



MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

REKLEKTÖR ANTENİN SES DALGALARI ÜZERİNDEKİ
ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

SELİN YILMAZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANTAKYA/HATAY

ARALIK-2008

MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

REKLEKTÖR ANTENİN SES DALGALARI ÜZERİNDEKİ
ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

SELİN YILMAZ
YÜKSEK LİSANS

ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

Yrd.Doç.Dr. Emin ÜNAL danışmanlığında hazırlanan bu tez 05 / 12 / 2008 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

Yrd.Doç.Dr. Emin ÜNAL
Başkan

Doç.Dr. Ali KOÇ
Üye

Yrd.Doç.Dr. Ersin ÖZDEMİR
Üye

Bu tez Enstitümüz Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylıyorum.

Kod No:

Prof. Dr. Necat AĞCA
Enstitü Müdürü

Not : Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	III
ABSTRACT.....	IV
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	V
ÇİZELGELER DİZİNİ	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VIII
1. GİRİŞ	1
1.1. Sesin Özellikleri.....	3
1.2. Hiper Sonik Ses Nedir?.....	4
1.3. Reflektör Antenler.....	5
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	8
2.1. Mikrofon Sistemleri	10
3. MATERYAL VE YÖNTEM	11
3.1. Sıkıştırma Dalgaları	14
3.2. Girişim.....	15
3.3. Sesin Farklı Ortamlarda Yayılması.....	16
3.4. Doppler Etkisi	18
3.5. Piezoelektrik.....	18
3.5.1. Piezoelektrik Rezonans	19
3.6. Fresnel Eşitliklerinin Sese Etkisi	20
3.6.1. Ses Yakınlığı	30
3.7. Sesin Havada İletilmesi.....	30
3.7.1. Noktasal Kaynak:.....	30
3.7.2. Çubuk Kaynak:	33
3.7.3. Düzlemsel Kaynak:	34
3.8. Ses İletim Katsayısı (T).....	35
3.9. Seste Ters Kare Kuralı	35
3.10. Ses Sinyalleri İle Zaman Ve Boşluk Arasındaki İlişki.....	36
3.11. Sesin Sınırlanmış Bir Ortamda İletilmesi	45
3.12. Genlik Ve Seslilik	45

3.13. Sesin Engel Üzerinde Yansıma, Kırılma Ve Saçılmasının İncelenmesi.....	47
3.14. Fiziksel Optik Yöntemi	49
3.15. Parabolik Yansıtıcılar.....	51
3.15.1. Parabolik Yansıtıcıların Akustik Özellikleri.....	58
3.15.2. Parabolik Yansıtıcıların Frekans Tepkisi.....	59
3.15.3. Parabolik Yansıtıcıların Yönelme Yeteneği	60
3.15.4. Katlanmış Yansıtıcı.....	61
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	62
4.1. Parabolik Yansıtıcının Odaktan Ölçülen Mesafeye Göre Yansıtma Özellikleri..	62
4.2. Parabolik Yansıtıcının Ses Kaynağının Frekansına Göre Yansıtma Özellikleri..	65
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	69
KAYNAKLAR	70
TEŞEKKÜR.....	73
ÖZGEÇMİŞ	74

ÖZET
REKLEKTÖR ANTENİN SES DALGALARI ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN
ARAŞTIRILMASI

Bu çalışmada tek noktadaki sesin alınımı ve tek noktaya sesin iletilmesi; lazer ışını gibi doğrusal olarak hareket eden ses dalgaları ile, sesin reflektör antenden saçılan alanlara, sadece hedeflenen dinleyicilere ulaştırılabilmesini sağlayan sistem üzerinde çalışılmıştır.

Çalışmada ses kaynağından üretilen ses dalgalarının, parabolik yansıtıcıya çarptırılarak yansıldıktan sonra, önceden belirlenmiş noktalarda ve belirli bir zamanda düşey ekseninde hareket ettirilen kapasitif mikrofon tarafından yakalanması yardımı ile değerlerin PC' ye aktarımı sağlanmıştır.

Yakalanan bu ses dalgalarının değişik noktalardaki frekans değerleri, PC de Goldwave programı yardımı ile kayıt altına alınarak, grafiksel olarak yorumlanmıştır.

2008, 74 sayfa.

Anahtar Kelimeler: Ses, Sesin İletilmesi, Sesin Yayılımı, Ses Dalgaları, Parabolik Reflektörler.

ABSTRACT
RESEARCH FOR THE EFFECT OF REFLECTOR ANTENNA ON SOUND WAVES

In this Project, we studied that the sound which is received from one point or transmitted to one point is examined. With using sound wave which is went linearly such as laser beam is scattered from the area of reflector antenna. The system which can be provides sound wave which is reached from the person who is the target.

In his study, the sound wave which is produced from the sound supply, moved from the parabolic antenna and the reflection sound waves are catch from the capacitive microphone from the designation points and designation time in the vertical axis.

The frequency values in the different points of the sound waves are recorded to the PC with using Goldwave program then the result of values are explained as graphics.

2008, 74 pages.

Keywords: Sound, Transmission of Sound, Propagation of Sound, Parabolic Reflectors.

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

\vec{E}	: Elektrik alan şiddeti
f_0	: Mekanik titreşim frekansı
V	: Sesin ortamdaki hızı
e	: Elektron
θ	: Açı
n	: Ortamın indisi
ω	: Açısal hız
μ	: Manyetik geçirgenlik
B	: Manyetik akı yoğunluğu
ϵ	: Dielektrik sabiti
D	: Elektrik akı yoğunluğu
H	: Manyetik alan şiddeti
c	: Işık Hızı
r	: Yarıçap
α, β, γ	: Doğrultma cosinüsleri
π	: Pi sabiti
I	: Ses yoğunluğu
L	: Ses seviyesi
L_p	: Ses basıncı seviyesi
L_w	: Ses güç seviyesi
Q	: Yönelme yeteneği faktörü
T	: İletim değeri
DI	: Yönelme yeteneği indeksi
S	: Çaprazlama elektriksel kutuplaşma (S-kutuplaşması)
P	: Çaprazlama manyetik kutuplaşma (P-Kutuplaşması)
R	: Frensel katsayılarında yansıtma
σ	: Standart sapma
δ	: Saçılma kayıp faktörü

λ	: Dalga boyu
z	: Rezonans
Φ	: Ses akısı
SRI	: Ses indirgeme indisi
T_{AV}	: Ortalama iletim katsayısı
T_i	: i. Bölümün iletim katsayısı
A_i	: i. Bölümün alanı
A	: Elektriksel alan
h	: Yüzeydeki pürüzlerin yüksekliği
h_c	: Yüzey çıkıntısının kritik yükseklik değeri
φ	: Kaynağın x eksenine yaptığı açı
ρ	: Parabolik reflektörün odak uzaklığı
f	: Kaynağın orijinden uzaklığı
J	: Yüzey akım yoğunluğu
Γ	: Yansıma katsayısı

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. "dB" cinsinden ölçülmüş bazı ses seviye değerleri.....	12
Çizelge 3.2. Bazı ortamlarda sesin yayılma hızı değerleri.....	13
Çizelge 3.3. Sesin Yönelme Yeteneği Faktörünün Konumlara Göre Yansıma Değeri...	33
Çizelge 3.4. Sinyal seviyelerinin çeşitli ölçümleri.....	46

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Havadaki dalga boyu ve frekans	3
Şekil 1.2. Reflektör antenin ana hatlar ile gösterimi.....	5
Şekil 1.3. Reflektör anten yön çizgesi.....	6
Şekil 1.4. Bir kutupsal (polar) koordinat sisteminde yatay anten çizgesi.....	7
Şekil 3.1. Yüksek ve Alçak frekanslı ses dalgaları.....	11
Şekil 3.2. 1960 tarihli bu fotoğrafta özel bir ses merceği ve özel bir görüntüleme yöntemi kullanılarak, sol tarafta görülen kornadan çıkan ses dalgalarının görüntüsü elde edilebilmiştir.....	14
Şekil 3.3. Spiral bir yayda sıkıştırma dalgasının meydana gelişi.....	14
Şekil 3.4. Ses dalgasının sıkıştırma ve gevşeme dalgasıyla temsili.....	15
Şekil 3.5. İki ses dalgasının girişimi ve vuru.	166
Şekil 3.6. Gelen dalganın farklı ortamlardan geçiş görünümü.....	20
Şekil 3.7. Sırasıyla k_i , u_n geliş düzlemini, düzlem normal vektörünü gösterir.	20
Şekil 3.8. E_i alanının yöneliminde ϕ_i geliş düzlemi ile elektrik alan E_o ' nin yaptığı açıyı ifade eder.	21
Şekil 3.9. Elektriksel alan vektörü (E) geliş düzlemine paralel ise Çaprazlama Manyetik Kutuplaşma (P-Polarizasyon) olarak adlandırılır.....	21
Şekil 3.10. Elektriksel alan vektörü (E) geliş düzlemine dik ise Çaprazlama Elektriksel Kutuplaşma (S-Polarizasyon) olarak adlandırılır.....	22
Şekil 3.11. E_i , E_r , E_t elektrik alan vektörleri sırasıyla gelen, yansıyan ve geçen elektrik alan vektörlerini göstermektedir.	25
Şekil 3.12. Elektro Manyetik Dalganın Uzaysal kısmın ifadesini göstermektedir. Elektro Manyetik Dalgada (k_i-k_r) sınıra diktir. k vektörünün büyüklüğü $ k = \frac{2\pi}{\lambda}$ 'dır. k_i ve k_r aynı ortamda olduğu için $ k_i = k_r $ 'dir. u_n birim vektörü $x-z$ düzlemine dik olduğundan (k_i-k_r) , u_n 'e paraleldir.....	27
Şekil 3.13. Yansıma kanunlarına göre sesin ortamda yansımaları geçerken yaptığı açıları göstermektedir.....	28
Şekil 3.14. Ters Karesel kurala göre ses dalgası.....	31

Şekil 3.15. Hoparlörden yayılan bir sesin kutupsal görünümü.	31
Şekil 3.16. Sesin emici olmayan bir yerde yayılışı.	33
Şekil 3.17. Silindirik dalgaların çizgisel kaynaktan dışarıya yayılışı.	34
Şekil 3.18. Ses basınç seviyesinin kaynaktan uzaklaştıkça gösterdiği değişim.	36
Şekil 3.19. Basit ve periyodik sinüs sinyali.	37
Şekil 3.20. İki sinüs sinyalinin birleşimi.	37
Şekil 3.21. Karışık periyodik pare dalga.	37
Şekil 3.22. Karışık periyodik olmayan rastgele sinyal.	38
Şekil 3.23. İntegral dönüşümü zaman ve frekans domaininde sonsuz ve süreklidir.	38
Şekil 3.24. İntegral dönüşümü zaman ve frekans domaininde sonsuz ve süreklidir.	39
Şekil 3.25. Fourier serileri zaman içinde periyodik ve frekans domaininde ayrıktır.	39
Şekil 3.26. Frekans domaininde görünümü.	39
Şekil 3.27. Örneklenmiş fonksiyonlar zaman içinde ayırık ve frekans domaininde periyodiktir.	40
Şekil 3.28. Örneklenmiş fonksiyonlar zaman içinde ayırık ve frekans domaininde periyodiktir.	40
Şekil 3.29. Ayırık fourier dönüşümü zaman ve frekans domaininde periyodik ve ayrıktır.	40
Şekil 3.30. Ayırık fourier dönüşümü zaman ve frekans domaininde periyodik ve ayrıktır.	41
Şekil 3.31. Aliasing diyagramına göre örnekleme frekansı maksimum frekansa eşittir ve örnekleyici tarafından DC sinyal olarak görünür.	41
Şekil 3.32. Aliasing diyagramına göre f_s frekans örneği değerindeki frekans bileşeni DC sinyal gibi davranır.	41
Şekil 3.33. Aliasing diyagramına göre $(1/N)f_s$ değerindeki frekanstır.	42
Şekil 3.34. Aliasing diyagramına göre $[(N+1)/N]f_s$ değerindeki frekans bileşeni $(1/N)f_s$ olarak ifade edilir.	42
Şekil 3.35. Pratikte süzgeç ve ideal süzgeç. Sırasıyla P, R, B pratikteki süzgeci, Ripple ve etkin bant genişliğini ifade etmektedir.	43
Şekil 3.36. Zaman sinyali. $t=0$ anındaki dikdörtgensel darbe.	43
Şekil 3.37. Spektrum (Genlik)	44
Şekil 3.38. Spektrum (Faz)	44

- Şekil 3.39. Dikdörtgensel darbeyi ifade eder ($t=0$ anındaki darbe). Dikdörtgensel süzgecin sinüs sinyali gibi basit bir sinyal üzerindeki etkilerini göstermektedir.....44
- Şekil 3.40. Ses darbesi. Ses T anında aniden kesilir ise, sinüs dalgasının spektrumunda yeni frekanslar oluşur. Süzölmüş sinyal, fazla karışık (kare dalga gibi) ise frekans bileşenleri, süzgecin çıkışında bozulmuş sinyaller oluşturur.44
- Şekil 3.41. Sesin sınırlanmış ortamda ilerlemesi.45
- Şekil 3.42. Sinyal seviyesinin çeşitli ölçümleri.46
- Şekil 3.43. Kaynak ve alıcı noktaları arasında sesin izlediği iki boyutlu yol47
- Şekil 3.44. Çizgisel kaynak ve parabolik yansıtıcının (xy) düzlemindeki kesiti.51
- Şekil 3.45. Işıma diyagramları55
- Şekil 3.46. $\rho_o = 1m, \phi_o = \pi, \rho_o = 0.1m, \phi_o = 2\pi/3; \rho_o = 0.1m, \phi_o = 4\pi/3$ ve $\phi_{o1} = \pi/4$ için ışıma diyagramları.....566
- Şekil 3.47. $\phi_o = 2\pi/3; \rho_o = 0.5m$ ve $\phi_o = 4\pi/3, \phi_{o1} = \pi/4$ için ışıma diyagramları...57
- Şekil 3.48. $\rho_o = 0.3m, \phi_o = 0, \phi_o = \pi/3, \rho_o = 1m, \phi_o = \pi, \phi_{o1} = \pi/6$ için ışıma diyagramları.....57
- 7
- Şekil 3.49. Alüminyum yansıtıcının vereceği tepki60
- Şekil 4.1. Parabolik yansıtıcının odakta ölçülen mesafeye göre yansıtma özellikleri. Ses kaynağının frekansı 3 KHz.....62
- Şekil 4.2. Parabolik yansıtıcının odakta ölçülen mesafeye göre yansıtma özellikleri. Ses kaynağının frekansı 2 KHz.....63
- Şekil 4.3. Parabolik yansıtıcının odakta ölçülen mesafeye göre yansıtma özellikleri. Ses kaynağının frekansı 1 KHz.....64
- Şekil 4.4. Parabolik yansıtıcının odakta ölçülen mesafeye göre yansıtma özellikleri. Ses kaynağının 3 farklı frekans değeri için karşılaştırma64
- Şekil 4.5. Parabolik yansıtıcının odak eksenine üzerine yerleştirilmiş ses kaynaklarından gelen sesler için reflektör kazancının frekans değişimine karşı grafiği.....65
- Şekil 4.6. Parabolik yansıtıcının odak eksenine ile 15° lik açı yapacak şekilde yerleştirilmiş ses kaynaklarından gelen sesler için reflektör kazancının frekans değişimine karşı grafiği66
- Şekil 4.7. Parabolik yansıtıcının odak eksenine ile 30° lik açı yapacak şekilde yerleştirilmiş ses kaynaklarından gelen sesler için reflektör kazancının frekans değişimine karşı grafiği67

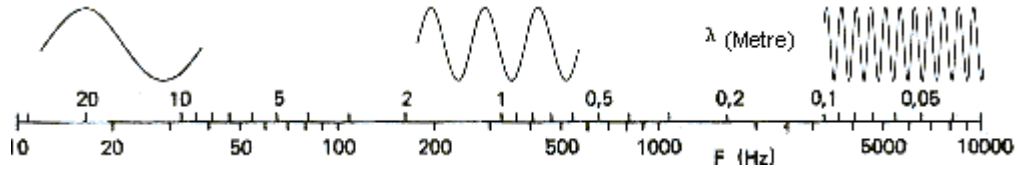
Şekil 4.8.Parabolik yansıtıcının odak eksenini ile değişik açılarda yerleştirilmiş ses kaynaklarından gelen sesler için reflektör kazancının frekans değişimine karşı grafiği.....	68
--	----

1. GİRİŞ

Ses dediğimiz olgu, hareketin meydana getirdiği bir üründür. Diğer bir deyişle ses, bir objenin (cismin) titreşimleriyle oluşan bir enerji türüdür. Hareket eden her hangi bir madde havada titreşimler oluşturur, bu titreşimlerin yarattığı etki sestir. Titreşim ise, bir cismin yaptığı ileri, geri, küçük ve çok hızlı harekettir.

Sesin oluşması için titreşim ve iletken madde gerekmektedir. Ses dalgaları her türlü iletken maddeler üzerinde değişik hızlarda yol alır (Simon de Pinna, Raintree Steck-Vaughn Publishers, 1998). Ancak iletken maddelerin sesi iletebilecek nitelikte esnek olması şarttır. Ses boşlukta veya uzayda ilerleyemez. Bir nesnenin her titreşmesinde, titreşimin bir kısmı sese dönüşerek bir parça enerji kaybına neden olur. Vakum ortamında ses yayılmaz. Sesin yol alabilmesi için bir ortam gereklidir. Katı, sıvı, ya da gaz olabilir. Sesi en iyi ileten ortam gazdır. Su sesi iyi iletmez. Sesin bir başka özelliği boşluktan geçemeyişidir. Havası boşaltılmış kapalı yerlerde ses duyulmaz. Ses dalgası ortamda sıkışıklık ve seyreklik bantları oluşturarak ilerler. Sıkışıklık bantları ortam basıncına göre artmış, seyreklik bantları ise azalmış basınç alanlarını ifade eder. Birbiri ardına gelen iki sıkışıklık bandının pik noktaları arasındaki mesafe dalga boyu (λ), dalganın birim zamandaki tekrarlama sayısı ise frekans (f) olarak tanımlanır. Sesin ortamdaki hızı (V) ses dalgasının dalga boyu ile frekansının çarpımına eşittir ($V = \lambda \times f$). Dalgalar genel olarak, mekanik ve elektromanyetik dalgalar olmak üzere iki ana gruba ayrılır. Elektromanyetik dalgalar, yayılmak için bir ortama ihtiyaç duymazlar ve boşlukta da yayılabilirler. Mekanik dalgalar ise, enerjilerini aktarabilmek için ortam taneciklerine ihtiyaç duyarlar. Bu yüzden boşlukta (örneğin uzayda) yayılamazlar. Ses dalgaları da mekanik dalgalar olduklarından yayılmak için maddesel bir ortama ihtiyaç duyarlar. Ses dalgaları, nesnelerin titreşiminden meydana gelen ve uygun bir ortam içerisinde (Katı, sıvı ve gaz) bir yerden başka bir yere, sıkışma ve genişmeler şeklinde ilerleyen dalgalardır. Dolayısıyla ses, bir basınç dalgasıdır. Ses dalgaları, madde parçacıklarının ileri geri hareketleri olan titreşimler ile meydana gelirler. Ses dalgaları, katılarda, sıvı ve gazlara göre daha hızlı hareket ederler.

Titreşim yapan bir cisimde, cismin her zerresinin bir titreşimi tamamlaması için geçen zamana "periyot" adı verilir. Saniyedeki titreşim sayısı diğer bir deyişle iki tepe arasındaki uzaklık dalga boyu olarak adlandırılır ve bir saniyede gözlenen dalga tepesi sayısına "frekans" denir. Bir dalganın frekansı (sıklığı), dalganın hava veya başka bir ortam içinden geçerken ortamdaki partiküllerin ne sıklıkta titreştiğine bağlıdır. Eğer bir frekans 20 Hz' in altında ise bu tür titreşimlere 'ses altı' titreşimler, frekans 20 kHz' in üzerinde ise bunlara da 'ses üstü' titreşimler denilmektedir. Farklı frekanslardaki ses dalgaları farklı dalga boylarına sahiptirler. Frekans artarken, dalga boyu azalır. Frekansları 20 ile 20.000 arasında olan ses dalgaları duyulabilir. 70 desibelin üstündeki sesler işitme kayıplarına yol açabilir. 100 desibel civarında sürekli aşırı sese maruz kalmak, sürekli bir işitme kaybına yol açabilir. Bu frekans aralığının üstünde olan seslere, ses ötesi (ultrasonik) denir. Ses dalgalarının tekrarlanan seri basınç dalgalarından meydana geldiği ve yayıldığı ortamlardaki molekülleri titreştirerek ilerlediği bilinmektedir. Ses dalgalarını frekanslarına göre sesötesi, işitilebilir ses ve ultrasonik olmak üzere üç gruba ayırmak mümkündür. 20 Hz.' den düşük sesleri sesötesi, 20 Hz – 20 kHz arasındaki sesleri işitilebilir ses, 20 kHz – 30 MHz arasındaki sesleri ultrasonik olarak sınıflandırabiliriz. Ultrasonik dalgalar akustik yapıdadır. 5 MHz' lik bir sinyal uygun bir antene bağlanırsa elektromanyetik bir ışınım meydana gelirken aynı sinyal bir ultrasonik deyiştiricisine uygulanırsa ultrasonik dalgaları oluşur. Ultrasonik temelini darbe-yansıma prensibi oluşturur. Bir ultrasonik darbesi gönderilir, hedeften yansıyarak gelen eko geri alınır. Geri alınan ekodan, gözle görülmeyen hedefle ilgili istenen bilgiler çıkarılır. Ultrasonik dalga boyu saçılmaya yol açan parçacığın boyutlarına eşit ise orta parçacık saçılması, saçılmaya yol açan parçacığın boyutlarının ultrasonik dalga boyundan çok büyük ise kuramsal saçılma, gelen dalganın geniş ve engebeli bir yüzeye çarpması veya dalga boyu düzensizlikleri olması durumunda meydana gelen saçılmaya ise dağınık saçılması denir.



λ : Dalga boyu (m)

F: Frekans

Şekil 1.1. Havadaki dalga boyu ve frekans

1.1. Sesin Özellikleri

Sesin özellikleri 3 temele dayanır:

1.1.1. Sesin Tizliği (Pes Sesler ve Tiz Sesler)

Sesin tiz veya pes oluşunu belirlemek için sesin frekansları kullanılır. Yani sesin tizliği saniyedeki titreşim sayısına bağlıdır. Bir sesin tizliği, o sesin dalgasının frekansı ile ölçülür. Bunun hesaplanması için sesin saniyedeki frekansı bulunur. Frekanslar yükseldikçe ses incelir alçaldıkça ses kalınlaşır.

1.1.2 Sesin Gürlüğü (Desibel Oranı)

Sesin gürlüğü titreşim genişliğine bağlıdır, ses dalgalarının genliği arttıkça, sesin yüksekliği artar. Ses şiddeti desibel (dB) cinsinden ölçülür.

Hemen hemen duyulamayacak bir sesin şiddeti ise 0 dB 'dir. Frekansı 30 Hz' den az ve 15.000 Hz' den fazla olan seslerin duyulması sesin şiddeti ve yüksekliğine bağlıdır.

1.1.3. Sesin Niteliği (Sesin Rengi)

Sesin niteliğinin var olma nedeni her ana sesin ardından bıraktığı doğuşkan (giderek artan) seslerdir. Bu doğuşkanlar ana sesin karakterini belirlerler. Bu doğuşkan seslere armonikler denir.

Bu doğuşkan sesler ana sesle uyum içerisindedirler, buda sesin rengini belirler. Sesin tınısı da yine frekansa bağlı bir özelliktir. Yüksek tınılı seslerin frekansı da büyüktür. Sesin tınısı, ses kaynağının yapısını belirleyen bir özelliktir.

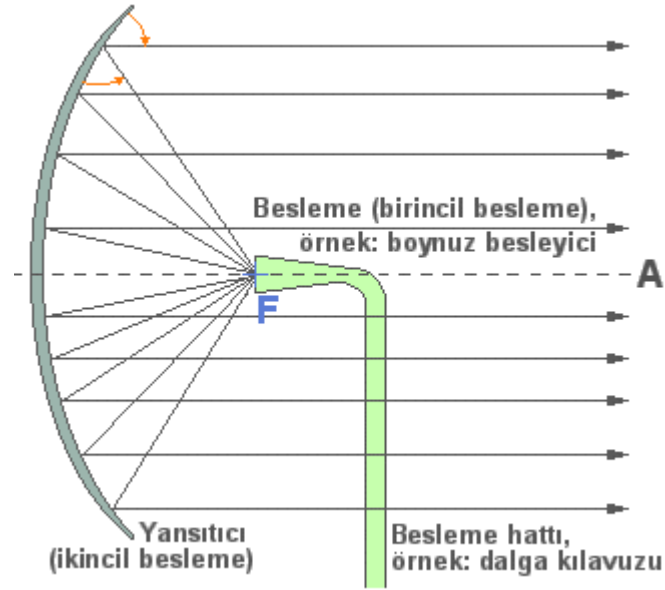
1.1.4. Sesin şiddeti

Sesin şiddeti; santimetre kare başına düşen güç olarak tanımlanmaktadır. Şiddet belirli bir alanda belirli bir sürede akan enerji akımını ifade eder. Birimi $\text{Watt/cm}^2/\text{sn}$ ' dir. Watt 1 sn de 1 joule' lük bir enerji akımını ifade eder. Tanısal US cihazlarının şiddeti 1-40 miliWatt arasında değişmektedir.

1.2 Hiper Sonik Ses Nedir?

Günümüzde kullanılmakta olan geleneksel hoparlörler sadece bir noktaya yayın yapacak şekilde odaklanamazlar. Yaptıkları yayını etki mesafesinde bulunan tüm kişiler duyabilirler. Hiper Sonik Ses (HSS) ise normal ses dalgası gibi her yöne yayılmayıp, lazer ışını gibi doğrusal olarak hareket eder. Bir CD çalar, MP3 çalar veya herhangi bir cihaz HSS hoparlörüne bağlanabilir. Hoparlörden ultra ses frekansında yayın yapılır. Ses, dar bir sütun şeklinde ilerler. Ultrasonik ses bir insana çarptığında yavaşlar ve dalgalar değişerek bir araya gelir. Yayının tam karşısında duran bir kişi sesleri bir kulaklıktan duyuyormuş gibi dinler. Yayının karşısındaki kişi alanın dışına çıktığında hiçbir şey duyamaz. Böylelikle kişiye özel ses iletimi gerçekleştirilebilir.

1.3 Reflektör Antenler



Şekil 1.2. Reflektör antenin ana hatlar ile gösterimi.

Anten, dalga kılavuzu alınan elektromanyetik dalgayı besleme boynuzu aracılığıyla reflektöre gönderir. Reflektör transmitter'in ürettiği 250 kW lık enerjiyi belli bir yöne odaklamaya yarar. Ayrıca geri dönen sinyali alarak alıcıya yönlendirir.

Reflektör Anten geniş bir parabolik yüzeye sahiptir.

Antenin yataydaki hareketine Azimut, düşeydeki hareketine Vertical denilmektedir. Anten izotropik yapıdadır; yani elektromanyetik dalga saçılmadan direkt gidebilmektedir. Elektromanyetik dalgalar hiçbir kayba ve saçılmaya uğramamasın diye dar bir açıyla gönderilir.

Anten 3 modda hareket ettirilebilir:

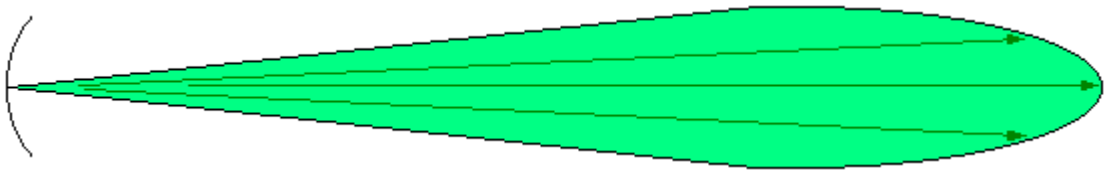
- Nokta hareketi
- Azimutta (Horizontal) (dakikada 0-6 tur)
- Düşey (Vertical) ($-2^\circ - +90^\circ$, 0-20°/sn)

Reflektör anten radar tekniğinde kullanılan anten tipleri arasında en sık karşılaşılan antendir. Şekil 1.2’ de bir “normal” (simetrik) reflektör anten ana hatlarıyla gösterilmektedir. Odak noktasında bulunan bir kaynaktan parabolik antene doğru ses dalgaları gönderilir. Bu kaynağa “Birincil Besleme” yada sadece “Besleme” adı verilir.

Bir reflektörün kesiti, genellikle bir metal konstrüksiyon, çoğunlukla kafes ağla kaplı bir metal çerçevedir. Bu çerçeveye yansıtıcı adı verilir. Metal kafesteki elek boyutu $\lambda / 10$ ’ dan küçük olmalıdır. Bu yansıtıcı, elektromanyetik dalgalar için bir ayna gibi çalışır.

Yansıtıcı yüzeyine gelen tüm ses dalgaları optik kanunlarına (geometriye) uygun olarak anten eksenine paralel biçimde yansıtılırlar. Besleme kaynağından küresel biçimde yayılarak yansıtıcıya varan bu ses dalgaları, yansıtıcı tarafından 180° faz farkıyla yansıtılırlar ve bütün ses dalgalarının paralel yayıldığı düz bir dalga cephesi oluştururlar. Böylece ses dalgaları reflektör eksenine dik herhangi bir düzleme kadar yollarını değiştirmeden yayılırlar.

Grafikte bir yuvarlak yansıtıcının ideal biçimi gösterilmektedir. Bu anten kalem demet olarak anılan, çok dar bir ses demeti meydana getirir. Yansıtıcı bir eliptik biçime sahipse, yayacağı ses dalgaları biçimi bir pervane kanadına benzer. Arama radarları düşeyde ve yatayda farklı anten çizgelerine (diagrams) sahiptir. Yatay açıda çok dar kalem biçimli ve yükseklik açısından klasik kosekant-kare biçimli çizgedir. Bu ideal durum pratikte gerçekleştirilemez. Üretim tekniklerinde ki yetersizliklerden dolayı ses dalgası deseni topuz biçimine dönüşür.



Şekil 1.3. Reflektör anten yön çizgesi.

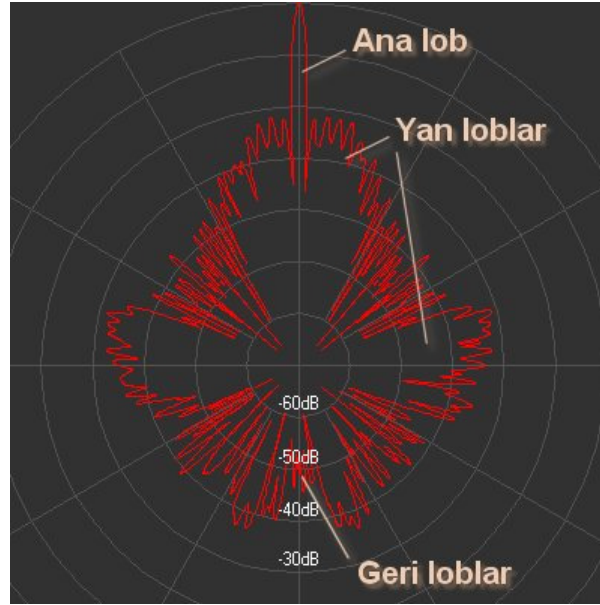
Bir reflektör anten, yüksek kazançlı, ileri / geri oranı büyük, geniş ölçüde dönele simetrisi bulunan ve nispeten küçük yan lobları bulunan ses çizgesine sahiptir.

Bir reflektör antenin anten kazancı aşağıdaki formülle ifade edilir:

$$G_{Parabolikanten} = \frac{160^2}{\Theta_{Az} \cdot \Theta_{El}} \quad (1.1.)$$

Eşitlik (1.1) ' de sırasıyla Θ_{Az} , Θ_{El} ; Azimut açısı yarı değer genişliğini, kutup açısı yarı değer genişliğini ifade eder.

Bu formül yaklaşık bir formül olmasına rağmen bir çok kullanım durumlarında yeterli hassasiyeti verir ve anten kazancı ile anten yarı değer genişlikleri arasında ki ilişkiyi anlaşılır bir şekilde ifade eder.



Şekil 1.4. Bir kutupsal (polar) koordinat sisteminde yatay anten çizgesi

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Farklı yönlerden gelen yabancı seslerin etkisini azaltmak, istenilen kaynaktan sesi güçlü şekilde almak ve farklı bir yönden özellikle açık alandan gelen sesi tutmak ve kaydetmek için bir mikrofon sistemi kullanılması gerekmektedir. Uygun yönsel ses yapılarını algılayabilmek için sıkça kullanılan teknik, parabolik yansıtıcıdır. Bir sert yapı, genellikle paraboloid devir gelen ses dalgası elektro akustik çevirgeç (mikrofon parçası) olan odak noktasına yerleştirilir. Yansıtıcının portatif kullanımı için mutlaka taşınabilecek ve uygulanabilecek uygun ölçüde ve genellikle çapı bir metreden fazla olmayan büyüklükte olmalıdır. Bu ölçüde ses dalgalarının insan kulağı ile ayırt edilebilmesi ve yeryüzünün atmosferinde etkili dağılabilmesi için yansıtıcının ölçüsünün en fazla 0,5 ile 30 ses dalgası boyunda olması gerekmektedir. Klasik yüksek frekans ve alçak frekans ses aralığında azami nesnel maddelerde ses kırılma hesaplama metodu kullanılmaz. Fakat çok yüksek hafıza kapasitesi olan, uygun yüksek hızlı bilgisayarlarda ışığın yayılma problemlerinden elde edilmiş klasik Helmholtz integral denklem formülünden esinlenilerek oluşturulmuş hesaplama yöntemi farklı elementler kullanılarak çok dikkatli ve arzulanan şekilde geliştirilmiştir (Harrington 1993; Seybert et al. 1986; Jin 1993). Böylelikle orta düzey frekansların yayılım problemi ve küçük yansıtıcıların istenilen detayda incelenmesi mümkün olmuştur.

Parabolik yansıtıcı sıkça optik ve radyo mühendisliklerinde otomobil farları radar antenleri astronomik teleskoplar ve mikrodalga haberleşmeler gibi değişik uygulamalarda yönsel özellikleri sağlamak amacıyla yaygın olarak kullanılır. Tüm bu durumlarda kullanılan bu yansıtıcılar yüksek yönlendirmeyi sağlamak amacıyla dalga boyuna göre çok geniştirler. Bu koşullar altında (Born ve Wolf 1980), yansıtıcının genişliğine bağlı olarak yüzeydeki yansıtıcıyı varsayarak, aracın yönsel özellikleri klasik fiziksel optik metodu ile hesaplanabilir.

Atmosferdeki akustiklerin, dalga boyuna göre geniş parabolik yansıtıcıların kullanılması ve dar alıcılara sahip olması genellikle olan bir şey değildir. Rüzgarlar ve ani ısı değişimleri ses dalgalarının zamanında ulaşmasını engelleyen kırılmaları üretir. Özellikle portatif kullanımlarda küçük alıcıyla birlikte küçük yansıtıcıların kullanılması tercih edilebilir. Bir yansıtıcının 0,5 ve 1metre çapındaki alanlarda kullanılması uygundur. Bu ölçüdeki alanlarda, varsayılan frekanslar için, radyo ve optik

teknolojisinde kullanılan hesaplama tekniklerinin kullanımı uygun değildir. Wahlstrom (1985) bu fenomen üzerine bir çok açıdan yararlı olan pratik bir tartışmayı ortaya çıkarmıştır. Fakat küçük yansıtıcıların kırınımlarını detaylı olarak test etmek için mutlaka daha doğru olan hesaplama tekniğini kullanılmalıdır.

Teorik olarak, açının tam ve doğru olması için isteğe göre şekillenmiş yapılarda her türlü kırılma ve saçılma için moment teorisi uygulanabilir. Bu çalışmaya göre, eksenel simetri kullanılması hesap yüklemesinin düşmesi için daha ekonomik ve uygun olduğu ifade edilmektedir. 1996’ da Lee tarafından bu amaçla bir program yazılmıştır.

Bu formun kavis biçimi aşağıdaki denklemlerle ifade edilir:

$$y + 2a = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (2.1.)$$

Dönüştürücünün merkezin odak noktasında ve yüzeyin y eksenindeki kavis rotasyonuna çizilmiş olduğu varsayılmıştır. “a” uzaklığı odak uzunluğudur. Her durumda, ses kaynağının orijinden ve odak noktada hesaplanan ses basıncından 1000 dalga boyutunda olduğu varsayılmıştır. Problemi dalga boyunun durumuna göre boyutlandırmak uygundur; daha sonra verilmiş değerlerin sonuçları her frekansta değerlendirilebilir. Örneğin, uzaklık kaynağı 1000 dalga boyutu olan alıcı aygıtı özellikle uzaklıktan bağımsızdır; buna “uzak alan” durumu adı verilir.

Hiper Sonik Ses teknolojisi sayesinde lazer gibi ilerleyebilen ses dalgaları, sesin dağılmadan, dosdoğru hedefine ulaşmasını sağlıyor. Hiper Sonik Ses (HSS) adı verilen yeni teknoloji üzerinde 2002 yılından bu yana ses üzerine araçlar geliştiren araştırmacı Woody Norris çalışmaktadır. Norris'in geliştirdiği araç sayesinde ses dalgaları aynı lazer gibi dağılmadan ve çok uzun mesafelerde gönderilebilmektedir. Bu teknolojinin sağladığı birçok olanak mevcuttur. Markette raflar arasında gezen kişiler, o anda önünde buldukları tezgahdaki ürünler hakkında sesli olarak bilgi alabilecek. Böylece her müşteriye aynı anda, tüm ürünler hakkında, ayrı ayrı tanıtım ve reklamı yapılabilecek. Müze ziyaretlerinde, kişi sadece o anda önünde bulunduğu eser hakkında bilgilendirilebilecek. Diskoda herkes kendi seçtiği ve başkasının duyamayacağı müzikle dans edebilecek. Sahalarda teknik direktörlerin verdiği taktikler rakip futbolcular

tarafından duyulamayacak. Havalimanında yapılan anonslar sadece hedeflenen kişi tarafından duyulacak, başkalarını rahatsız etmeden kulaklıksız müzik dinleme olanağı sağlanacak.

2.1 Mikrofon Sistemleri

Bir mikrofon sisteminin direk sonuçları geometrik şeklinin yapısına, dalga boyunda ölçülen boyutuna ve iletme sisteminin veya sistemlerinin mizacına bağlıdır. Dalga boyutu $c=v$ bağlamında sesin sıklığına bağlıdır. Ve burada :

$C = 344$ m/saniye tahmin edilen sesin havadaki hızıdır

$V =$ Hertz' deki sıklık

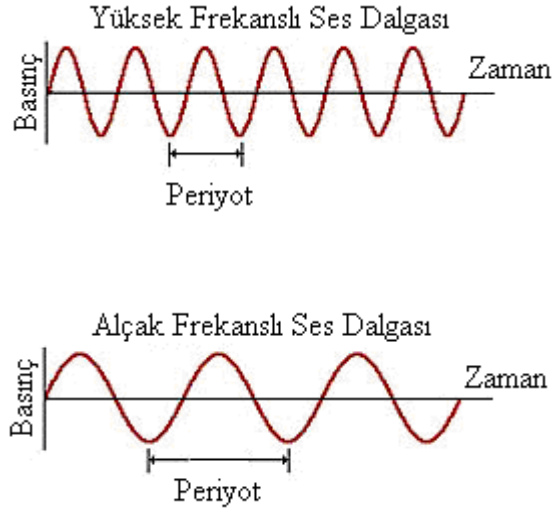
$\lambda =$ Metre cinsinden dalga boyu

Dönüştürücü havadaki ses basıncını veya hızını aydınlatıcıyı, kaydediciyi veya diğer elektrikli cihazları çalıştırmak için bir voltaja veya akıma çeviren bir cihazdır. (İletim sistemlerinin teknik özellikleri burada belirtilmemiştir.)

İlgili özellikler kutupsal koordinatlarda diyagram olarak gösterilmektedir ve burada mikrofonun ses genişliği sistemin eksenine göre işlemin açısı olan yarıçap olarak adlandırılır. Burada konunun yarıçapı çizginin genişliği (ses basıncı) veya ses yoğunluğunda logaritmik olabilir. Daha sonraki durumda kullanılan birim desibeldir (Db). Hesaplamalarda sesin mikrofondan çok uzak bir kaynaktan yayıldığı varsayılır. Her diyagram sadece bir frekansa uygulanır. Bu diyagram mikrofonun ışımalarının grafiğini verir. Merkez lop veya ana ışımının şeklinin yanında genellikle bir çok başka düşük güçlü küçük loplar vardır. Bilinmeyen bir pozisyondan ses kaydedilirken bu küçük kısımlar hem yönü hem de kaynağın gücünü tamamen farklı yansıtarak sesi verebilirler.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Ses sinyali (Audio), sesin “elektriksel formu” dur. Ses sinyali, sesin kaydedilebilmesi, uzak mesafelere iletebilmesi ve saklanıp yeniden üretebilmesi için bir “çeviriciden geçmiş” halidir. Ses Analog ve Dijital olmak üzere iki çeşittir. Analog ses sinyali, sesin birebir kopyalanmış biçimidir. Dijital ses sinyali ise “analog ses sinyalinin” birim zamanda belli örnekler alınması ve örneklerin sadece 1 ve 0’ lardan oluşan bir koda dönüştürülmesiyle elde edilmiş sayısal biçimidir.



Şekil 3.1. Yüksek ve alçak frekanslı ses dalgaları

Çizelge 3.1. “dB” cinsinden ölçülmüş ses seviye değerleri

Sesin Cinsi	Ses Seviye Değeri (dB)
İnsan kulağının duyabileceği en düşük ses	0
Fısıltı, sessiz konuşma	30
Yağmur düşüşü, sessiz ofis, buzdolabı, havalandırma	50
Bulaşık makinesi, dikiş makinesi, normal bir konuşma	60
Yoğun trafik, elektrikli süpürge, saç kurutma makinesi	70
Çalar saat, metro, fabrika gürültüsü	80
Tıraş makinesi, kamyon trafiği, çim biçme makinesi	90
Kar aracı, çöp kamyonu, müzik seti	100
Rock konseri, elektrikli testere	110
Uçağın havalanışı, gece kulübü	120
Delici çekiç	130
Av tüfeği, jet motoru	140
Roket fırlatıcısı	180

Sesin havadaki yayılma hızı 332 m/s' dir. Sıcaklık arttıkça sesin hızı da artar. Sıcaklık artışı moleküllerin titreşim hızlarını artırır, dolayısıyla sesin yayılma hızının artmasına sebep olur. Sıcaklıktaki bir derece artışa karşın 0,6 m/s' lik bir hız artışı görülür. 20°C' de ses, havada 344 m/s hızla hareket eder.

Çizelge 3.2. Bazı ortamlarda sesin yayılma hızı değerleri

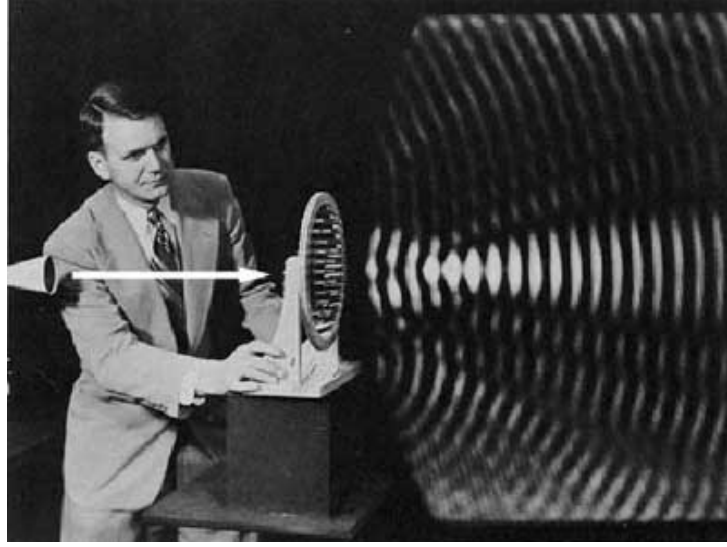
Ortam	Sesin Yayılma Hızı (m/s)
Hava	332
Su	1454
Tahta	3828
Demir	5103
Taş	5971

Ses dalgasının dalga boyu sesin hızı kullanılarak hesaplanabilir. Hızın frekansa oranı dalga boyuna eşittir.

$$\lambda = v / f \quad (3.1.)$$

Elektronik ortamda sesin dinamik aralığı 0 volt seviyesi ile yaklaşık 1,5 volt seviyesi arasına sıkıştırılmak zorunda kalmıştır. Ses donanımlarında bulunan VU (Volume Unit) metre ve PPM (Peak Program Meter) cihazları bu seviyeyi ölçmek için kullanılmıştır. Bu seviyeyi aşan sesler elektronik olarak işlenemeyecek ve doğallığını kaybederek anlaşılmaz hale gelecektir. Bu olaya “patlama” veya “yırılma” denilmektedir.

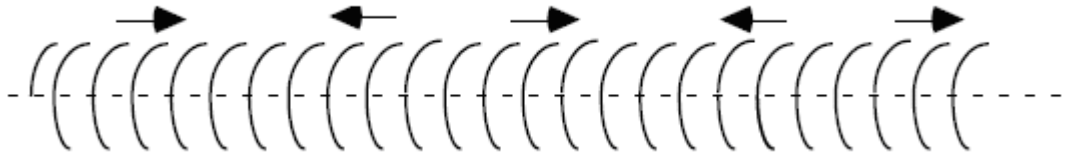
Ses kaynağından çıkıp yayılan ses dalgaları sert bir yüzeye çarptığında doğrultusunu ve yönünü değiştirir. Bu olaya sesin yansıması denir. Sesin yansıma özelliğinden yararlanılarak uzaklıklar ölçülebilir. Ayrıca sesin yansıma özelliğinden denizdeki balık sürülerinin yerleri, okyanus derinlikleri, uçakların yüksekliği ve bazı maddelerdeki bozukluklar tespit edilebilir. Ses dalgaları bir yüzeye çarpıp yansyarak tekrar duyulmasına yankı denir. Yankı olayı dağ yamaçlarında, boş odalarda, spor salonları gibi yerlerde gerçekleşir; küçük kapalı yerlerde (3-5 m mesafeden) fark edilmez.



Şekil 3.2. 1960 tarihli bu fotoğrafta özel bir ses merceği ve özel bir görüntüleme yöntemi kullanılarak, sol tarafta görülen kornadan çıkan ses dalgalarının görüntüsü elde edilebilmiştir.

3.1. Sıkıştırma Dalgaları

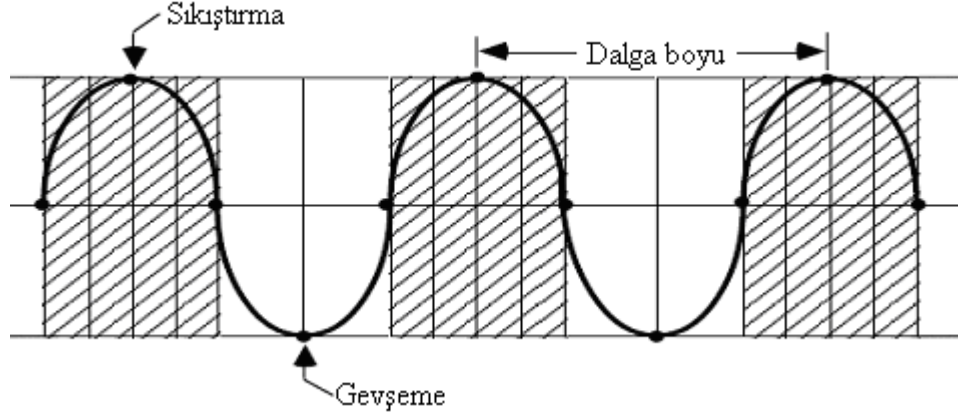
Dalgalar, uzun bir spiral yayla, yayın ucundaki bazı sargıları sıkıştırmak ve serbest bırakmak suretiyle elde edilebilir. Yayın parçaları ritmik olarak ileri geri hareket ederler. Bazen, dalgadaki maddesel parçacıklar sıkıştırılmış olur. Bunlar daha uzağa doğru hareket ederler. Bu türdeki dalgaya sıkıştırma dalgası adı verilir. Bir sıkıştırma dalgasında madde, dalganın titreşim doğrultusunda titreşim yapar. Ses dalgaları titreşim ile ortaya çıkan sıkıştırma ve boyuna dalgalarıdır. Bir kaynağın titreşimi ile ortaya çıkar ve hava veya diğer maddesel ortamlarda hareket edebilir, boşlukta hareket edemez.



Şekil 3.3. Spiral bir yayda sıkıştırma dalgasının meydana gelişi.

Spiral bir yayda bir dalganın ilerlemesi sırasında bir kısım sıkışır ve diğer bir kısım ise gevşer. Yay sargılarının sıkıştığı bölgeye sıkışma alanı denir. Yay sargılarının gevşediği yerlere ise atma alanı denir. Yayın tümü, dalga yay boyunca ilerlerken ileri geri hareket eder. Dalganın üstte kalan kısmı sıkışmayı, altta kalan kısmı ise gevşemeyi

gösterir. Sıkıştırma dalgalarının dalga boyu, bir sıkışmadan diğerine olan uzaklık olarak tanımlanabilir.

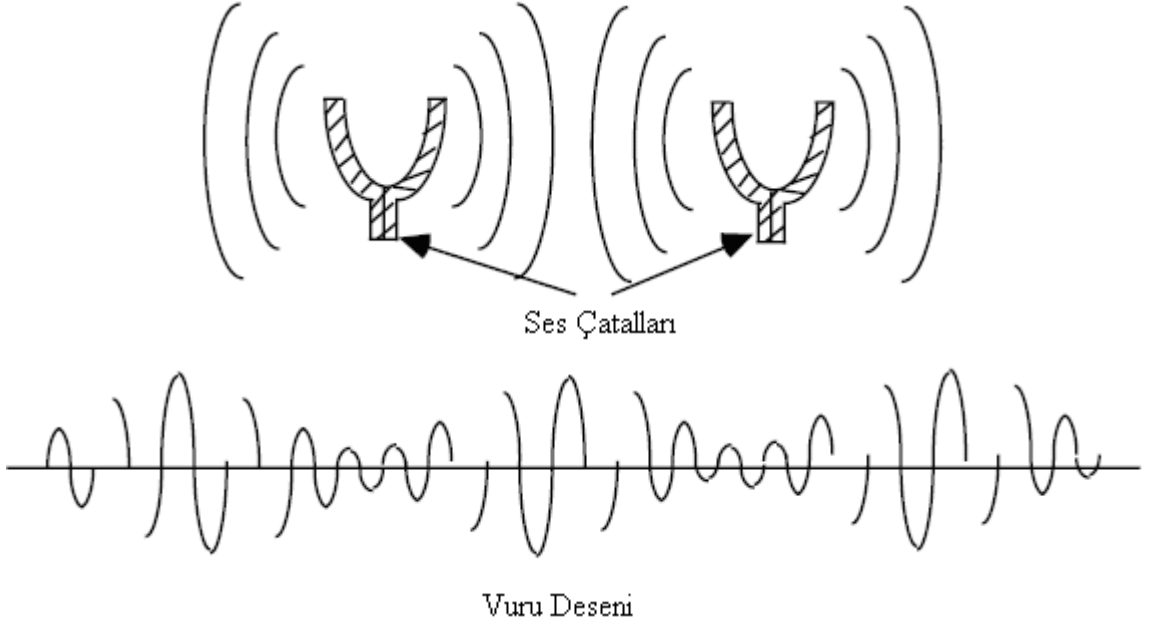


Şekil 3.4. Ses dalgasının sıkıştırma ve gevşeme dalgasıyla temsili

3.2. Girişim

İki veya daha fazla ses dalgaları arasındaki girişim, sesin şiddetinin artmasına veya azalmasına yol açabilir. Bir ses dalgası bir seri sıkışma veya gevşemelerden ibarettir. İki dalga girişim yaparsa, her dalganın sıkışma ve gevşemeleri birbiriyle birleşme yapar. Sıkışmalar ve gevşemeler birbirleriyle çakışılırsa, girişim yapıcı olur. Yapıcı girişim, dalganın genliğini artırır böylece sesin şiddetinde artış gözlenir.

Yok edici girişim ise bir dalganın sıkışması ile diğer bir dalganın gevşemesinin birleşmesiyle meydana gelir. Yok edici girişim genliği azaltır böylece sesin şiddetinde azalma meydana gelir. Girişim, frekansları farklı olan iki ses çatalının aynı anda titreştirilmesiyle duyulabilir. Girişim olayı, çatalların sesinin şiddet bakımından bazen artış bazen de zayıflama göstermelerine yol açacaktır. Sonuçta ses sürekli vurular halinde duyulur.



Şekil 3.5. İki ses dalgasının girişimi ve vuru

3.3. Sesin Farklı Ortamlarda Yayılması

Ses katı, sıvı ve gazlarda farklı hızlarda yayılır ve aynı zamanda ses bir ortamdan diğer bir ortama kolaylıkla ve iyi bir şekilde geçemez. Bir tuğla duvara vurulduğu zaman çok az miktarda ses enerjisi havada diğer ortama geçebilir. Aksine ses enerjisinin büyük bir kısmı duvardan geri yansır. Boş alanlarda ve özellikle tünellerde ses dalgaları eko yaparak tekrar geri yansır. Eko bazı durumlarda çok iş yaramasına rağmen bazı durumlarda sıkıntıya yol açar. Kütüphane, restaurant ve bunun gibi topluluk alanları sessiz olmalıdır. Bu nedenle bu tür alanlar yumuşak ve engebeli malzemelerle yapılmalıdır. Bunun nedeni bu tür malzemelerin ses dalgaları emmesidir. Bunun yanında konser alanları, konferans salonları gibi alanlar sert ve pürüzsüz malzemeler kullanılarak yapılmalıdır. Böylelikle ses dalgaları emilmeden salonun her tarafına eşit olarak yayılabilir. Bazı düz pürüzsüz malzemelerle yapılmış alanlarda eko oluşmaz. Bunun nedeni çok yüksek frekanslarda ses titreşimlerinin ultra ses üretmesidir. Ultra sesler bazı katılarda dahi yansıma yaparlar. Ultra sese anne karnındaki bebek örnek verilebilir. Havada ses dalgaları görünmez fakat bunların bıraktığı etki görülür. Buna örnek olarak bir plakaya vurulduğu zaman bir saniye plakada bir titreşim meydana gelir. Burada plakanın titreşimi aynı zamanda plakanın etrafındaki havada da titreşim meydana gelmesi anlamına gelir. Havadaki bu küçük titreşim hareketi (ses dalgası) çok hızlı bir şekilde havada tüm yönlere doğru yayılır.

Çok hızlı titreşimler yüksek sesler üretir, yavaş titreşimler ise alçak sesler üretirler. Titreşimler yaklaşık hangi ses kuvveti ile başlatılırsa, bu miktarla doğru orantılı olarak titreşim hareketi başlar. Aynı kuvvet uygulanmasına rağmen çok yoğun maddeler daha hafif maddelere göre çok daha az titreşim oluştururlar.

Yayılan ses dalgaları materyalin kalınlık, miktar ve uzunluğuna bağlı olarak değişir. Aynı zamanda üretilen titreşim de maddeye bağlı olarak değişir. Yavaş titreşimler düşük frekans üretirler, hızlı titreşimler ise yüksek frekans üretirler. Ses ve ışık havada dalga şeklinde yayılırlar. Fakat ses dalgalarının oluşturduğu dalgalar ışık dalgalarınınkine göre farklı yayılırlar. Işık dalgalarının yayılımı aşağı ve yukarı doğru veya yan yanadır. Bundan dolayı ışık dalgalarına enine çapraz dalgalar denilir ve aynı olay su dalgalarında da görülür. Ses dalgaları boyuna dalgalardır, öne ve arkaya doğru yayılırlar.

Ses dalgaları havanın sıkıştırılmış ve gerilmiş moleküllerinde yayılır. Ses kaynağı çevresinde üretilen titreşim havada sık yayılır, bunun neticesinde de havadaki moleküller birbirini iterler. Bu hareket devam eder ve boyuna ses dalgaları havada çoğalırlar. Havadaki sıkışma arttıkça sesin yayılım alanı genişler ve daha şiddetli ses duyulur.

Tüm sesler şiddetine ve şekillerine bağlı titreşimler üretirler. Akustik ses dalgalarının nasıl yayıldığını ve nasıl kontrol edilebileceğini inceler. Akustikle uğraşan mühendisler ses emilimi ve ses yansımaları sağlayan maddeler kullanarak geniş odalar tasarlarlar. Bunun nedeni, ekoyu ve yansımaları kontrol edebilmektir (Bregman A.,1990).

3.4. Doppler Etkisi

Tını ve frekans birbiriyle ilişkili kavramlardır. Bir sesin tınısı frekansı ile belirlenir. Frekansla tını doğru orantılıdır. Tınıdaki bir değişme Doppler etkisi yaratır. Doppler etkisi, dalga kaynağının hareketi ile ortaya çıkan dalga frekansındaki değişmedir. Yaklaşmakta olan bir polis otosunun sireninin sesi tını yönünden artış gösterir. Bunun nedeni polis otosunun yaklaşırken, hareketinin siren dalgalarını sıkıştırmasıdır. Bu sıkıştırma yüksek bir frekansa ve yüksek bir tınıya yol açar. Otomobil bizi geçip, uzaklaştığı zaman duyulan sesin tınısı azalır. Bunun nedeni ses dalgalarının yavaşlamış olmasından kaynaklanmaktadır. Dalgaların hem frekansı hem de tınısı azalmıştır. Doppler etkisi, gözlemci ses kaynağına doğru hareket ederse tekrar ortaya çıkar. Tren geçidine doğru yaklaşan bir trende ikaz zillerinin sesi tını kaynaklanan nedenden değişme gösterir. Tınıdaki artış, dalga frekansının artması ve dalga boyunun azalması demektir. Doppler etkisinin uygulaması karayollarında seyir eden araçların hızını tespit eden radarlı hız kontrol cihazlarında görülür. Radar dalgaları hareket halindeki araca doğru gönderilir ve araçtan yansıyan dalgalar alıcıya ulaşır. Radar dalgalarının frekansındaki değişmeler alıcıya doğru hareket eden araçtan ileri gelmektedir. Frekanstaki bu değişme radar alıcısı tarafından hıza dönüştürülür. Bu yolla, hız limitini aşan araçların tespiti mümkün olmaktadır. Yukarıda bahsedilen örneklerden de anlaşılacağı gibi Doppler etkisinde asıl fiziksel değişken dalga boyudur. Frekansla dalga boyu ters orantılıdır. (Christian Andreas Doppler, 1842).

3.5. Piezoelektrik

Piezoelektrik etki olayı, bir levhaya belli bir doğrultuda uygulanan bir baskı (çekme ya da sıkıştırma) sonunda kristalleri çeşitli yönlerden sıkıştırarak iki yüzünde ters işaretli yüklerin (+q ve -q) ortaya çıkmasıyla voltaj üretilmesidir (Pierre ve Jacques Curie kardeşler 1880).

Ortaya çıkan elektrik yüklerinin yüzeysel yoğunluğu, uygulanan basınçla doğru orantılıdır. Oran katsayısına piezoelektrik modül adı verilir. Bu olayın tersinir bir niteliği vardır. Söz konusu iki yüzün her biri üstüne +q ve -q yükleri uygulanırsa ya da

bu yüzler arasına bir U potansiyel farkı uygulanırsa, levhanın belirli bir doğrultuda genişlediği ya da kasıldığı gözlenir. Uygulanan baskı U ile orantılıdır. Sonuç olarak piezoelektrik etki ve bunun tersi, bir F mekanik kuvvetin bir elektriksel potansiyel farkına doğrudan dönüşüm elde edilmesini sağlar. Piezoelektrik kristaller ve seramikler, mekanik titreşimlerin elektrik dalgasına, elektrik dalgalarının mekanik titreşimlerine çevrilmek istenen elektromanyetik çeviricilerde kullanılırlar.

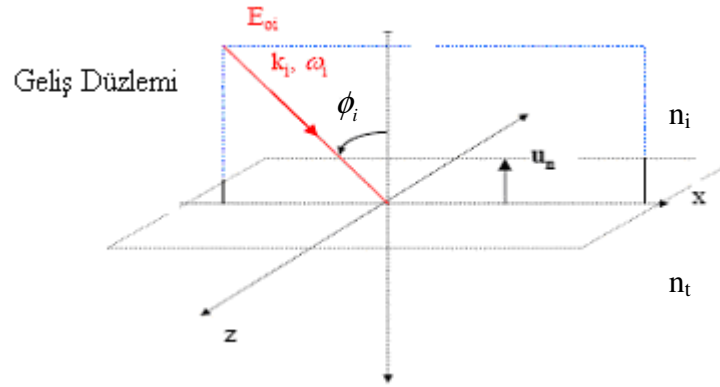
Radyo vericilerinin frekans kontrolleri, telefon iletişimi uygulamalarındaki dalga filtrelerinde kullanılırlar. Ayrıca kristal mikrofonlar, gemilerde derinlik ve hedef bulmaya yarayan sonar cihazlarda, piezo kristallerinden yararlanılır. Sonar cihazında piezoelektrik olayıyla su içine ses yayımı yapılır. Sesi çıkaran elektrik enerjisi titreşen kristallerdir. Ses yansıyınca bu defa kristaller suyun ses yüzünden sıkışmasıyla titreşir. Titreşen kristaller elektrik dalgaları üreterek ses ve ekranda görüntü olarak hedef tespiti yapılır. Ters piezoelektrik yardımıyla bir seramik malzemede önemli ölçüde şekil değişimi oluşturulabilmektedir.

3.5.1. Piezoelektrik Rezonans

Bir kuvars levhası bir f_0 mekanik titreşim frekansı olan esnek bir katıdır (genleşme ve sıkışma). Bu frekansın değeri: $f_0 = \frac{V}{2e}$ dir. Burada V, titreşimin kuvarsta ilerleme hızı (3500 m/sn) ve e, titreşim dalgasının yarı uzunluğuna eşit olan levha kalınlığıdır (1 mm' lik kalınlık için: $f_0 = 3500/2 \times 0,001 = 1750000$ hertz). Bir kuvars levhası f_0 frekansında titreşim yaptığında, bu levha üstüne uygun biçimde yerleştirilmiş iki elektrot arasında aynı f_0 frekansında değişen bir gerilim elde edilir. Dolayısıyla kuvars levhası salınan bir elektrik devresine benzetilebilirler.

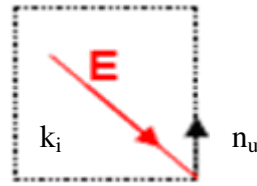
3.6. Fresnel Eşitliklerinin Sese Etkisi

Ses farklı indislere sahip bölgelerden geçerken kırınma uğrar. x - z düzleminin, kırılma indisleri n_i ve n_t olan iki düzlemi ayıran sınır yüzeydir. Gelen dalganın dalga vektörü; ortama ϕ_i açısı ile gelen bir elektromanyetik dalgayı ifade eder (Ishimaru, 1991).

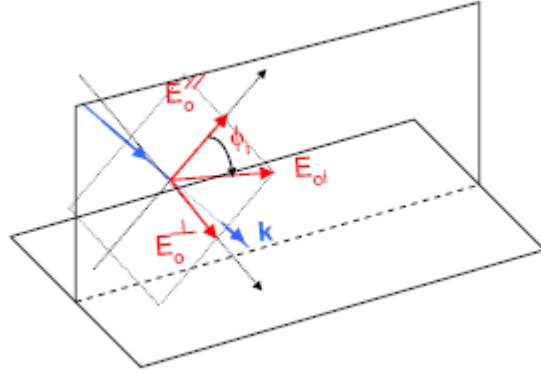


Şekil 3.6. Gelen dalganın farklı ortamlardan geçiş görünümü.

Şekil 3.6.' da sırasıyla n_i , n_t , k_i , ω_i , E_{oi} , geliş ortamının kırılma indisini, geçtiği ortamının kırılma indisini, gelen dalganın dalga vektörünü, açısal frekansı, gelen dalganın genliğini göstermektedir.



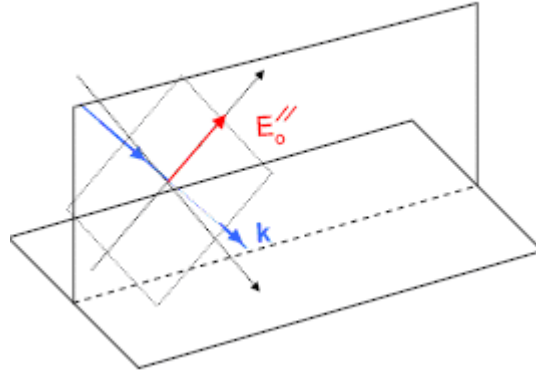
Şekil 3.7. Sırasıyla k_i , u_n geliş düzlemini, düzlem normal vektörünü gösterir.



Şekil 3.8. Elektrik alanının geliş düzlemine paralel ve dik birleşenleri.

$$|\vec{E}_{ot}| = \sqrt{(E_{ot}'')^2 + (E_{ot}^{\perp})^2} \quad (3.2.)$$

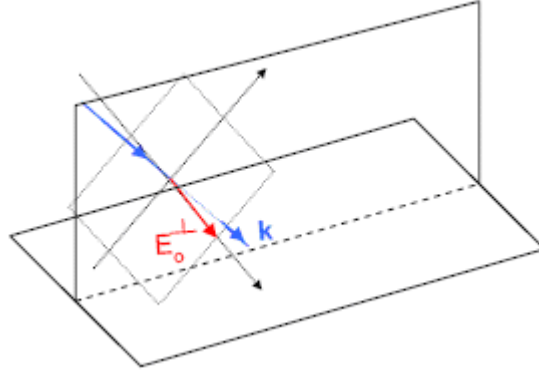
$$\tan \phi_t = \frac{E_{ot}^{\perp}}{E_{ot}''} \quad (3.3.)$$



Şekil 3.9. Elektriksel alan vektörü (E) geliş düzlemine paralel ise TM (Transverse Magnetic) (P-Polarizasyon) olarak adlandırılır.

$$(E_{oi}'' \neq 0, E_{oi}^{\perp} = 0) \quad (3.4.)$$

$$E_o^p = E_{oi}'' \quad (3.5.)$$



Şekil 3.10. Elektriksel alan vektörü (E) geliş düzlemine dik ise TE (Transverse Electric) (S-Polarizasyon) olarak adlandırılır.

$$(E''_{oi} = 0, E^{\perp}_{oi} \neq 0) \quad (3.6.)$$

$$E_o^s = E^{\perp}_{oi} \quad (3.7.)$$

S-Polarize bir dalga için, sınır şartları uygulandığında, elektrik alanının teğet bileşenlerinin sürekliliğinden aşağıdaki denklem yazılabilir:

$$(\vec{E}_{oi}^s + \vec{E}_{or}^s)_{tegets\text{el}} = (\vec{E}_{ot}^s)_{tegets\text{el}} \quad (3.8.)$$

$$\hat{u}_n \times (\epsilon_i \vec{E}_{oi}^s + \epsilon_i \vec{E}_{or}^s) = (\epsilon_t \vec{E}_{ot}^s) \times \hat{u}_n \quad (3.9.)$$

S-Polarizasyon dalgada normal bileşen yoktur. Manyetik alan içeren bir denklem ve iki bilinmeyen vardır.

$$-\frac{B_{oi}^s}{\mu_i} \cos \phi_i + \frac{B_{or}^s}{\mu_r} \cos \phi_r = -\frac{B_{ot}^s}{\mu_t} \cos \phi_t \quad (3.10.)$$

Ortamlar manyetik olmadığı zaman:

$$\mu_i = \mu_r = \mu_t = \mu_o \quad (3.11.)$$

$$-E_{oi}^s n_i \cos \phi_i + E_{or}^s n_r \cos \phi_r = -E_{ot}^s n_t \cos \phi_t \quad (3.12.)$$

$$\phi_i = \phi_r \Rightarrow \cos \phi_r = \cos \phi_i \quad (3.13.)$$

$$\frac{E_{or}^s}{E_{oi}^s} = \frac{n_i \cos \phi_i - n_t \cos \phi_t}{n_i \cos \phi_i + n_t \cos \phi_t} \quad (3.14.)$$

$$\frac{E_{ot}^s}{E_{oi}^s} = \frac{2n_i \cos \phi_i}{n_i \cos \phi_i + n_t \cos \phi_t} \quad (3.15.)$$

Fresnel Katsayıları S- ve P-Polarize Elektro Manyetik Dalga için yansımaya ve geçiş katsayılarını verir.

$$r_s \equiv \frac{E_{or}^s}{E_{ot}^s} \quad (3.16.)$$

Eşitlik (3.16.) S – Polarize Elektromanyetik dalga için yansıtma katsayısını göstermektedir.

$$t_s \equiv \frac{E_{ot}^s}{E_{oi}^s} \quad (3.17.)$$

Eşitlik (3.17.) S – Polarize Elektromanyetik dalga için geçirme katsayısını göstermektedir.

$$r_p \equiv \frac{E_{or}^p}{E_{oi}^p} \quad (3.18.)$$

Eşitlik (3.18.) P – Polarize Elektromanyetik dalga için yansıtma katsayısını göstermektedir.

$$t_p \equiv \frac{E_{ot}^p}{E_{oi}^p} \quad (3.19.)$$

Eşitlik (3.19.) S – Polarize Elektromanyetik dalga için iletim katsayısını göstermektedir.

$$r_s \equiv \frac{E_{or}^s}{E_{ot}^s} = \frac{n_i \cos \phi_i - n_t \cos \phi_t}{n_i \cos \phi_i + n_t \cos \phi_t} \quad (3.20.)$$

$$t_s \equiv \frac{E_{ot}^s}{E_{oi}^s} = \frac{2n_i \cos \phi_i}{n_i \cos \phi_i + n_t \cos \phi_t} \quad (3.21.)$$

Eşitlik (3.20.) ve (3.21.) S-Polarizasyonu için Fresnel katsayılarını göstermektedir.

$$r_p \equiv \frac{E_{or}^p}{E_{oi}^p} = \frac{n_t \cos \phi_i - n_i \cos \phi_t}{n_t \cos \phi_i + n_i \cos \phi_t} \quad (3.22.)$$

$$t_p \equiv \frac{E_{ot}^p}{E_{oi}^p} = \frac{2n_i \cos \phi_i}{n_t \cos \phi_i + n_i \cos \phi_t} \quad (3.23.)$$

Eşitlik (3.22.) ve (3.23.) P-Polarizasyonu için Fresnel katsayılarını göstermektedir.

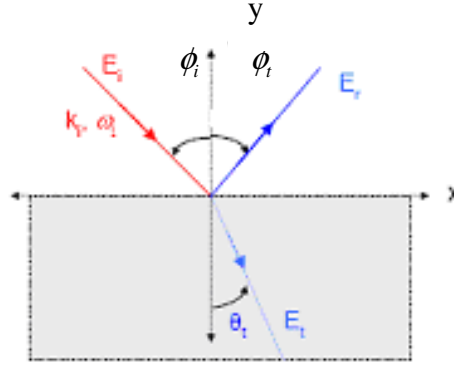
P ve S Polarizasyonuna göre Fresnel Katsayılarında Yansıtma R:

$$R_s = |r_s|^2 \quad (3.24.)$$

$$R_p = |r_p|^2 \quad (3.25.)$$

Yüze normal doğrultuda gelen ses için $\phi=0$ 'dır. Bunun sonucunda da R_s ve R_p değerleri aynı değere yaklaşır:

$$R_s = R_p = \left| \frac{n-1}{n+1} \right|^2 \quad (3.26.)$$



Şekil 3.11. E_i , E_r , E_t elektrik alan vektörleri sırasıyla gelen, yansıyan ve geçen elektrik alan vektörlerini göstermektedir.

$$E_i = E_{oi} e^{i(k_i r - \omega_i t)} \quad (3.27.)$$

$$E_r = E_{or} e^{i(k_r r - \omega_r t + \phi_r)} \quad (3.28.)$$

$$E_t = E_{ot} e^{i(k_t r - \omega_t t + \phi_t)} \quad (3.29.)$$

Yansıyan dalga E_r ve geçen dalga E_t sınır şartları uygulanarak bulur.
Elektromanyetik dalga için sınır şartları:

- 1) Elektrik alanın teğetsel bileşenleri iki ortamın sınırı boyunca süreklidir
- 2) Polarize edilen madde içerisindeki toplam (net) elektrik alanının (D) normal bileşenleri iki ortamın sınırı boyunca süreklidir
- 3) Manyetik alanın (H) normal bileşenleri iki ortamın sınırı boyunca süreklidir
- 4) H alanının teğetsel bileşeni iki ortamın sınırı boyunca süreklidir

$$D = \epsilon E \quad (3.30.)$$

$$H = B / \mu \quad (3.31.)$$

Elektro Manyetik Dalganın sınır şartları kullanılarak matematiksel olarak ifade edilişi:

1. Elektrik alanın teğet bileşeninin sürekliliğinden;

$$\left[(\vec{E}_i + \vec{E}_r)_{y=0} \right]_{tegetsel} = \left[(\vec{E}_t)_{y=0} \right]_{tegetsel} \quad (3.32.)$$

$$\left[\epsilon_i (\vec{E}_i + \vec{E}_r)_{y=0} \right]_{normal} = \left[\epsilon_t (\vec{E}_t)_{y=0} \right]_{normal} \quad (3.33.)$$

2. Manyetik alanın teğet bileşeninin sürekliliğinden;

$$\left[\frac{1}{\mu_i} (\vec{B}_i + \vec{B}_r)_{y=0} \right]_{tegetsel} = \left[\frac{1}{\mu_t} (\vec{B}_t)_{y=0} \right]_{tegetsel} \quad (3.34.)$$

$$\left[(\vec{B}_i + \vec{B}_r)_{y=0} \right]_{normal} = \left[(\vec{B}_t)_{y=0} \right]_{normal} \quad (3.35.)$$

3. E ve B alanlarını birbirleri cinsinden ifade edilişi;

$$\frac{E}{B} = v_m = \frac{c}{n_m} \quad (3.36.)$$

$$|B| = \frac{n_m}{c} |E| \quad (3.37.)$$

Eşitlik (3.36.)' de v_m : sesin madde içindeki hızı, n_m ortamın indisini gösterir.

$$n = \sqrt{\epsilon} \Rightarrow n^2 = \epsilon \quad (3.38.)$$

$$n_m^2 = \frac{\epsilon_m}{\epsilon_o} \quad (3.39.)$$

$$\mu_i = \mu_r = \mu_t = \mu_o \quad (3.40.)$$

Manyetik olmayan ortamlarda eşitlik (3.38.) ve (3.39.) aşağıdaki gibi şekilde yazılır:

$$\left[\frac{n_i}{c} (\vec{E}_i + \vec{E}_r)_{y=0} \right]_{tegetsel} = \left[\frac{n_t}{c} (\vec{E}_t)_{y=0} \right]_{tegetsel} \quad (3.41.)$$

$$\left[\frac{n_i}{c} (\vec{E}_i + \vec{E}_r)_{y=0} \right]_{normal} = \left[\frac{n_t}{c} (\vec{E}_t)_{y=0} \right]_{normal} \quad (3.42.)$$

$y=0$ durumunda gelen, yansıyan ve geçen dalganın fazları eşit olacağından;

$$E_i = E_{oi} e^{i(k_i r - \omega_i t)} \quad (3.43.)$$

$$E_r = E_{or} e^{i(k_r r - \omega_r t + \phi_r)} \quad (3.44.)$$

$$E_t = E_{ot} e^{i(k_t r - \omega_t t + \phi_t)} \quad (3.45.)$$

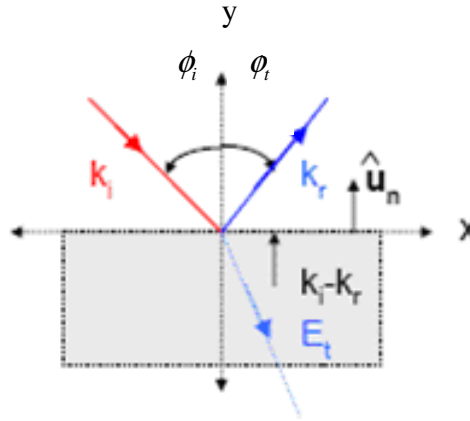
$$(\vec{E}_i + \vec{E}_r)_{y=0} = (\vec{E}_t)_{y=0} \quad (3.46.)$$

Eşitlik (3.46.) sağlanması için Snell kırılma yasasına göre üstel ifadelerin eşit olması gerekmektedir.

$$(k_i \cdot r - \omega_i t)_{y=0} = (k_r \cdot r - \omega_r t + \phi_r)_{y=0} = (k_t \cdot r - \omega_t t + \phi_t)_{y=0} \quad (3.47.)$$

Elektro manyetik dalganın frekansı her ortamda aynı olduğundan (3.47.) eşitliğinin zaman kısımları (3.48.) eşitliği gibi ifade edilir;

$$\omega_i = \omega_r = \omega_t \quad (3.48.)$$



Şekil 3.12. Elektro Manyetik Dalganın Uzaysal kısmın ifadesini göstermektedir.

Elektro Manyetik Dalgada $(k_i - k_r)$ sınıra diktir. k vektörünün büyüklüğü $|k| = \frac{2\pi}{\lambda}$, dir. k_i ve k_r aynı ortamda olduğu için $|k_i| = |k_r|$ dir. u_n birim vektörü x - z düzlemine dik olduğundan $(k_i - k_r)$, u_n ' e paraleldir.

$$(k_i \cdot r)_{y=0} = (k_r \cdot r + \phi_r)_{y=0} \Rightarrow [(k_i - k_r) \cdot r]_{y=0} = \phi_r \quad (3.49.)$$

$$(k_i - k_r)_x \cdot x + (k_i - k_r)_z \cdot z = \phi_r \quad (3.50.)$$

$$(k_i - k_r)_x \cdot x = \text{sabit} = \alpha \quad (3.51.)$$

$$(k_i - k_r)_z = \text{sabit} = \gamma \quad (3.52.)$$

$$\alpha x + \gamma z = \phi_r \quad (3.53.)$$

Eşitlik (3.53.) genel durum için şeklinde yazılır. α , β ve γ doğrultma cosinüslerini gösterir.

$$\alpha x + \beta y + \gamma z = \phi \quad (3.54.)$$

Eşitlik (3.55.) x-z düzlemine paralel olan düzlem denklemini ifade eder.

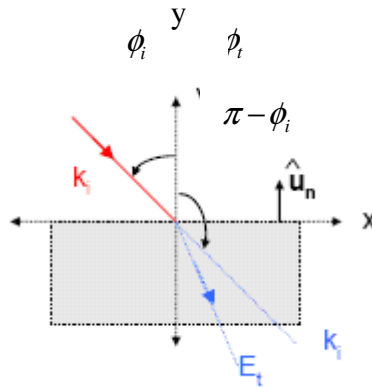
$$\alpha x + \gamma z = \phi_r \quad (3.55.)$$

$$u_{nx} (k_i - k_r) = 0 \quad (3.56.)$$

$$u_{nx} k_i = u_{nx} k_r \quad (3.57.)$$

$$|u_n| |k_i| \sin(\pi - \phi_i) = |u_n| |k_r| \sin(\phi_r) \quad (3.58.)$$

$$\sin(\pi - \phi_i) = \sin(\phi_r) \quad (3.59.)$$



Şekil 3.13. Yansıma kanunlarına göre sesin ortamda yansıması geçerken yaptığı açıları göstermektedir.

$$\sin(\phi_i) = \sin(\phi_r) \Rightarrow \phi_i = \phi_r \quad (3.60.)$$

$$(k_i \cdot r)_{y=0} = (k_t \cdot r + \phi_t)_{y=0} \quad (3.61.)$$

$$[(k_i - k_t) \cdot r]_{y=0} = \phi_t \quad (3.62.)$$

$$u_{nx}(k_i - k_t) = 0 \quad (3.63.)$$

$$n_{nx} k_i = n_{nx} k_t \quad (3.64.)$$

$$|u_n| |k_i| \sin(\pi - \phi_i) = |u_n| |k_r| \sin(\phi_t) \quad (3.65.)$$

Snell Kanuna göre sesin farklı ortamlarda $|k_i| \neq |k_t|$ kırılmasının matematiksel ifadesi:

$$|k_i| \sin(\phi_i) = |k_t| \sin(\phi_t) \quad (3.66.)$$

$$|k_i| = \omega \quad (3.67.)$$

$$\frac{i}{v_i} = \omega \quad (3.68.)$$

$$\frac{i}{(c/n_i)} = \frac{\omega_i}{c} \cdot n_i \quad (3.69.)$$

$$|k_t| = \omega \quad (3.70.)$$

$$\frac{t}{v_t} = \omega \quad (3.71.)$$

$$\frac{t}{(c/n_t)} = \frac{\omega_t}{c} \cdot n_t \quad (3.72.)$$

$$n_i \sin(\phi_i) = n_t \sin(\phi_t) \quad (3.73.)$$

3.6.1. Ses Yakınlığı

Ses yakınlığı, kullanılan mikrofonun türü, mekân akustiği, ses kaynağının şiddeti ve mikrofonda toplanan doğrudan ve yansiyarak gelen ses dalgaları gibi ses öğelerinin işlevleriyle ilgilidir. Ses yakınlığı aynı zamanda doğrudan ve yansiyarak gelen ses dalgalarının, mikrofona ulaşmasının oranına bağlıdır. Çok yönlü mikrofonlar, her yönden gelen seslere, yansıyan seslere duyarlıdır ve bütün sesleri kendi bünyesine kabul etme özelliğine sahiptir. Tek yönlü mikrofonlar ise yalnızca tek bir yönden gelen sesleri alırlar. Diğer yönlerden gelen ve yansıyan sesler bastırıldığından, mikrofona ulaşmaz.

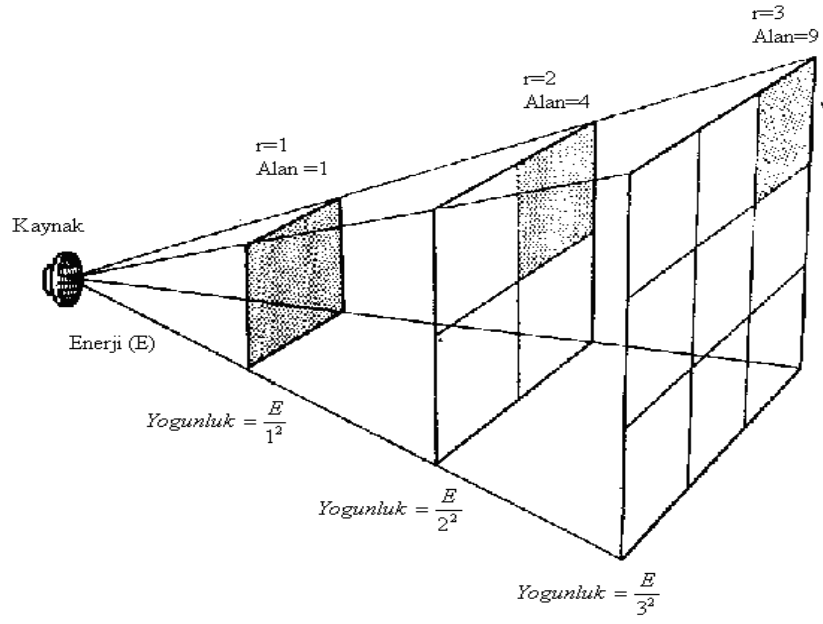
3.7. Sesin Havada İletilmesi

3.7.1. Noktasal Kaynak:

Aynı ortamda havada yayılan ses dalgaları kısa bir süre için durdurularak akustik gücü W olan noktasal bir kaynak olarak düşünülürse, ses küresel bir biçimde yayılır ve herhangi bir yerdeki ses yoğunluğu “ I (Watt/m²)” o yerdeki küresel alanı destekler. Alternatif ses yoğunluğunun ters karesel kuralına göre noktasal kaynağın uzaklığının karesiyle ters orantılıdır (CHAN Lok Shun Apple,2001).

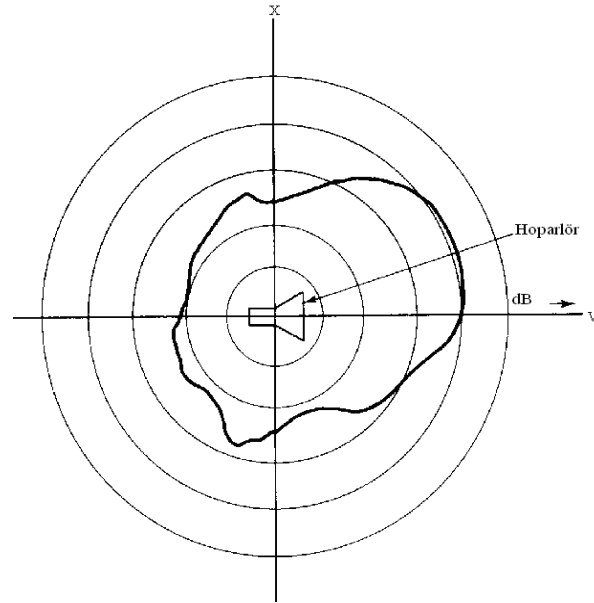
$$I = \frac{W}{4\pi r^2} \quad (3.74.)$$

$$I \propto \left(\frac{1}{r^2}\right) \quad (3.75.)$$



Şekil 3.14. Ters karesel kuralına göre ses dalgası.

Endüstriyel ses kaynağı; basit makinelerde diğer ses makinelerinde olduğu gibi çok karışık problemler olmadığı sürece aynı genel karakteristikler uygulanır. Bununla beraber, ses kaynağının aynı yörüngedeki karakteristiklerini tahmin etmek için bu oldukça gereklidir. Yönelme yeteneği faktörlerini tahmin etmede kullanılır. Q, direk olarak veya yaklaşık hesaplamalarda bu yönelme yeteneği indeksi (*DI*) kullanılır.



Şekil 3.15. Hoparlörden yayılan bir sesin kutupsal görünümü.

Kaynaktan yayılan toplam gücün ortamdaki yönelme yeteneği faktörü “Q” ortamdaki yoğunlukla I (W/m²) aynı ortamda bulunan kaynağın yoğunlukla olan açısının oranı olarak ifade edilir.

$$Q = \left(\frac{I_q}{I} \right)_r \quad (3.76.)$$

Eşitlik (3.76.) sırasıyla I_q, I, r mesafesindeki ses yoğunluğunu, kaynaktaki açığı, r mesafesindeki küresel yüzey üzerindeki ortalama ses yoğunluğunu göstermektedir.

$$DI = 10 \log_{10} \left(\frac{I_q}{I} \right)_r \quad (3.77.)$$

Eşitlik (3.77.) Yönelme yeteneği indeksini (DI) göstermektedir.

$$I = Q \left(\frac{W}{4\pi r^2} \right) \quad (3.78.)$$

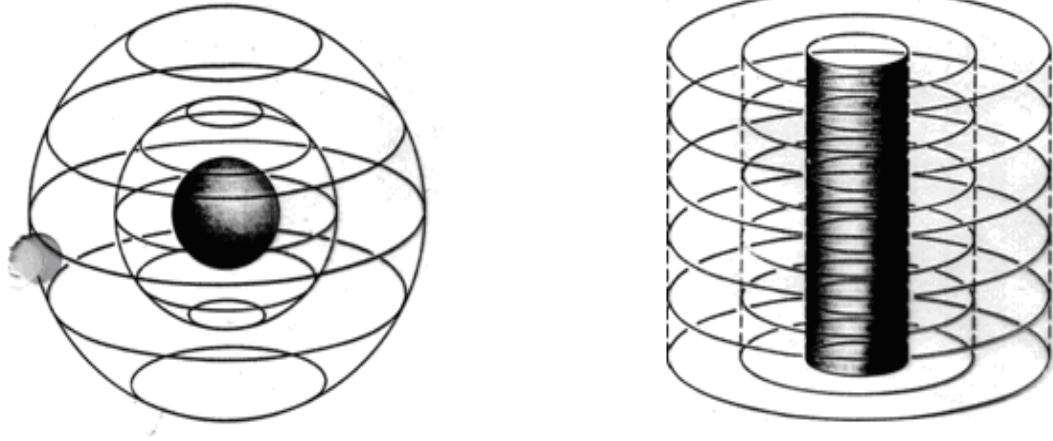
Eşitlik (3.78.) ses kaynağının herhangi bir yönsel etkisini bulmak için, Q yönelme yeteneği faktörü ses yoğunluğu şeklinde ifade edilir.

$$L_p = L_w - 20 \log(r) + 10 \log(Q) - 11 \quad (3.79.)$$

Eşitlik (3.79.) sırasıyla L_p, L_w, r, Q; ses basıncı seviyesini “dB”, kaynağın ses güç seviyesini “dB”, kaynaktan uzaklığı, yönelme yeteneği faktörünü göstermektedir.

Çizelge 3.3. Sesin yönelme yeteneği faktörünün konumlara göre yansıma değeri.

Konum	Q' nun değeri
Ses kaynağının yakınında yüzey yoksa tüm alanlarda akustik enerji yayabilir	1
Ses kaynağı yatık bir yüzeyle kapatılırsa; kürenin yarısı kadar akustik enerji yayabilir	2
Birbirine dik iki adet yatık yüzeyle kapatılmışsa; kürenin dörtte biri kadar akustik enerji yayılabilir	4
Köşede ise; kürenin sekizde biri kadar akustik enerji yayılabilir	8

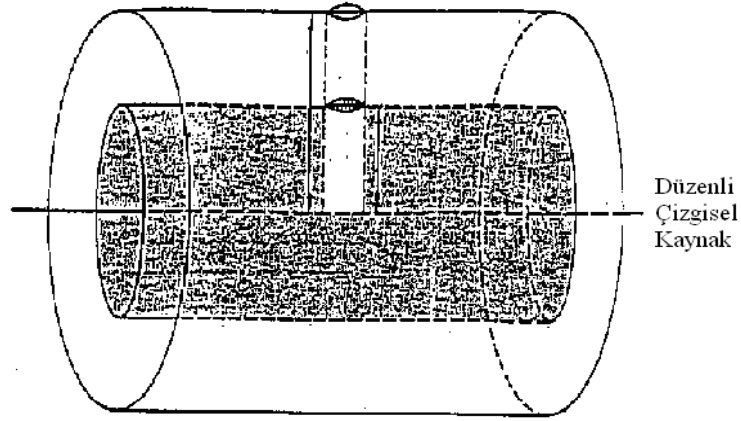


Şekil 3.16. Sesin emici olmayan bir yerde yayılışı.

$$L_p = L_w - 20 \log_{10}(r) - 8 \quad (3.80.)$$

3.7.2. Çubuk Kaynak:

Çizgisel kaynak her biri ters karesel uygulamalı olan çizgisel kaynaktan noktasal bir kaynaktan yapılmış olarak düşünülebilir. Çizgisel yayılım en iyi silindir formunda ifade edilebilir. Silindirin yüzey alanı yarıçapı ile orantılıdır. Bundan dolayı ses yoğunluğu çizgisel kaynaktan doğrudan düşer (CHAN Lok Shun Apple,2001).



Şekil 3.17. Silindirik dalgaların çizgisel kaynaktan dışarıya yayılışı.

Yarıçapı r , uzunluğu l olan silindirin yüzey alanı $2\pi rl$ 'dir. Eşitlik (3.81.) ve (3.82.) hattan iki dik "R" ve "r" uzaklığı için ses yoğunluğu seviyesinin oranıdır.

$$L_r - L_R = 10 \log_{10} \left(\frac{R}{r} \right) \quad (3.81.)$$

$$R = 2r \Rightarrow$$

$$L_r - L_{r2} = 10 \log_{10} (2) = 3dB \quad (3.82.)$$

Eşitlik (3.81.) ve (3.82.) mesafenin iki katına çıkartılması için sadece 3 dB azalmanın yeterli olduğu anlamına gelir.

3.7.3. Düzlemsel Kaynak:

Düzlemsel ses kaynağı için, düzlemde akustik bir enerji kaybı yok ise ses yoğunluğu seviyesi ve ses basıncı seviyesinin her ikisi de mesafeden bağımsızdır. Bir tren veya bir kamyon tarafından tünelde üretilen ses dalgası ve bunu tünel açıklıklarına doğru çoğaltmak, düzlemsel bir kaynağın göstergesidir (CHAN Lok Shun Apple,2001).

3.8. Ses İletim Katsayısı (T)

Ses iletim katsayısı yüzeyde doğru boyunca iletilen verilen frekansın iletilmesiyle oluşan ses enerjisidir (CHAN Lok Shun Apple,2001).

Ses İndirgeme İndisi (SRI):

$$SRI(dB) = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{T} \right) \quad (3.83.)$$

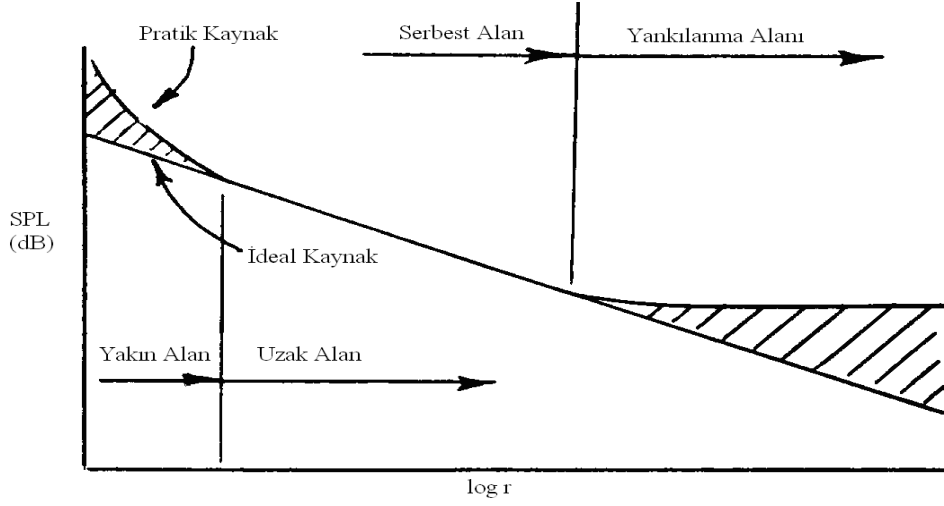
$$T_{AV} A = \sum_{i=1}^n T_i A_i \quad (3.84.)$$

$$A = \sum_{i=1}^n A_i \quad (3.85.)$$

Eşitlik (3.84.) sırasıyla T_{AV} , T_i , A_i , A ; Yüzey bölümlerinin n tane bileşik bölümü için, ortalama iletim katsayısını, i inci Bölümün iletim katsayısını, i inci Bölümün alanı, bölümlerin toplam alanını ifade eder.

3.9. Seste Ters Kare Kuralı

Ters kare kuralı sesin kaynaktan uzakta olması ve yoğunluğun ses basıncı ile orantılı olması durumunda geçerlidir. Bu durum aynı zamanda ses uzak alanı olarak adlandırılır. Ters kare kuralı hızlı bir şekilde boş ve açık alanda gelişir. Kaynak tarafından üretilen dalganın en düşük ses frekansı kaynağın yakınındaki alanda gözlenir. Ses basınç seviyesi bu alanın içinde çeşitlenir (CHAN Lok Shun Apple,2001).

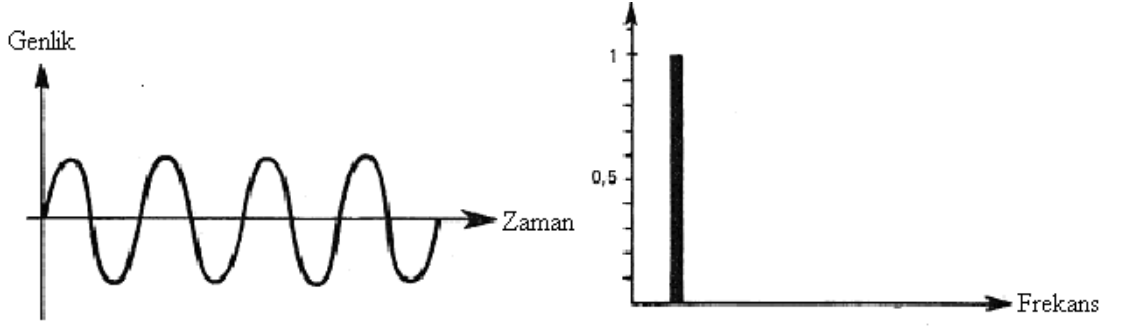


Şekil 3.18. Ses basınç seviyesinin kaynaktan uzaklaştıkça gösterdiği değişim.

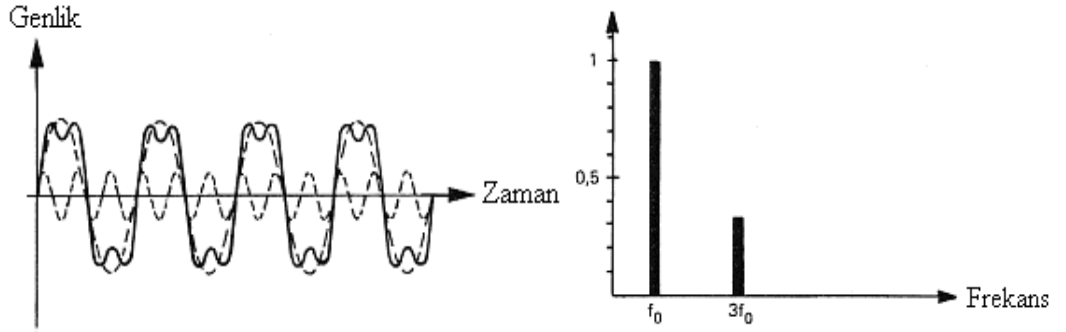
3.10. Ses Sinyalleri ile Zaman ve Boşluk Arasındaki İlişki

Ses bir dalgadır ve zamanla boşluk içinde ilerler, buda zamanla boşluk arasındaki bağı önemini açıklar. Üç çeşit sinyal tanımlanabilir:

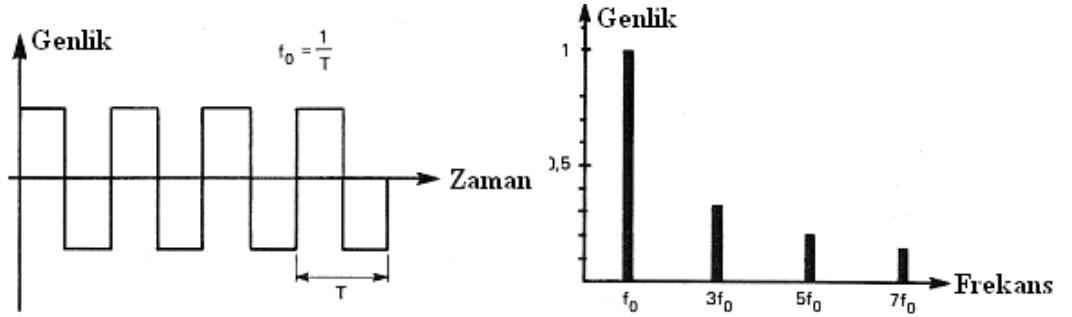
1. Periyodik Sinyal: Ses sinyallerinin zamanla tekrarlanmasını ifade eder.
2. Rastgele Sinyal: Ses sinyalleri periyodik değildir. Bu tür sinyallerin zamana bağlı belirli bir düzeni vardır.
3. Darbe Sinyal: Ses sinyalleri zamana bağlı olarak tekrarlanmaz ama şekilleri bellidir.



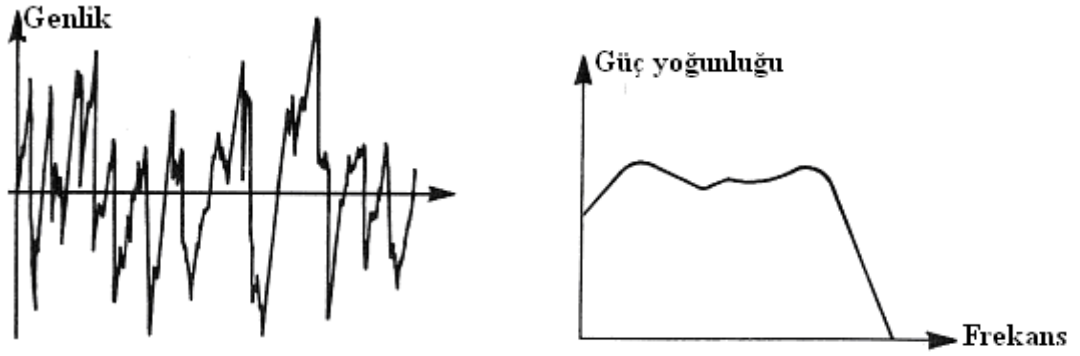
Şekil 3.19. Basit ve periyodik sinüs sinyali.



Şekil 3.20. İki sinüs sinyalinin birleşimi

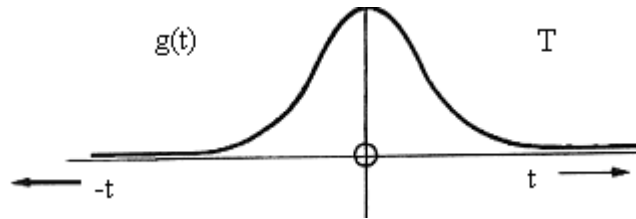


Şekil 3.21. Karışık periyodik kare dalga.



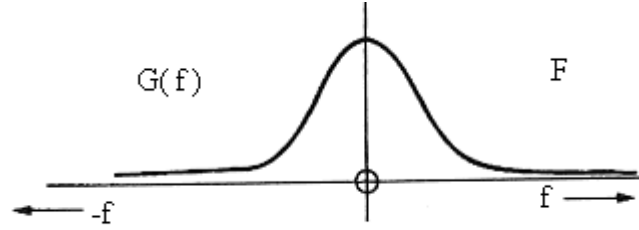
Şekil 3.22. Karışık periyodik olmayan rastgele sinyal

Mikrofon ile basınçtaki değişimler elektrik sinyallerine, bir örnekleyici ile elektrik sinyalleri sayılara dönüştürülür. Bunun için ADC (Analog Dijital Dönüştürücü) kullanılır. Ses sinyali ve onun Fourier dönüşümü ile hesaplanmış spektrumunun nasıl etkilendiği aşağıda gösterilmektedir.



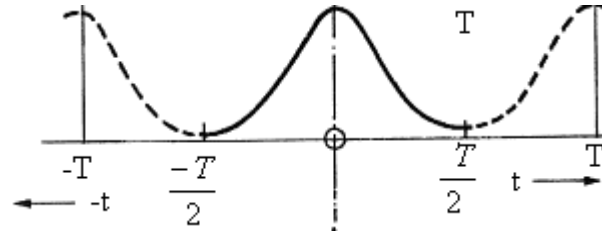
Şekil 3.23. İntegral dönüşümü zaman ve frekans domaininde sonsuz ve süreklidir.

$$g(t) = \int_{-\infty}^{\infty} G(f) e^{j2\pi ft} df \quad (3.86.)$$



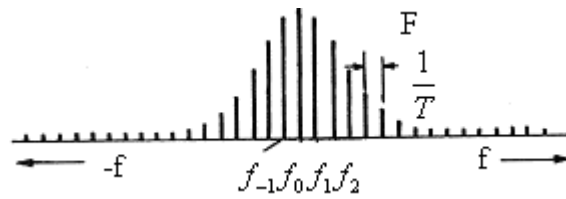
Şekil 3.24. İntegral dönüşümü zaman ve frekans domaininde alanında sonsuz ve süreklidir.

$$G(f) = \int_{-\infty}^{\infty} g(t) e^{-j2\pi ft} dt \quad (3.87.)$$



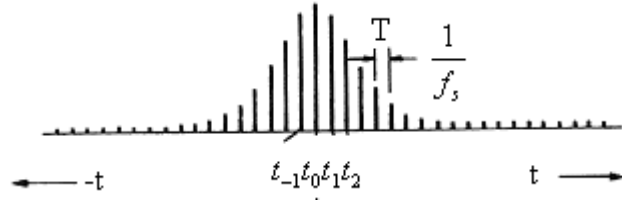
Şekil 3.25. Fourier serileri zaman domaininde periyodik ve frekans domaininde ayırktır.

$$g(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} G(f_k) e^{j2\pi f_k t} \quad (3.88.)$$



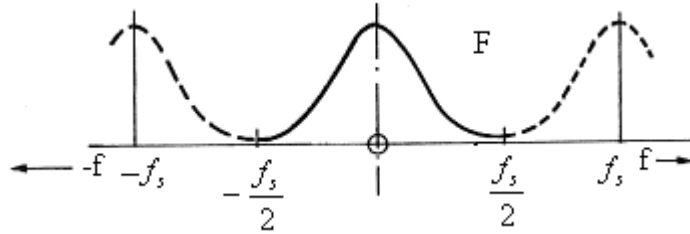
Şekil 3.26. Frekans domaininde görünümü.

$$G(f_k) = \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} g(t) e^{-j2\pi f_k t} dt \quad (3.89.)$$



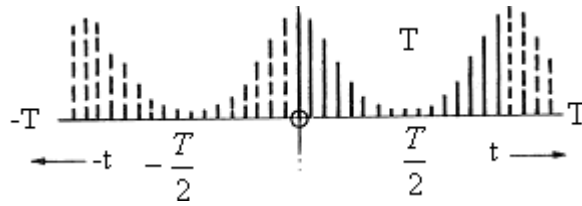
Şekil 3.27. Örnekleilmiş fonksiyonlar zaman domaininde ayırık ve frekans domaininde periyodiktir.

$$g(t_n) = \frac{1}{f_s} \int_{-\frac{f_s}{2}}^{\frac{f_s}{2}} G(f) e^{j2\pi f t_n} dt \quad (3.90.)$$



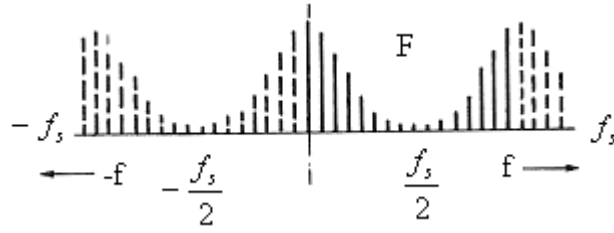
Şekil 3.28. Örnekleilmiş fonksiyonlar zaman içinde ayırık ve frekans domaininde periyodiktir.

$$G(f) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} g(t_n) e^{-j2\pi f t_n} \quad (3.91.)$$



Şekil 3.29. Ayırık fourier dönüşümü zaman ve frekans domaininde periyodik ve ayırıktır.

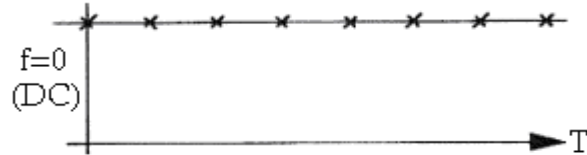
$$g(t_n) = \sum_{k=0}^{N-1} G(f_k) e^{j\frac{2\pi nk}{N}} \quad (3.92.)$$



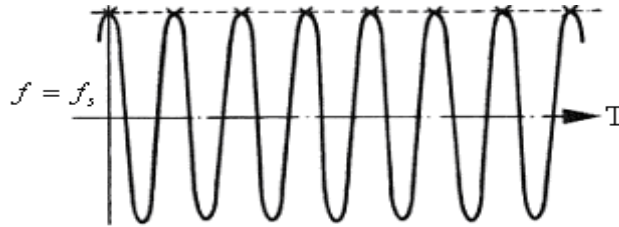
Şekil 3.30. Ayırık fourier dönüşümü zaman ve frekans domaininde periyodik ve ayırıktır.

$$G(f_k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} g(t_n) e^{-j \frac{2\pi nk}{N}} \quad (3.93.)$$

Sürekli dalganın ayırık noktalar serisine dönüşümü spektrumu periyodik akustik ses sinyali ile elde edilir. Eğer sinyal periyodik ise spektrum da ayırık (noktalar serisi) oluşur ve sadece sonlu sayıdaki frekans için hesaplamak yeterlidir. Ses sinyali ve spektrumu noktalar serisidir. Bu noktalar zaman ve frekans alanında 0 Hz' den örnekleme frekansının yarısına kadar değişirler. Bu şekiller sonunda orijinal sesin bir kısmı kayba uğrar. Kaydedilecek en büyük frekansın örnekleme frekansının yarısından küçük olması gerekmektedir. Bu şart sağlanmazsa yüksek frekanslar daha düşük frekans gibi kaydedilir. Bu durum Şekil 3.31. ve Şekil 3.32.' de gösterilmektedir.



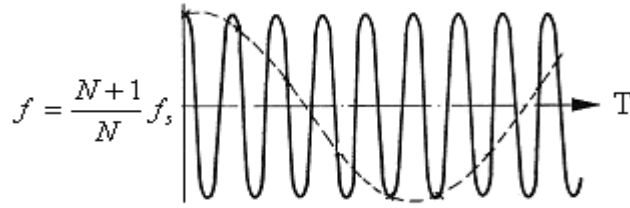
Şekil 3.31. Aliasing diyagramına göre örnekleme frekansı maksimum frekansa eşittir ve örnekleme tarafından DC sinyal olarak görünür.



Şekil 3.32. Aliasing diyagramına göre fs frekans örneği değerindeki frekans bileşeni DC sinyal gibi davranır.



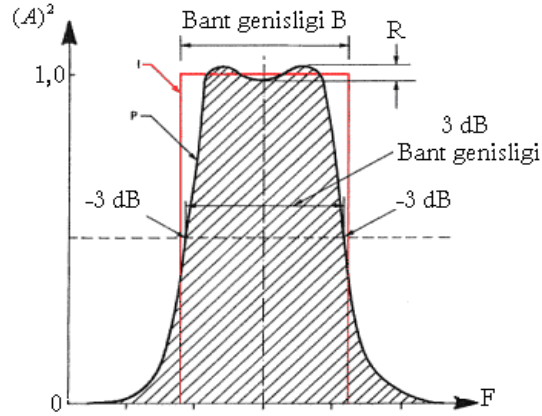
Şekil 3.33. Aliasing diyagramına göre $(1/N)f_s$ değerindeki frekanstır.



Şekil 3.34. Aliasing diyagramına göre $[(N+1)/N]f_s$ değerindeki frekans bileşeni $(1/N)f_s$ olarak ifade edilir.

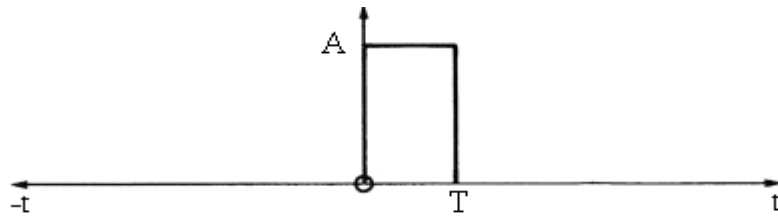
Örneklenmiş sinyalin bu davranışı, Shannon teoremi olarak bilinir. Örnekleme frekansının yarısından büyük frekansların filtrelenmesi gerekmektedir. Bu yapılmazsa, orijinal ses yanlış seslere bölünür.

Süzgeçler, sesin bir kısmını ileten veya filtreleyen cihazlardır. İstenmeyen frekanslar süzgeçler kullanılarak filtrelenir. Alçak geçiren süzgeçler, duyulmayan ancak örnekleme bozan yüksek frekansları geçirmez. Süzgeçlerin karakteristikleri Şekil 3.35.' de bir gösterilmektedir:

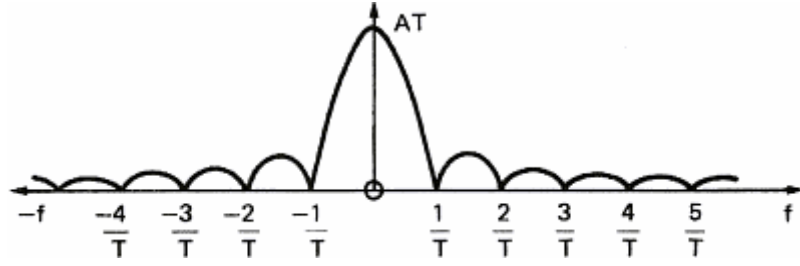


Şekil 3.35. Pratikte süzgeç ve ideal süzgeç. Sırasıyla P, R, B; Pratikteki süzgeci, Ripple ve etkin bant genişliğini ifade etmektedir.

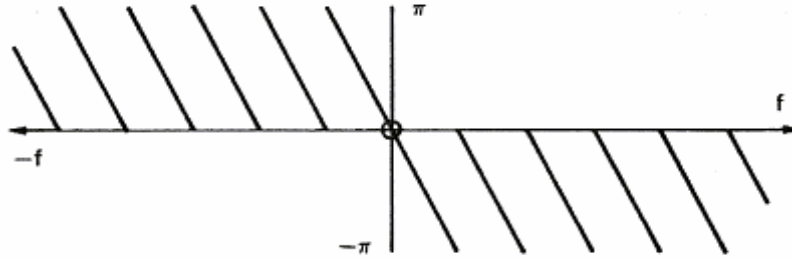
200 Hz' de alçak geçiren filtreden geçen 100 Hz' lik kare dalga, sinüs sinyaline dönüşür. Bunun nedeni spektrumunun üst kısmının yok olmasıdır. Bir sesin en alçak frekansı, temel frekans olarak adlandırılır. Diğerleri bileşendir ve harmonik frekanslar olarak adlandırılırlar. Zaman alanında, süzgeçler, bozulma (distorsiyon) adı verilen değişikliklere neden olurlar. Bunun temel nedeni harmonikler arasındaki zaman farklarıdır. Bir süzgecin bir sinyal üzerindeki etkisi basit bir kare dalga (Şekil 3.36.), spektrumunun genliği (Şekil 3.37.), spektrumunun fazı (Şekil 3.38.) kullanılarak gözlenebilir. Kare dalga, bir süzgeç gibi $t=0'$ dan $t=T$ anına kadar sesi geçirir. Darbenin spektrumu, süzgecin frekans tepkisini ifade eder. Sinyalin frekansı ne kadar büyükse frekans bileşenleri arasındaki zaman farkı o kadar büyük olur ve genlik de o kadar küçük olur.



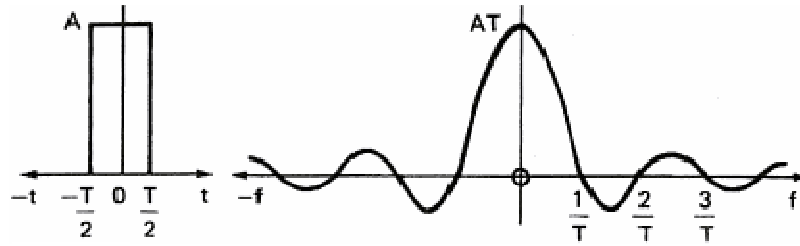
Şekil 3.36. Zaman sinyali, $t=0$ anındaki dikdörtgensel darbe



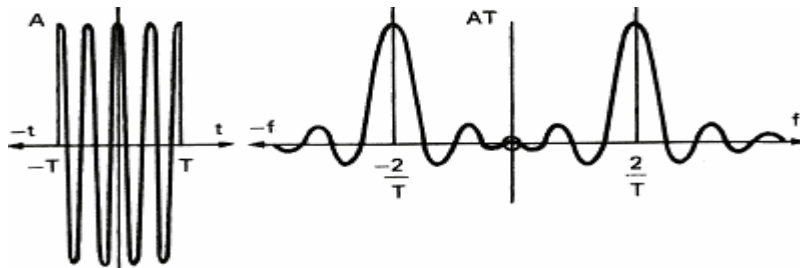
Şekil 3.37. Spektrum (Genlik)



Şekil 3.38. Spektrum (Faz)



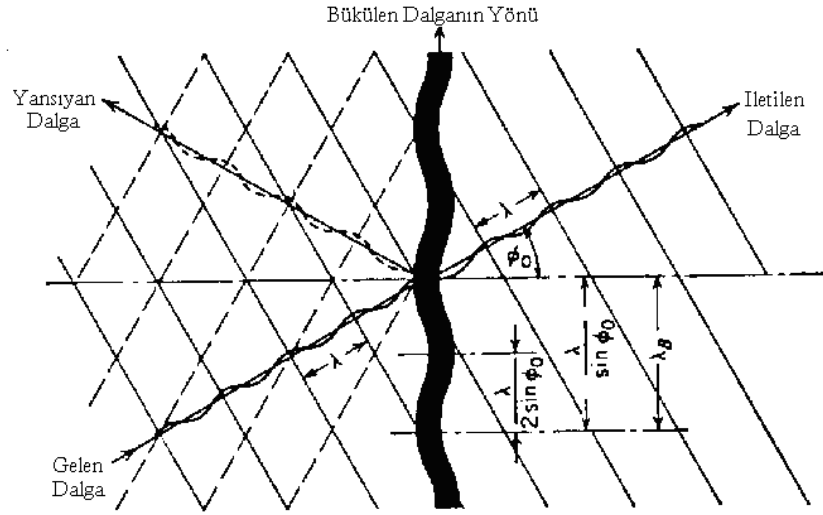
Şekil 3.39. Dikdörtgenel darbeyi ifade eder ($t=0$ anındaki darbe). Dikdörtgenel süzgecin sinüs sinyali gibi basit bir sinyal üzerindeki etkilerini göstermektedir.



Şekil 3.40. Ses darbesi. Ses T anında aniden kesilir ise, sinüs dalgasının spektrumunda yeni frekanslar oluşur. Süzölmüş sinyal, fazla karışık (kare dalga gibi) ise frekans bileşenleri, süzgecin çıkışında bozulmuş sinyaller oluşturur.

3.11. Sesin Sınırlanmış Bir Ortamda İletilmesi

Ses bir ortamda ilerlediği zaman ikinci bir ortamda bir sınırla karşılaşır, böylelikle yansıyan ve iletilen dalgalar üretilir. Ses bir sınırla karşılaştığında, bir kısmı yansır, bir kısmı engel tarafından emilir ve bir kısmı ise diğer tarafa iletilir.



Şekil 3.41. Sesin sınırlanmış ortamda ilerlemesi.

3.12. Genlik Ve Seslilik

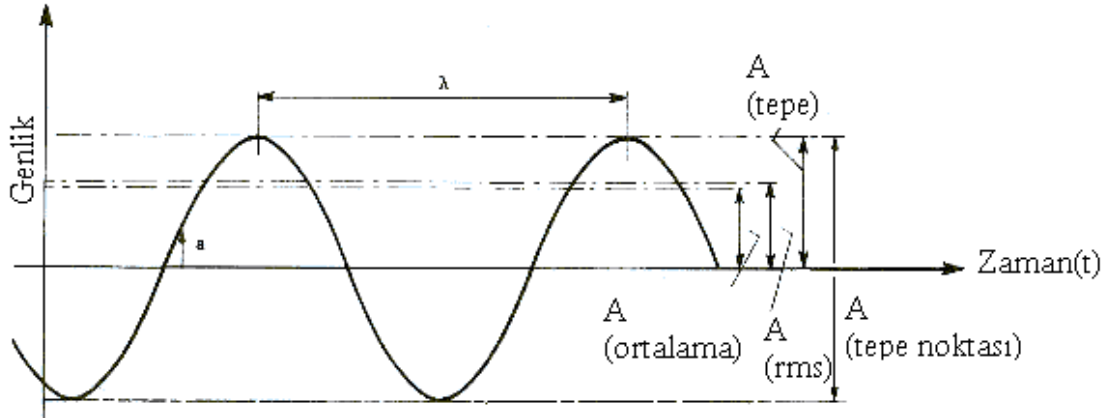
Genlik, ses dalgalarının dikey büyüklüğünün bir ölçüsüdür. Ses dalgalarını oluşturan sıkışma ve genleşmeler arasındaki fark, dalgaların genliğini belirler. Ses dalgaları havada veya başka bir ortamda titreşen objeler tarafından üretilir. Örneğin titreştirilen bir gitar teli, yaptığı periyodik salınım hareketi ile hava moleküllerinin belli bir frekansta sıkışmasını ve genleşmesini sağlar. Bu şekilde teldeki enerji havaya iletilmiş olur. Enerjinin miktarı, teldeki titreşim genliğine bağlıdır. Eğer tele fazla enerji yüklenirse, tel daha büyük bir genlikle titreşir. Teldeki titreşim genliği ne kadar fazla ise ortam tanecikleri (hava molekülleri) tarafından taşınan enerji de o kadar fazladır. Enerji ne kadar fazla ise sesin şiddeti de o kadar büyük olacaktır. Bu ifadeler, titreşen tüm cisimler için geçerlidir.

Sesin diğeri bir karakteristiği ise genliğidir. Sesler yumuşak veya yuşsek olurlar. Bunun nedeni havada, havayı sıkıştırmak için uygulanan güce bağlı olan düşük veya yuşsek basınç değerlerinden kaynaklanmaktadır.

$$L_p = 10 \log_{10} \left(\frac{P}{P_o} \right)^2 = 20 \log_{10} \frac{P}{P_o} \quad (3.94.)$$

$$L_w = 10 \log_{10} \frac{w}{w_o} \quad (3.95.)$$

Eşitlik (3.94.) ve (3.95.) ses seviyesi ve basınç arasındaki ilişkiyi ifade eder.



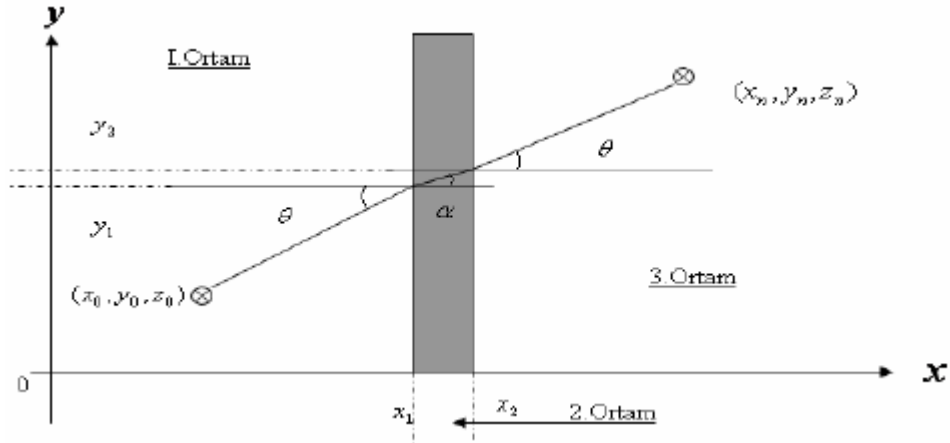
şekil 3.42. Sinyal seviyesinin çeşitli ölümleri.

Çizelge 3.4. Sinyal seviyelerinin çeşitli lmleri

Sembol	İsim	Tanım
$A_{ortalama}$	Ortalama Genlik	Pozitif sinyalin aritmetik ortalaması
A_{RMS}	Root mean square	Genliğin enerji içeriğine oranı
A_{tepe}	Tepe Genliği	Maksimum Pozitif Genlik
$A_{tepe-tepe}$	Tepeden Tepeye Genlik	Pozitiften negatife maksimum genlik

3.13. Sesin Engel Üzerinde Yansıma, Kırılma Ve Saçılmasının İncelenmesi

Şekil 3.43.' de (x_0, y_0, z_0) konumundaki kaynağının, engelin arkasındaki herhangi bir alıcı noktası olan (x_n, y_n, z_n) noktasına gönderdiği ışının izlediği yol görülmektedir.



Şekil 3.43. Kaynak ve alıcı noktaları arasında sesin izlediği iki boyutlu yol.

Verici ve alıcı noktalarının koordinatlarının bilindiği kabul edilmiştir. Bu durumda (x_0, y_0, z_0) verici noktası ile (x_n, y_n, z_n) alıcı noktasının koordinatları bilinmesi durumunda, sesin incelemekte olduğumuz engele giriş noktası olan (x_1, y_1, z_1) koordinatlarını ve engelden çıkış noktası olan (x_2, y_2, z_2) koordinatlarını hesaplamak gerekir. Bu noktaların x koordinatları engelin yerleştirildiği koordinatlar nedeniyle bilinmektedir. Burada y ve z koordinatlarının bulunması için önce 2 boyutlu düzlem düşünülerek hesaplamalar x - y koordinat düzleminde yapılır. Aynı hesaplar x - z düzlemi içinde ayrıca yapıldığında bu noktaların y koordinatlarını hesaplamak için, Snell kanunu ve ışının izlediği yolun geometrik ifadeleri kullanılır. (x_0, y_0, z_0) Kaynağından gelip, engele giren ışın için Snell Kanunu eşitliğiyle verilir (Rappaport T. S., 2002)

Şekil 3.43.' de kaynak ve alıcı noktaları için; $\sin(\theta)$ ve $\sin(\alpha)$ ifadeleri (x_1, y_1, z_1) ve (x_2, y_2, z_2) ve (x_n, y_n, z_n) konumları cinsinden yazılabilir. Eşitlik (3.97.)' de ϵ_r bağlı elektriksel geçirgenlik katsayısı farklı malzemeler için verilmiştir. Bu değerler ve konum koordinatları cinsinden yazılan $\sin(\theta)$ ve $\sin(\alpha)$ ifadeleri kullanılarak bilinmeyen koordinat noktaları bulunur. Aynı işlemler x - z düzleminde yapılarak çıkan sonuçlar üç

boyutlu olarak birleştirilir. (x_1, y_1, z_1) ve (x_2, y_2, z_2) konumlarının bulunmasından sonra, sesin izlediği yörüngeye bağlı olarak, kat ettiği bir mesafe “s” hesaplanabilir. Kırılmaya uğrayan ve bu mesafenin uzunluğuna bağlı bir yol kaybı vardır. Boşluk için yayılım modellerinde mesafeye bağımlı zayıflama eşitlik (3.96.) bağıntısı ile gösterilir (Uzun K.,2006).

$$S(dB) = 20 \log \frac{3}{40\pi s f} \quad (3.96.)$$

Zayıflama değeri bulunurken, yol kaybı haricinde engele gelen ara yüzde meydana gelen, yansıma ve iletimden kaynaklanan bir zayıflama değeri mevcuttur. Yansımadan dolayı meydana gelen zayıflama miktarı, birinci ortamdan ikinci ortama geçiş ara yüzü ve ikinci ortamdan üçüncü ortama geçiş ara yüzü için iki defa hesaplanır. Boşluk ve yalıtkan engel için yansıma, aşağıda verilen dik polarizasyon için Fresnel yansıma katsayısı elde edilir.

$$R_{\perp} = \frac{\cos(\theta) - \sqrt{\epsilon_r} \cos(\alpha)}{\cos(\theta) + \sqrt{\epsilon_r} \cos(\alpha)} \quad (3.97.)$$

Yansıma sırada yüzeyde bulunan, bazı yüzey pürüzleri yansımadan farklı yayılım etkilerine (saçılma) neden olurlar. Yüzey pürüzleri, çoğunlukla yüzey çıkıntısının kritik yükseklik değeri (h_c) ve geliş açısı θ_i ile tanımlanan aşağıdaki Rayleigh Kriteri ile verilir.

$$h_c = \frac{\lambda}{8 \sin \theta_i} \quad (3.98.)$$

Yüzeydeki pürüzlerin yüksekliği h , h_c ' den daha büyük olduğu durumda hesaba katılmaz. Saçılmanın kaba yüzeylerdeki hesabı için, düz yüzey yansıma katsayısı ve bir saçılma kayıp faktörüne (δ_s) ihtiyaç duyulur. Yüzey yüksekliği h_c , Gaussian rasgele değişkeni olduğu varsayılmıştır ve aşağıdaki ifade ile verilir.

$$\delta_s = \exp \left[-8 \left(\frac{\pi \sigma_h \sin \theta_i}{\lambda} \right)^2 \right] I_o \left[8 \left(\frac{\pi \sigma_h \sin \theta_i}{\lambda} \right)^2 \right] \quad (3.99.)$$

Eşitlik (3.99.)' da sırasıyla σ_h , I_0 ; standart sapma, birinci tür ve sıfırıncı derece Bessel Fonksiyonu gösterir. $h > h_c$ için yansıyan elektrik alan, pürüzlü yüzeyler için yeni yansımaya katsayısı kullanılarak modifiye edilir. Pürüzlü yüzeylerde;

$$\Gamma_p = \delta_s \Gamma \quad (3.100.)$$

Alınan mesafe, yansımaya ve yüzey pürüzleri nedeniyle oluşan toplam güç kaybı eşitlik (3.101.)' de ifade edilir.

$$L(dB) = S(dB) + R_{\perp}(dB) + \Gamma_p(dB) \quad (3.101.)$$

3.14. Fiziksel Optik Yöntemi

Küre ve silindir gibi bazı benzer cisimlerden saçılan alan hesabını yapmak için uygulama ve pratiklik açısından fiziksel optik yöntemi sıkça kullanılmaktadır (Yalçın, 2002). Fiziksel optik yönteminin eşitlikleri yüksek frekanslarda geometrik optik eşitliklerine indirgenmektedir. Genellikle iletken bir yüzeyden saçılan alan fiziksel optik yönteminden elde edilebildiği için, bu yöntem geometrik optik yönteminden çok daha genel olmaktadır. Fiziksel optik yöntemi saçıcı cismin yüzeyindeki alanın geometrik optik alanı olduğu farz edilmesi prensibine dayanır. Bu saçıcının aydınlatılmış bölgesindeki her nokta için geçerlidir. Fakat saçıcının gölge bölgesi için durum daha farklıdır. Çünkü yüzey üzerinde saçıcının gölge bölgesindeki alan sıfırdır. Bunun nedeni, bu bölgedeki her nokta için sonsuz bir teğet düzlemi varmış gibi saçılma olayının gerçekleşmesidir (Ruck, 1970). Mükemmel iletken bir yüzey için, kabul edilen fiziksel optik yüzey akımı, n saçıcı yüzeyin normal birim vektörü olmak üzere

$$\vec{J}_{es} = \begin{cases} \vec{n} \times \vec{H}_T \\ 0 \end{cases} \quad (3.102.)$$

Eşitlik (3.102.)' de sırasıyla $\vec{n} \times \vec{H}_T$, 0 , n aydınlatılmış bölge, gölge bölgesini, saçıcı yüzeyin normal birim vektörünü gösterir.

Görüntü yöntemi göz önüne alındığında, mükemmel iletken bir yüzey üzerinde indüklenen akımın serbest uzayda eşdeğer akımlarla ifade edilmesi ile aydınlatılmış bölgede, besleme kaynağının iki katı olarak düşünülebilir. Neticede aydınlatılmış bölgede fiziksel optik yüzeysel akım yoğunluğu eşitlik (3.103.)' de gösterilmektedir.

$$\vec{J}_{es}(\vec{r}) = 2(\vec{n} \times \vec{H}_o) \quad (3.103.)$$

Diğer taraftan saçılan alanın elektrik Hertz vektörüne ait Helmholtz denkleminin ikinci skalar Green teoremi yardımıyla elde edilen bir çözümü Eşitlik (3.104.)' te gösterilir (Bayrakçı, 1992).

$$\vec{\pi}_e = \frac{1}{4\pi j\omega\epsilon_0} \iiint_{v'} \vec{j}_{ev}(\vec{r}') G(\vec{r}, \vec{r}') dv' \quad (3.104.)$$

$$J_{ev}(\vec{r}') = J_{es}(\vec{r}') \delta(s - s') \quad (3.105.)$$

Elektrik Hertz vektörüne ait katlı integral ifadesi eşitlik (3.105.)' de bulunabilir. Bu son integral eşitliğinden faydalanılarak yöresel bir yüzeye ait saçılan alan ifadeleri elde edilebilir. Eşitlik (3.106.) serbest uzay Green fonksiyonunu göstermektedir.

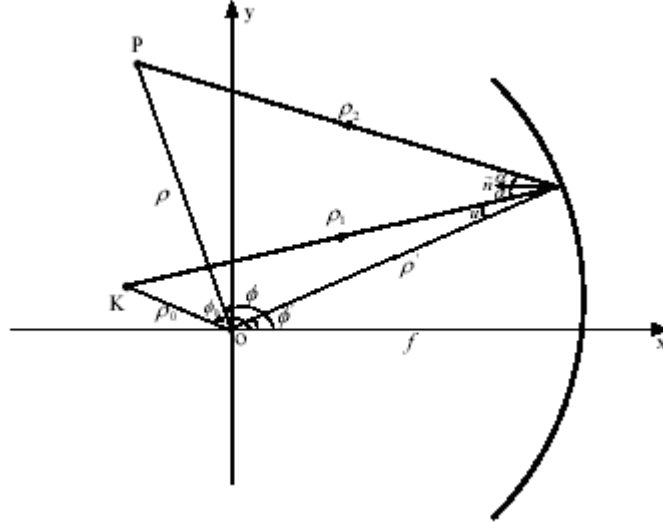
$$G(\vec{r}, \vec{r}') = \frac{e^{-jkR}}{R} \quad (3.106.)$$

$$R = \|\vec{R}\| = \|\vec{r} - \vec{r}'\| \quad (3.107.)$$

Saçılan alan için yapılan bu tanımlamanın, frekanstan bağımsız olan geometrik optik tanımının aksine frekansa bağımlı olduğu söylenebilir. Bu nedenle fiziksel optik çözümlerinin saçılan alan hesabı için çok daha doğru bir yaklaşım olduğunu söylemek yanlış olmaz. Belli durumlar için böyle olmasına rağmen, fiziksel optik yönteminin geçerli uygulamalarında gerekli ve yeterli koşullar bilinmediği zaman, genel bir sonuca ulaşamayabilir (Ruck, 1970). Uygulanmasının güç olduğu önemli bazı problemlere rağmen, birçok pratik çalışma da fiziksel optik yöntemi mühendislik için oldukça değerlidir.

3.15. Parabolik Yansıtıcılar

Odak dışından beslenen silindirik parabolik reflektörden yansıyan alan hesabı ve sisteme ait geometri Şekil 3.44.' de verilmiştir.



Şekil 3.44. Çizgisel kaynak ve parabolik yansıtıcının (xy) düzlemindeki kesiti

Şekil 3.44.' de sırasıyla probleme ait geometri için önemli parametreler, f , ϕ , ρ ; kaynağın orijinden uzaklığı, kaynağın x eksenine yaptığı açı ve parabolik reflektörün odak uzaklığını gösterir.

Silindirik parabolik reflektörün kutupsal koordinatlardaki denklemi ve bu reflektöre ait normal birim vektörü, kaynak bölgesi için ρ yerine ρ' ve ϕ yerinde ϕ' ifadeleri yazılarak, anten sisteminin şekil 3.44. ile gösterilen geometrisinden faydalanarak, üç boyutlu uzayda konum vektörünün genliği hesaplanabilir (Bayrakçı, 1992).

$$\rho' = \frac{2f}{1 + \cos \phi'} \quad (3.108.)$$

$$\vec{n} = -\cos \frac{\phi'}{2} \vec{e}_{\rho'} + \sin \frac{\phi'}{2} \vec{e}_{\phi'} \quad (3.109.)$$

$$R = \left[\rho_1^2 + (z - z')^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3.110.)$$

$$\rho_1 = \left[\rho'^2 + \rho_0^2 - 2\rho'\rho_0 \cos(\phi_0 - \phi') \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3.111.)$$

Aynı geometriden faydalanarak ve ilgili teoremden Green fonksiyonu elde edilir. (Harrington, 1961).

$$\rho_2 = \left[\rho_2 + \rho'^2 - 2\rho\rho' \cos(\phi - \phi') \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3.112.)$$

$$G(\vec{r}, \vec{r}') = \frac{e^{-jkR}}{R} = \frac{1}{2j} \int_{-\infty}^{\infty} H_0^{(2)}(\sqrt{k^2 - \eta^2} \rho_2) e^{-j\eta(z-z')} d\eta \quad (3.113.)$$

Reflektörün yüzeyine ait integral değişkeni ve bu yüzey üzerine gelen manyetik alan bileşeni:

$$H_o \approx \frac{\omega\mu_o I}{4Z_o} \sqrt{\frac{2}{\pi}} \frac{e^{-jk\rho_1 + j\frac{\pi}{4}}}{\sqrt{k\rho_1}} \quad (3.114.)$$

olmak üzere;

$$dS' = \rho' d\phi' dz' \quad (3.115.)$$

$$\vec{H}_o = H_o \sin u \vec{e}_{\rho'} + H_o \cos u \vec{e}_{\phi'} \quad (3.116.)$$

şeklinde verilebilir. Silindirik parabolik reflektörün yüzeyinde indüklenen yüzeysel akım yoğunluğunun yarısına eşit olan ve reflektöre ait normal birim vektörü ile yüzeye gelen toplam manyetik alan bileşeninin vektörel çarpımı Eşitlik (3.117.)' de gösterilmektedir.

$$\vec{n} \cdot (-\vec{e}_{\rho'}) = \cos\left(\frac{\phi'}{2}\right) = \cos(\alpha + u) \quad (3.117.)$$

$$\alpha = \frac{\phi'}{2} - u \quad (3.118.)$$

$$\vec{n} \times \vec{H}_o = -\vec{e}_{z'=z} H_o \cos\left(\frac{\phi'}{2} - u\right) = -\vec{e}_z H_o \cos \alpha \quad (3.119.)$$

Hertz vektörü eşitlik (3.119.) ve Green fonksiyonuna ait eşitlik (3.113.)' te integral ifadesi de yerine yazılırsa;

$$\vec{\pi}^e = \vec{e}_z \frac{1}{4\pi\omega\epsilon_o} \int_{\phi'=\phi_{o1}}^{\phi_{o1}} H_o \cos\alpha \left[\int_{\eta=-\infty}^{\infty} H_o^{(2)} (\sqrt{k^2 - \eta^2} \rho_2) e^{-j\eta(z-z')} d\eta \right] \rho' d\phi' dz' \quad (3.120.)$$

Eşitlik (3.120.) elde edilebilir. Elde edilen elektrik Hertz vektörüne ait integral ifadesinin z' katı alınarak eşitlik (3.121.)'e ulaşılır.

$$\int_{z'=-\infty}^{\infty} e^{j\eta z'} dz' = 2\pi\delta(\eta) \quad (3.121.)$$

Eşitlik (3.121.)' de $\eta=0$ yazılırsa elde edilen ifade eşitlik (3.120.)'e yazıldığında, eşitlik (3.122.)' e ulaşılır.

$$\vec{\pi}_e = \vec{e}_z \frac{1}{2\omega\epsilon_o} \int_{\phi_{o1}}^{\phi_{o1}} H_o \cos \alpha H_o^{(2)} (k\rho_2) \rho' d\phi' \quad (3.122.)$$

olarak ifade edilebilir. Bu eşitlikte görülen sıfırıncı mertebeden ikinci tür Hankel fonksiyonuna ait $k \rightarrow \infty$ için Debye asimptotik açılımı Eşitlik (3.123.)' te gösterilmektedir.

$$H_o^{(2)}(k\rho_2) \approx \sqrt{\frac{2}{\pi}} \frac{e^{-jk\rho_2 + j\frac{\pi}{4}}}{\sqrt{k\rho_2}} \quad (3.123.)$$

Eşitlik (3.116.) ve Eşitlik (3.123.) ifadeleri Eşitlik (3.122.)' de yerlerine yazılıp, yeniden düzenlenirse elektrik Hertz vektörüne ait integral ifadesi aşağıdaki gibi elde edilir.

$$\vec{\pi}_e = e_z \frac{jZ_o I}{4k\pi} \int_{\phi'=\phi_{o1}}^{\phi_{o1}} \cos \alpha \frac{e^{-jk(\rho_1+\rho_2)}}{\sqrt{\rho_1\rho_2}} \rho' d\phi' \quad (3.124.)$$

Uzak alan düzlemsel dalga yaklaşıklığı ρ' , ρ faz ve genlik için yapılırsa Eşitlik (3.125.) Eşitlik (3.126.)'ya ulaşılır.

$$\rho_2 = \left[\rho^2 + \rho'^2 - 2\rho\rho' \cos(\phi - \phi') \right]^{\frac{1}{2}} \approx \rho - \rho' \cos(\phi - \phi') \quad (3.125.)$$

$$\frac{1}{\sqrt{\rho_2}} \approx \frac{1}{\sqrt{\rho}} \quad (3.126.)$$

Bu ifadeler ve silindirik parabolik reflektörün kutupsal koordinatlardaki denkleminin yerine yazılmasıyla Eşitlik (3.127.) elde edilir.

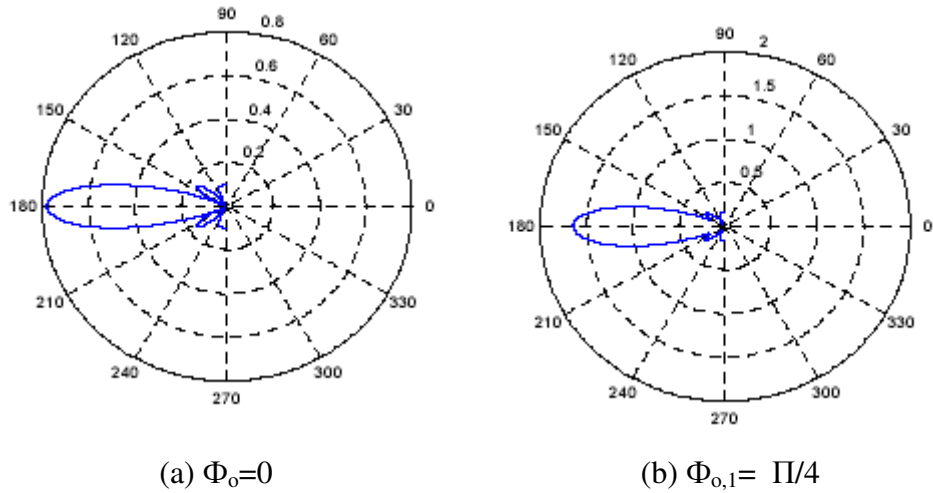
$$\vec{\pi}_e = \vec{e}_z \frac{jZ_o f I}{2k\pi} \frac{e^{-jk\rho}}{\sqrt{\rho}} \int_{\phi'=\phi_{o1}}^{\phi_{o1}} \frac{\cos \alpha}{1 + \cos \phi'} \frac{e^{-jk\rho_1} e^{-jk\rho' \cos(\phi-\phi')}}{\sqrt{\rho_1}} d\phi' \quad (3.127.)$$

Hertz vektörüne ait bu integral ifadesi uzak alan için yaklaşıklığı kullanılarak, silindirik parabolik reflektörden yansıyan dalgaların elektrik alanına ait ifadesi silindirik dalga olarak Eşitlik (3.129.)' ile bulunur.

$$E_z \approx k^2 \pi_{ez} \quad (3.128.)$$

$$E_z \approx \frac{jZ_o k f l}{2\pi} \frac{e^{-jk\rho}}{\sqrt{\rho}} \int_{\phi'=\phi_{o,1}}^{\phi_{o,1}} \frac{\cos \alpha}{1 + \cos \phi'} \frac{e^{-jk\rho_1} e^{-jk\rho' \cos(\phi-\phi')}}{\sqrt{\rho_1}} d\phi' \quad (3.129.)$$

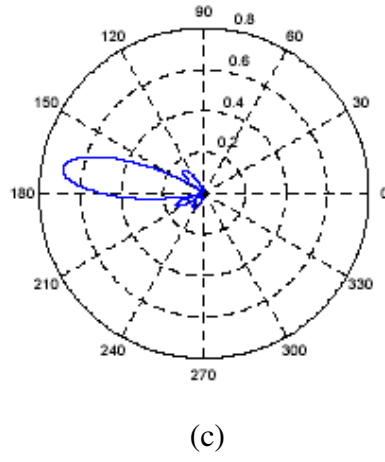
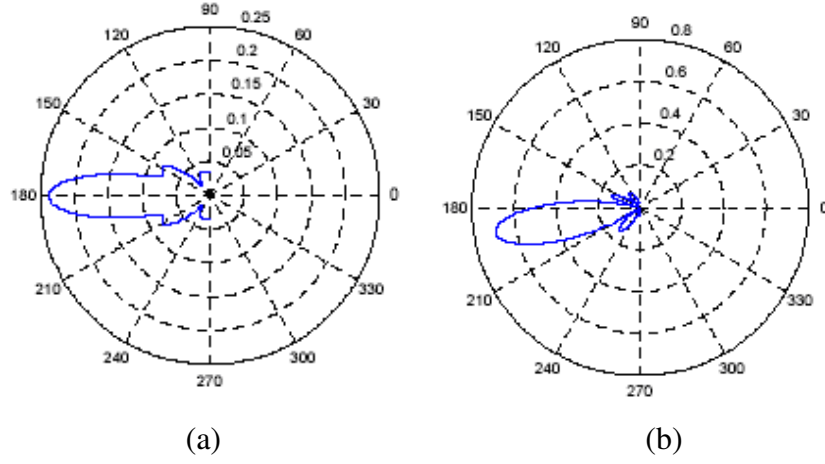
Bu bölümde verilen tüm ışın diyagramları integral eşitliği göz önüne alınarak çeşitli nümerik değerler için ayrı ayrı çizdirilmiştir. Mükemmel iletken parabolik reflektörün ϕ açısı ile simetrik olarak kesildiği farz edilmiştir. Bu durum köşelerde kırınım alanlarının oluşmasına neden olmaktadır. Teorik olarak köşe kırınım alanları, ışıyan alanda belirli bir kayba sebep olur ve ayrıca yan kulakçık seviyelerini de arttırır. İntegralinden de görülebileceği üzere gelen alanın sonlu kaynaklı mükemmel iletken içbükey parabolik reflektör antenden saçılması fiziksel optik yöntemi ile ele alınmıştır. Bu sebepten dolayı köşe kırınım alanları sadece düzenli kenar akımları nedeniyle oluşacağı için, integralden bulunacak olan alanlar, tam çözümden farklıdır. İntegral nümerik olarak değerlendirildiğinde ortaya çıkacak olan etkilerde bu bakımdan eksik olacaktır. Fakat ışıyan alandaki enerjinin büyük bir kısmı yansıyan alanda bulunmaktadır. Bu ise optimizasyon amaçlı bir inceleme için yeterlidir.



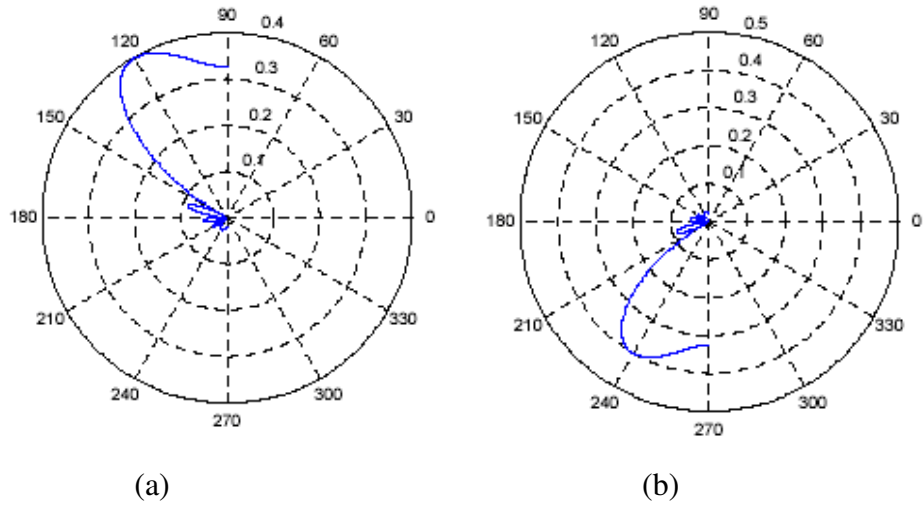
Şekil 3.45. Işıma diyagramları.

Şekil 3.45. (a)' da parabolik reflektör odakta beslendiğinde ($\rho_0 = 0$ m) ve simetrik olarak $\pi/4$ açısı ile kesildiğinde meydana gelen alan değişimine ait ışın diyagramı verilmiştir. Şekil 3.45. (b)' de parabolik reflektör odak dışından beslenmiş ($\rho_0=0.3$ m) (kaynağın yeri, odak ile reflektörün tepe noktası arasında ve x eksen

üzerinde) ve simetrik olarak $\pi/4$ açısı ile kesildiğinde meydana gelen alan değişimine ait ışınma diyagramı verilmiştir.

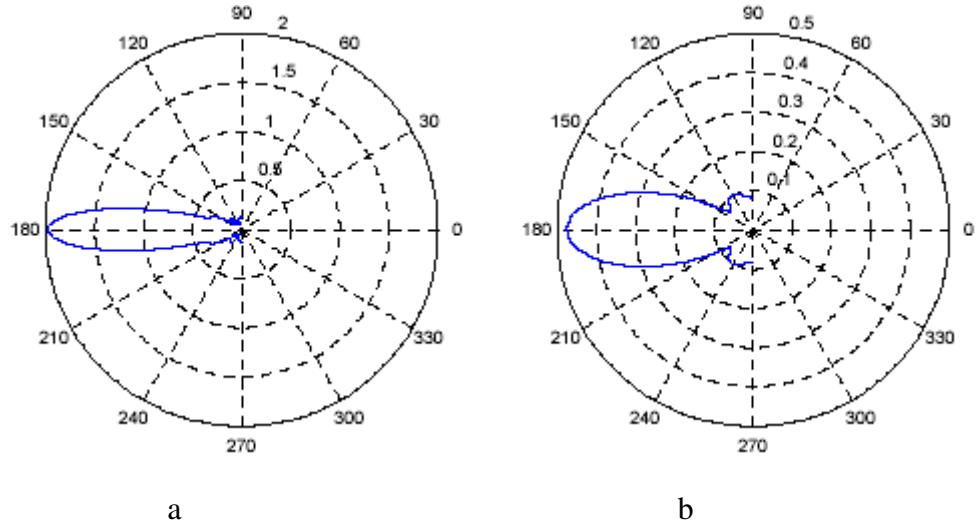


Şekil 3.46. $\rho_o = lm, \phi_o = \pi, \rho_o = 0.1m, \phi_o = 2\pi/3; \rho_o = 0.1m, \phi_o = 4\pi/3$ ve $\phi_{o1} = \pi/4$ için ışınma diyagramları



Şekil 3.47. $\phi_o = 2\pi/3; \rho_o = 0.5m$ ve $\phi_o = 4\pi/3, \phi_{o1} = \pi/4$ için ışınma diyagramları

Şekil 3.46. (a)' da parabolik reflektör odak dışından beslenmiş (kaynağın yeri, x ekseninde reflektörün odağından ötede) ve simetrik olarak $\pi/4$ açısı ile kesildiğinde meydana gelen alan değişimine ait ışın diyagramı verilmiştir. Şekil 3.46. (b)' de parabolik reflektör odak dışından beslenmiş (kaynağın yeri, birim çembere göre ikinci bölgede) ve simetrik olarak $\pi/4$ açısı ile kesildiğinde meydana gelen alan değişimine ait ışın diyagramı verilmiştir. Şekil 3.46. (c)' de parabolik reflektör odak dışından beslenmiş (kaynağın yeri, birim çembere göre üçüncü bölgede) ve simetrik olarak $\pi/4$ açısı ile kesildiğinde meydana gelen alan değişimine ait ışın diyagramı verilmiştir. Şekil 3.47. (a)' da parabolik reflektör odak dışından beslenmiş, bununla birlikte kaynağın odaktan uzaklığı, Şekil 3.46. (b)' deki duruma göre daha fazla seçilmiş (kaynağın yeri, birim çembere göre ikinci bölgede) ve simetrik olarak $\pi/4$ açısı ile kesildiğinde meydana gelen alan değişimine ait ışın diyagramı verilmiştir. Şekil 3.47. (b)' de parabolik reflektör odak dışından beslenmiş, bununla birlikte kaynağın odaktan uzaklığı, Şekil 3.46. (c)' deki duruma göre daha fazla seçilmiş (kaynağın yeri, birim çembere göre üçüncü bölgede) ve simetrik olarak $\pi/4$ açısı ile kesildiğinde meydana gelen alan değişimine ait ışın diyagramı verilmiştir.



Şekil 3.48. $\rho_o = 0.3m, \phi_o = 0, \phi_o = \pi/3, \rho_o = 1m, \phi_o = \pi, \phi_o = \pi/6$ için ışın diyagramları

Şekil 3.48. (a)' da parabolik reflektör odak dışından beslenmiş ve Şekil 3.45. (b)' deki durumdan farklı olarak, reflektörün simetrik olarak $\pi/3$ açısı ile kesilmiş olmasıdır. Netice de bu durum için meydana gelen alan değişimine ait ışın diyagramı

verilmiştir. Şekil 3.48. (b)' de parabolik reflektör odak dışından beslenmiş, (kaynağın yeri, x ekseninde ve reflektörün odağından uzakta bir yerde) ve simetrik olarak $\pi/6$ açısı ile kesildiğinde meydana gelen alan değişimine ait ışın diyagramı verilmiştir.

3.15.1. Parabolik Yansıtıcıların Akustik Özellikleri

Ses gücünün bir nokta kaynağından yayılarak uzaklığın karesiyle ters orantılı değişmesinden dolayı, diğer bir deyişle her mesafe ikiye katlanırken ses gücünün 6dB düşmesi ve yansıyan yüzeyin görünen alanı başlangıçtaki değerinden yaklaşık olarak dörtte bir oranında düşer, çoğunlukla istenen cihazın sesi hem büyük bir kazançla hem de yüksek yönelme yeteneği ile toplamasıdır. Akustik özellikleri hakkında tam doğru bilgiler olmadan doğal ses kayıtlarında Mayıs 1932'den beri alüminyum veya fiberglas parabolik yansıtıcılar ile çalışılmıştır. Yakın zamandaki ilgi kapanabilen veya katlanabilen yapılan çalışmalar daha ileri seviyede ses yansıtıcılarına ihtiyaç olduğunu ortaya çıkarılmıştır.

Palomar dağı gözlemevindeki bulunan dev yansıtıcı teleskop, uzaydan zayıf ışık toplaması ve odaklaması için 200 inç parabolik bir aynaya sahiptir. Maine, Andover'da bulunan Telstar uydularından sinyal alan anten ise daha büyük paraboloid bir aynanın parçasıdır. Bu örnek yansıtıcıların enine elektromanyetik ışın yapmalarına karşın, boylamsal ses dalgalarına da uyarlanan bazı prensiplere uygunluk sağlarlar. Yansıtıcının açıklığı ne kadar büyükse, o kadar fazla veri toplanması; yansıtıcı yüzeyin ne kadar gerçek olması, odaklamanın daha keskin olması ve yansıtıcının çapı ne kadar büyükse, yöneltmenin o kadar büyük olması demektir.

Tabii tüm bu ifadeler bir genellemedir. Birinci ifadenin daha fazla açılmasına gerek yoktur, çünkü ifade olası gerektiği gibi açıktır. İkinci ifade de önemli değildir, ancak katlanabilen yansıtıcı yüzeyindeki düzensiz katlanmalar söz konusu olduğunda, ki bu durumda bu katlanmalar önemlidir. Üçüncü ifade ise frekans değişimlerine göre önem kazanır. Yüksek audi frekanslarında, genellikle Ornitoloji laboratuvarında

kullanılan tipteki yansıtıcılar (eğrilmiş alüminyum, 36 inç çap, 12 inç odak uzunluğu) oldukça doğrusaldır. Diğer yandan düşük frekanslarda her yönde doğrusallık gösterirler. Orta frekanslarda kazanç ve doğrusallık düzensizdir. Bu nedenle orta düzeylerde değer aralığı analize bağlıdır.

3.15.2. Parabolik Yansıtıcıların Frekans Tepkisi

Parabolik yansıtıcılar kullanılarak yapılan birçok deney şunu göstermiştir, engel birkaç dalga boyuna veya daha fazla dalga boyuna sahip olmadığı sürece, nesne radyasyonu yansıtmaz. Okyanus dalgaları iskele direklerinden etkilenmez ancak dalgakırandan yansır. Ses dalgalarının havadaki hızının saniyede 1000 feet olmasından dolayı, 1000 Hz' lik sinyalin dalga boyu yaklaşık 1 foot' tur. Böylelikle boylamasına birkaç ayaktan daha küçük olan nesnelerin 1kHz' in altındaki ses frekanslarını yansıtılmaları beklenemez. Üzerindeki frekanslarda aynı nesne düzenli yansıtılmalar yapabilir. Bu limitlerin herhangi bir yerinde rezonanslar düzensiz tepkiler üretirler.

Yansıtıcıya ait belirli bir geometrik şekle ait odak noktasındaki ses basıncı Eşitlik (3.130.)' da yer alan integral denklemi ile ifade edilebilir. (Little, 1963):

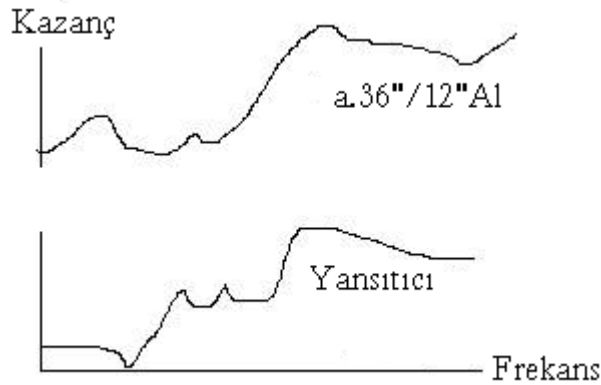
$$P = 2\pi A e^{j(\omega t - ky^2/a^2)} \int_{y=0}^{y=y_0} y e^{-jk\left[\left(x_f - y^2/a^2\right)^2 \frac{1}{2} - y^2/a^2\right]} dy \quad (3.130.)$$

Eşitlik (3.130.)' da sırasıyla A , ω , k , c ; yüzeyin normali ile akustik basınç genliğini, ses dalgasının radyan frekansını, yayılma katsayısını ($k = \omega/c$), sesin yayılma hızını göstermektedir.

$e^{ky^2} dy$ formunun belirsiz integrali, Gaussian belirsizlik integrali gibi hesaplanabilir ve çizelge haline getirilebilir. Bununla beraber, çeşitli frekanslar için

integral gerçek değerlendirme yapılmadan hesaplanabilir. Buda Bessel fonksiyonlarıyla kesine yakın çözümler bulunabileceğini ifade eder (Kinsler and Frey, 1961). Buna sonuca göre düşük frekanslarda kazanç düşüktür, yüksek frekanslarda ise kazanç büyüktür, ve deneyimlere göre orta frekanslarda geniş aralıklarda değişimler olur. Bu değişimler şekilde görüldüğü gibi “damped pseudo-sinusoid” olarak ifade edilir.

36-inch/12-inch 0° için alüminyum yansıtıcının vereceği tepkiyi Şekil 3.49. gösterilmektedir. 200 Hz’ deki geniş tepe noktası yansıtıcının çukur rezonansına bağlıdır. Yansıma etkileri 1 kHz’ de başlar ve 10 kHz’ e kadar tamamen değişkendir. Buna rağmen yüksek frekanslardaki kesin hesaplamalar cihazın yeteneğinin dışındadır, buda düzensiz tepkilerin yüksek frekanslarda meydana geldiğini gösterir, en uygun yansıtıcılar ultrasonik kaydedicilerdir.



Şekil 3.49. Alüminyum yansıtıcının vereceği tepki.

3.15.3. Parabolik Yansıtıcıların Yönelme Yeteneği

Yansıtıcının parabolik yüzeyi, bir dizi küçük düz fasetaların yaklaştırılması ile meydana gelecekse , Bu fasetaların her biri odak noktası boyunca direkt yansımalara göre yönlendirilmelidir. Her bir düz elaman gerçek yüzeyden dalga boyunun %1’ i kadar saptırılmazsa faz kayması 10° ’ den az olacaktır. L sesin dalga boyu ve a parabolik sabit olmak kaydı ile eğer sapma %1’ den az olursa fesatanın yarıçapı $0.1aL^{1/2}$ ’ i aşamaz. a = 10 (tipik yansıtıcı) değerinin anlamı şudur ki bir fesatanın

yarıçapı dalga boyunun kara kökünü aşamaz. Yansıtıcı üzerinde düzlem dalga olayı düşünüldüğünde ,dalga cephesi kuramsal yansıtıcının her fasetası ile ilgili olarak alt bölümlere ayrılmıştır. Her fasetta odak noktasına doğru ses silindirini yansıtacak. Bununla birlikte Sesin bütün bu silindirlerinin bir noktada birleşmesi, odak noktası yerine sanal noktada olacaktır.

3.15.4. Katlanmış Yansıtıcı

Yakın zamanda Ornitoloji laboratuvarında Bay Rodman Ward tarafından kapanabilir şemsiye yansıtıcı ile ilgili sürdürülen deneyler bir çok bilim adamına cesaret vermiştir. Bu yansıtıcılar açıldığında hemen hemen parabolik şekil alan naylondan imal edilmiştir. Yansıtıcı yüzey ışık demetinin işleme için ince kapitone, naylona bağlı alüminize edilmiş Mylar ile kaplanmıştır. Yansıtıcı başlıca odak noktasında mikrofon kullanmaya gerek duymaksızın fotografik nesnelerin projeksiyonunda kullanılmaktadır. Ölçümler ayrı bir tripoda bağlı bir mikrofon ile gerçekleştirilmiştir. Odak uzunluğu yaklaşık 12 inç ve çap 40 inç civarındadır. Alüminyum yansıtıcılarla karşılaştırıldıklarında çok iyi sonuçlar ortaya çıkmıştır. Düşük verimli yansıma fabrikasyon yansıtıcının toplam alışının birkaç desibel daha düşük olduğunu ortaya koyuyor. Mükemmel olmayan parabolik şekli dolayısıyla, doğrusal çözünürlüğün alüminyum yansıtıcıdan 10° kadar daha düşük olduğu saptanmıştır.

Mikrofonun oturacağı yer hazırlanıp ve yansıtıcı sahada denendiğinde, onun pratikteki tam değerlendirilmesine olanak sağlamıştır. Fakat laboratuvar verileri kapanabilir şemsiye yansıtıcının (dörtte bir hafiflik ve kapalıyken yirmide bir hacimce küçük), aynı boyuttaki bükülmeyen yansıtıcıyla hemen hemen aynı performansı yakalayabileceğini ortaya koymuştur. Bundan sonra yansıtıcılar için incelenmesi gereken nokta sahadaki dayanıklılığı ve kullanım rahatlığıdır.

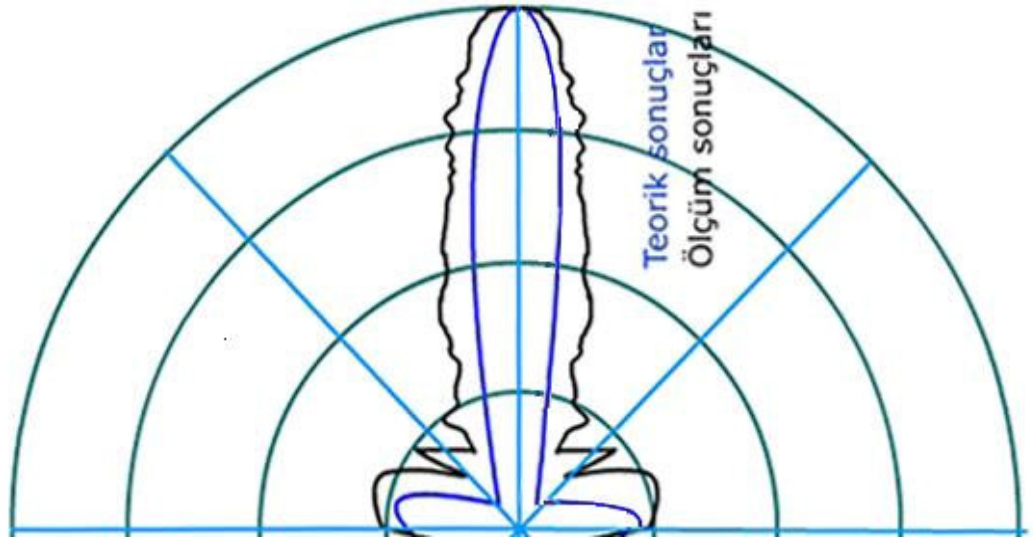
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Parabolik reflektör antenlerin ses frekanslarında yansıtma özellikleri araştırıldı. Bu amaçla, parabolik yansıtıcıların mesafeye, yöne ve ses kaynağının frekansına göre yansıtma özellikleri incelenerek sonuçlar elde edildi. Elde edilen sonuçların, aşağıda görüldüğü gibi logaritmik ve lineer grafik yöntemleri kullanılarak grafikleri çizildi.

Ölçümlerde 1metre çapında parabolik reflektör kullanılmıştır. Ses kaynağı odaktan yaklaşık 1000 dalga boyu uzak bir mesafeye konulmuştur. Böylece, reflektörün alışı örüntüsünün mesafeden bağımsız olması sağlanmıştır yani; uzak alan yaklaşımı olması sağlanmıştır.

4. 1. Parabolik Yansıtıcının Odaktan Ölçülen Mesafeye Göre Yansıtma Özellikleri

Bu bölümde, parabolik reflektör antenlerin, odaktan ölçülen mesafeye göre, ses kaynağının değişik frekans değerleri için yansıtma özellikleri araştırıldı.

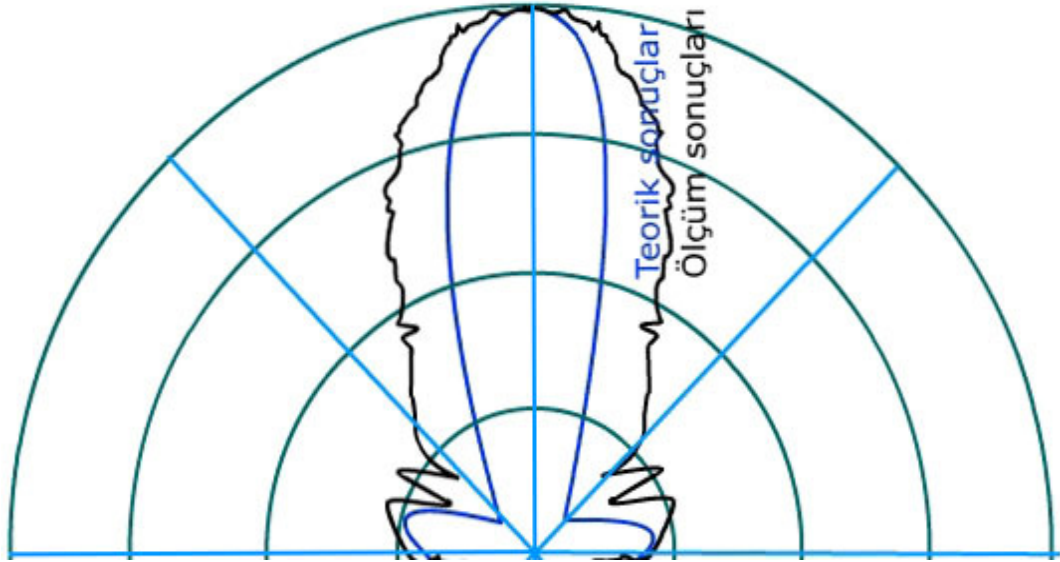


Şekil 4.1. Parabolik yansıtıcının odaktan ölçülen mesafeye göre yansıtma özellikleri. Ses kaynağının frekansı 3 KHz.

Şekil 4.1.' de parabolik yansıtıcının yansıtma özellikleri odaktan ölçülen mesafeye göre ölçülerek sonuçlar logaritmik olarak çizilmiştir. Ses kaynağının frekansı 3 KHz'

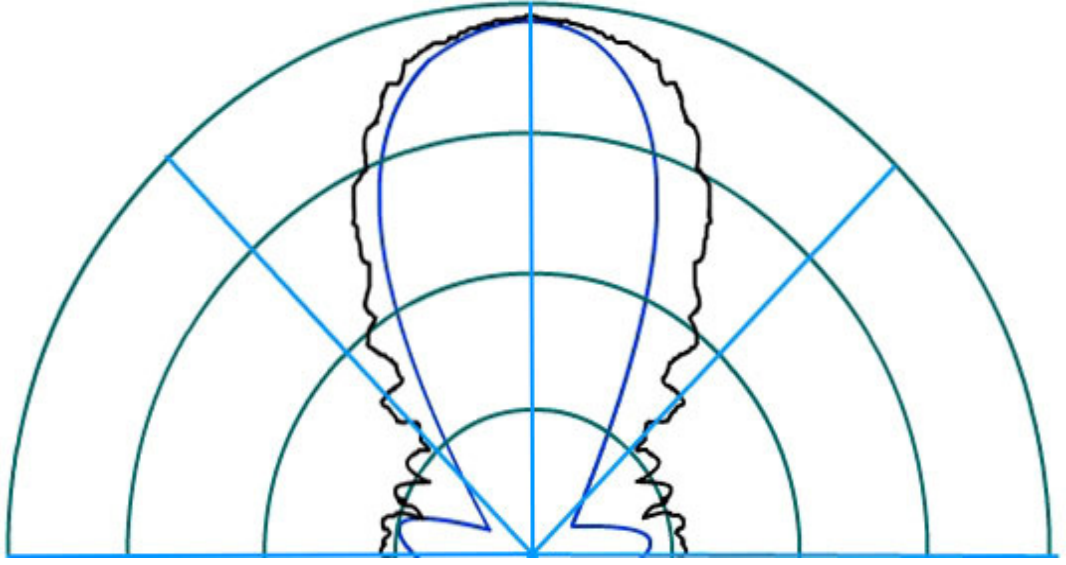
dir. Grafikte ayrıca kesik çizgi ile gösterilmiş olan sonuçlar ise teorik sonuçlardır, ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması amacı ile çizilmiştir. Şekilden anlaşıldığı gibi sonuçlar uyum içerisindedir. 3 KHz frekansta ana ışın demetinin huzme genişliği (yarı güç huzme genişliği) yaklaşık olarak 25° dir.

Şekil 4.2' de parabolik yansıtıcının yansıtma özellikleri odaktan ölçülen mesafeye göre ölçülerek sonuçlar logaritmik olarak çizilmiştir. Ses kaynağının frekansı 2 KHz' dir. Grafikte ayrıca kesik çizgi ile gösterilmiş olan sonuçlar ise teorik sonuçlardır, ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması amacı ile çizilmiştir. Şekilden anlaşıldığı gibi sonuçlar uyum içerisindedir. 2 KHz frekansta ana ışın demetinin huzme genişliği (yarı güç huzme genişliği) yaklaşık olarak 40° dir.

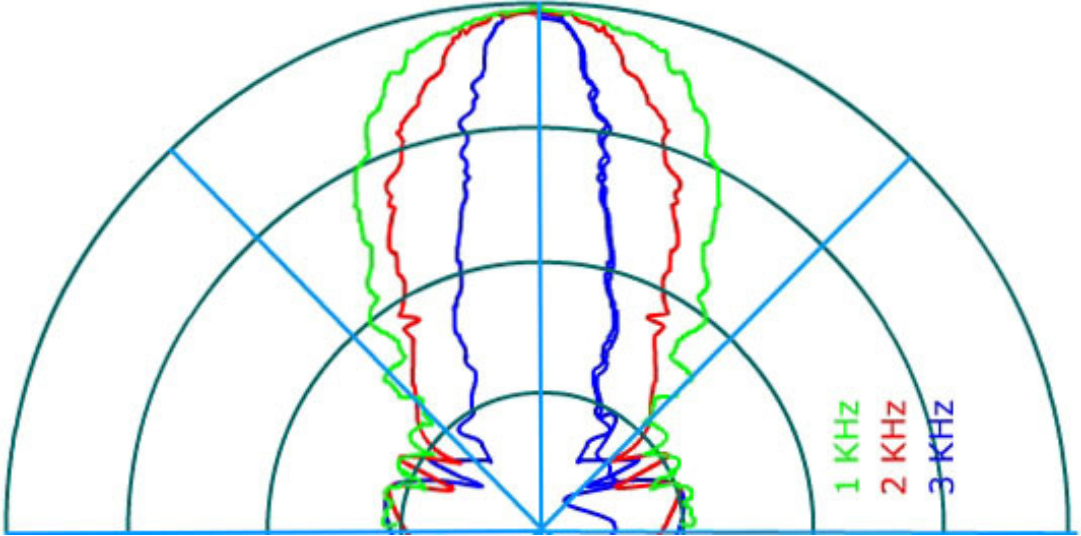


Şekil 4.2. Parabolik yansıtıcının odaktan ölçülen mesafeye göre yansıtma özellikleri. Ses kaynağının frekansı 2 KHz.

Şekil 4.3.' de parabolik yansıtıcının yansıtma özellikleri odaktan ölçülen mesafeye göre ölçülerek sonuçlar logaritmik olarak çizilmiştir. Ses kaynağının frekansı 1 KHz' dir. Grafikte ayrıca kesik çizgi ile gösterilmiş olan sonuçlar ise teorik sonuçlardır, ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması amacı ile çizilmiştir. Şekilden anlaşıldığı gibi sonuçlar uyum içerisindedir. 1 KHz frekansta ana ışın demetinin huzme genişliği (yarı güç huzme genişliği) yaklaşık olarak 60° dir.



Şekil 4.3. Parabolik yansıtıcının odaktan ölçülen mesafeye göre yansıtma özellikleri. Ses kaynağının frekansı 1 KHz.



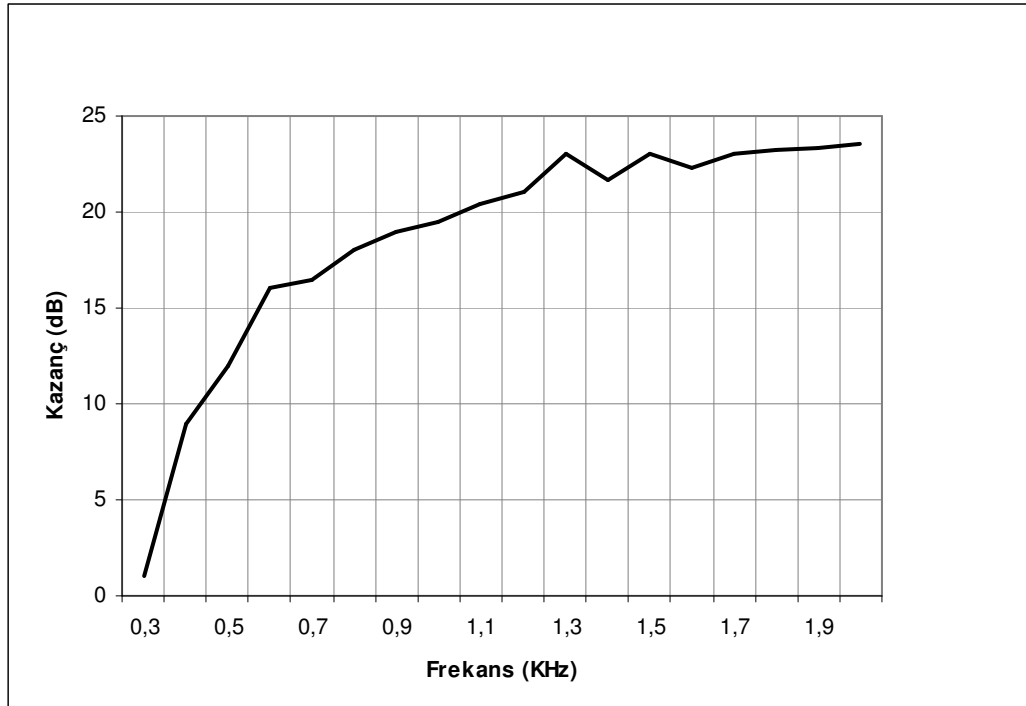
Şekil 4.4. Parabolik yansıtıcının odaktan ölçülen mesafeye göre yansıtma özellikleri. Ses kaynağının 3 farklı frekans değeri için karşılaştırma.

Parabolik yansıtıcının farklı frekanslardaki ses kaynaklarından gelen sesleri yansıtma özellikleri odaktan ölçülen mesafeye göre Şekil 4.4. de çizilmiştir. Farklı frekanslardaki seslerin mesafeye göre yansıtma özelliklerinin incelenebilmesi amacıyla yukarıdaki üç

grafik sonuçları aynı grafik üzerinde ifade edilmiştir. Şekilden anlaşıldığına göre, frekans arttıkça ışın demetinin açısı (yarı güç huzme genişliği) artmaktadır. Bunun anlamı, parabolik reflektörün yönlendiriciliği frekans arttıkça artmakta, azaldıkça azalmaktadır. Yani; parabolik reflektör, tiz sesleri, bas seslere oranla daha iyi yönlendirebilmektedir. Ancak, tiz seslerin ışın demeti daha dar olduğundan odak ekseninden sapma arttıkça bu oran hızlı bir şekilde azalmaktadır. Şekilde açıkça görüldüğü gibi tiz sesler (yüksek frekanslı), bas seslere (düşük frekanslı) oranla odak ekseninden ölçülen sapmalara karşı daha duyarlıdır.

4.2. Parabolik Yansıtıcının Ses Kaynağının Frekansına Göre Yansıtma Özellikleri

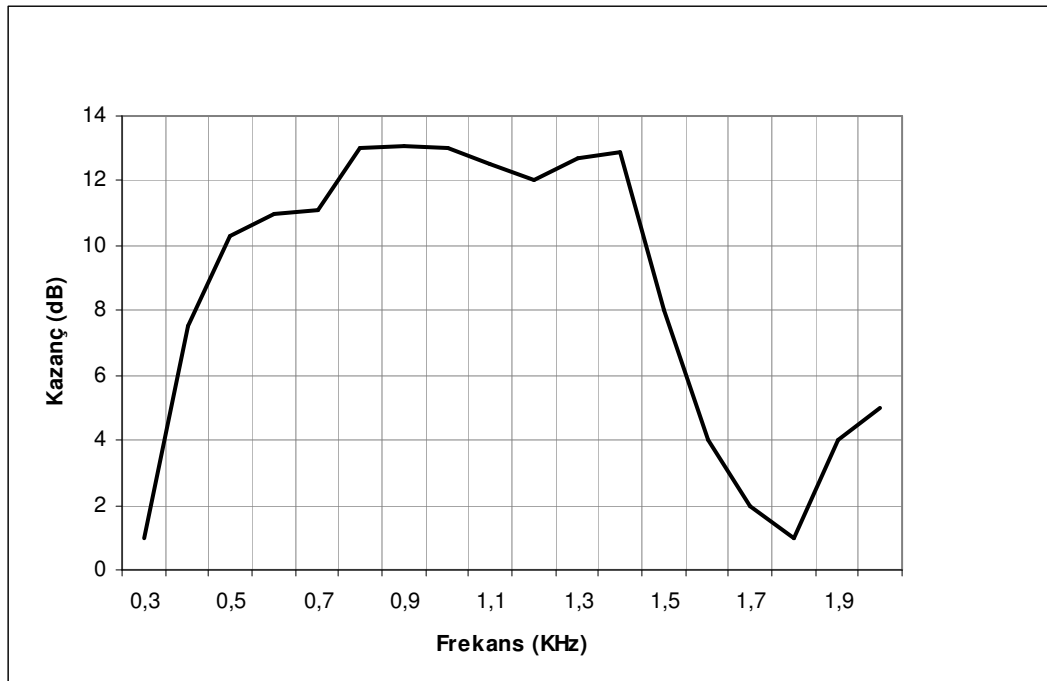
Bu bölümde, parabolik reflektör antenlerin, ses kaynağının frekansındaki değişime göre, farklı geliş açılarında yansıtma özellikleri araştırıldı.



Şekil 4.5. Parabolik yansıtıcının odak eksenini üzerine yerleştirilmiş ses kaynaklarından gelen sesler için reflektör kazancının frekans değişimine karşı grafiği

Şekil 4.5.' de ses kaynağı parabolik yansıtıcının odak eksenini üzerine yerleştirilmiştir. Ses kaynağının frekansı 300 Hz' den başlayarak 2 KHz' e kadar değiştirilmiş ve

parabolik yansıtıcının ses frekansının değişimine karşı kazanç grafiği elde edilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi, 300 Hz de başlayarak frekans arttıkça kazanç da artmaktadır. Kazançtaki artış 1.4 KHz' e kadar hızlı bir şekilde devam etmiş ancak, 1.4 KHz' den sonra kazanç artışı yavaşlamıştır. Parabolik yansıtıcının odak ekseninde bulunan kaynaklardan gelen sesler için frekans arttıkça kazanç da artmaktadır. Ancak bu artış 1.4 KHz' den sonra yavaşlamaktadır.

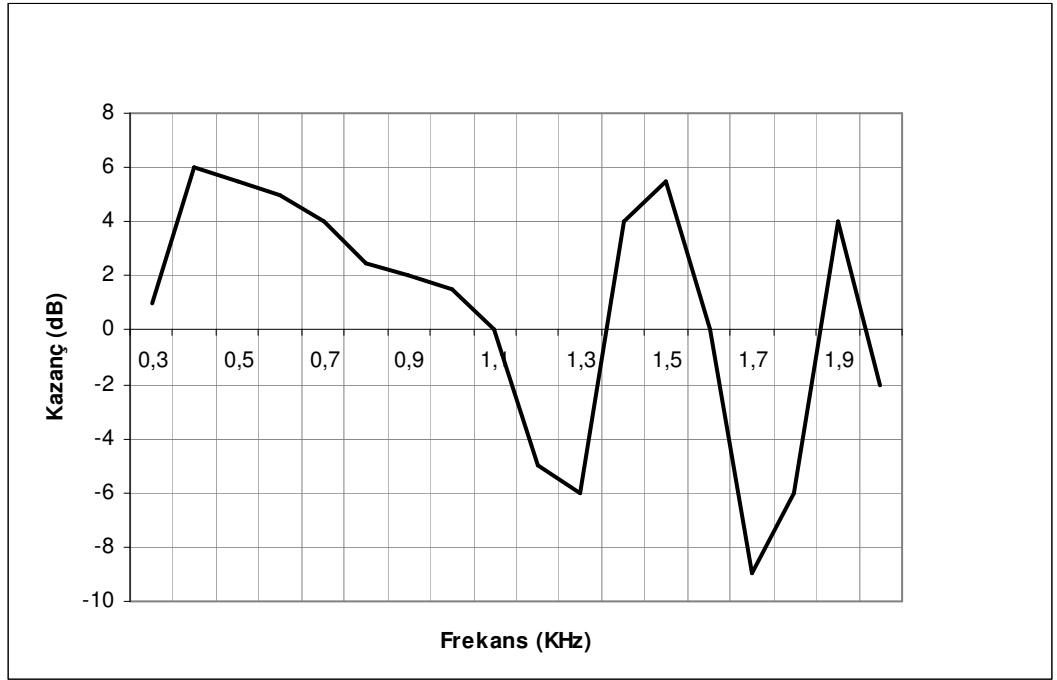


Şekil 4.6. Parabolik yansıtıcının odak eksenine ile 15° lik açı yapacak şekilde yerleştirilmiş ses kaynaklarından gelen sesler için reflektör kazancının frekans değişimine karşı grafiği

Şekil 4.6.' de ses kaynağı parabolik yansıtıcının odak eksenine ile 15° lik açı yapacak şekilde yerleştirilmiştir. Ses kaynağının frekansı 300 Hz den başlayarak 2 KHz' e kadar değiştirilmiştir ve parabolik yansıtıcının ses frekansının değişimine karşı kazanç grafiği elde edilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi, 300 Hz' de başlayarak frekans arttıkça kazanç da artmaktadır. Kazançtaki artış 0.8 KHz'e kadar hızlı bir şekilde devam etmiştir. 0.8 KHz ile 1.4 KHz aralığında kazanç artışı yavaşlamış 1.4 KHz den sonra düşmeye başlamıştır. Kazanç, şekilden de anlaşıldığı gibi, 1,8 KHz' den sonra tekrar artmaya başlamıştır. Parabolik yansıtıcının odak eksenine ile 15° lik açı yapacak şekilde gelen sesler için frekans 0.3-1.4 KHz aralığında arttıkça kazanç da artmaktadır. Ancak, 1.4

KHz den sonra kazanç aniden düşmeye başladığı için güvensiz bir durum ortaya çıkmaktadır.

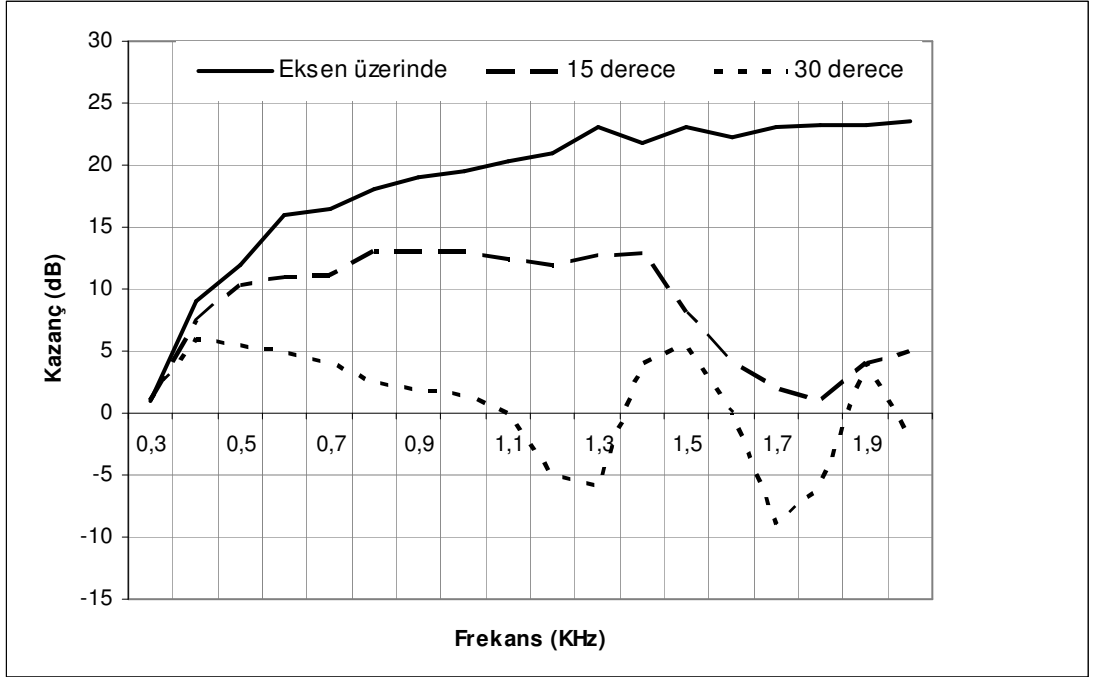
Şekil 4.7.' de ses kaynağı parabolik yansıtıcının odak eksenini ile 30° lik açı yapacak şekilde yerleştirilmiştir. Ses kaynağının frekansı 300 Hz' den başlayarak 2 KHz' e kadar değiştirilmiş ve parabolik yansıtıcının ses frekansının değişimine karşı kazanç grafiği elde edilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi, 300 Hz' de başlayarak frekans arttıkça kazanç dalgalı bir seyir izlemektedir. Parabolik yansıtıcının odak eksenini ile 30° lik açı yapacak şekilde gelen sesler için frekans 0.3-2.0 KHz aralığında arttıkça kazanç da ani yükselme ve düşüşler yaşandığı için güvensiz bir durum ortaya çıkmaktadır.



Şekil 4.7. Parabolik yansıtıcının odak eksenini ile 30° lik açı yapacak şekilde yerleştirilmiş ses kaynaklarından gelen sesler için reflektör kazancının frekans değişimine karşı grafiği

Şekil 4.8.' de parabolik yansıtıcının odak eksenini ile 0° , 15° ve 30° açı yapacak üzerine yerleştirilmiş ses kaynaklarından gelen seslerin frekans değişimine karşı kazanç grafikleri aynı şekil üzerinde gösterilmiştir. Parabolik yansıtıcının odak eksenini üzerinde bulunan kaynaklardan gelen sesler için frekans arttıkça kazanç da artmaktadır ve bu artış 1.4 KHz' den sonra yavaşlamaktadır. Ancak, parabolik yansıtıcının odak eksenini ile

15° ve 30° açı yapacak şekilde gelen sesler için frekans 0.3-2.0 KHz aralığında arttıkça kazanç da ani yükselme ve düşüşler yaşandığı için güvensiz bir durum ortaya çıkmaktadır.



Şekil 4.8. Parabolik yansıtıcının odak eksenine ile değişik açılarda yerleştirilmiş ses kaynaklarından gelen sesler için reflektör kazancının frekans değişimine karşı grafiği

Buradan anlaşılmaktadır ki ses kaynağı odak eksenine yaklaştıkça kazanç artmakta, odak ekseninden uzaklaştıkça kazanç artışı kararsız bir seyir izlemektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, parabolik reflektör antenlerin ses frekanslarında yansıtma özellikleri araştırıldı. Bu amaçla, parabolik yansıtıcıların mesafeye, yöne ve ses kaynağının frekansına göre yansıtma özellikleri incelenerek sonuçlar elde edildi. Elde edilen sonuçlar, literatürde bulunan teorik sonuçlarla karşılaştırıldı ve literatür sonuçları ile bu çalışmada elde edilen sonuçların uyum içerisinde olduğu görülmüştür.

Farklı frekanslardaki seslerin mesafeye göre yansıtma özellikleri incelendi ve ses kaynağının frekansı arttıkça ışın demetinin açısının (yarı güç huzme genişliği) arttığı gözlemlendi yani; parabolik reflektör, tiz sesleri (yüksek frekanslı), bas seslere (düşük frekanslı) oranla daha iyi yönlendirebilmektedir. Ancak, tiz seslerin ışın demeti daha dar olduğundan odak ekseninden sapma arttıkça bu oranın hızlı bir şekilde azaldığı da ayrıca not edilmiştir.

Parabolik yansıtıcının odak eksenini ile 0° , 15° ve 30° açı yapacak üzerine yerleştirilmiş ses kaynaklarından gelen seslerin frekans değişimine karşı kazanç değişim özellikleri de ayrıca incelenmiştir. Parabolik yansıtıcının odak ekseninde bulunan kaynaklardan gelen sesler için frekans arttıkça kazanç da artmaktadır. Ancak, parabolik yansıtıcının odak eksenini ile 15° ve 30° açı yapacak şekilde gelen sesler için frekans 0.3-2.0 KHz aralığında arttıkça kazanç da ani yükselme ve düşüşler yaşandığı için güvensiz bir durum ortaya çıkmaktadır.

Buradan anlaşılmaktadır ki ses kaynağı odak eksenine yaklaştıkça kazanç artmakta, odak ekseninden uzaklaştıkça kazanç artışı kararsız bir seyir izlemektedir.

Bu çalışmada 1 metre çapında parabolik bir yansıtıcı kullanılmıştır. Farklı özellik ve çaplarda bu çalışmanın devam ettirilmesinde yarar görülmektedir. Ayrıca, farklı noktalara yerleştirilmiş mikrofon dizileri kullanılarak da benzer bir çalışma yapılabilir.

KAYNAKLAR

- Lee, Soon-Young, **Diffraction of Sound by Objects in the One-Wavelength Size Range, Master's Thesis** (Dept. Of Electrical Engineering, University of Illinois at Urbana-Champaign, 1996).
- Wahlstrom, S., "**The Parabolic Reflector as an acoustical Amplifier,**" J. Audio Eng. Soc., vol 33 (1985), pp 419-429
- Harrington, RF., **Field Computation by Moment Methods** (IEEE Pres, Piscataway, NJ, 1993).
- Bayrakçi, H. E. (1991). **Lineer Sistemlerin Mühendislik Matematigi**, Çağlayan Kitabevi, Istanbul.
- Bayrakçi, H. E. (1992). **Antenlerin Teorisi ve Teknigi**, Güneş Kitabevi, Istanbul.
- Bayrakçi, H. E. (2001). **Elektromagnetik Dalga Teorisi**, Birsen Yayınevi, Istanbul.
- Harrington R. F. (1961). **Time-Harmonic Electromagnetic Fields**, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Ruck, G. T. Ed. (1970). **Radar Cross Section Handbook**, Plenum, New York.
- Stutzman, W. L. and Thiele, G. A. (1998). **Antenna Theory and Design**, John Wiley & Sons, Inc, New York.
- Yalçın, U. (2002). **İçbükey İletken Bir Yüzeyin Kenarından Kirinan Elektromagnetik Dalgaların Fiziksel Optik Yaklaşımıyla Asimptotik Hesabi**, URSI-TÜRKIYE'2002 Union Radio Science International Birinci Ulusal Kongresi. I.T.Ü., Istanbul, 42-45.
- SOUND: **Science Projects.**" Simon de Pinna, Raintree Steck-Vaughn Publishers: Austin, 1998, p. 8-9.
- S. Olesik, WOW Project, Ohio State University, 2000. "**How Science Works.**" Judith Hann, Dorling Kindersley Limited: London, 1991, p. 105.
- The Best of Wonders Science: **Elementary Science Activities.**" American Institute of Physics, Delmar Publishers: Albany, 1997, p. 455.
- S. Olesik, WOW Project, Ohio State University, 2000. **SOUND: Science Projects.** Simon de Pinna, Raintree Steck-Vaughn Publishers: Austin, 1998, p. 32.

- S. Olesik, WOW Project, Ohio State University, 2000. "**Teaching Physics with TOYS: Activities for Grades K-9.**" Taylor, Poth, & Portman, Terrific Science Press: Middletown, 1995, p.89.
- S. Olesik, WOW Project, Ohio State University, 2000. "**SOUND: Science Projects.**" Simon de Pinna, Raintree Steck-Vaughn Publishers: Austin, 1998, p. 8-9.
- S. Olesik, WOW Project, Ohio State University, 2000. "**SOUND: Science Activities.**" Graham Peacock, Wayland Publishers, Ltd.: New York, 1993, p.20-21.
- "**Sound Science.**" Etta Kaner, 1991, Addison-Wesley, New York, p. 88-89.
- "Sound." K. L. Siepak, 1994, Carson-Dellosa Publishing Co., p. 31-32.
- S. Olesik, WOW Project, Ohio State University, 2000. "**The Best of Wonders Science: Elementary Science Activities.**" American Institute of Physics, Delmar Publishers: Albany, NY, 1997, p. 456.
- S. Olesik, WOW Project, Ohio State University, 2000. **SOUND: "Science Projects."** Simon de Pinna, Raintree Steck-Vaughn Publishers: Austin, 1998, p. 36-37.
- S. Olesik, WOW Project, Ohio State University, 2000.
- "**Sound Fundamentals.**" Robert W. Wood, Chelsea House Publishers: Philadelphia, 1999, p. 47-48.
- S. Olesik, WOW Project, Ohio State University, 2000. MANO, M. Morris, KIME, Charles R. (2003) **Logic and Compute Design Fundamentals**, Prentice Hall.
- Rabiner, L., Juang, B., '**Fundamentals of Speech Recognition**', ISBN: 0-13-015157-2, 1993.
- Bregman A. **Auditory Scene Analysis**. Cambridge MA : MIT Press. 1990
- Cole, R.A., Mariani, J., Uszkoreit, H., Zaenen, A. and Zue, V., '**Survey of the State of the Art in Human Language Technology**', 1996.
- Rappaport T. S., **Wireless Communications**. 2. basım, Prentice Hall, New Jersey, A.B.D., 2002.
- Huang, X., Acero, A. and Hon, H.W., '**Spoken Language Processing: A Guide to Theory, Algorithm and System Development**'(1st Ed.) Prentice Hall PTR, ISBN 0-13-022616-5, 2001.
- Smith, S.W., '**The Scientist's and Engineer's Guide to Digital Signal Processing**'(2nd Ed.) California Technical Publishing, ISBN 0-96-601764-1, 1999.

- Robinson, T., '**Speech Anaylsis Tutorial**', <http://svr-www.eng.cam.ac.uk/~ajr/SpeechAnalysis/>, 1998.
- Fingerhut, A., '**U.S. Department of Defense LPC-10 2400 bps Voice Coder**', <http://www.arl.wustl.edu/~jaf/lpc/lpc10-1.5.tar.gz>, 1997.
- Kale K. R., '**Dynamic Time Warping**', <http://www.cnel.ufl.edu/~kkale/dtw.html>, 2006.
- Coleman, J., '**Introducing Speech and Language Producing**', Cambridge University Press, ISBN 0-52-153069-5, 2005.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezım sırasında her zaman değerli destek ve fedakârlıklarını esirgemeyen, danışmanlığımı üstlenerek, çalışmalarımın her aşamasında bana özveri ile destek veren değerli hocam, Yrd. Doç. Dr. Emin ÜNAL' a ve hayatımın her alanında olduğu gibi, sevgi ve desteklerini benden hiç esirgemeyen aileme çok teşekkür ederim.

ÖZGEÇMİŞ

1979 yılında Antakya' da doğdum. İlk, orta ve lise öğrenimimi Antakya' da tamamladım. 2000 yılında girdiğim Gaziantep Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fizik Mühendisliği Bölümünden Ocak 2005 yılında bölüm birincisi olarak mezun oldum. 2005 yılına Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Ana Bilim dalında yüksek lisans öğrenimime başladım. 2005 yılı Temmuz ayında, İsdemir Demir ve Çelik A.Ş.' de Elektronik Otomasyon Müdürlüğü Kalibrasyon Laboratuvarında kalibrasyon mühendisi olarak göreve başladım. Halen İsdemir A.Ş.' de görevime devam etmekteyim.