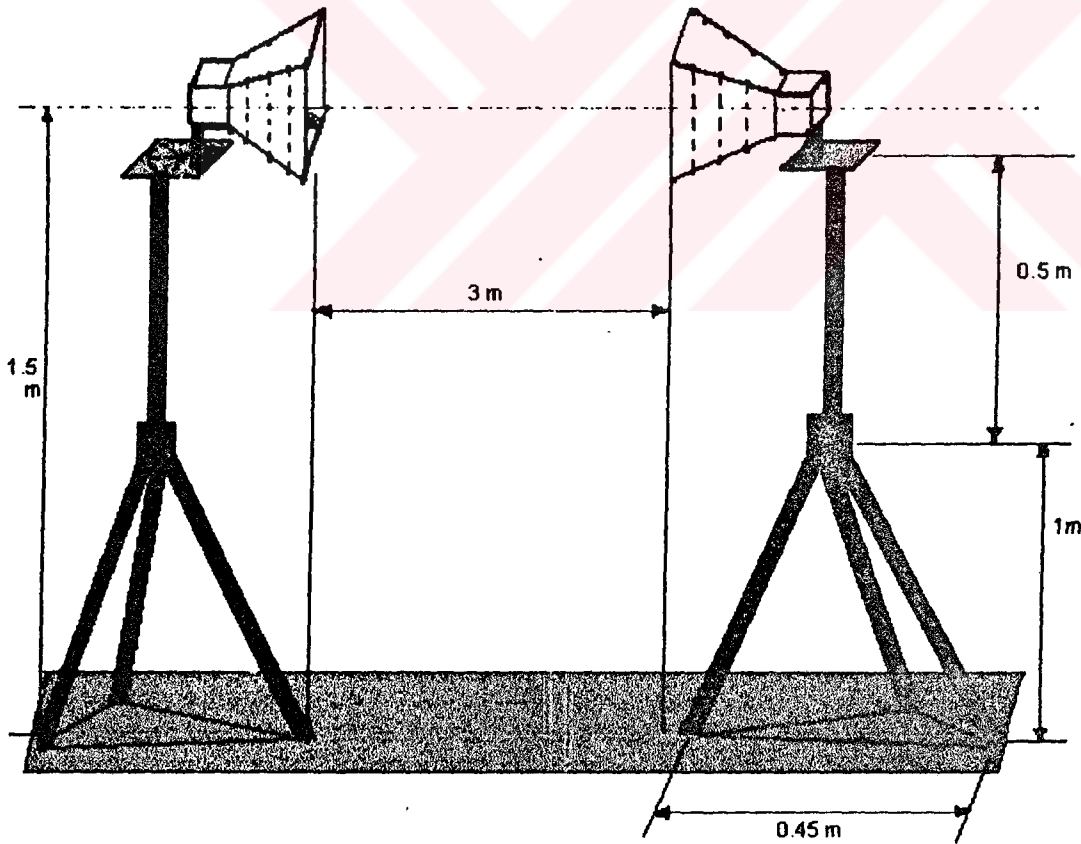
Anten ölçümlerinde böyle bir cihaz kullanılarak (bkz bölüm 1.2. ve 2.4.) daha önce bahsedilen parametreler elde edilmektedir. NA ile yapılan bir anten ölçümünün 2 ve 3 boyutlu grafiklerinin oluşturulmasında cihaz ya bir vektör analizör olarak iş görür ve bu durumda hem genlik hemde faz değerleri ölçülebilmektedir yada sadece genlik ölçümü yapabilen NA lar kullanılır ki bunlar ayrıca skaler NA olarak isimlendirilirler [32].

3.5 Ölçüm Platformları

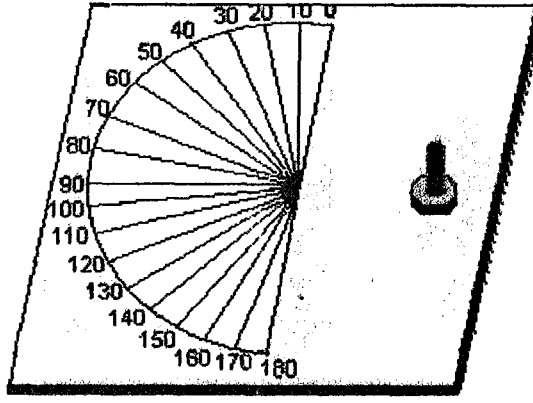
Şekil 3.9. da anten ölçme sistemi için tasarlanmış metal platformun yapısı ve boyutları verilmiştir. Buna göre boyutlar

Ayak destek sisteminde; ayakların birbirinden uzaklıkları = 45 cm, ayak yüksekliği = 70 cm ve çap = 3 cm dir. Gövde sisteminde ise boy = 100 cm ve gövde çapı = 3 cm dir. Anten bağlantı bölgesinde; en x boy = 20 x 15 cm ve kalınlık = 0.4 cm olarak tespit edilmiştir.

sistemin birbirinden uzaklığı ise 3 m olarak seçilmiştir ki bu (ANSI standartlarına göre) artırılabilir. Anten pozisyonlarının şekli şekil 3.10. da verilmiştir.



Şekil 3.9. Ölçüm platformları.



Şekil 3.10. Anten pozisyoneri.

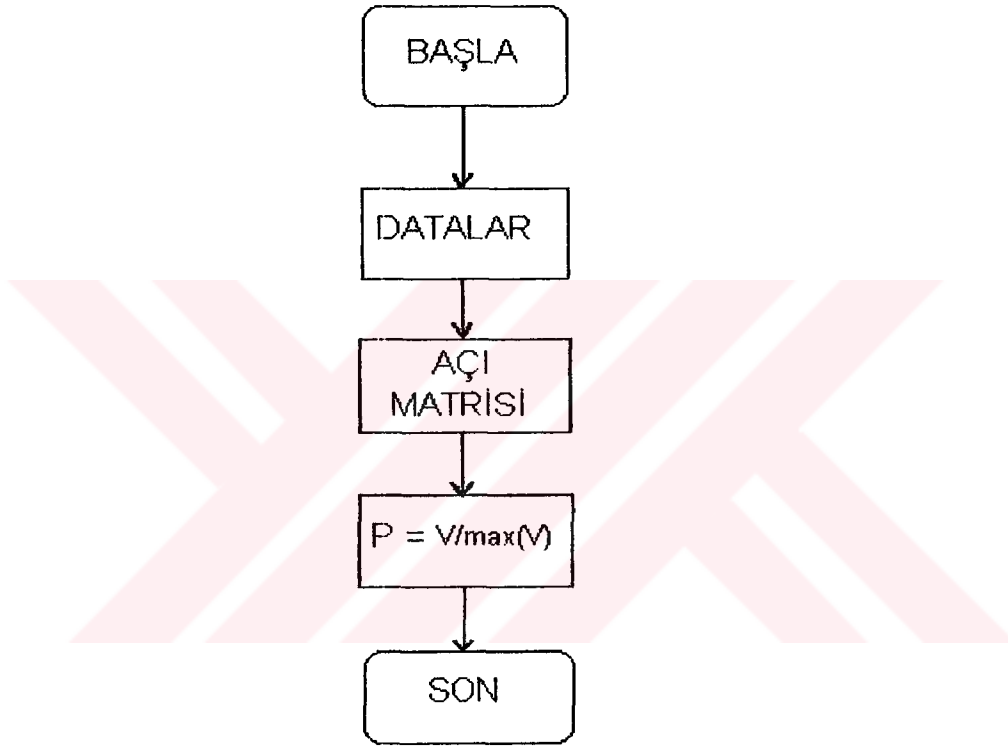
3.6. Grafik Ara -Yüz Programlama

Bölüm 2. de matlab programlama dilini kullanarak iki ve üç boyutlu çizimlerin yapılabildiğine kısaca değinilmişti. Burada ise antenden elde edilen genlik değerleri için demetin yarı güç demet genişliğinin z ekseni boyunca programlar oluşturarak bulunması anlatılacaktır.

Anten ışıma diagramları genel olarak iki boyutlu olarak ifade edilirken bunların üç boyutlu olarak gösterimi gereklidir. Çünkü, aslında antenden elde edilen desenler üç boyutludur. Daha önceleri uygulanan en genel teknik, desenlerin dairesel kesimleri boyunca elektrik işaretlerinin gösteriminin tablolar hazırlayarak veya iki boyutlu olarak (bir koordinatı sabit tutarak) ifade edilmesi şeklindeyken bu koordinatı da katarak ölçümlerin gerçek boyutları ile ortaya konması sağlanmış olmaktadır. Desenler daha çok açı değişkenine karşılık logaritmik güç, güç veya alan olarak görüntülenmesi sağlanır.

Programın kendi yapısı gereği iki boyutlu çizim fonksiyon deyimleri açı ve girilen veriler için (bkz. Bölüm 2.6.) kutupsal koordinatlarda verilmiş olduğundan kısa bir akış şeması ile demetin demet genişliğini grafik olarak elde etmek mümkündür. Aşağıdaki Şekil 3.11. de bu şema gösterilmiştir. MATLAB de matris işlemleri yapıldığından işlemlerde karşılaşılan matris çarpımına dikkat etmek gerekir.

Ayrıca iki veya üç boyutlu çizimlerde çizimi yapılacak fonksiyonun satır veya sütun matrisinin eleman sayısının eşit olması gerekmektedir. Eğer veriler n-boyutlu satır vektörü iseler her bir (V) veri vektörü, $V = [v_1, v_2, v_3, \dots, v_n]$ satır matrisine dönüştürülmeli veya sütun matrisi olarak V' olarak yazılmalıdırlar. İki vektör matrisi boyutları farklı olmakla birlikte bir A matrisi $(m \times n)$ diğer bir B matrisi $(n \times p)$ ise bu matrislerin matris çarpımı için MATLAB de birinci veya ikinci matris gösterim ifadesinin üzerine bir ayraç koyarak çarpma işlemi yapılmalıdır. Bu durumda elde edilecek matris $(m \times m)$ boyutlu olacaktır.



Şekil 3.11. Polar koordinatlarda 2 boyutlu çizim akış şeması.

Üç boyutlu çizimler için fonksiyonun birden fazla satır veya sütun matrisi olarak tanımlanmasında ya bir `for` döngüsü ya da dik koordinat eksenlerinden apsis ve ordinat için “ meshgrid ” fonksiyonunu kullanmak gerekmektedir. Meshgrid fonksiyonu iki koordinat vektörünü iki koordinat matrisi haline getirerek istenilen domene çevirir. Daha sonra bu matrisler, iki değişkenli bir fonksiyonun değerlerinin hesaplatılmasında kullanılır. Vektör işlemleri sırasında vektörün iç çarpımının

karekökü ifadesi o vektörün öklid normu veya uzunluğu olarak tanımlanmıştır ve matematikte bu ifade (3.5) gibidir [33]

$$\|V\| = \left(\sum_{k=1}^n V_k^2 \right)^{1/2} \quad (3.5)$$

Bu şekil 3.11. deki şemadan hareketle öncelikle NA sisteminden alınan veriler programda kullanılmak üzere girilmekte ve yapılmak istenen işlem belirli (θ, ϕ) açıları için alınan değerlerin grafik ara yüz program ile işlenmesi olduğu için 10 derecelik açı aralıklarından oluşan (0 dan 360 dereceye) 1x36 boyutunda matris üretilir. Aslında bu matrisin gerçek boyutları 1x19 dur ve MATLAB M-file ortamında programlama esnasında bu fazla sıfırlardan vazgeçilmiştir ki bunun işleme bir etkisi olmamaktadır. Daha sonra, güç formülü ile alınan datalar hesaplatılır. Son olarak ise, iki boyutlu çizim fonksiyon deyimi ile çizim için her açı için alınan datalar ekranda kutupsal koordinatlarda görüntülenir. Şekil 3.11. de gösterilen şemaya ait program

```
V = [ a1 a2 a3 ..... an ] ;
```

```
T = 0 : pi / 18 : pi ;
```

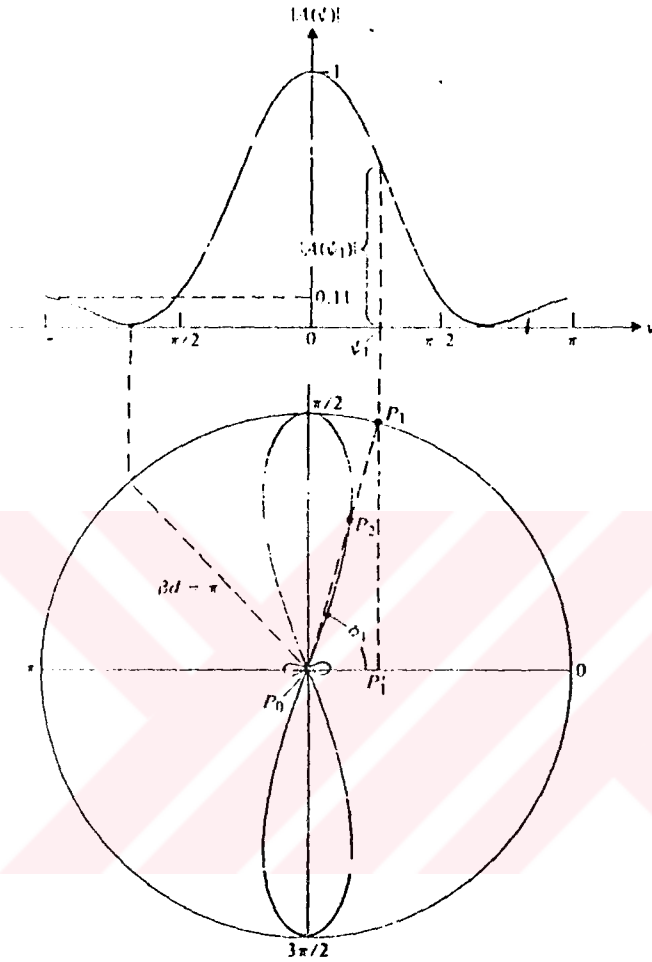
```
P = V / max ( V ) ;
```

```
Polar ( T, P )
```

olup sonuçlar çok rahat olarak görüntülenmektedir. Burada veriler alındığı gibi programda kullanılmaması gerekir (bkz. [34]). Bu veriler öncelikle ``max ( veriismi )`` fonksiyonu ile normalize edilmelidir. Logaritmik grafiklerin elde edilmesinde ise ``polar`` fonksiyon deyimi yerine ``plot`` iki boyutlu çizim fonksiyon deyimi kullanmak gerekir. Böyle bir değişimde aslında yapılan, polar koordinatlardan dik koordinatlara geçiştir ve şekil 3.12. de buna misal olarak beş elemanlı bir dizi antenin dik ve kutupsal koordinatlardaki genlik değişimleri verilmiştir.

Üç boyutlu grafiklerde kullanılacak ifade eğer bir integral ise bu ifadeyi MATLAB uygulaması için geliştirilen integral deyimleri ile hesaplatmak

mümkündür. Fakat bunun için bir M-file oluşturmak gerekir. Bunun yanında MATLAB de integral bir seri toplamı olarak da çözülebilmektedir.

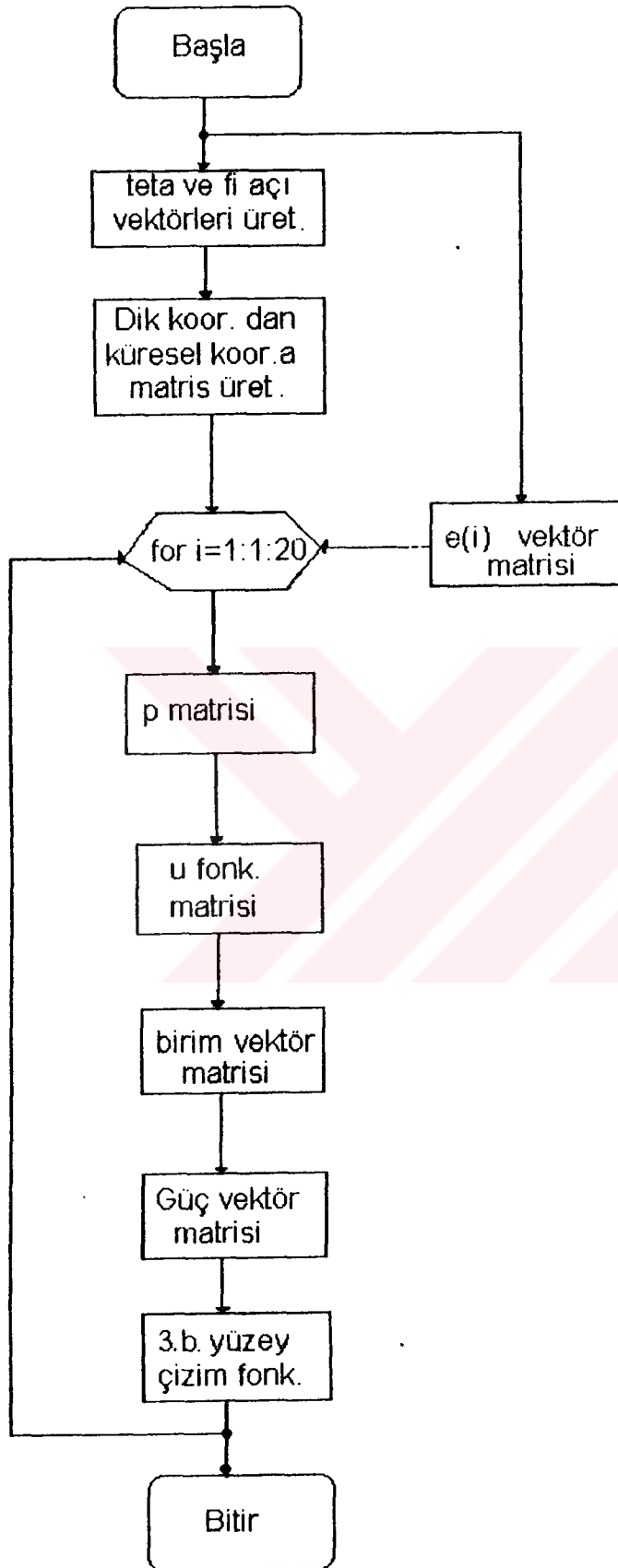


Şekil 3.12. İki boyutlu koordinatlar arasındaki ilişki.

Üç boyutlu grafiklerin elde edilmesi için ise akış diagramı şekil 3.13 de verilmektedir. Bu şemaya ait program satırları aşağıda verilmektedir.

1. Colormap (gray)
2. $k = 5;$
3. $n = 2^k + k - 1;$

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**



Şekil 3.13. Üç boyutlu çizim programı akış şeması.

```

4. t = pi * [ 0 : 4 : 2 * n ] / n;
5. f = pi * [ 0 : 4 : 2 * n]' / n;
6. e = [a1 a2 a3 ... an]';
7. d = length ( e );
8. x = sin ( t ) * cos ( f );
9. y = sin ( t ) * sin ( f );
10. z = cos ( t ) * ones ( size ( f ) );
11. for d = 1:1:r
12. ps = ( e ( d ) / max ( e ) );
13. [et,ef] = meshgrid(t,f);
14. uuu = ( x .* x + y .* y + z .* z );
15. uu = sqrt ( uuu );
16. u = real ( uu ) * uu;
17. teu = 2 * 90 * et / pi;
18. fiu = 2 * 90 * ef / pi;
19. end
20. meshz ( fiu, teu, u )
21. rotate3d
22. axis ( 'on' )

```

Matlab (editor/debugg.) altında yazılan üç boyutlu çizim programının işleyişi sırasında:

1. satır, grafiğin hangi renk ile renklendirildiğini tanımlamayı sağlamaktadır.
2. ve 3. satırlar, teta ve fi açılarının matris formunda üretilmesinde kullanılır.
4. satır, teta matrisini elde edilmesinde kullanılır.
5. satır, fi matrisinin elde edilmesinde kullanılır.

6. satır, ölçüm verilerinde oluşan vektör dizisidir.
7. satır, for döngüsü için vektör matrisinin sütun sayısını tanımlar.
8. 9. ve 10. satırlar, koordinat dönüşümü için gerekli fonksiyon parçalarıdır.
11. satır, for döngüsünün başlagıç satırıdır.
12. satır, gücün matematiksel olarak normalize değerinin bulunduğu işlem satırıdır.
13. satır, açı değerlerini fonksiyon olarak hazır hale getirir.
14. ve 15. satırlar, birim vektörün tanımını veren işlem satırlarıdır.
16. satır, normalize edilen gücün vektörel olarak ifadesini tanımlar.
17. ve 18. satırlar, teta ve fi açılarının x-y ekseninde ölçekli olarak tanımlarlar.
19. satır, döngü sonu satırı olup döngüyü işler hale getirir.
20. satır, gücün açı eksenine göre 3 boyutlu olarak gösterildiği fonksiyon satırıdır.
21. ve 22. satırlar ile eksenler döndürülebilir ve ayrıca kontrol edilir.

Teorik olarak, antenin besleme sisteminde kullanılan dipolden yayılan alanın gücü, antenin arka tarafından bu alanın yansıması durumunda oluşan gücün ve antenden yayılan alanın gücünün üç boyutlu olarak ifadesini gösteren programlar aşağıda verilmiştir.

HORIZONTAL DIPOL anten için yayılan alan gücünün 3 boyutlu ifadesi:

```
colormap(cool)
tx=-7.5:0.2:7.5;
fy=(tx)';
[txp,fyp]=meshgrid(tx,fy);
r=sqrt(txp.^2+fyp.^2)+eps;
px=2/3;
pa=sin(r)./r;
pb=cos(r)./r.^2;
pc=sin(r)./r.^3;
p=(px-pa-pb+pc)*10/9;
meshc(txp,fyp,p)
grid
xlabel('X (mm)')
```

```
ylabel('Y (mm)')
xlabel('Genlik (Birim)')
rotate3d
```

VERTICAL DIPOLE anten için yayılan alan gücünün 3 boyutlu ifadesi:

```
colormap(hot)
tx=-7.5:0.2:7.5;
fy=(tx)';
[txp,fyp]=meshgrid(tx,fy);
r=sqrt(txp.^2+fyp.^2)+eps;
px=1/3;
pb=cos(r)./(r.^2);
pc=sin(r)./(r.^3);
p=(px-pb+pc)*10/8;
meshc(txp,fyp,p)
grid
xlabel('X (mm)')
ylabel('Y (mm)')
xlabel('Genlik (Birim)')
rotate3d
```

HORN- piramiti başlangıç noktasına kadar alan gücünün seyri:

```
colormap(cool)
tx=0:pi/18:2*pi;
fy=(tx/2)';
x=sin(tx/2)*cos(fy);
y=sin(fy)*sin(tx);
z=cos(tx/2)*ones(size(fy));
[txp,fyp]=meshgrid(tx,fy);
r=sqrt(x.^2+y.^2+z.^2);
t=cos(2.*pi.*(real(r)).*0.0075./0.3);
ko=2.*pi.*0.03./0.3;
```

```

zw=ko/(real(sqrt(ko.^2-(pi/0.08)^2)+eps));
ii=sqrt(-1);
m=(sin(-2.*real(((sqrt(ko.^2-(pi/0.08)^2)))+eps).*0.06)-1).^2;
p=(zw./(4.*0.04.*0.02.*ko).*m.*((1-t).^2)/1.49)*(1/1.5)*10.^-14;
txp=2*90*tx/pi;
fyp=90*fy/pi;
surfc(txp,fyp,p)
grid
xlabel('Ele Açı (Derece)')
ylabel('Axi Açı (Derece)')
zlabel('Genlik (Birim)')
rotate3d

```

HORN çıkışında alan gücünün üç boyutlu gösterimi:

```

colormap(cool)
tx=0:pi/9:2*pi;
fy=(tx/2)';
x=sin(tx/2)*cos(fy);
y=sin(fy)*sin(tx/2);
z=cos(tx/2)*ones(size(fy));
[txp,fyp]=meshgrid(tx,fy);
r=sqrt(x.^2+y.^2+z.^2);
ur=(5.5/61*1/sqrt(0.3));
u=(1/sqrt(2))*((sqrt(0.3)*(6/5.5))+ur);
v=u-2*ur;
t10=linspace(0,u,10);
cu10=cos((pi/2)*(t10.^2));
ttv10=linspace(0,v,10);
cv10=cos((pi/2)*(ttv10.^2));
su10=sin((pi/2)*(t10.^2));
sv10=sin((pi/2)*(ttv10.^2));
b=(2.75)/(sqrt(12));

```

```

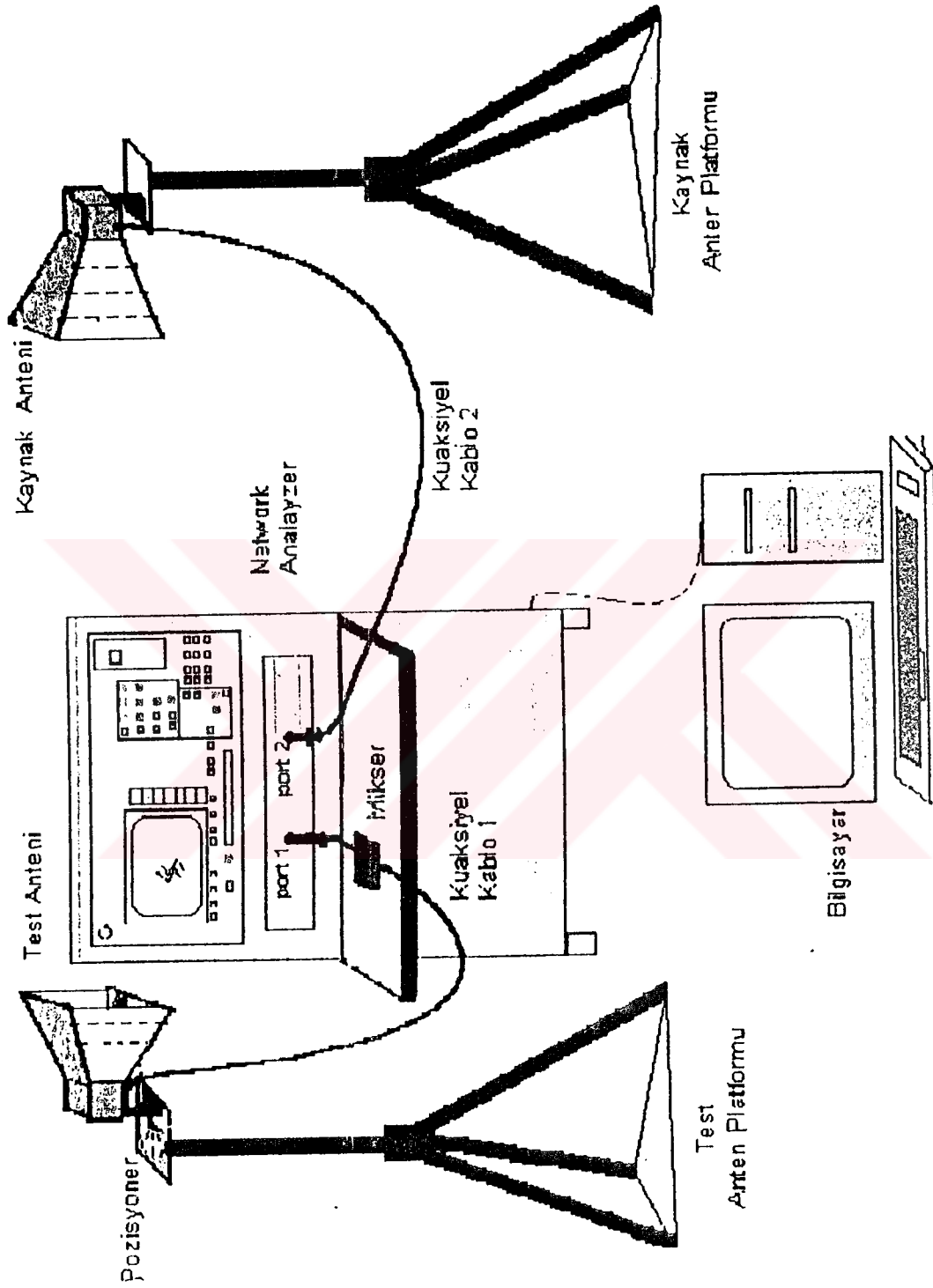
b10=linspace(0,b,10);
cb10=cos(b10);
sb10=sin(b10);
incu=trapz(t10,cu10);
incv=trapz(ttv10,cv10);
insu=trapz(t10,su10);
insv=trapz(ttv10,sv10);
incb=trapz(b10,cb10);
insb=trapz(b10,sb10);
uo=4.05*((incu-incv)^2+(insu-insv)^2)*((incb^2)+(insb^2))*(1+z)^2;
p=r.*uo.*(0.3.*6).^2+0.05;
txp=2*90*tx/pi;
fyp=2*90*fy/pi;
surfc(txp,fyp,p)
grid
xlabel('Ele Açısı (Derece)')
ylabel('Azi Açısı (Derece)')
zlabel('Genlik (Birim)')
rotate3d

```

3.7. Deney Çalışmaları

Bir antenin ölçümü için gerekli ön çalışmalar için bilinmesi gerekenler daha önceki bölümlerde anlatıldığı gibi tamamlandıktan sonra şekil 3.14. de verilen test düzeneğinin hazırlanmasından önce NA S_{11} kademesinde kalibre edilir [35]. Ölçme yapılacak antenler test yerindeki platformlar üzerine yerleştirilir. Uzak alan ölçmeleri tatbik edileceği için bu platformları yerden yüksekliği 1.5 metre civarında olacak şekilde imal edilmiştir. Platformların yerden yüksekliği yanında uzak alan ölçümlerinde antenlerin birbirlerinden uzaklıkları 2.5 metreden az olmayan mesafe aralığında seçilmiştir.

Kaynak anteninin girişine işaret tatbiki, RG214 kuaksiyel kablosu vasıtasıyla



Şekil 3.14. Deney düzeneği.

olmaktadır. Test antenine aynı tipteki kabloyla giriş yapılmadan önce bir mikser devresi test antenine bağlanmıştır. Test anteni pozisyonerin bulunduğu platform üzerine bağlandığından dönebilme imkanına sahiptir. NA'nın portlarına bağlanan kablolardan işaretlerin düzgün olarak gönderilip alınabilmesi için bağlantılar yapılırken dikkatli olunmalıdır. Sistemde ayrıca kabloların iki anten arasından geçmemesine de dikkat edilmiştir.

NA'nın ölçme kademesi test düzeneği son olarak gözden geçirildikten sonra S_{12} kademesine getirilip 1 GHz, 2 GHz ve 8 GHz frekans sahalalarında test anteninin E ve H düzlemleri için 10 derecelik açı aralıklarında genlik değerleri almak üzere pozisyoner üzerindeki test antenini 360 derece döndürerek 6 değişik veri kümesi bulundu.

Elde edilen veriler işlenmek üzere bilgisayar ortamına kaydedilerek bir üst bölümde bahsedilen programların uygulanması ile önce kutupsal daha sonra dik koordinat ekseninde güç verilerinin iki boyutlu olarak elde edilmesi sağlandı. Son aşamada ise sistemden alınan verilerden hareketle elde edilen üç boyutlu eğrilerin (daha önce teorik olarak hesaplanarak) programı bir önceki bölümde yapılmış bulunan üç boyutlu teorik güç eğrilerine benzerlikleri araştırıldı. Bu sayede teorik ve pratik anten uygulamalarında, yapılan programın doğruluğu ve antenin analizinin programlarla ne şekilde başarılacağı hakkındaki sorulara açıklık kazandırılmış oldu.

4. BULGULAR

DRH anteni için yapılan ölçme sırasında elde edilen veriler çizelge 4.1. de verilmiştir. Yapılan programlarla teorik bulgular ve pratik test bulguları şekil 4.1. den şekil 4.26. ya kadar sıralı olarak gösterilmiştir.

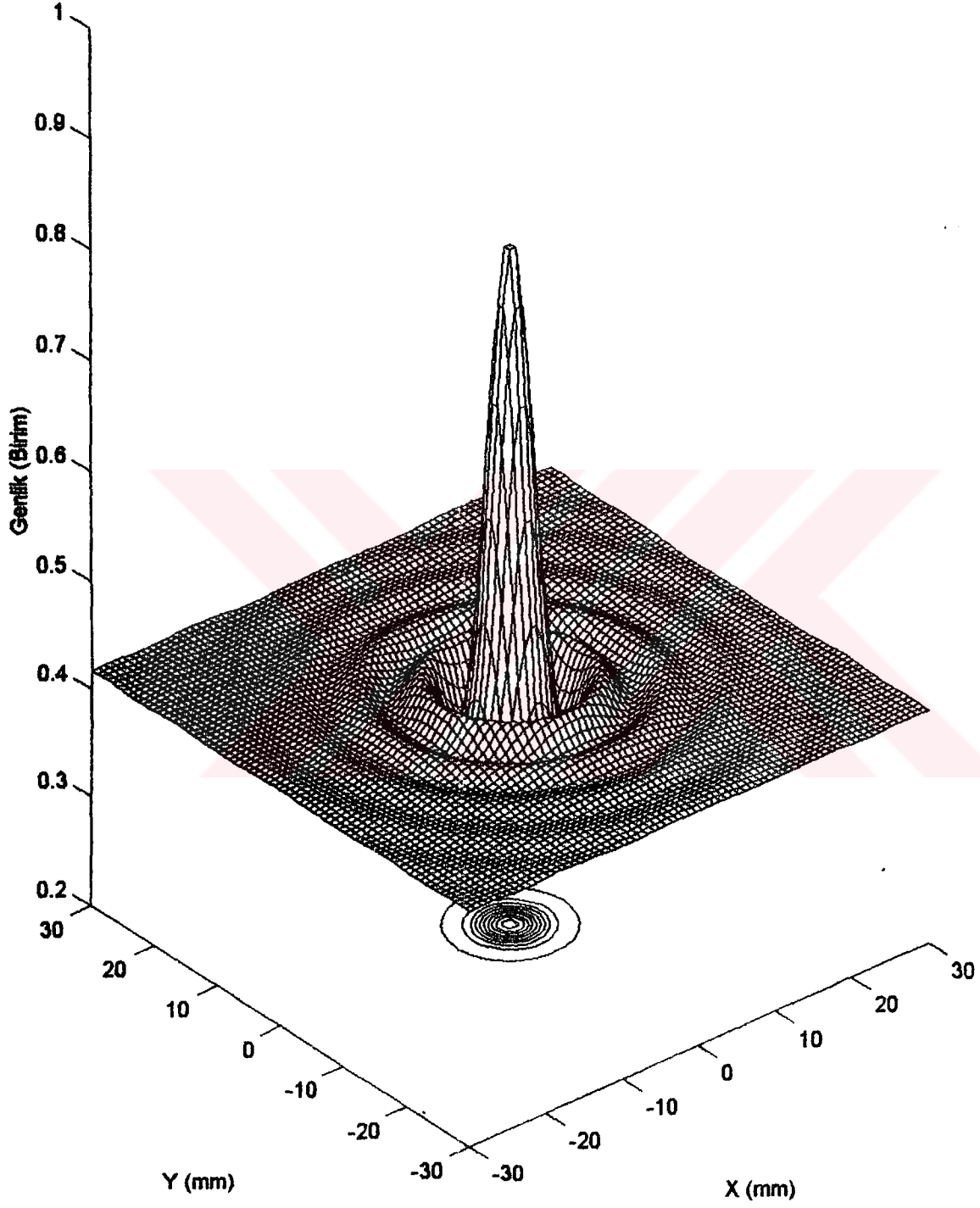
Bulguların değerlendirilmesi sonucu, yapılan programlamanın başarısı sonuçlar bölümünde tartışılacaktır. Fakat programlama sonuçlarının da literatürle aynılığı bulguların doğruluğu bakımından önemlidir (bkz. DRH antenler için [36] ve [37]).Işıma diagramları, polar koordinatlarda 90 derece doğrultusunda pramit horn desenine benzer yapıda çıktığı görülmektedir. H düzlemin de yapılan ölçmelerde 1 – 8 GHz arasında yarı güç demet genişliğinin düştüğü gözlenmiş ve bu düşüş 10 derecelik düşüşler olarak gözlenmektedir. 1 GHz de 3 dB olan düşüş, 8 GHz de yaklaşık 60 derece sınırına dayanmaktadır. E düzleminde yapılan ölçümlerde ise yarı güç demet genişliğinin değişimi yaklaşık olarak sabit olduğu gözlene bilmektedir.

Sistemden elde edilen veriler öncelikle polar koordinatlarda tanınmaya çalışılmıştır. Fakat, yarı güç demet genişliğinin tanımı gereği rölatif güçler olarak bu büyüklüğün ifade edilmesi amacıyla dik koordinat eksenlerinde dB olarak çizdirilmişlerdir. Bu tip antenler için maksimum genlik 14 dB olarak hesaplandığından E ve H düzlemlerinde yapılan ölçümler esnasında bu sınırın aşılmadığı gözlenmektedir.

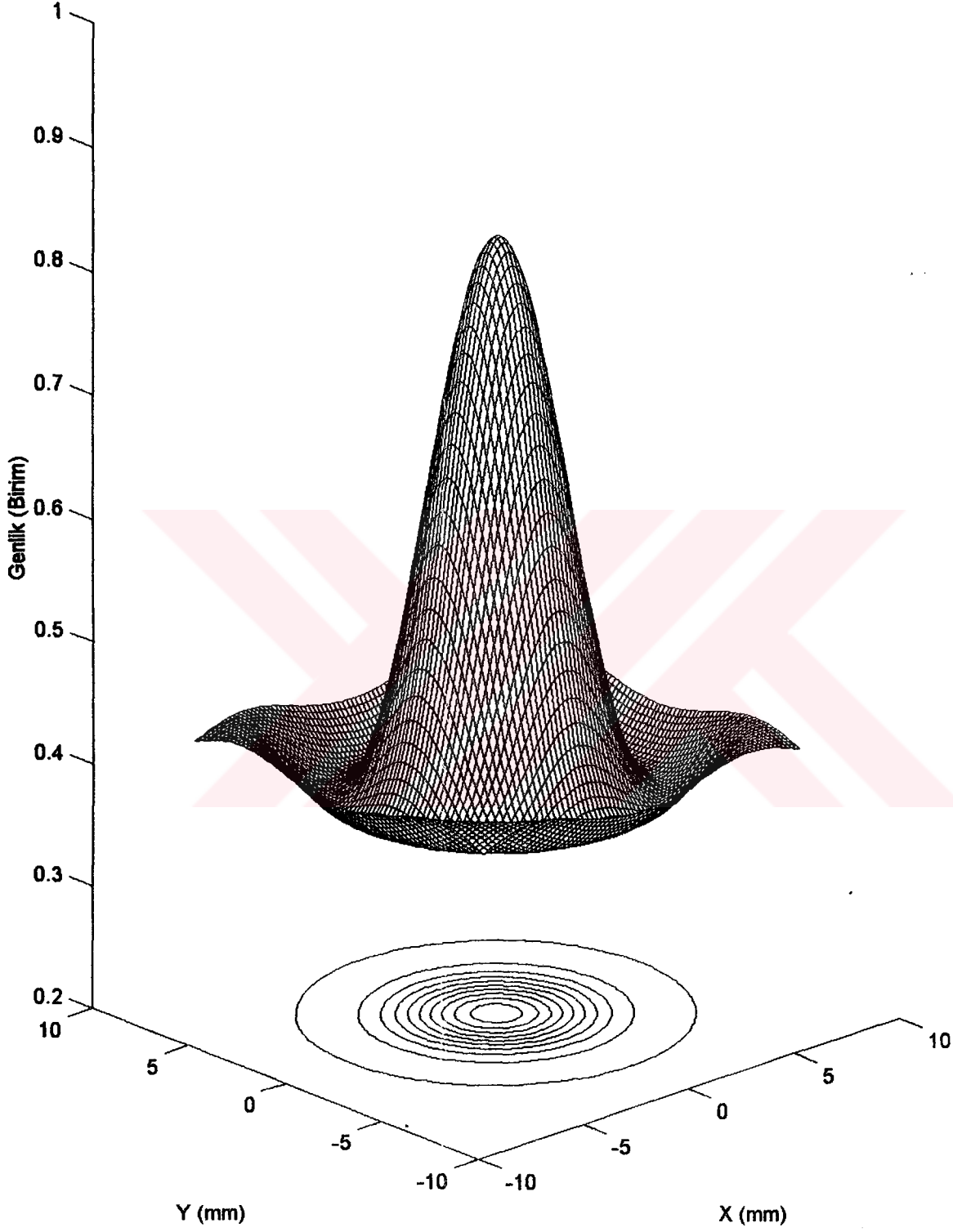
Hornların (klasik modelleri için düşünüldüğünde) aynı band genişliğinde ki anten boyutları çok büyük olacağından böyle bir sistem tasarısına gidilmiş ve gerek H ve gerekse E düzleminde yan band gözlenme durumu minimize edilmiştir. Ölçüm sonucu da gözlenen bu durum çevre şartlarının ölçümü çok az da olsa etkilese bile yinede umut verici olarak anten performansının iyi olduğu yolunda bulgular elde etmemize neden olmuştur. Antende ki yapım hataları olmaması gereken değerlerin okunmasına sebep olur. Zaten yapılan programlama ile bu etkilerin derhal gözükeceği de yapılan çalışma sonucu anlaşılmıştır.

Çizelge 4.1. Ölçme verileri tablosu.

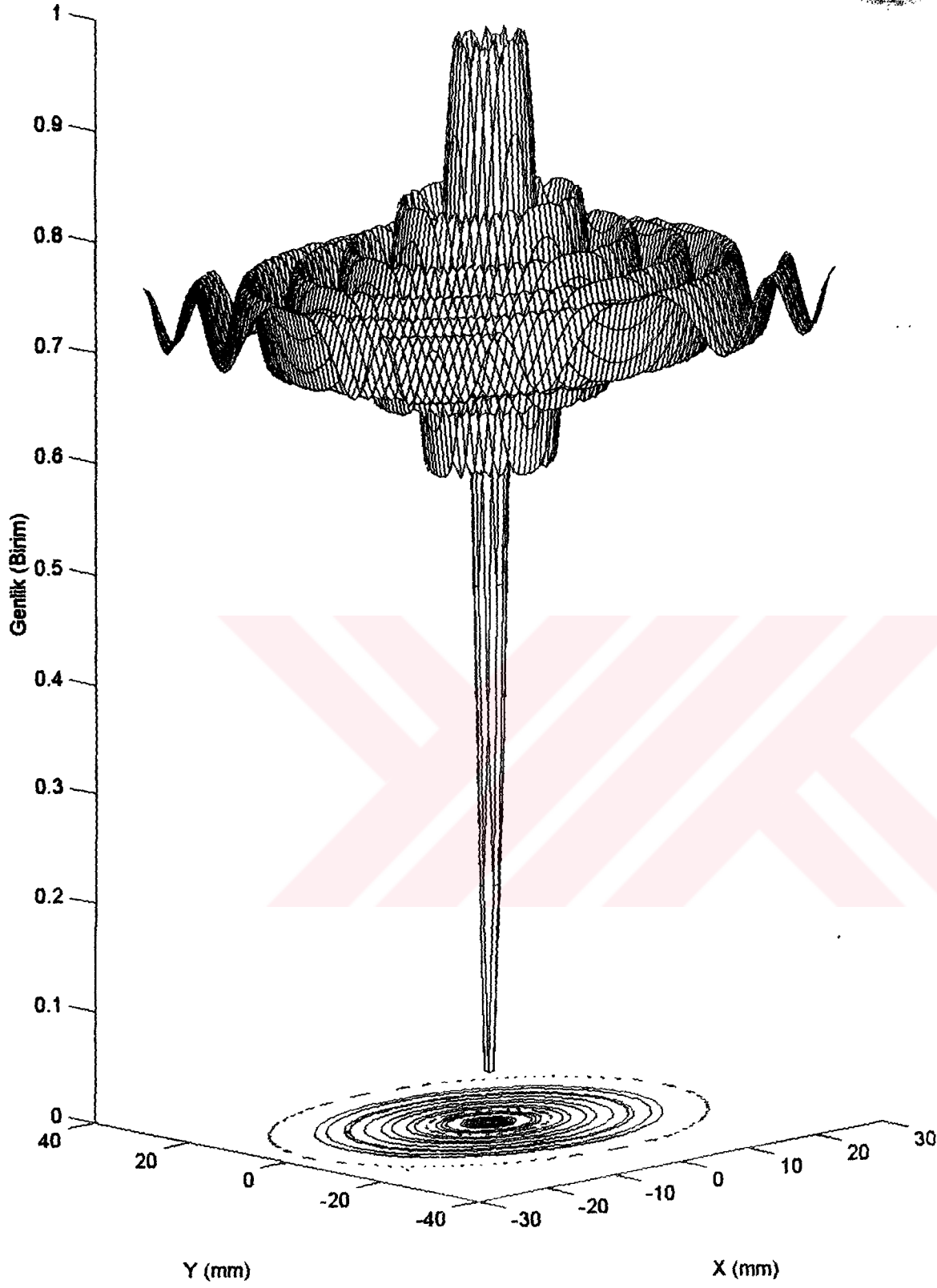
Der.	H – DÜZLEMİ			E – DÜZLEMİ		
	1 GHz	5 GHz	8 GHz	1 GHz	5 GHz	8 GHz
0	6	6	3	8	4	3
10	10	13	4	13	9	8
20	12	16	9	17	15	12
30	21	20	10	22	18	16
40	29	25	11	34	28	23
50	43	36	12	44	41	36
60	54	50	20	55	54	41
70	63	66	26	66	67	48
80	67	69	33	69	70	53
90	69	75	33	70	75	52
100	67	69	26	68	69	46
110	63	66	20	66	65	40
120	54	50	15	50	55	35
130	43	36	12	42	44	23
140	29	25	10	32	26	20
150	21	20	15	22	23	14
160	13	16	9	16	16	10
170	11	13	4	13	10	7
180	6	6	3	8	4	3



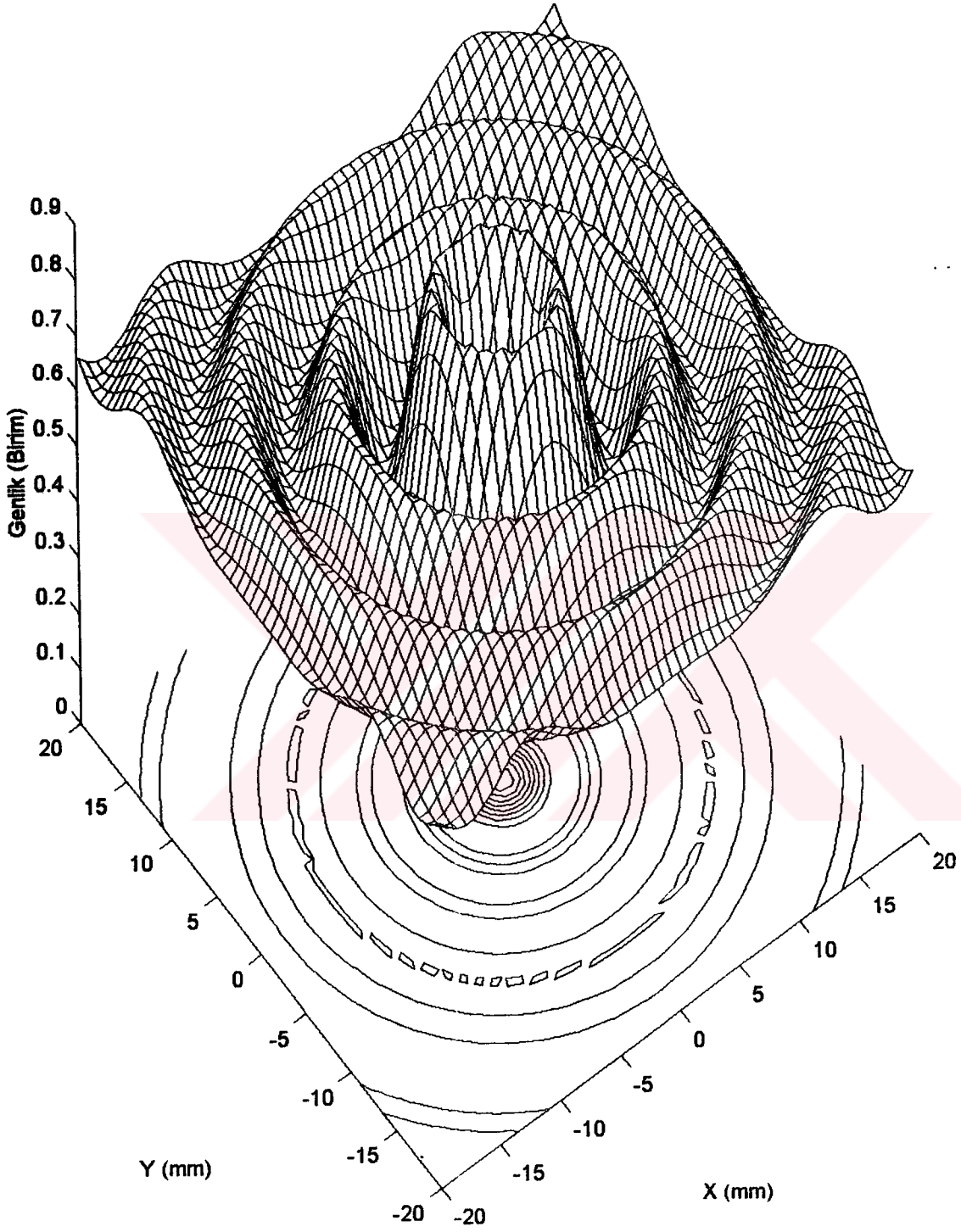
Şekil 4.1. Vertikal dipol gücünün λ uzaklığında üç boyutlu gösterimi.



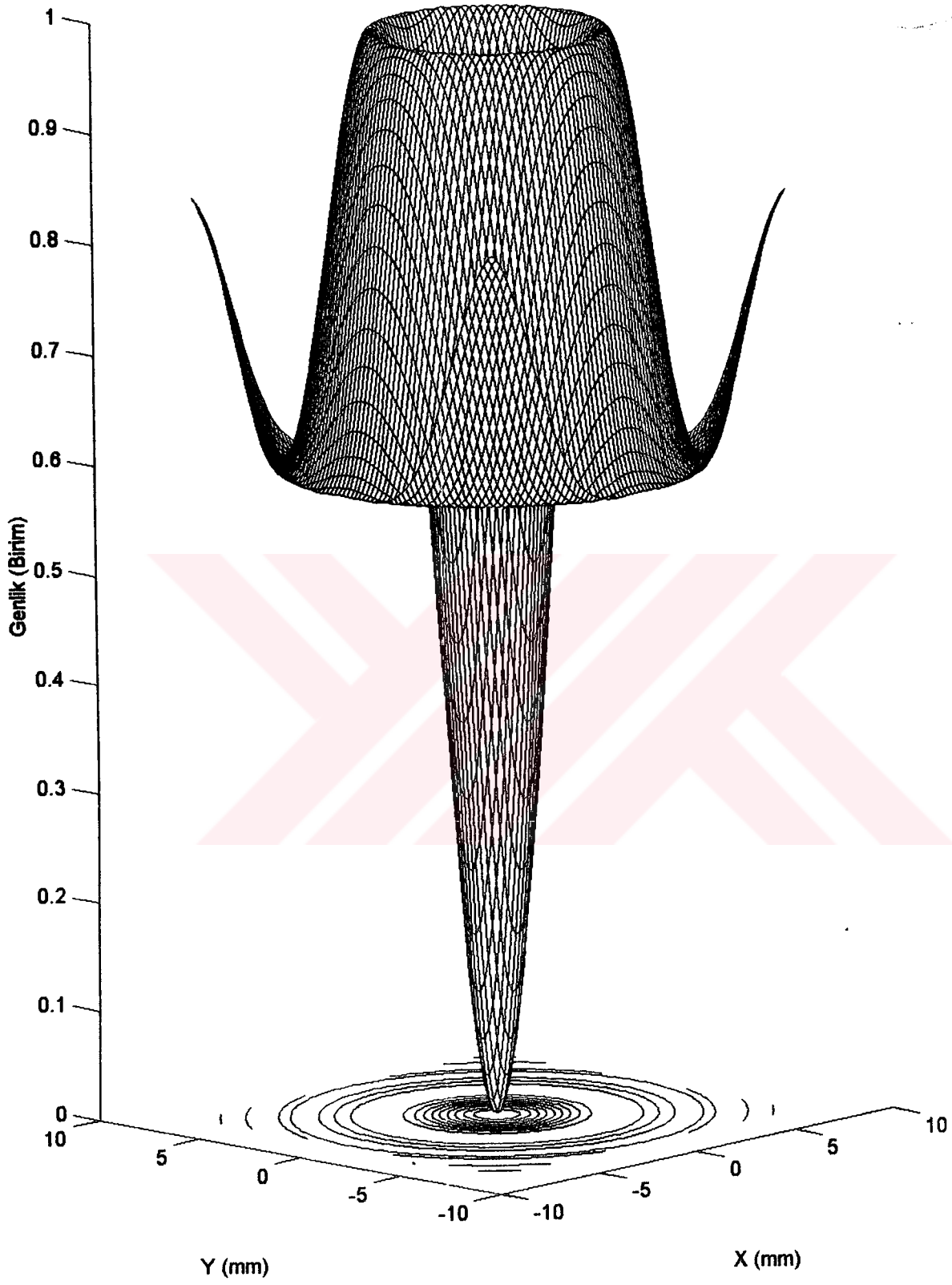
Şekil 4.2. Vertical dipol gücünün $\lambda / 4$ uzaklığından 3-boyutlu görünümü.



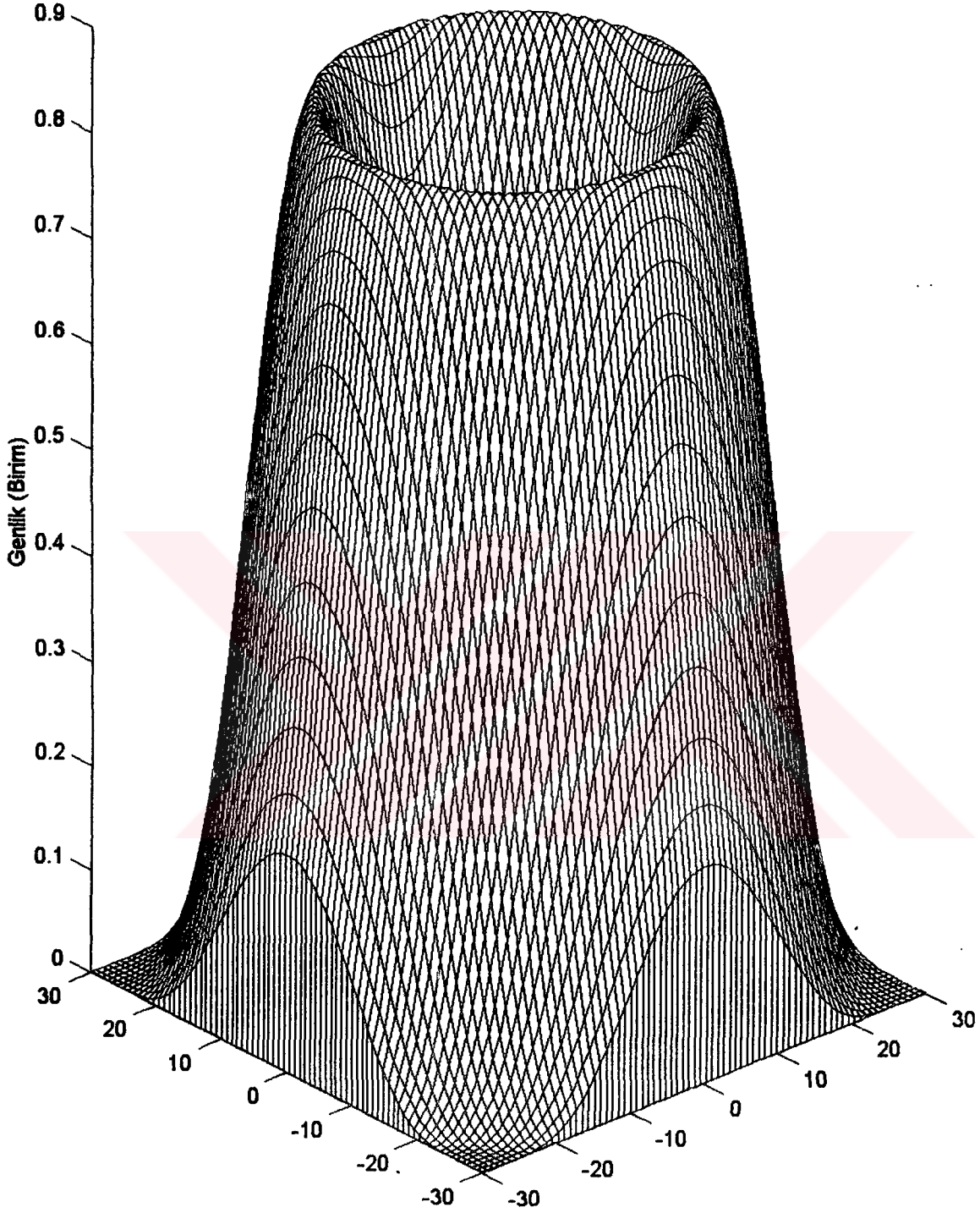
Şekil 4.3. Horizontal Dipol gücünün λ uzaklığında 3 – boyutlu eldesi.



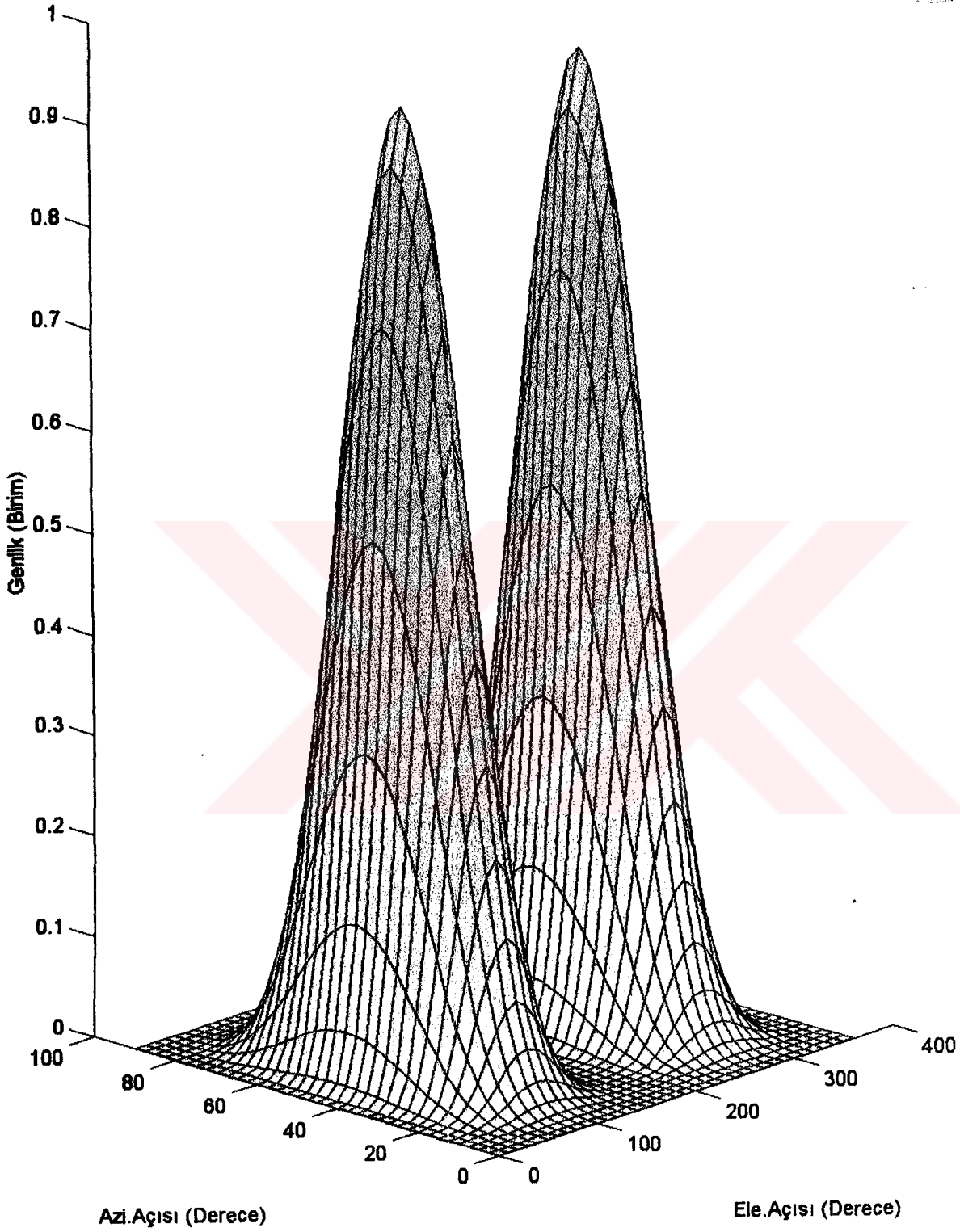
Şekil 4.4. Horizontal dipol gücünün $3\lambda/4$ uzaklığında 3- boyutlu görünümü.



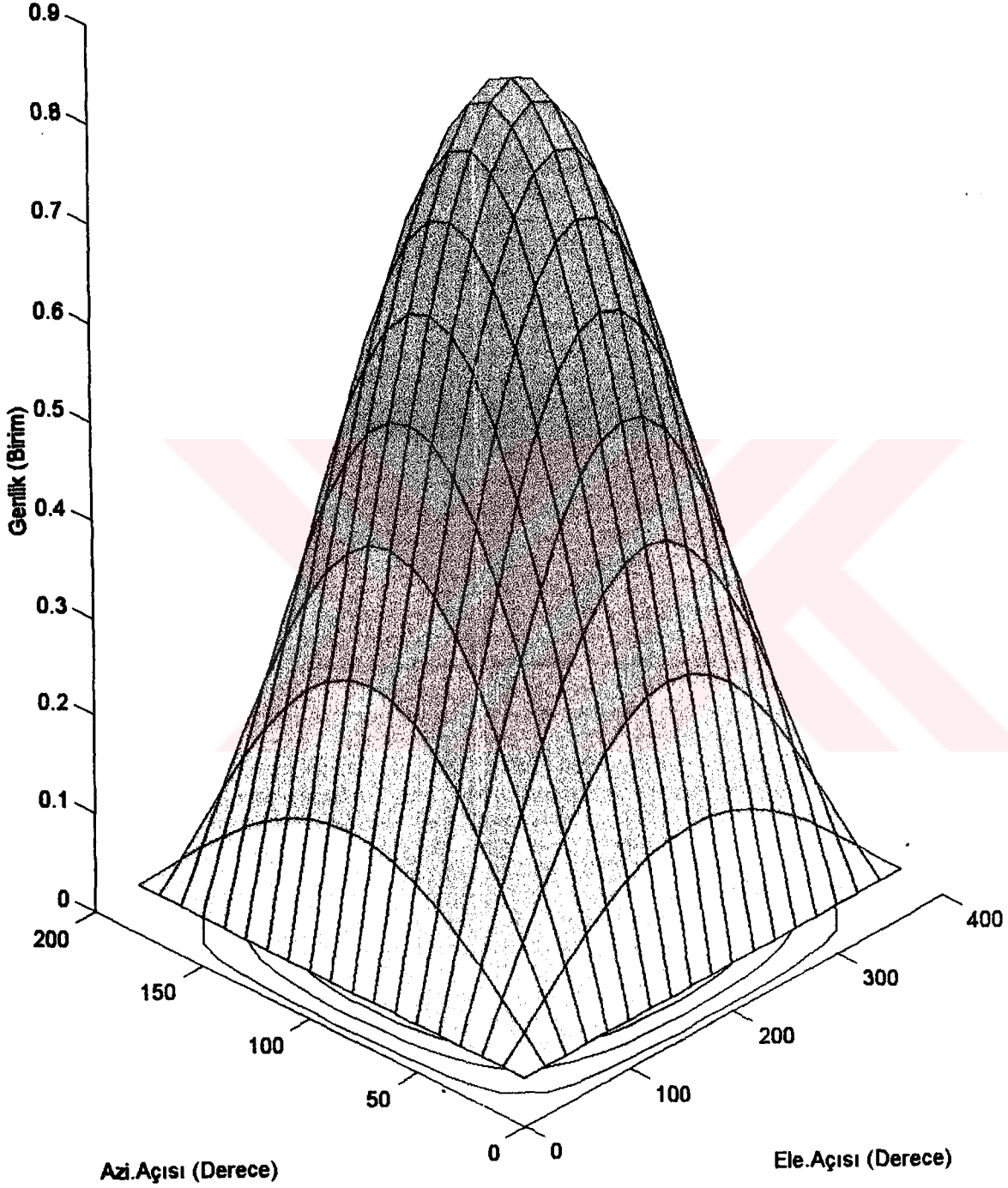
Şekil 4.5. Horizontal dipol gücünün $\lambda / 4$ uzaklığında 3-boyutlu ifadesi.



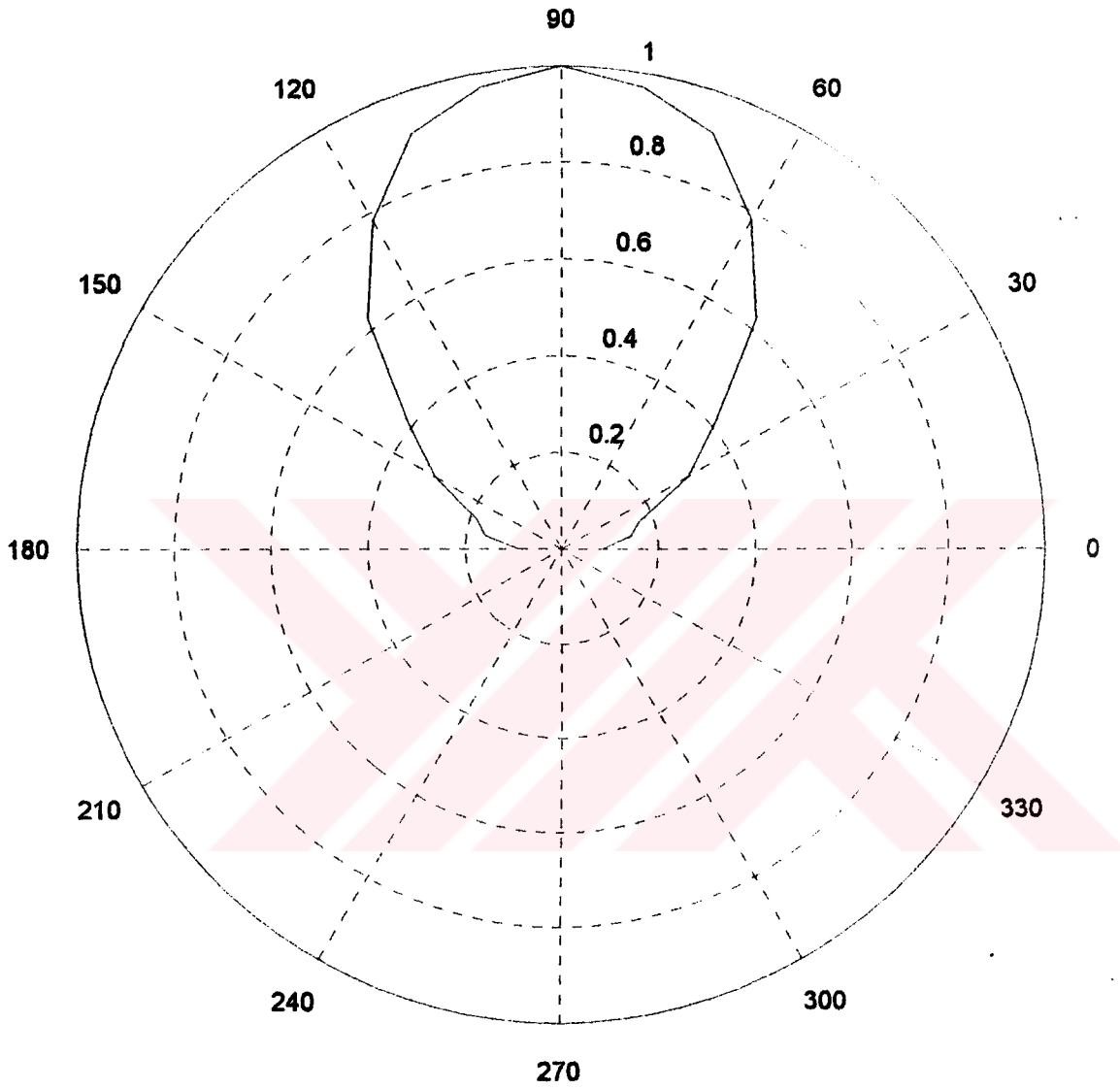
Şekil 4.6. Bir ucu kapalı ve $\lambda / 4$ uzağında prob beslemeli borudan yansıyan gücün gösterimi.



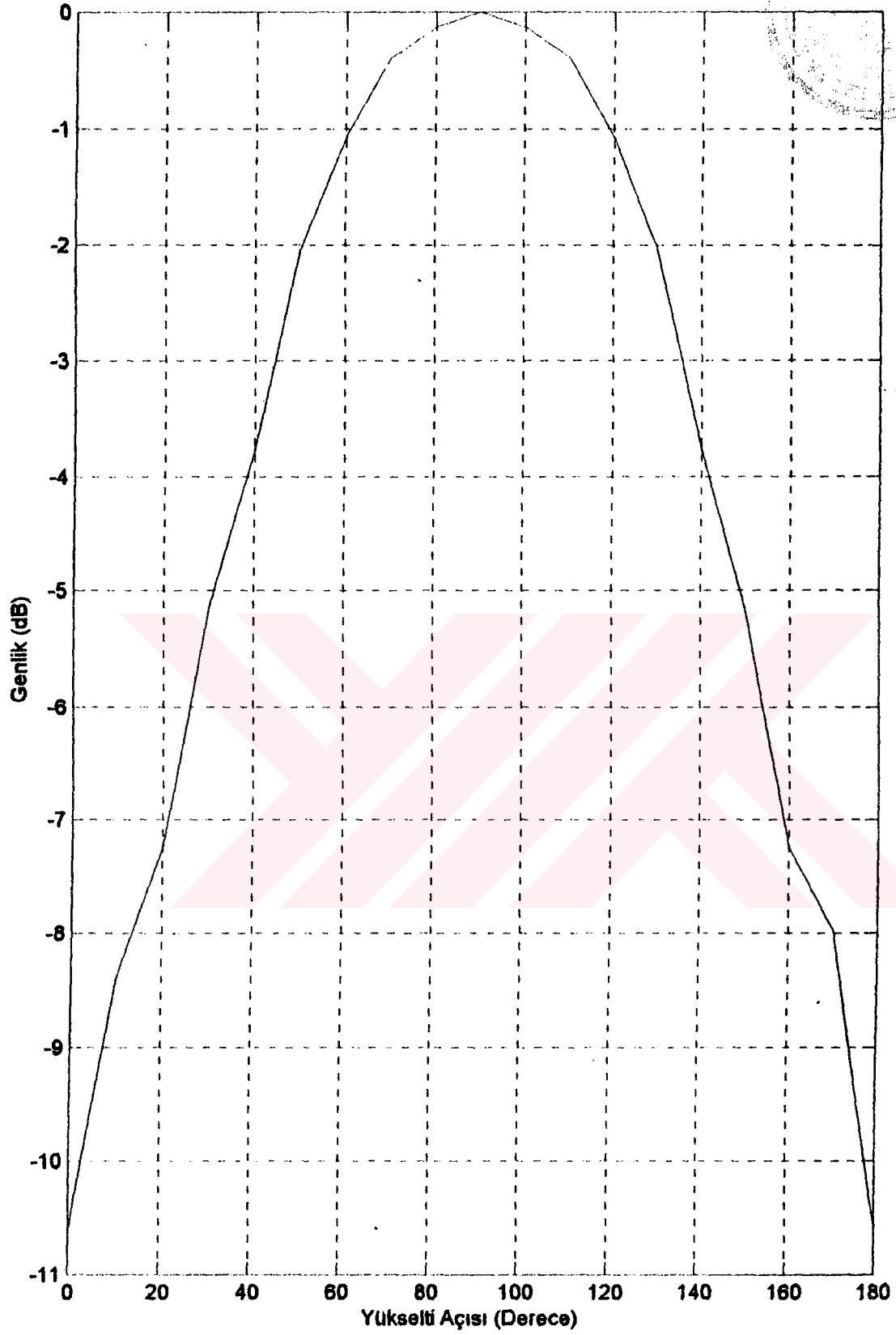
Şekil 4.7. Prob dan daha geriden başlayan anten eğiminin güçte neden olduğu faz farklı yapının 3 boyutlu gösterimi.



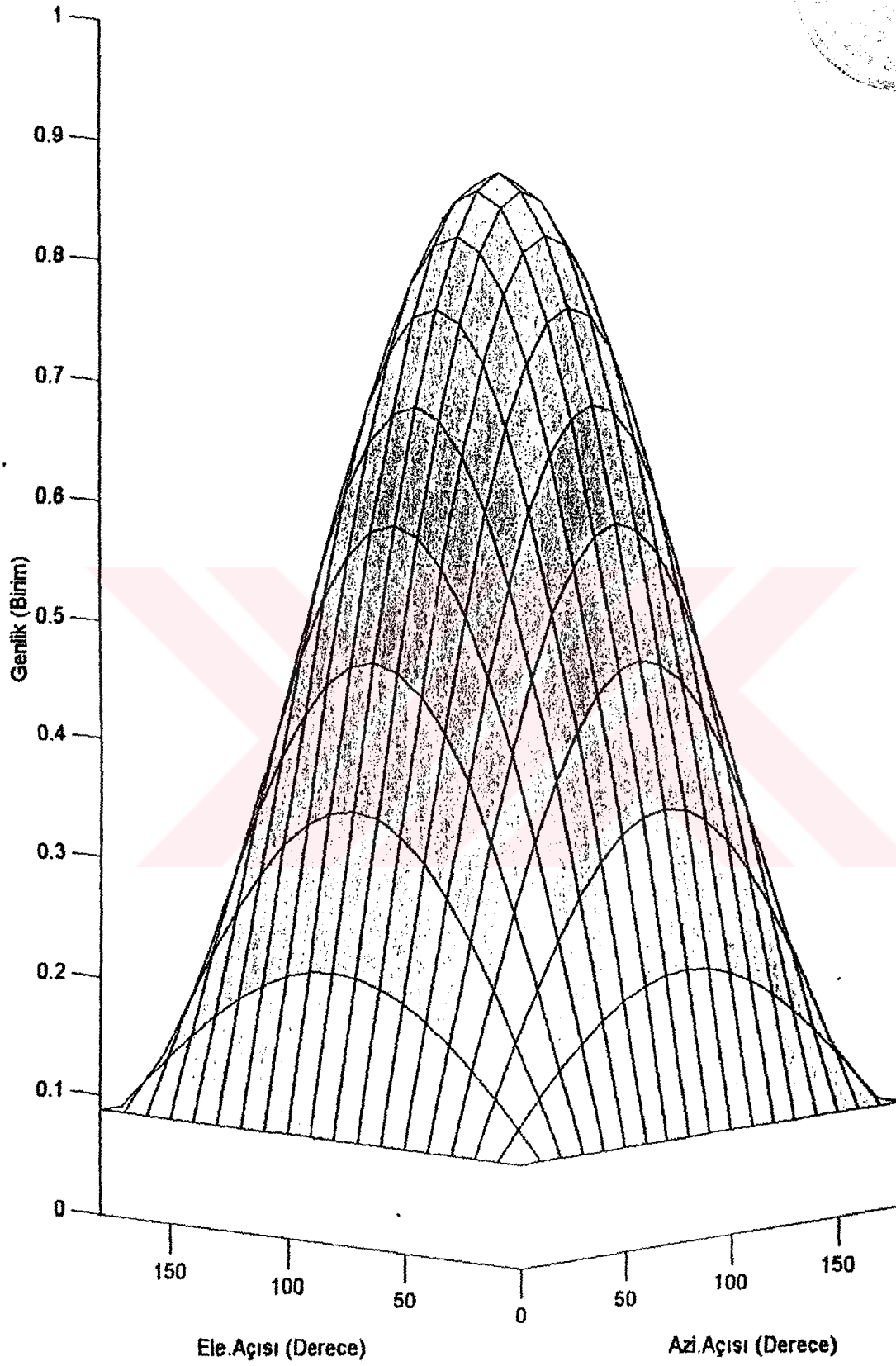
Şekil 4.8. Antenin eğimli yapısından çıkan alan gücünün 3 boyutlu gösterimi.



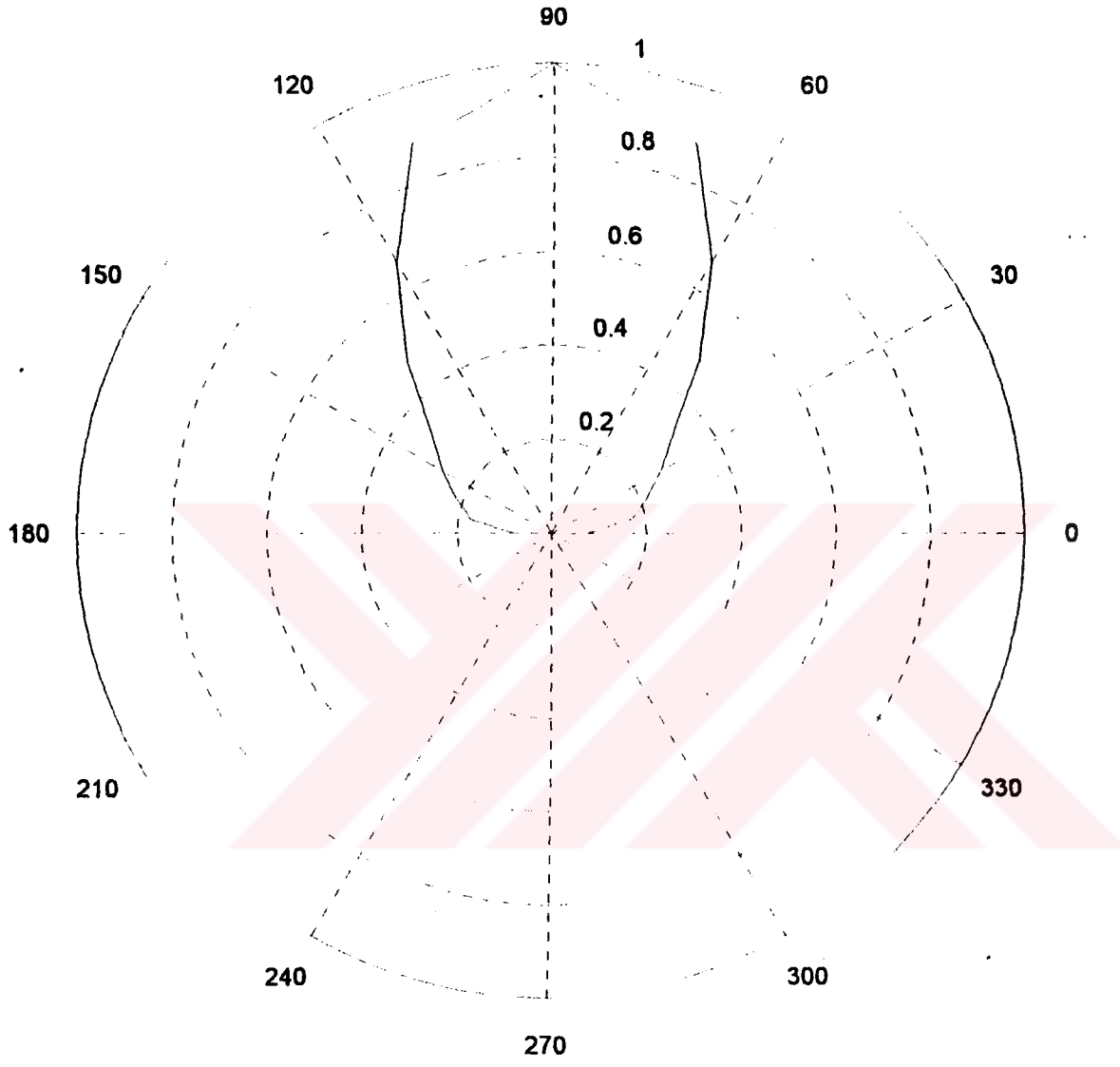
Şekil 4.9. H - düzleminden 1 GHz için alınan gücün kutupsal koordinatlarda gösterimi



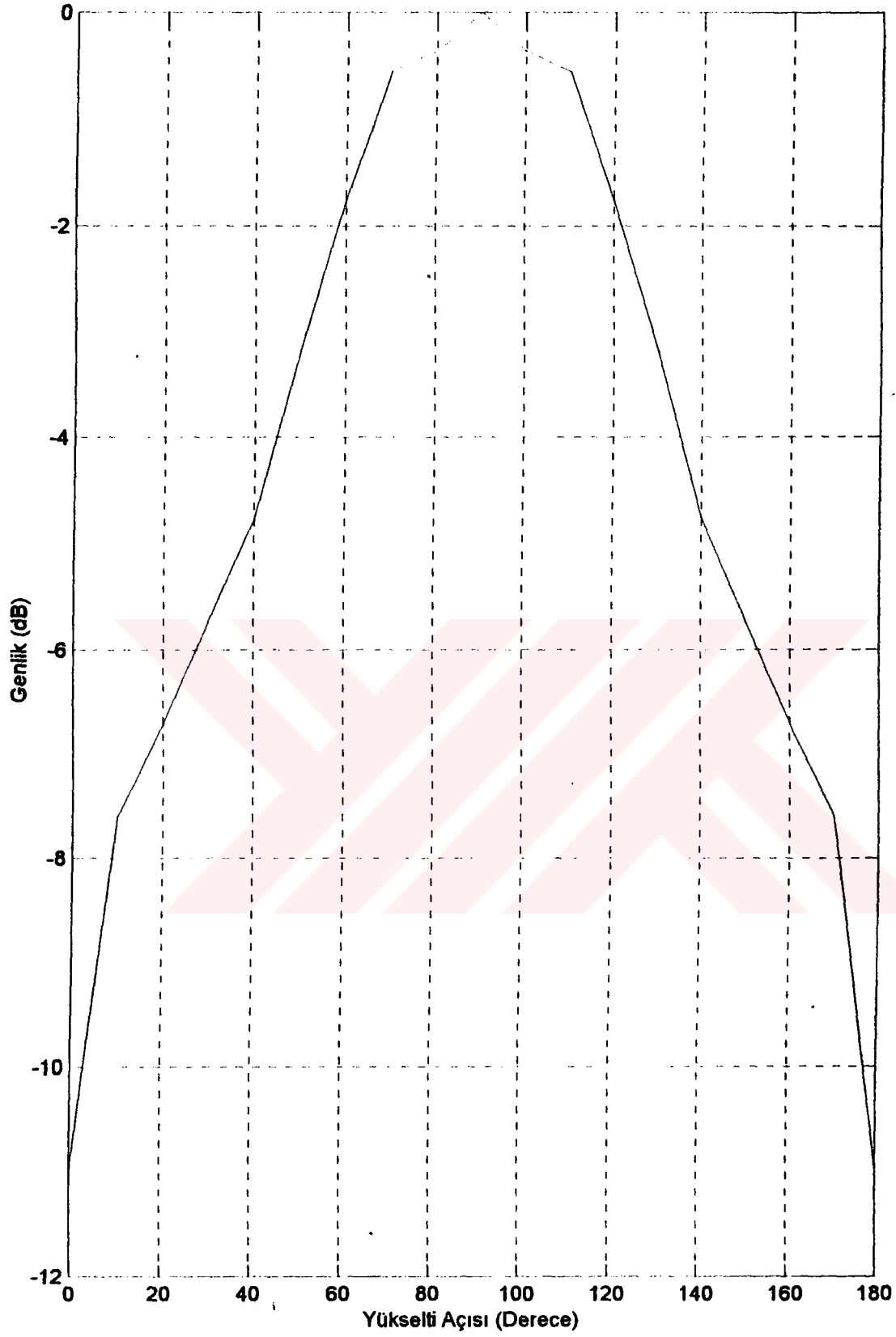
Şekil 4.9. H - düzleminden 1 GHz için alınan gücün dik koordinatlarda gösterimi.



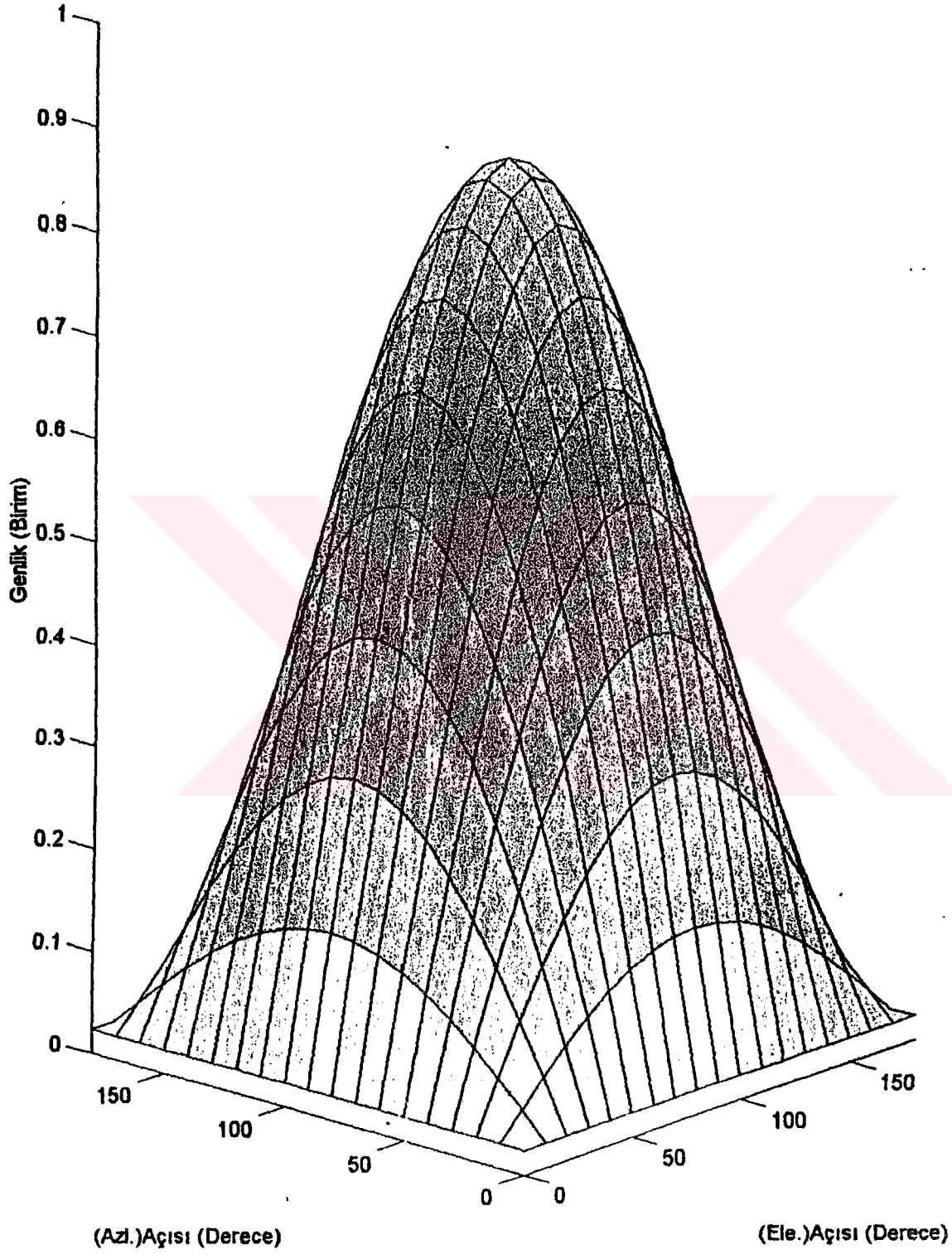
Şekil 4.10. H - düzleminde 1 GHz için alınan gücün 3 boyutlu olarak gösterimi.



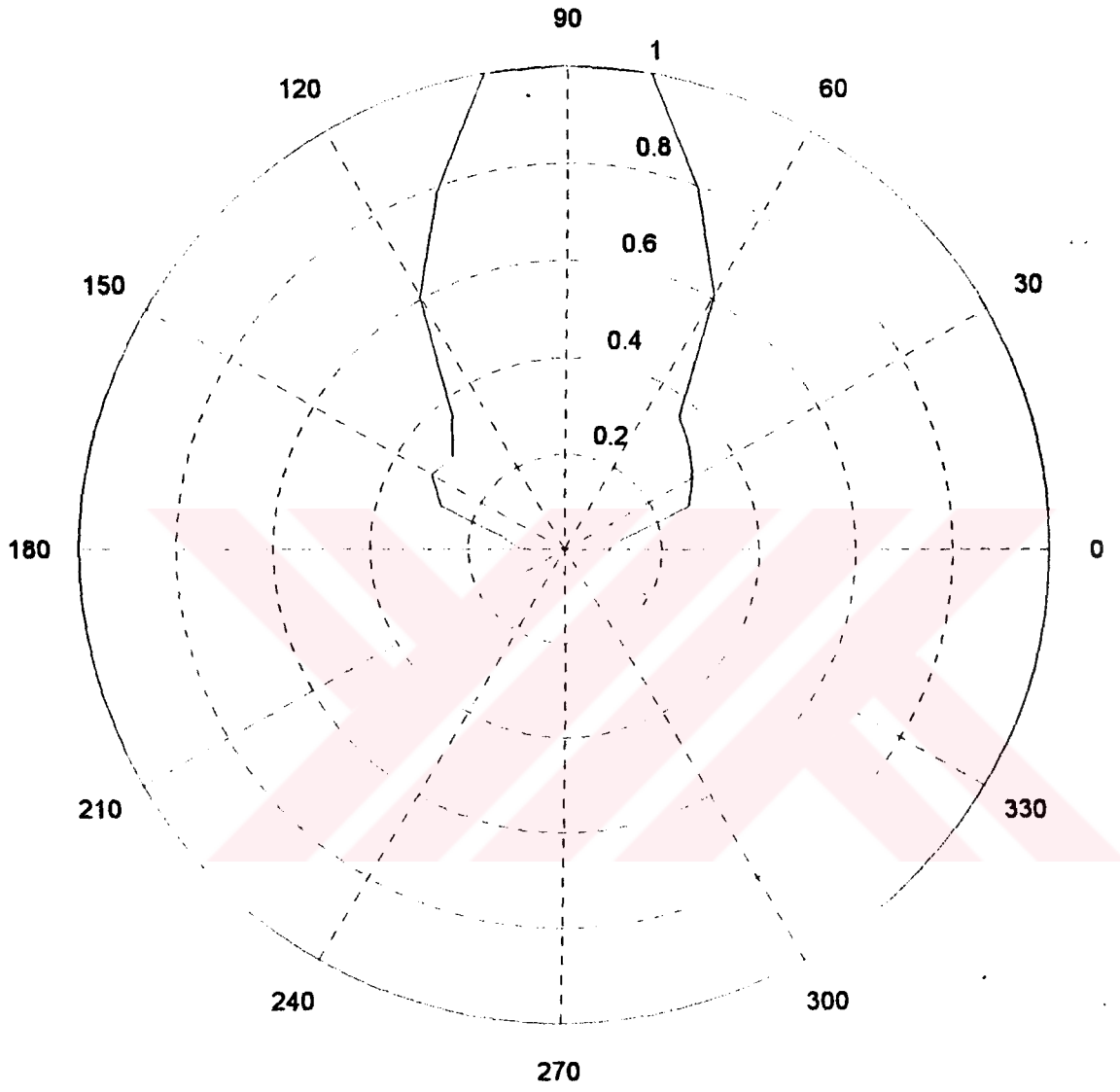
Şekil 4.11. H - düzleminden 3 GHz için alınan gücün kutupsal koordinatlarda gösterimi.



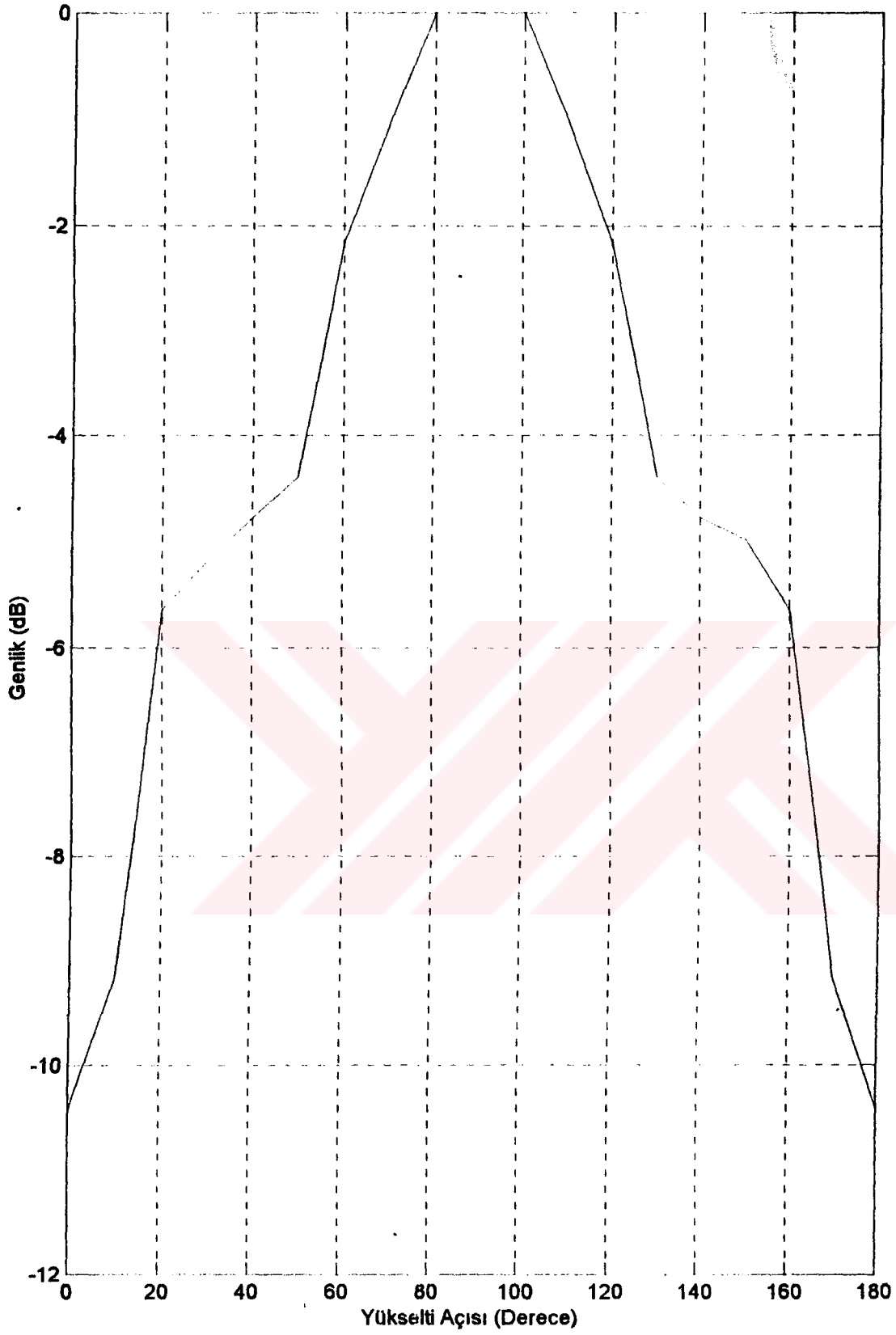
Şekil 4.12. H- düzleminde 3 GHz için alınan gücün dik koordinatlarda gösterimi.



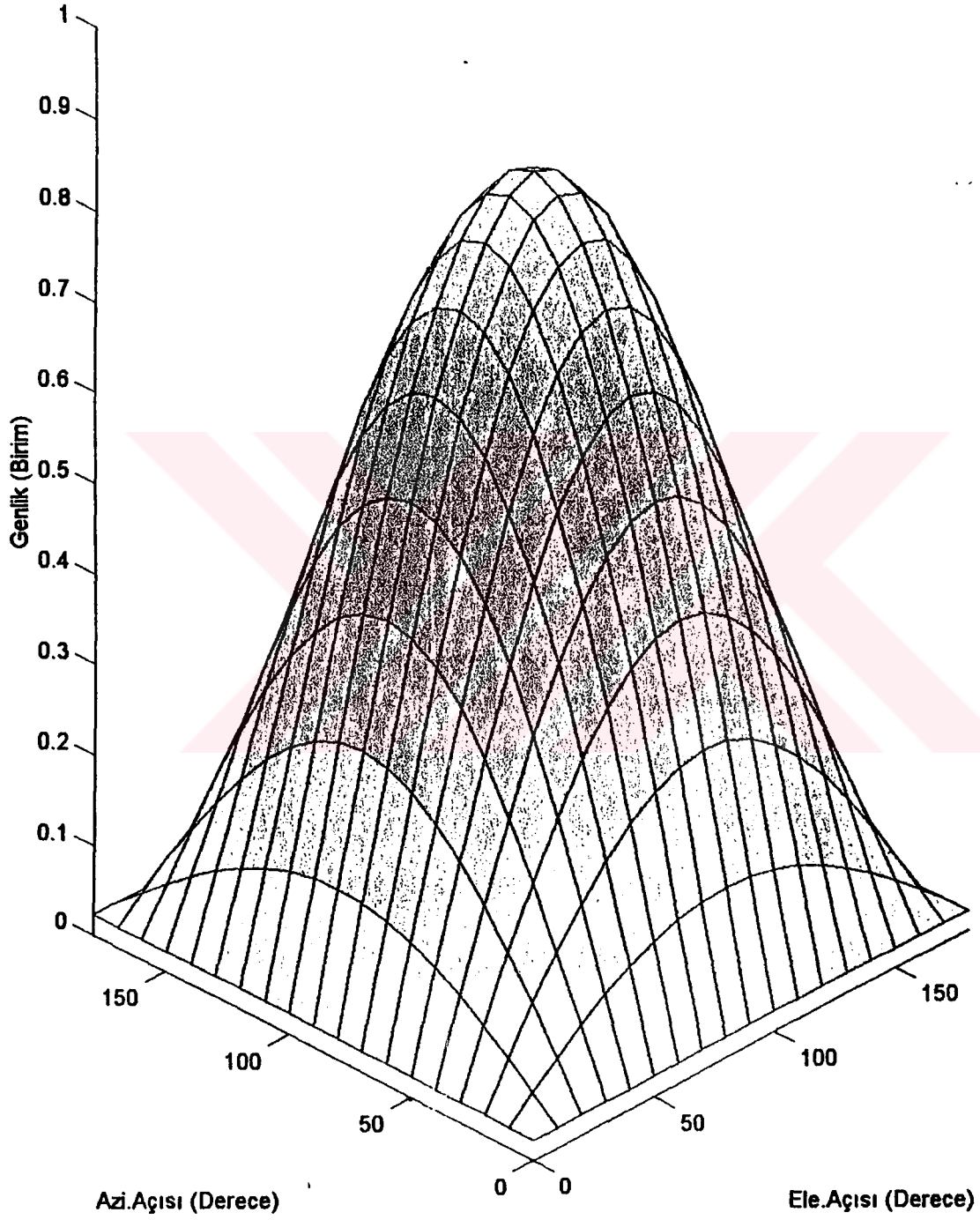
Şekil 4.13. H - düzleminden 3 GHz için alınan gücün 3 boyutlu olarak gösterimi.



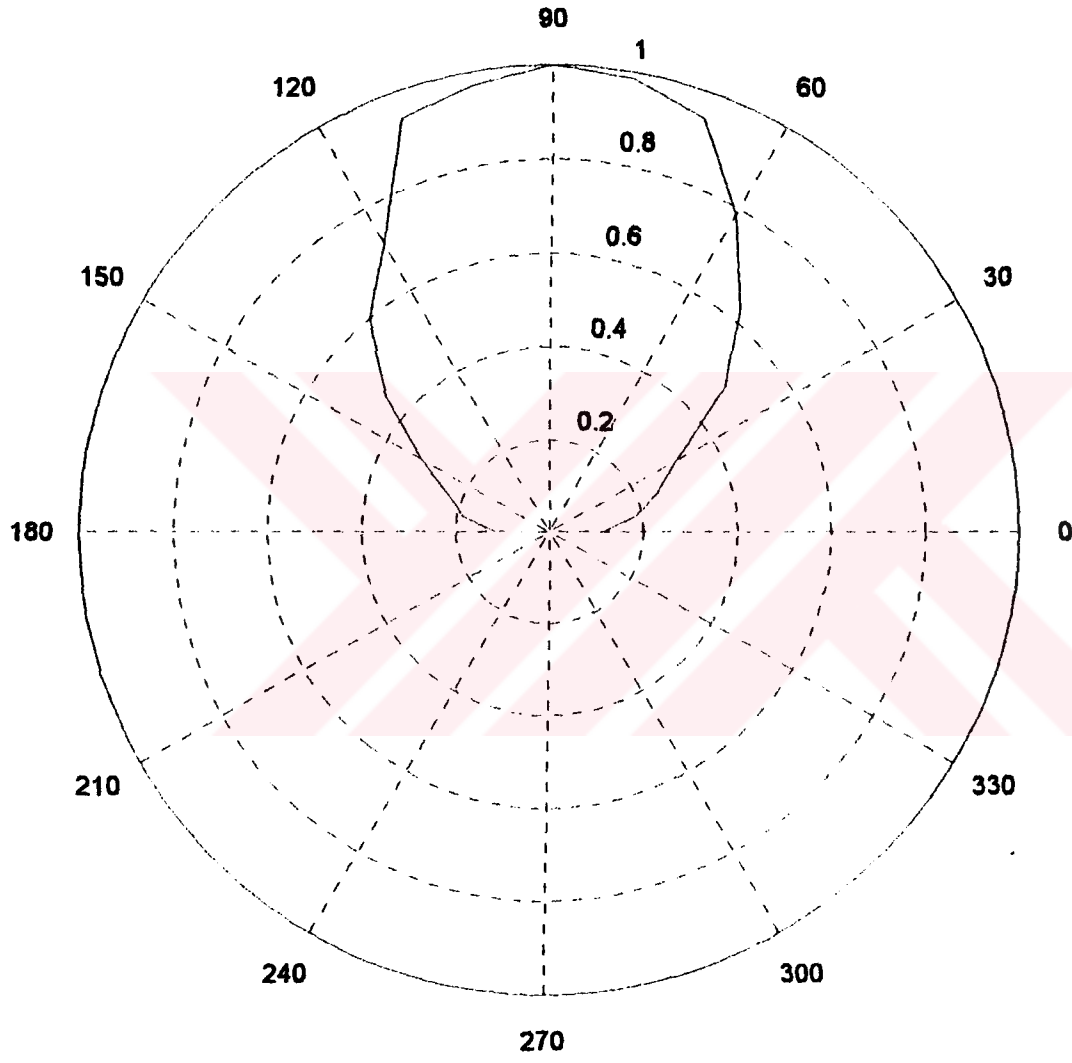
Şekil 4.14. H - düzleminden 8 GHz için alınan gücün kutupsal koordinatlarda gösterimi.



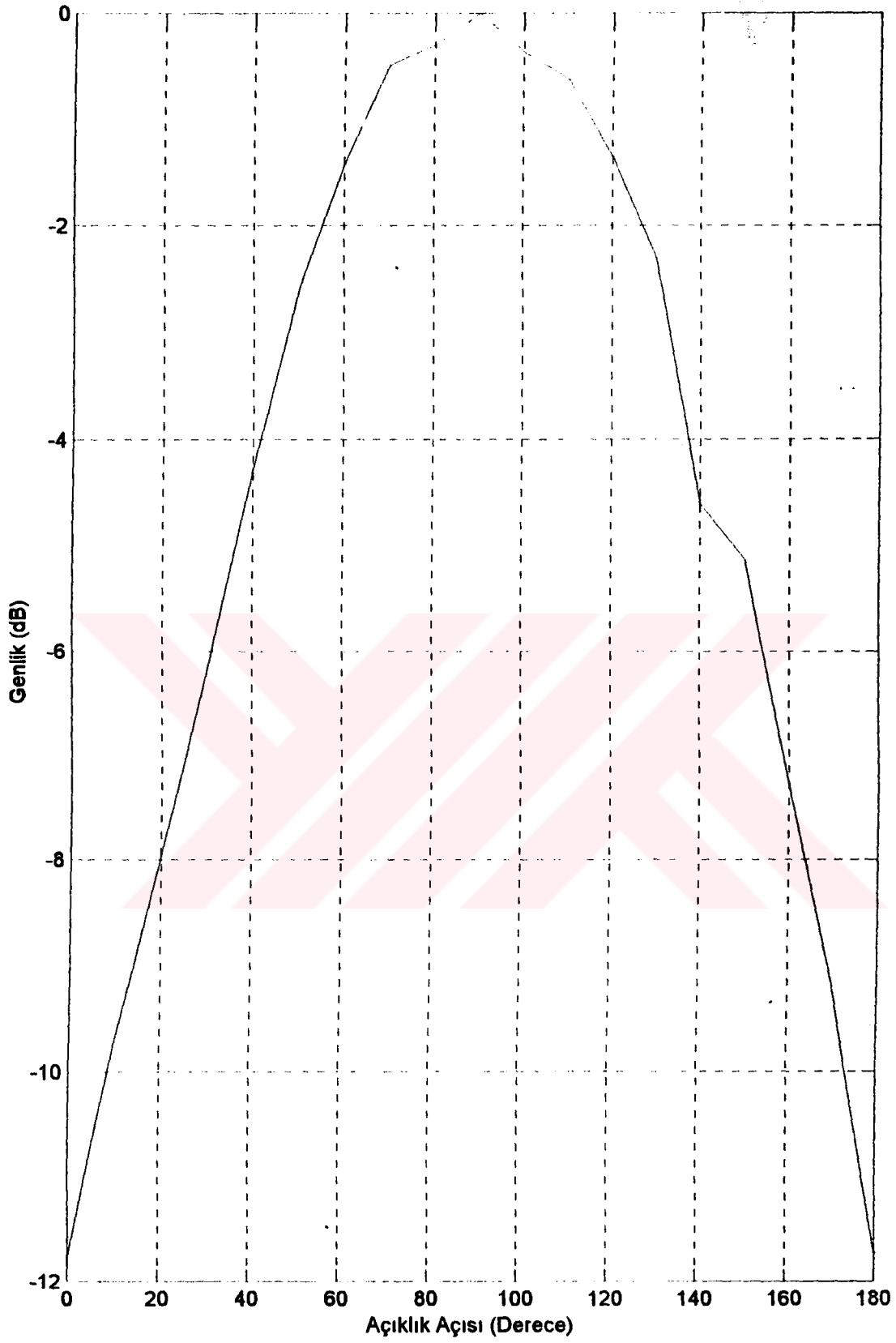
Şekil 4.15. H - düzleminden 8 GHz için alınan gücün dik koordinatlarda gösterimi.



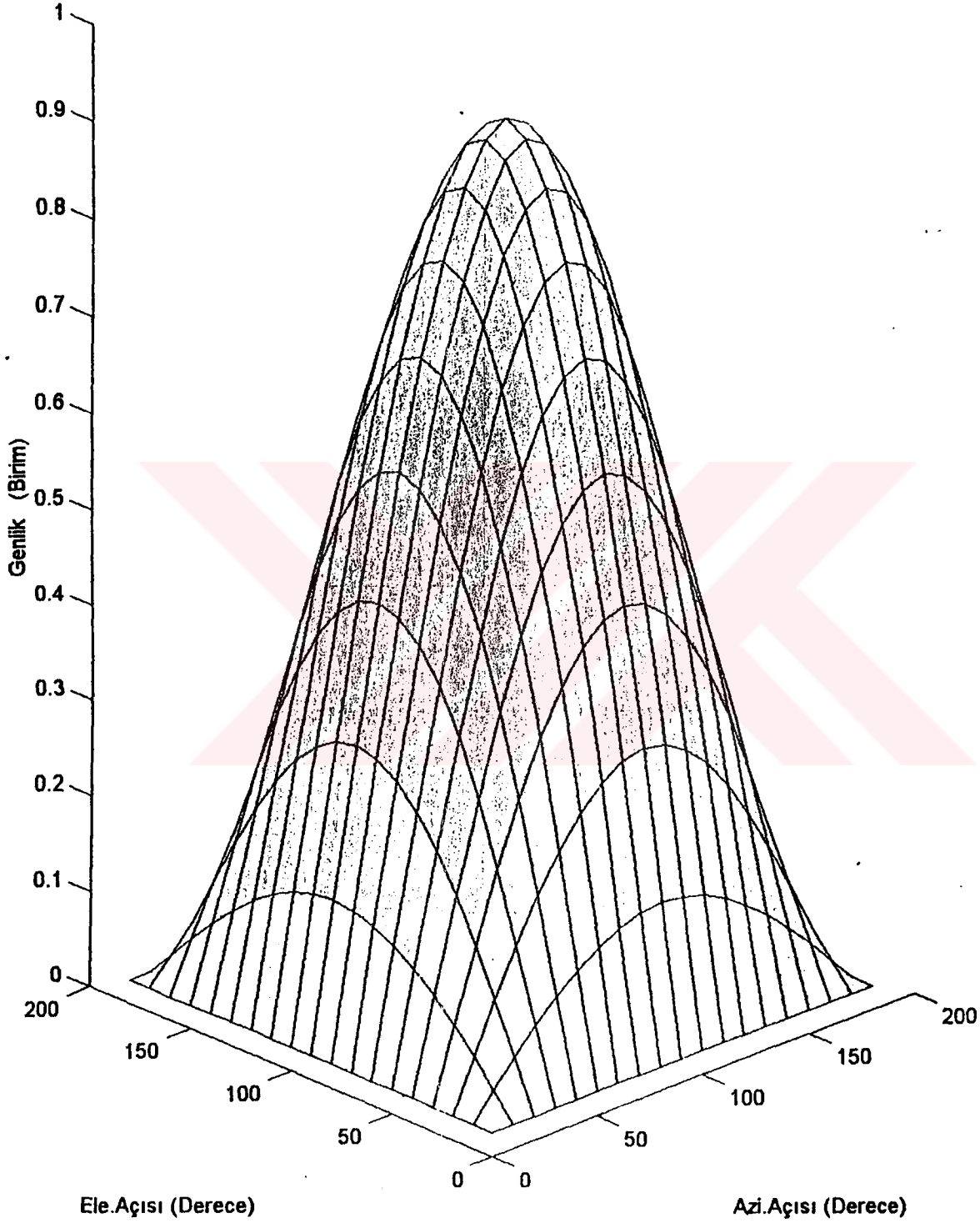
Şekil 4.16. H- düzleminde 8 GHz için alınan gücün 3 boyutlu olarak gösterimi.



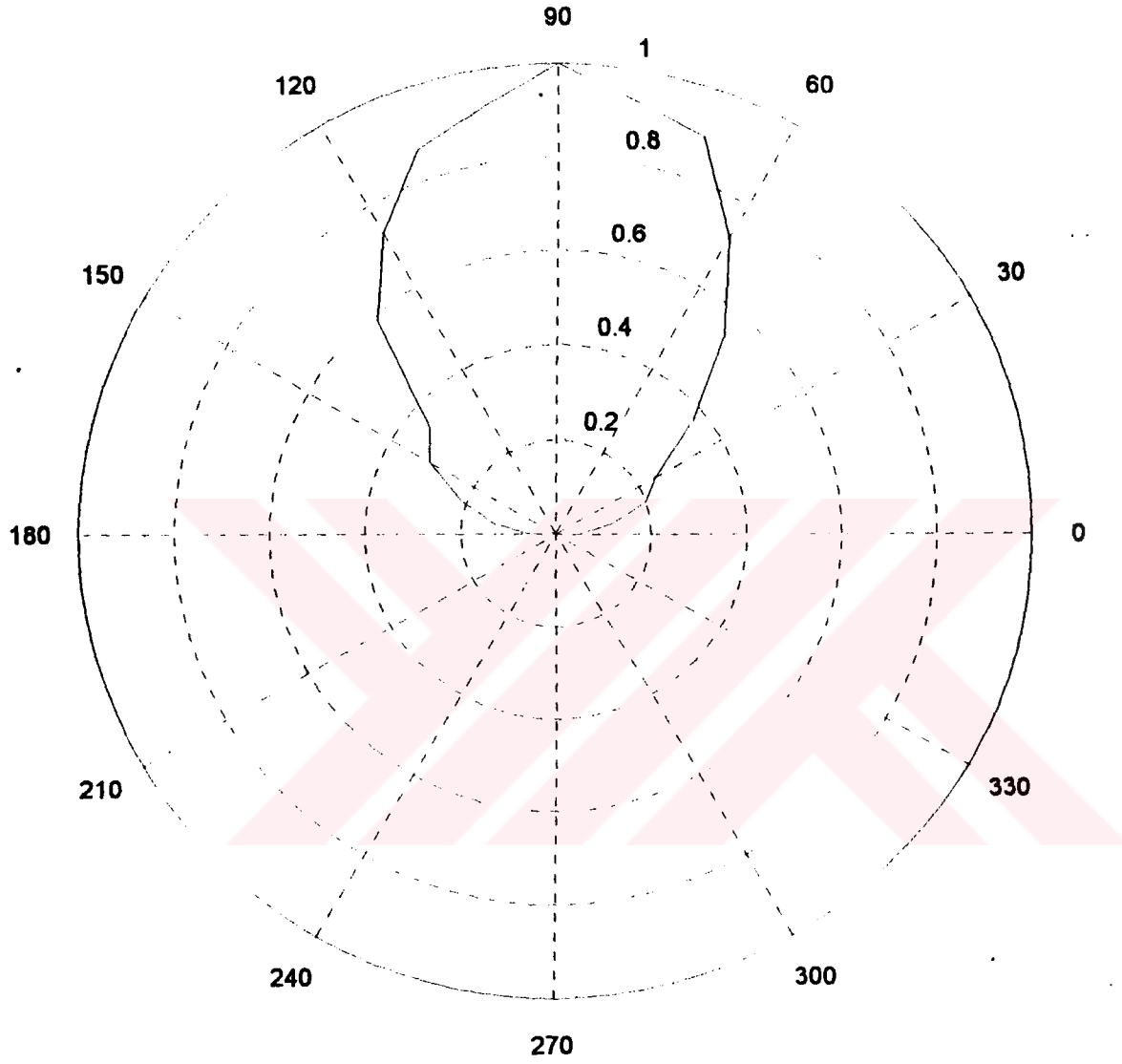
Şekil 4.17. E - düzleminde 1 GHz için alınan gücün kutupsal koordinatlarda gösterimi.



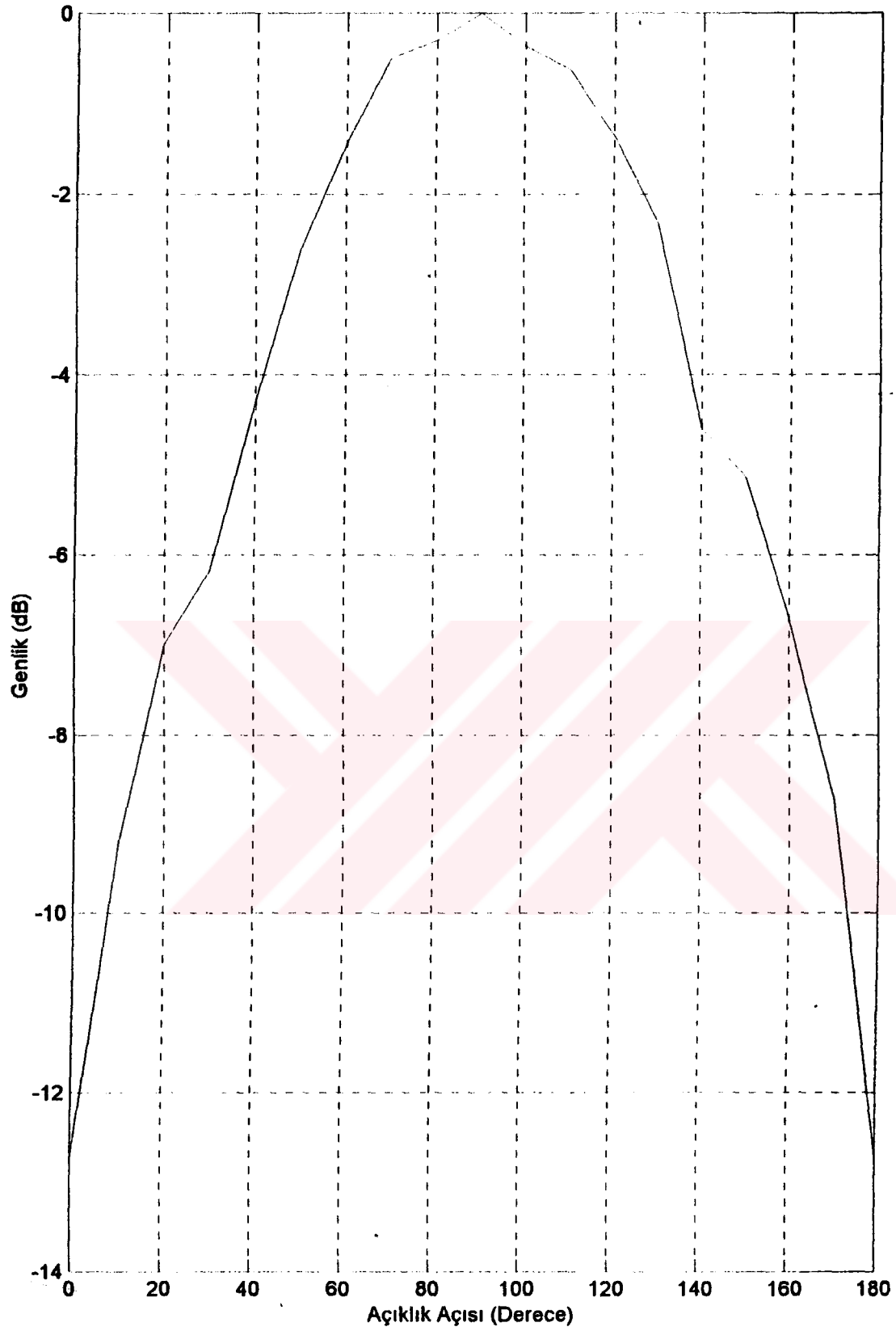
Şekil 4.18. E - düzleminde 1 GHz için alınan gücün dik koordinatlarda gösterimi.



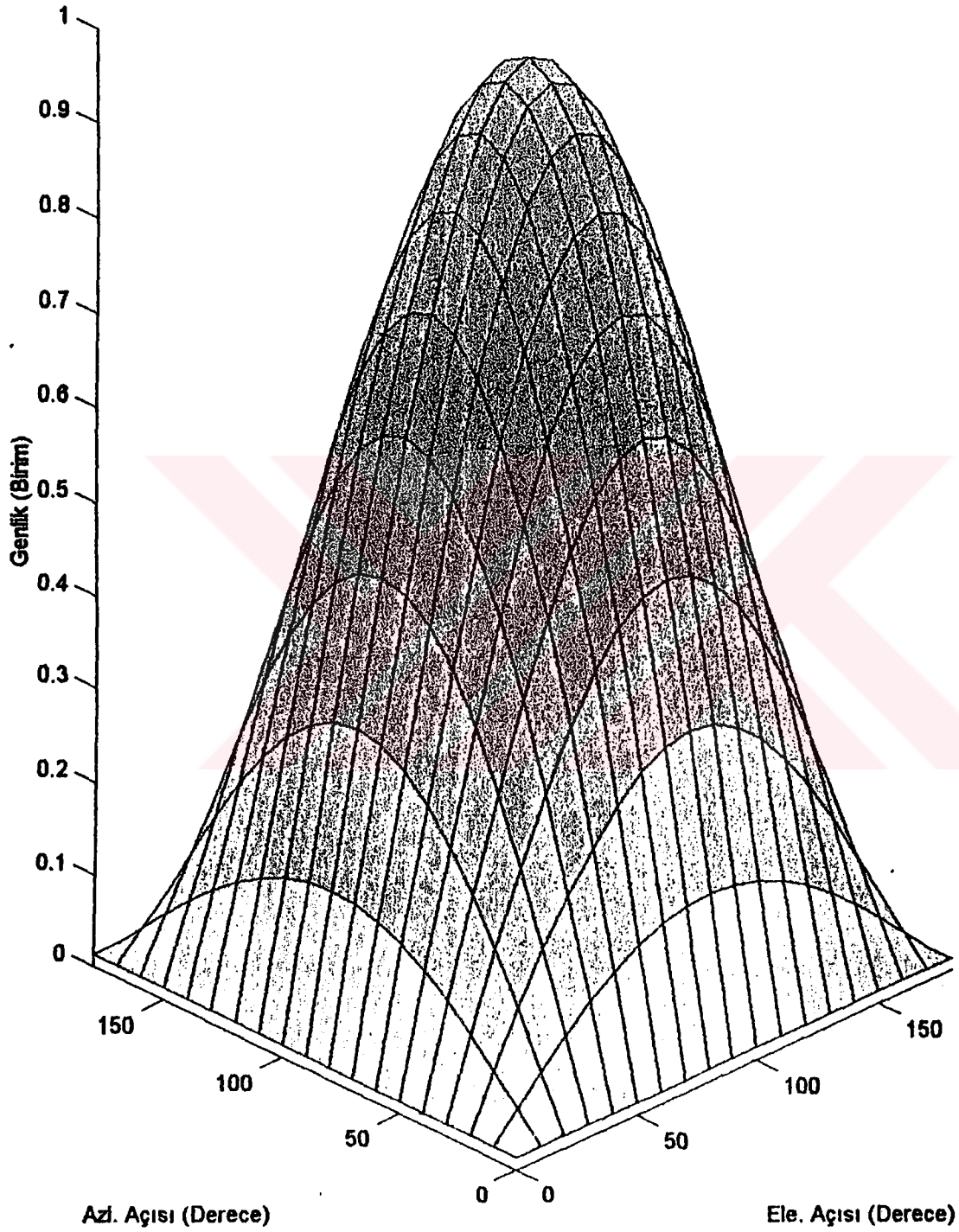
Şekil 4.19. E - düzleminde 1 GHz için alınan gücün 3 boyutlu olarak gösterimi.



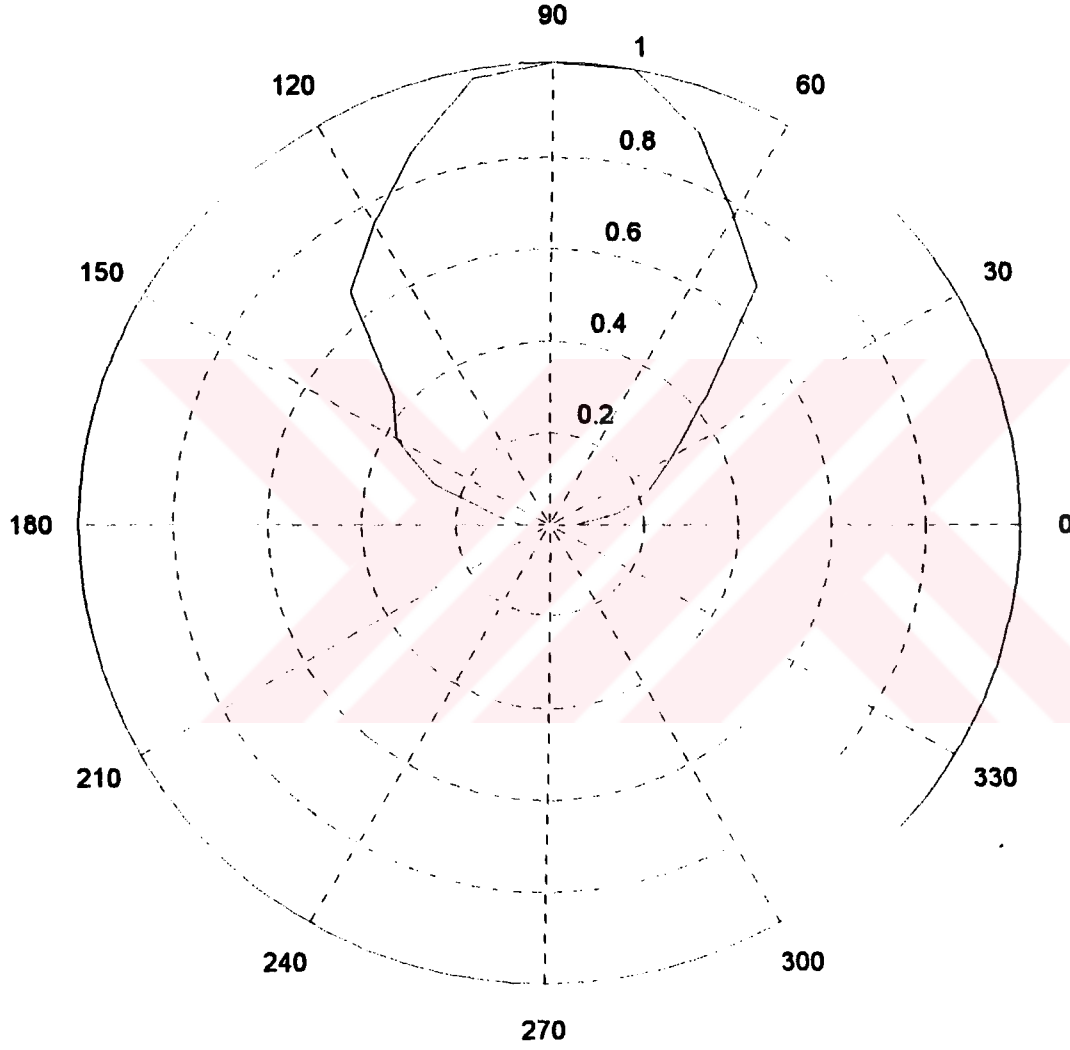
Şekil 4.20. E - düzleminde 3 GHz için alınan gücün kutupsal koordinatlarda gösterimi.



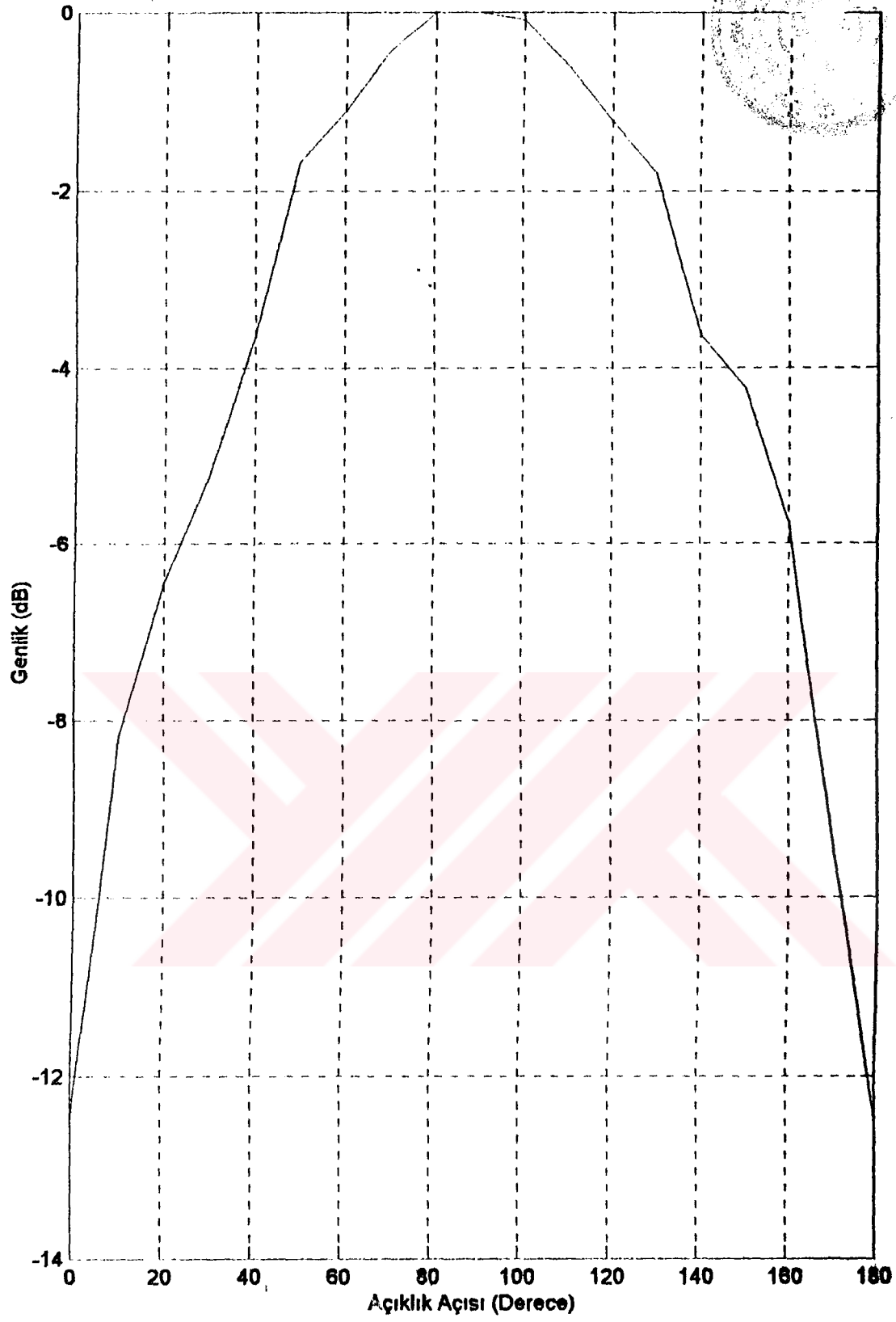
Şekil 4.21. E- düzleminde 3 GHz için alınan gücün dik koordinatlarda gösterimi.



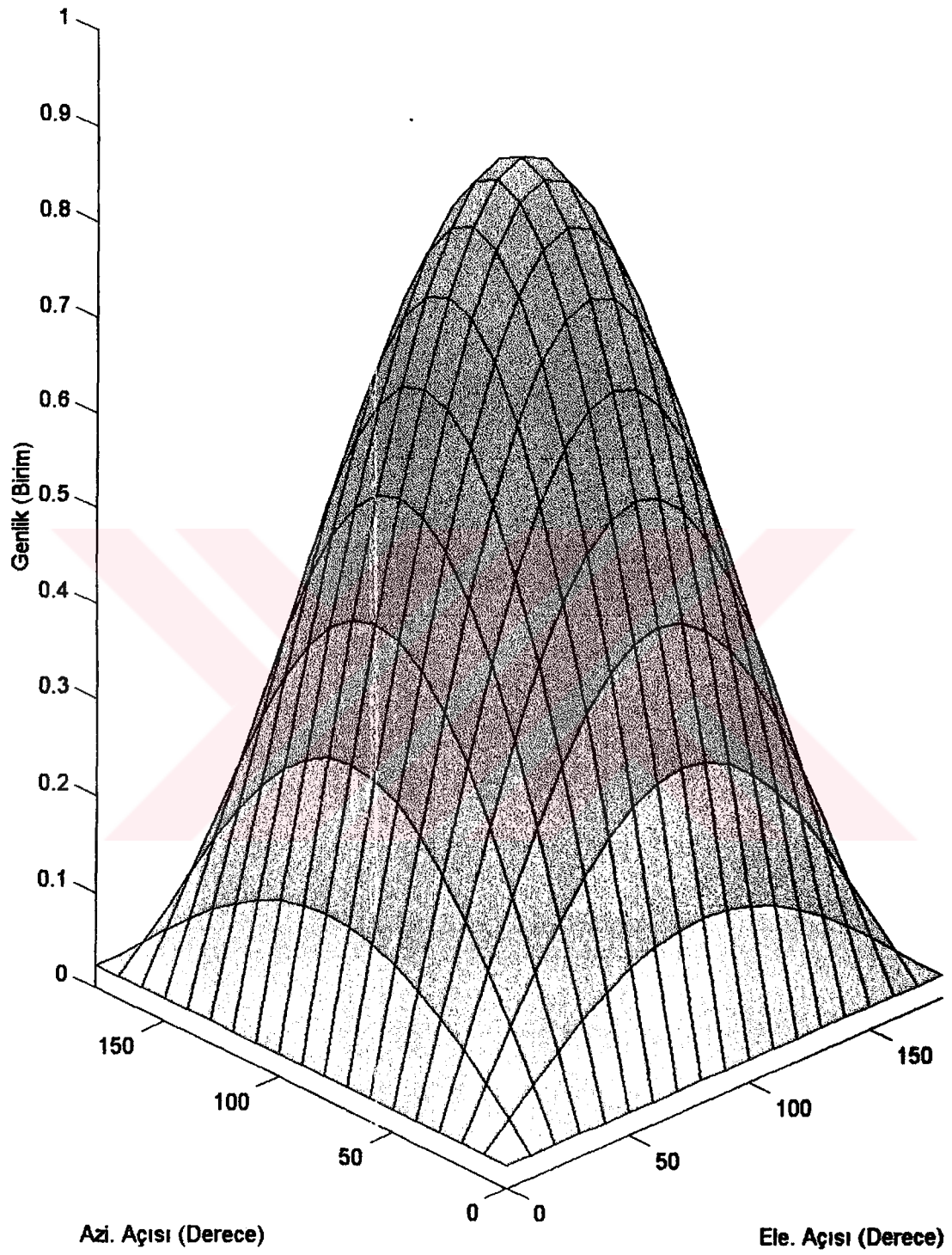
Şekil 4.22. E - düzleminden 3 GHz için alınan gücün 3 boyutlu olarak gösterimi.



Şekil 4.23. E - düzleminden 8 GHz için alınan gücün kutupsal koordinatlarda gösterimi.



Şekil 4.25. E - düzleminde 8 GHz için alınan gücün dik koordinatlarda gösterimi.



Şekil 4.26. E - düzleminde 8 GHz için alınan gücün 3 boyutlu olarak gösterimi.

5. SONUÇLAR

Bu çalışma ile mevcut bulunan herhangi bir antenin deneysel olarak incelenerek testleri sırasında alınan verilerin iki ve üç boyutlu olarak gözlenmesi amaçlandığından bunların oluşturulması sırasında pek çok zorlukla karşılaşmıştır. Bu zorlukların aşılması için yapılan denemelerde programlamadan daha fazla olarak onların teorik ve pratik uygulamalarda ki yaklaşımlardan kaynaklandığı anlaşılmaktadır.

Teorik anten hesaplarında çevre şartları ve malzeme hatalarından meydana gelebilecek değişimler önceden kestirilemeyeceğinden, devrelerin test işlemleri zorunlu olmaktadır. Burada yapılan programlamalar ile anten alan gücünün üç boyutlu olarak gözlenmesi sağlanarak DRH geniş band anteni için alanının gücü gerçek boyutları ile ortaya konmaktadır. Ayrıca antenin teorik olarak hesaplanmasında öncelikle her bir parçanın güç üzerindeki etkisi bilinmek zorundadır.

Başlangıçta teorik hesaplamalar için program geliştirilmesi ön görülmemişken çalışmalara sırasında bunların da üç boyutlu görüntülerinin verilmesi (vertikal dipol , horizontal dipol, dik transmisyon hatlarının proba beslenmesi ve eğimli aralıktan alan ışımaları) düşünülerek program çalışmaları sınanması sağlanmıştır. Bu sayede Elde edilen verilerin doğru olarak görüntülenmesine de böyle bir yol izlenmesi bir hazırlık çalışması teşkil etmiştir.

Programlamaların MATLAB ortamında yapılması ile üç boyutlu çizimler için gereken geniş ölçekli matrislerin elde edilmesi ve bu matrislerin program uzunluğuna göre aralarında ki işlem miktarı fazlalığının sistemde oluşturduğu zorluklar giderilmiş olmaktadır. Zira hemen belirtmek gerekir ki aynı tipte bir programın misal olarak FORTRAN içersinde uygulanması ve sonuçlarının alınması çok daha uzun zaman alacaktır. Çalışmada izlenen yöntemle son olarak, sistemin gerçek boyutları ile kullanıcılar tarafından gözlemlenmesinin sağlanmış olduğu rahatlıkla söylenebilir.

KAYNAKLAR

1. Kraus, J. D. "Antenna Measurements" in Antenna, McGraw-Hill, New York, 1988.
2. Balanis, C. A. "Antenna Measurements" in Antenna Theory Analysis and Design, John Wiley and Sons, Inc. USA, 1997.
3. Johnson R. C. Antenna Engineering Handbook, McGraw-Hill, Newyork, 1987.
4. Cheng, D. K. Field and Wave Electromagnetics, Addison Wesley, USA, 1991.
5. Paris D. T. "Basic Theory of Probe-Compensated Near Field Measurements," IEEE Trans. Antenna Propagat., Vol AP-26, No. 3, pp.373-379, May 1978.
6. Kingsley S. and Quegan S. Understanding Radar Systems, McGraw-Hill, USA, 1992.
7. Enander E. P., Sjöberg A. The MATLAB Handbook, Addison Wesley, USA, 1996.
8. Kraus, J. D. "Antenna since Hertz and Marconi," IEEE Trans. Antenna Propagat., Vol. AP-33, No. 2, 131-137, February 1985.
9. Maxwell, J. C. A Treatise on Electricity and Magnetism, Oxford, 1873.
10. Akkaya, İ. Antenler ve Propagasyon, Bölüm 1, İTÜ, 1996.
11. Akkaya, İ. ve Yazgan, B. Microwave Radar Systems Ders Notları, İTÜ, 1997
12. Skolnik, M. I. Radar Systems, McGraw-Hill co., New York, 1962.
13. Skolnik, M. I. Radar Handbook, McGraw-Hill co., New York, 1970.
14. Balanis, C. A. Advanced Engineering Electromagnetics, John Wiley and Sons, New York, 1989.
15. Kraus, J. D. "Antennas" Chapter 2-26, MacGraw-Hill, New York, 1988.
16. Johnson R. C. "Duality of Antennas" Chapter 1, Antenna Engineering Handbook, McGraw-Hill, Newyork, 1987.
17. Balanis, C. A. "Reciprocity for Two Antennas " Antenna Theory, John Wiley and Sons, Inc. USA. 1997.
18. Kraus, J. D. "Antennas" Chapter 2-25, MacGraw-Hill, New York, 1988.
19. Mittra, R. "A Plan-Polar Approach For Far Field Constractions From Near-Field Measurements" IEEE Trans. Propagat., Vol. Ap-28, No. 3, pp. 216-230, March 1980.

20. Emerson, W. H. "Electromagnetic Wave Absorbers." IEEE Trans. Antenna Propagat., Vol. AP-21, No. 4, pp. 484-490, July 1973.
21. Larsen, F. H. "Comparison of Near-Field Range Resault" IEEE Trans. Antenna Propagat., Vol. AP-36, No.6, June 1988.
22. Johnson R. C. "Scale Model Measurements" Chapter 2, Antenna Engineering Handbook, McGraw-Hill, Newyork, 1987.
23. Yaghjian, A. D. "An Overview of Near Field Antenna Meas. " IEEE Trans. Antenna Propagat., Vol. AP-34, No.6, January 1986.
24. Scott, A. W. "S-Parameters" Understanding Microwaves, John Wiley, Inc. 1993.
25. Güneş A. "Grafı Çizimleri" MATLAB for WINDOWS, Türkmen Kitapevi, 1997.
26. HP, Hewlett-Packard Test and Measerument Manuel Catalog, HP Cop., 1995.
27. Scott, A. W. "Mixers" Understanding Microwaves, John Wiley, Inc. 1993.
28. Johnson R. C. "Coaxial Cables" Chapter 42, Antenna Engineering Handbook, McGraw-Hill, Newyork, 1987.
29. Kerr, J. "Short Axial Length Broad-Band Horns" IEEE Trans. Antenna Propagat. pp. 710-714, September 1973.
30. Kraus, J. D. "Antennas" Chapter 13-12, MacGraw-Hill, New York, 1988.
31. Collin, R. E. "Foundations For Microwave Engineering" Chapter 4-10, MacGraw-Hill, New York, 1994
32. Kraus, J. D. "Antennas" Chapter 15, MacGraw-Hill, New York, 1988.
33. Enander E. P., Sjöberg A. The MATLAB Handbook, Chapter B, Addison Wesley, USA, 1996.
34. Balanis, C. A. "Horn Antennas" in Antenna Theory Analysis and Design, John Wiley and Sons, Inc. USA. 1997.
35. HP, "EMC Antenna Measurements" Hewlett-Packard Test and Measerument Manuel Catalog, HP Cop., 1995.



ÖZGEÇMİŞ

Doğum yeri ve tarihi: İstanbul, 19. Mart.1969.

Medeni hali: Evli.

Bitirdiği lise: Anamur Lisesi.

Bitirdiği lisans programı: Elektronik Mühendisliği.

Lisans programını bitirdiği üniversite: Erciyes Üniversitesi.

Mezun olduğu yıl: 1993.

Yüksek lisans programına devam ettiği yer: Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü.

Yüksek lisansa başladığı yıl: 1996.

Yüksek lisans programına kayıtlı olduğu bölüm: Elektronik Mühendisliği.

Askerlik durumu: Askerliğini tamamlamıştır.

Daha önce yaptığı görevler: Özel sektörde bir yıl mühendis ve müdür olarak çeşitli görevlerde bulunmuştur. Bunlar:

CEM ELK A. Ş.	: Test Mühendisi ve Kalite Müdürü	1994
SİYAŞ A. Ş.	: Kalite Müdürü	1995
İLETİM TELEKOM A. Ş.	: Teknik Müdür	1996
TÜBİTAK-MAM	: Araştırmacı	1997

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ