İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

UYGULAMALI SİSMİK YÖNTEMLERDE ATIŞ-ALICI DİZİLİM TASARIMLARI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Müh. Aydın YÜCESOY

Anabilim Dalı: Jeofizik Mühendisliği

Programı: Jeofizik Mühendisliği

Tez Danışmanı: Prof.Dr. Emin DEMİRBAĞ

TEMMUZ 2006

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

UYGULAMALI SİSMİK YÖNTEMLERDE ATIŞ-ALICI DİZİLİM TASARIMLARI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Müh. Aydın YÜCESOY
505921068

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 12 Haziran 2006
Tezin Savunulduğu Tarih : 03 Temmuz 2006

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Emin DEMİRBAĞ
Diğer Jüri Üyeleri: Yrd.Doç.Dr. Hülya KURT (İ.T.Ü.)
Yrd.Doç.Dr. Hüseyin TUR (İ.Ü.)

TEMMUZ 2006

Hayatta Doğru Olan Hiç Birşey Yarım Kalmamalı .....

ÖNSÖZ

Uygulamalı Sismik Yöntemlerde Atış-Alıcı Dizilim Tasarımları yapmayı amaçlayan bu çalışma İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı'na Yüksek Lisans tezi olarak sunulmuştur.

Tez konusunun belirlenmesinden sonuçlanmasına kadar, çalışmalarımın her aşamasında benden yardımlarını ve özellikle bana karşı sabrını esirgemeyen Sayın Hocam ve Danışmanım Prof. Dr. Emin DEMİRBAĞ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tüm bölüm öğretim görevlilerinin öğrenciliğime yeniden dönüşümümde göstermiş oldukları tüm yakınlığa ve desteğe, Fen Bilimleri Enstitüsü ve İTÜ'nün diğer bölümlerinde çalışanların göstermiş oldukları yardım severliliğe teşekkür ederim.

Bu çalışmada benden yardımlarını eksik etmeyen aileme ve tüm arkadaşlarıma ayrıca teşekkür ederim.

Yoğun çalışma tempom içerisinde, hayatımın her anında benden destek şefkat ve ilgisini eksik etmeyen sevgili eşime teşekkür ediyorum.

Haziran 2006 **Aydın YÜCESOY**

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR **vi**
ŞEKİL LİSTESİ **vii**
SEMBOL LİSTESİ **xi**
ÖZET **xiii**
SUMMARY **xv**

1. GİRİŞ **1**
1.1. Sismik Yansıma Yönteminde Sinyal ve Gürültü Kavramı 1
1.1.1 Düzensiz Gürültüler 1
1.1.2 Düzenli Gürültüler 2
1.2. Yüzey Dalgaları (Ground Roll, Rayleigh Waves) 3
1.3 Sahada Gürültü Testi 7
1.4 Yüzey Dalgalarının Atış-Alıcı Dizilimleri ile Örneklenmesi 8

2. KAYNAK ALICI DİZİLİMLERİ; DOĞRUSAL DİZİLİMLER **14**
2.1. Doğrusal Dizilimler 14
2.1.1. In-Line Dizilimler 18
2.1.2. Yüzey Dizilimleri 18
2.2. Atış-Alıcı Düzeni Tasarımları 19
2.2.1 In-Line Dizilim Tasarım Örnekleri 20
2.2.1.1 Eleman Sayısı 5 olan Bir In-Line Dizilimin Tasarım Örneği 20
2.2.1.2 Eleman Sayısı 11 olan Bir In-Line Dizilimin Tasarım Örneği 22
2.2.1.3 Eleman Sayısı 21 olan Bir In-Line Dizilimin Tasarım Örneği 24
2.2.1.4 Eleman Sayısı 5,11,21 In-Line Dizilimlerin Karşılaştırılması 26
2.2.2 Yüzey Dizilimleri Tasarım Örnekleri 30
2.2.2.1 Eleman Sayısı 3X5 Yüzey Dizilimi Tasarım Örneği 30
2.2.2.2 Eleman Sayısı 3X11 Yüzey Dizilimi Tasarım Örneği 34
2.2.2.3 Eleman Sayısı 3X21 Yüzey Dizilimi Tasarım Örneği 38
2.2.2.4 Eleman Sayısı 3X5, 3X11, 3X21 Yüzey Dizilimi Tasarım Örneklerinin Karşılaştırılması 42

3. KAYNAK ALICI DİZİLİMLERİ; CHEBYSHEV DİZİLİMLERİ **46**
3.1. Pafnuty Lvovich Chebyshev'in Hayatı 46
3.2. Chebyshev Polinomları ve Özellikleri 47
3.2.1. Birinci Tür Chebyshev Polinomları 47
3.2.2. İkinci Tür Chebyshev Polinomları 48
3.3. Chebyshev Polinomlarının Atış-Alıcı Düzeni Tasarımında Kullanımı 50

3.3.1 Dizilim Cevabı 50
3.3.2 Ağırlık Katsayıları Hesabı 50
3.4 Chebyshev Dizilim Tasarım Örnekleri 52
3.4.1 Eleman Sayısı 5 olan Chebyshev Dizilimi Tasarım Örneği 53
3.4.2 Eleman Sayısı 11 olan Chebyshev Dizilimi Tasarım Örneği 56
3.4.3 Eleman Sayısı 21 olan Chebyshev Dizilimi Tasarım Örneği 58
3.4.4 Eleman Sayısı 5,11,21 Chebyshev Dizilimi Tasarım Örneklerinin Karşılaştırılması 60

4. DOĞRUSAL DİZİLİM ve CHEBYSHEV DİZİLİMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI 64
4.1. Dizilimlerin Sistem Cevapları Açısından Karşılaştırılması 64
4.1.1. 5 Elemanlı Dizilim Tasarımlarının Karşılaştırılması 64
4.1.2. 11 Elemanlı Dizilim Tasarımlarının Karşılaştırılması 67
4.1.3. 21 Elemanlı Dizilim Tasarımlarının Karşılaştırılması 70
4.2. Dizilimlerin Saha Uygulamaları Açısından Verimliliklerinin Karşılaştırılması 73
4.3. Bir Sismik arazi Verisi Üzerinde Atış-Alıcı Dizilimlerinin Uygulanması 74

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA 79

KAYNAKLAR 81

EKLER 82

ÖZGEÇMİŞ 90

KISALTMALAR

S/N	: Sinyal Gürültü Oranı
AKT	: Ağırlık Katsayıları Toplamı
DB	: Desibel
NR	: No Reflection (Yansımasız)
HZ	: Hertz
M	: Metre

ŞEKİL LİSTESİ

		Sayfa No
Şekil 1.1	**:** Yüzey dalgalarının bir düzlem boyunca hareket yönleri .	4
Şekil 1.2	**: a:** Rayleigh dalgalarının yatay ve düşey düzlem boyunca hareketi **b:** Rayleigh dalgalarının yatay hareketinin sismik kaydı **c:** Rayleigh dalgalarının düşey hareketinin sismik kaydı (Hilterman,1982)	5
Şekil 1.3	**:** Bir sismik kayıtta görülmesi muhtemel dalgaların zaman- uzaklık grafiğindeki dağılımı	6
Şekil 1.4	**:** Gürültü Analizi veya "walkaway" örneği. Kaynak olarak Vibroseis, jeofon aralığı 1.5 m., İlk jeofona olan uzaklık 425 m. (Sheriff,1984)	7
Şekil 1.5	**: a:** Tek kaynaklı ve alıcılı düzen **b:** Çok kaynaklı ve alıcılı düzen	8
Şekil 1.6	**:** Bir düzlem boyunca (sismik hat) oluşturulan doğrusal dizilim	9
Şekil 1.7	**:** Bir sismik dalga cephesinin, bir sismik hat üzerindeki alıcılara ulaşma sırasında oluşan geometrisi	10
Şekil 1.8	**:** Bir kaynak alıcı dizilimi uygulanmamış arazi verisi (Morgan, 1981)	12
Şekil 1.9	**:** Bir kaynak alıcı dizilimi uygulanmış arazi verisi (Morgan, 1981)	13
Şekil 2.1	**:** Bir sismik hat boyunca eşit aralıklı yerleştirilmiş jeofonlar toplam bir sismik çıktı verirler	14
Şekil 2.2	**:** $\frac{\lambda}{2}$ aralıklarla sıralanmış N jeofonlu doğrusal bir dizilim ve toplam düzen cevabı, sönümlenmiş sinyalin dalga boyuna eşittir	15
Şekil 2.3	**:** Doğrusal alıcı düzenlerinin sönümleme gücü eğrisi	16
Şekil 2.4	**:** Bir sinusoidal dalganın zaman ortamındaki anlık hareketi. (Elmore ve diğ, 1985)	16
Şekil 2.5	**:** Bir sinusoidal dalganın uzay boyutundaki anlık hareketi. (Elmore ve diğ, 1985)	17
Şekil 2.6	**:** In-Line dizilim örneği	18
Şekil 2.7	**:** Arazide örnek bir yüzey dizilimi örneği	19
Şekil 2.8	**:** Yüzeysel (4 X 11, tek kaymalı) alıcı düzeni. Sismik hat boyunca ağırlıklar şekilde görüldüğü gibi hesaplanır	19
Şekil 2.9	**:** Eleman sayısı 5 olan bir in-line dizilimin normalize genlik cevabı	20
Şekil 2.10	**:** Eleman sayısı 5 olan bir in-line dizilimin desibel cinsinden göreceli cevabı	21
Şekil 2.11	**:** Eleman sayısı 11 olan bir in-line dizilimin normalize genlik cevabı	22

Şekil 2.12 : Eleman sayısı 11 olan bir in-line dizilimin desibel cinsinden göreceli cevabı 23
Şekil 2.13 : Eleman sayısı 21 olan bir in-line dizilimin normalize genlik cevabı 24
Şekil 2.14 : Eleman sayısı 21 olan bir in-line dizilimin desibel cinsinden göreceli cevabı 25
Şekil 2.15 : Eleman Sayıları 5,11,21 olan in-line dizilimlerin normalize genlik cevaplarının toplu görünümü 26
Şekil 2.16 : Eleman Sayıları 5,11,21 olan in-line dizilimlerin göreceli cevaplarının desibel cinsinden toplu görünümü 27
Şekil 2.17 : **a:** Eleman Sayısı 5 **b:** Eleman sayısı 11 **c:** Eleman sayısı 21 olan in-line dizimlerin normalize genlik cevap grafikleri **d:** Eleman Sayısı 5 **e:** Eleman sayısı 11 **f:** Eleman sayısı 21 olan in-line dizimlerin göreceli cevap (db) grafikleri 29
Şekil 2.18 : 3 X 5'lik bir yüzey dizilim geometrisine sahip bir sistem teorikte 1 X 7, 1 X 5, 1 X 3'lük in-line dizilimlerin toplamı şeklinde davranır 30
Şekil 2.19 : 3X5'lik yüzey dizilimi için; **a:** 1X3, **b:** 1X5, **c:** 1X7 alt dizilimileri için sistem cevapları 31
Şekil 2.20 : 3X5'lik yüzey dizilimi için; sistemin toplam normalize genlik cevabı görünümü (Şekil 2.19 da görülen a,b,c grafiklerinin değerlerinin toplamı) 32
Şekil 2.21 : 3X5'lik yüzey dizilimi için; sistemin göreceli cevabının desibel cinsinden görünümü 33
Şekil 2.22 : 3 X 11'lik yüzey dizilim geometrisine sahip bir sistem teorikte, 1 X 13, 1 X 11, 1 X 9'luk in-line dizilimlerin toplamı şeklinde davranır 34
Şekil 2.23 : 3X11'lik yüzey dizilimi için; **a:** 1X9, **b:** 1X11, **c:** 1X13 alt dizilimileri için sistem cevapları 35
Şekil 2.24 : 3X11'lik yüzey dizilimi için, sistemin toplam normalize genlik cevabının görünümü. (Şekil 2.23'de görülen a,b,c grafiklerinin değerlerinin toplamı) 36
Şekil 2.25 : 3X11'lik yüzey dizilimi için, sistemin göreceli cevabının desibel cinsinden görünümü 37
Şekil 2.26 : 3 X 21'lik bir yüzey dizilim geometrisine sahip bir sistem teorikte 1 X 23, 1 X 21, 1 X 19'luk in-line dizilimlerin toplamı şeklinde davranır 38
Şekil 2.27 : 3X21'lik yüzey dizilimi için, **a:** 1X19, **b:** 1X21, **c:** 1X23 alt dizilimileri için sistem cevapları 39
Şekil 2.28 : 3X21'lik yüzey dizilimi için, sistemin toplam normalize genlik cevabının görünümü. (Şekil 2.27'de görülen a,b,c grafiklerinin değerlerinin toplamı) 40
Şekil 2.29 3X21'lik yüzey dizilimi için; sistemin göreceli cevabının desibel cinsinden görünümü 41
Şekil 2.30 : Eleman sayıları 3X5, 3X11, 3X21'lik yüzey dizilimlerinin normalize genlik cevaplarının görünümü. 42

Şekil 2.31 : Eleman sayıları 3X5, 3X11, 3X21'lik yüzey dizilimlerinin göreceli cevaplarının desibel cinsinden görünümü 43
Şekil 2.32 : **a:** Eleman Sayısı 5, **b:** Eleman sayısı 11, **c:** Eleman sayısı 21 olan yüzey dizimlerinin normalize genlik grafikleri. **d:** Eleman Sayısı 5, **e:** Eleman sayısı 11, **f:** Eleman sayısı 21 olan yüzey dizimlerin desibel cinsinden göreceli cevap grafikleri 45
Şekil 3.1 : 5. dereceye kadar birinci tür Chebyshev Polinomlarının grafik görünümleri (Weisstein, 2005)..... 47
Şekil 3.2 : 5. dereceye kadar ikinci tür Chebyshev Polinomlarının grafik görünümleri (Weisstein, 2005)..... 49
Şekil 3.3 : İkinci tür 4. ve 5. dereceden Chebyshev Polinomlarının tipik davranış şekilleri. (Holzman, 1963) 51
Şekil 3.4 : 6 elemanlı Chebyshev dizilimi için *u,x* skala dönüşümü ve en az geçirimsizlik oranı değeri görünümü (Holzman, 1963) 52
Şekil 3.5 : 5 Elemanlı Chebyshev diziliminin normalize genlik cevabı 54
Şekil 3.6 : 5 Elemanlı Chebyshev diziliminin desibel cinsinden göreceli cevabı 55
Şekil 3.7 : 11 Elemanlı Chebyshev diziliminin normalize genlik cevabı 56
Şekil 3.8 : 11 Elemanlı Chebyshev diziliminin desibel cinsinden göreceli cevabı 57
Şekil 3.9 : 21 Elemanlı Chebyshev diziliminin normalize genlik cevabı 58
Şekil 3.10 : 21 Elemanlı Chebyshev diziliminin desibel cinsinden göreceli cevabı 59
Şekil 3.11 : 5,11,21 Elemanlı Chebyshev dizilimlerinin normalize genlik cevablarının toplu görünümü 60
Şekil 3.12 : 5,11,21 Elemanlı Chebyshev dizilimlerinin desibel cinsinden göreceli cevabının toplu görünümü 61
Şekil.3.13 : **a:** Eleman Sayısı 5 **b:** Eleman sayısı 11 **c:** Eleman sayısı 21 olan Chebyshev dizimlerin normalize genlik cevap grafikleri. **d:** Eleman Sayısı 5, **e:** Eleman sayısı 11, **f:** Eleman sayısı 21 olan Chebyshev dizimlerin göreceli cevaplarının desibel cinsinden grafikleri 63
Şekil 4.1 : In-Line, Yüzey ve Chebyshev Dizilimlerinin 5 eleman için normalize genlik cevap grafikleri 65
Şekil 4.2 : In-Line, Yüzey ve Chebyshev Dizilimlerinin 5 eleman için göreceli Cevaplarının desibel cinsinden gösterimi .. 66
Şekil 4.3 : In-Line, Yüzey ve Chebyshev Dizilimlerinin 11 Eleman için Normalize Genlik cevap grafikleri 68
Şekil 4.4 : In-Line, Yüzey ve Chebyshev Dizilimlerinin 11 Eleman için Göreceli Cevaplarının desibel cinsinden gösterimini 69
Şekil 4.5 : In-Line, Yüzey ve Chebyshev Dizilimlerinin 21 Eleman için normalize genlik cevap grafikleri 71

Şekil 4.6 : In-Line, Yüzey ve Chebyshev Dizilimlerinin 21 Eleman için göreceli cevaplarının desibel cinsinden gösterimi ... 72
Şekil 4.7 : Atış-Alıcı dizilimi uygulaması yapılacak ham arazi verisi..... 74
Şekil 4.8 : Şekil 4.7 de verilen arazi veri üzerinde küçük ve büyük dalga boyları ile bunların periyot ve hızlarının belirlenmesi..... 76
Şekil 4.9 : Uygulamada kullanılan arazi datası için Chebyshev Dizilimi normalize genlik grafiği..... 77
Şekil 4.10 : Uygulamada kullanılan arazi datası için Chebyshev Dizilimi göreceli cevap grafiği..... 78

SEMBOL LİSTESİ

n	**:** İstatistik olarak düzensiz gürültülerin toplamı
Δx	**:** Alıcılar arası yatay mesafe
Δy	**:** Alıcılar arası dikey mesafe
t	**:** Zaman
Ψ	**:** Alıcılar arası faz farkı
λ	**:** Dalgaboyu
θ	**:** Sismik alıcıların kendi düzlemleri ile sismik dalga arasındaki açı (veya geliş açısı, emergency angle)
d	**:** Alıcılar arası mesafe
α	**:** Sismik hat boyunca ilerleyen fazın yönü
N	**:** Alıcı sayısı
$f_1, f_{2...}, f_n$	**:** Her bir alıcı tarafından algılanan toplam cevap fonksiyonları
$f_i(t)$	**:** Toplam cevap fonksiyonu
K	**:** Dalga sayısı
f	**:** Frekans
V	**:** Hız
T	**:** Periyot
ω	**:** Açısal Frekans
A(t)	**:** Sinüs dalgasının genlik fonksiyonu
A_0	**:** Başlangıç genliği
Δt	**:** Zamanda gecikme
$A(\omega)$	**:** Doğrusal dizilimler için sistemin toplam cevabı
$A(\omega)_i$	**:** Doğrusal dizilimin toplam cevap değerleri
$A(\omega)_{max}$	**:** Doğrusal dizilim toplam cevap değerlerinin en büyük değeri
$T_n(x)$	**:** Birinci tür Chebyshev polinomları
$U_n(x)$	**:** İkinci tür Chebyshev polinomları
$V_n(x)$	**:** Üçüncü tür Chebyshev polinomları
$W_n(x)$	**:** Dördüncü tür Chebyshev polinomları
$S_n(\Psi)$	**:** Chebyshev dizilimi toplam cevabı
k	**:** Chebyshev dizilimi toplam cevabı döngü katsayısı değişkeni
m	**:** Chebyshev diziliminde eleman sayısının bir eksiği
a_k	**:** Chebyshev dizilimi ağırlık katsayıları
s	**:** Chebyshev dizilimi ağırlık katsayıları hesabı döngü sayısı değişkeni
ε_i	**:** Neumann sayısı
u	**:** Chebyshev polinomu değişkeni
$T_m[u]$	**:** u değişkenli m. dereceden Chebysehv polinomu
σ	**:** Chebyshev polinomu ile dizilim toplam cevabı arasındaki skala dönüşümünde polinom eğrisinin dönüşüm sonucu oluşan kayma miktarı
R	**:** Chebyshev polinomu ile dizilim toplam cevabı arasındaki skala dönüşümünde polinom eğrisinin dönüşüm sonucunda u eksenini kestiği nokta, geçirimsizlik oranı

λ_L : Büyük dalgaboyu
λ_s : Küçük dalgaboyu
d_0 : Chebyshev diziliminde hesaplamalarda kullanlmak üzere tanımlanan alıcılar arası mesafe
σ_0 : Chebyshev polinomu ile dizilim toplam cevabı arasındaki skala dönüşümünde polinom eğrisinin dönüşüm sonucu oluşan kayma miktarı
R_0 : Chebyshev polinomu ile dizilim toplam cevabı arasındaki skala dönüşümünde polinom eğrisinin dönüşüm sonucunda u eksenini kestiği nokta

UYGULAMALI SİSMİK YÖNTEMLERDE ATIŞ-ALICI DİZİLİM TASARIMLARI

ÖZET

Sismik kayıtların doğru yorumlanabilmesi kayıtların kalitesine bağlıdır. Burada kaliteyi, kayıdın sinyal/gürültü (S/N) oranı doğrudan etkiler. S/N oranının küçük olması kayıdın kötü nitelikli olmasına, büyük olması ise kayıdın kaliteli olarak nitelendirilmesine neden olur. İki ayrı gürültüden bahsedilebilir, düzenli ve düzensiz gürültüler. Düzensiz gürültüler, sismik çalışma yapılacak olan alanda daha önceden var olan endüstriyel, atmosferik gürültülerdir ve bu gürültüler kendilerini tekrar etmezler. Düzenli gürültüler ise sismik kaynak oluşturma (patlatma) sırasında oluşan gürültülerdir ve aynı sismik patlatma aynı noktada tekrar edildiğinde bu gürültüler benzer şekilde algılanırlar. Sismik Prospeksiyon açısından yüzey dalgaları bu bahsedilen gürültülerden düzenli gürültüler sınıfına girer. Yüzey dalgaları sismik patlatma ile oluşur ve yeryüzüne paralel olarak hareket ederek sismik alıcılarda büyük genlikli olarak ve belli bir faz gecikmesi ile kaydedilirler. Büyük genlikli olduklarından özellikle kayıtlarda sinyal olrak adlandırılan kayıtların üzerini örterler. Sismik çalışmalardan önce çalışma sahasının gürültü özelliklerinin belirlenebilmesi amacıyla önceden mutlaka bir gürültü testi yapılır ve sonuçlara göre uygun alıcı aralığı ve dizilim türü seçilir.

Yansıma sismiğinde veri toplama aşamasında tek bir alıcı veya kaynak kullanılabilir. Böyle bir durumda alıcı kendi transfer fonksiyonu ne ise ona uygun olan tüm sinyalleri algılar. Fakat veri toplamada seçici davranılmak istenirse belli mesafelerde dizilmiş alıcılar kullanılır. Bu alıcılar veya kaynaklar bir doğrultu boyunca tasarlanabildiği gibi (in-line dizilimler) bir düzlem üzerinde de (yüzey dizilimleri) tasarlanabilir. Bu doğrusal dizilimlere ek olarak eşit aralıklı olmayan ve ya eşit aralıklı fakat farklı ağırlık katsayılarına sahip Chebyshev polinomlarından yararlanarak dizayn edilmiş dizilimlerde tasarlanabilir. Bu tasarımlarda hat boyunun alıcı noktaları arasındaki mesafeden çok büyük olduğu varsayılır.

Bir sismik hat boyunca eşit aralıklı yerleştirilmiş N adet alıcının çıkışları toplanarak tek bir çıkış elde edildiğinde N elemanlı doğrusal (linear) alıcı düzenleri oluşur. Bu dizilimin toplam cevabı;

$$A(\omega) = A_0 \left| \frac{\sin\left(\frac{N\pi d \sin\theta}{\lambda}\right)}{\sin\left(\frac{\pi d \sin\theta}{\lambda}\right)} \right|$$

şeklinde tarif edilir. Genlik cevapları hesap edilirken genelde normalize edilir ve desibel cinsinden aşağıdaki şekilde ifade edilir,

Göreceli cevap $(db) = 20\log_{10}\dfrac{A(\omega)_i}{A(\omega)_{\max}}$

Sismik yansıma yönteminde bir sismik hat boyunca belli aralıklarla dizilmiş birden fazla alıcı kullanılarak uygulanan dizilimlere in-line dizilimler denir. Bu dizilimler sinyal/gürültü oranına bakıldığında gürültüleri daha çok geçirdiği fakat arazi şartlarının durumuna göre ve alınmak istenilen sinyal türüne göre uygulaması yapılır.

Yüzey dizilimleri aynı anda birçok in-line dizilimin toplam cevabından oluşan bir sistemi içermektedir.Yüzeysel alıcı düzenleri sismik hat boyunca iz düşümleri alınarak ağırlıklı düzenler olarak değerlendirilebilirler Ağırlıklı alıcı düzenlerinin sönümleme gücü hesaplanırken, bunlar orta noktadan eşit uzaklıkta ve eşit ağırlığa sahip jeofon (veya alıcı) çiftleri olarak görülebilir ve her birinin sönümleme eğrisi toplanarak düzenin toplam sönümleme gücü bulunur. Bu dizilimlerde jeofon sayısının ve kaydırma sayısının artmasına göre istenmeyen gürültülerin bastırılmasında daha etkin rol oynar.

Chebyshev dizilimleri, eşit mesafelerde dizilmiş farklı ağırlık katsayılarına sahip alıcılar tarafından veya istenilen tepki fonksiyonuna göre birbirlerinden farklı mesafelerde dizilmiş alıcılar şeklinde sismik uygulamalarda kullanılır.

Böyle bir sistemin toplam cevabı;

$$S_N(\Psi) = \sum_{k=0}^{m/2} \varepsilon_{m-2k} a_k \cos\left[(m-2k)\frac{\Psi}{2}\right]$$

şeklinde ifade edilir. Burada ağırlık katsayıları ise;

$$a_k = \frac{2}{N}\sum_{s=0}^{m/2} \varepsilon_s T_m\left[\sigma\cos\frac{s\pi}{N}\right] T_{m-2k}\left[\cos\frac{s\pi}{N}\right]$$

şeklinde ifade edilmektedir.

Teorik çalışma sonuçlarında, Chebyshev dizilimleri sismik verilerin toplanması aşamasında uygulanabilirliği daha kolay olması ve sistem cevabı olarak daha iyi sonuç vermesi açısından daha başarılı görülmüştür. Ayrıca bu dizilim yönteminin matematik hesaplama yöntemlerine bakıldığında doğrusal dizilimlerle karşılaştırıldığında daha çok fiziksel parametreden faydalanarak dizilim sisteminin cevabına ulaşıldığı gözlemlenmiştir. Bu paremetrelerin matematiksel olarak kontrol edilebilmesi, elde edilen sismik verilerin araştırmacılar tarafından daha anlaşılabilir olmasını sağlayacaktır.

Doğrusal dizilimler her ne kadar Chebyshev dizilimleri kadar yüzey dalgalarının sönümlenmesinde başarılı olmasalar da, yüzey dalgaları dışında çalışılan alanda baskın olabilecek farklı gürültü kaynaklarının oluşturduğu verilerin sönümlenmesinde kullanılabilirler.

SHOT-RECEIVER ARRAY DESIGN IN SEISMIC PROSPECTING

SUMMARY

Correctly interpretation of seismic data is related to the quality of the data. Signal/noise ratio of the data directly affects the interpretational quality of the data. If the ratio is low, it means the quality of the data is not good and if the ratio is high, it means the quality is good. We can talk about two different noise one of which is coherent and the other is random. Random noise is industrial and atmospheric noises which are already exist in the area that the seismic studies will be repeated and they don't repeat themselves. Coherent noise occurs during the seismic source explosion and when the same explosion is repeated at the same point these noise repeat itself. Surface waves are in coherent noises category. They occur with seismic explosion and they move along to the surface of the earth. They are recorded in the seismic receiver as large amplitudes and with a phase delay. Because they have large amplitudes, they cover up the signals in the records. A noise test is done in the study area to determine the noise chracteristics before the recording begin and appropriate receiver array and arrangement type is selected according to the results of the test.

During noise test, only one receiver or source can be used during data collection period. In this condition, receiver accepts all the signals which are convenient for its transfer function. But if it is wanted to be selective for data collection, recievers are arranged with specific intervals Hence, receivers and sources can be designed both along to a direction (in-line arrays) and on a plane (surface arrays). Addition to these linear array, arrays which are designed with the help of Chebyshev polinomials. Chebyshev polinomials has unequal intervals or different weight coefficients.In these designs, the lenght of the line is much more than the distance between receivers points. Along a seismic line N unit receiver outputs are summed and one output is obtained. By this way , linear receiver with N components are formed.The answer of this arrangement is ;

$$A(\omega) = A_0 \left| \frac{\sin\left(\frac{N\pi d \sin\theta}{\lambda}\right)}{\sin\left(\frac{\pi d \sin\theta}{\lambda}\right)} \right|$$

Gain answers are normalized during calculation and expressed in decibell form as below ;

$$\text{Relative Answer } (db) = 20\log_{10}\frac{A(\omega)_i}{A(\omega)_{\max}}$$

In seismic reflection method, in-line array are applied with more than one recievers which are arranged with ordinary intervals. These array lets more sound to pass over but according to the conditions of the land special signal selection can be applied.

Surface arrays includes a system which consists of many in-line arrays to get the total answer. When calculated the power of attenuation receiver mechanism, these could be watcing have from middle of point to equal distance geophone (or receiver) end addition each reflection curve so can find total reflection power. At these arrays to increase number of geophone and to slide , effective to have step noise.

Chebyshev arrays are used in seismic applications by receivers which are arranged with equal intervals and different coefficients or with unequal intervals according to the needed responce function.

The answer of a such system is ;

$$S_N(\Psi) = \sum_{k=0}^{m/2} \varepsilon_{m-2k} a_k \cos\left[(m-2k)\frac{\Psi}{2} \right]$$

and coefficients are expressed as ;

$$a_k = \frac{2}{N} \sum_{s=0}^{m/2} \varepsilon_s T_m \left[\sigma \cos\frac{s\pi}{N} \right] T_{m-2k} \left[\cos\frac{s\pi}{N} \right]$$

In theoritical studies , Chebyshev arrays are seemed more successful because its feasibility during seismic data collection is easier and its results are better as a system answer. If mathematical calculation method is analysed, it is seen that more physical parameters are used to get the answer of the Chebyshev array system. The mathematical control of these parameters provides the seismic data to be understood better by the interpetens.

Although the linear arrangements are not as successful as Chebyshev arrays to attenuation the surface waves, they can be used as a method to attenuation data's which are consist of different sound sources.

1. GİRİŞ

1.1 Sismik Yansıma Yönteminde Sinyal ve Gürültü Kavramı

Sismik kesitlerin yorum güvenirliği, kayıtların kalitesine bağlıdır. Sismik verilerde jeolojik problemi çözmeye yönelik elde edilen her türlü olgu "sinyal", bunun dışındakiler ise "gürültü" (noise) olarak adlandırılır. Sinyalin gürültüye oranı (S/N şeklinde kısaltılabilir), sismik verilerin belirli bir kısmındaki sinyal enerjisinin aynı kısımdaki toplam gürültüye oranı olarak tanımlanır. S/N oranının küçük olması sismik verilerin "kötü nitelikli" olarak kabul edilmesine neden olur (Öztürk, 1993). İki tür sismik gürültüden bahsedilebilir; düzenli (organize, coherent) gürültüler ve düzensiz (gelişigüzel, incoherent) gürültüler.

1.1.1 Düzensiz Gürültüler

Bu gürültüler genlik ve faz olarak gelişigüzeldir ve ortamda herhangi bir düzene bağlı değildirler. Ayrıca bu gürültüler çalışma yapılacak olan arazide atış yapılmadan önce var olan yüksek frekanslı sinyallerdir. Bu sinyaller sismik alıcılar tarafından aşağı yukarı düşey olarak ulaşan enerji şeklinde algılanırlar. Sismik araştırmanın yapıldığı arazideki endüstriyel ve atmosferik gürültüler, mikrosismik dalgalar ile bizzat sismik aletlerin elektronik gürültüsü bu çeşit gürültülerdir. Kayıt aletlerinin gürültüsü genellikle kullanılan her alet için değişiktir ve modern aletlerde bu gürültü seviyesi çok düşürülerek ideal gürültü seviyesine indirilmiştir.

Bu gürültü tipleri örneklenecek olursa,

- Ağaç köklerinin rüzgardan dolayı sebep olduğu gürültüler.
- Rüzgarın alıcıları sallaması.
- Alıcıların yanında yürünmesi.
- Sismik kaynak oluşturma (patlatma) sırasında çevreye saçılıp yere düşen taş, kaya v.b. parçalarının alıcıların yakınına düşmesi.

- Yeryüzeyine yakın düzensizlikler ve heterojenitelerden oluşan saçılmalar (Scattering, bu gürültü türü ne kadar düzensiz olarakta tarif edilse sismik izler üzerinde tekrar edebilme özelliğine sahiptir.)

Sismik kayıtlarda, düzensiz gürültülerin fazları birbirinden farklı olacağından birçoğu birbirini yok eder. İstatistik olarak *n* düzensiz gürültünün toplamı $\sqrt{n}$ ile orantılıdır. Buna karşı *n* eş fazlı sinyalin toplamı *n* ile orantılıdır. Böylece, gürültüleri toplamakla sinyal/gürültü oranı $\sqrt{n}$ kat büyümüş olur. Bu bilgilerden yola çıkarak düzensiz gürültüleri gidermek için çok sayıda kaynak noktasından aynı anda atış yapma, çok sayıda jeofondan oluşan jeofon dizinlerinden çıkış toplayarak tek iz olarak kaydetme, ortak derinlik noktası (Common Depth Point), yığma (Stack) yöntemleri uygulanarak düzensiz gürültüleri toplayarak sinyal/gürültü oranını yükseltmesi sağlanır.

1.1.2 Düzenli Gürültüler

Bu gürültü tipi sismik kaynak oluşturma (patlatma) sırasında oluşan gürültülerdir. Bu gürültüler, sismik kayıt üzerindeki bir kaç izde mutlaka takip edilebilirler, ayrıca benzer patlatma başka bir zaman içinde de yapıldığında sismik kayıtlarda aynı gürültülerin tekrar edildiği gözlenir. Düzenli gürültülerin patlatma sonucunda oluşan enerjileri, jeofonlar tarafından yatay yol alan enerji olarak kaydedilir.

Bu gürültü tipleri örneklenecek olursa,

- Yüzey dalgaları; bu dalga türü ayrı bir başlık altında incelenecektir.
- Kırınma dalgaları (Difraksiyonlar); Yansıma dalgasının, hızları farklı iki ortamın iletişimindeki herhangi bir düzensizlikten oluşan yayınım olayıdır. Bu düzensizlik bir fay veya ortamdaki herhangi bir engel olabilir.
- Yansımış kırılma dalgaları; yeraltında iki tabaka arasındaki sınırın altında ilerleyen bir kırılma dalgasının yansıtıcı başka bir sınırdan yansıması ile oluşurlar.
- Nakil vasıtaları ile ilgili gürültüler (Birbirini izleyen atışlarda (patlatma) bu gürültü kendini tekrar etmeyebilir),
- Ses dalgaları ve enine (transversal) dalgalar; Ses dalgaları çok sığ veya havada yapılan atışlarla oluşan dalgaların havada yayılması ile kayıtlarda

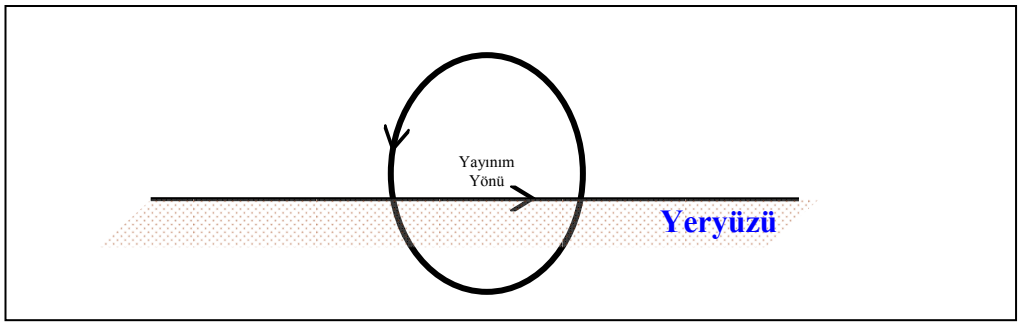
görülebilirler, bu dalgalar genelde yansıma dalgalarının üzerine düşerek bu dalgaların kayıtlarda örtülmesine neden olur. Sismik patlatmalardan sonra boyuna dalgaların yanında enine dalgalar da oluşur. Bu dalgalar farklı hızlardaki ortamların ara kesitine gelen boyuna dalganının da bir kısmı enine dalgalar haline dönüşebilir, bu dalgaların bir bileşeni yansıma dalgaları ile birleşerek zararlı gürültü haline dönüşebilirler.

- Tekrarlayan yansımalar ve kırılmalar (multiples); Sismik kayıt üzerinde görülen fakat bir yüzeyden bir kere değilde bu yüzeyle bu yüzeyin üstündeki veya altındaki bir başka yüzey arasında bir kaç defa yansıyan veya kırılan dalgalardır. Genellikle bu ikinci toprak sathı düşük hızlı tabaka tabanıdır. Bu tip tabakalanmalar arasında mutlaka bir hız farkı vardır ve tekrarlayan yansıma oluştururlar.
- Hortlak yansıma dalgaları; tekrarlı yansımların özel bir halidir. Yeryüzü hava arasında ve düşük hız tabakası ile altındaki tabaka arasında yansıyarak gelen dalgalar aşağıya giden birincil dalgayı kısa bir zaman farkı ile izlerler.
- Reverberasyonlar; bir sismik patlatma sonucu oluşan dalgalar (giriş sinyali) yer içine gönderilip algılanması sonucunda yer sinyale bir süzgeç etkisi uygulayarak biçimini değiştirir. Bu biçim değiştirme işlemine konvolüsyon denir. Biçim değiştirme işlemini veri işlem teknikleri ile geri alma işlemine dekonvolüsyon denir. Giriş sinyalinin konvolüsyonu ve yeryüzüne yakın olan yerlerin koşulları sonucunda ortaya çıkan olaya reverberasyon denir. Bu olay özellikle yeryüzüne yakın su ile kaplı yerlerde tekrar tekrar oluşan yansımların sonucu sürekli titreşim gösteren dalgalardır.
- Direkt dalgalar, Doğrusal yol izleyerek ortamın hızı ve yayınım uzaklığına bağlı olarak alıcılar tarafından kaydedilen dalgalardır. Bu dalgalar bu yüzden yayındıkları ortamın hızını doğrudan verirler.

1.2 Yüzey Dalgaları (Ground Roll, Rayleigh Waves)

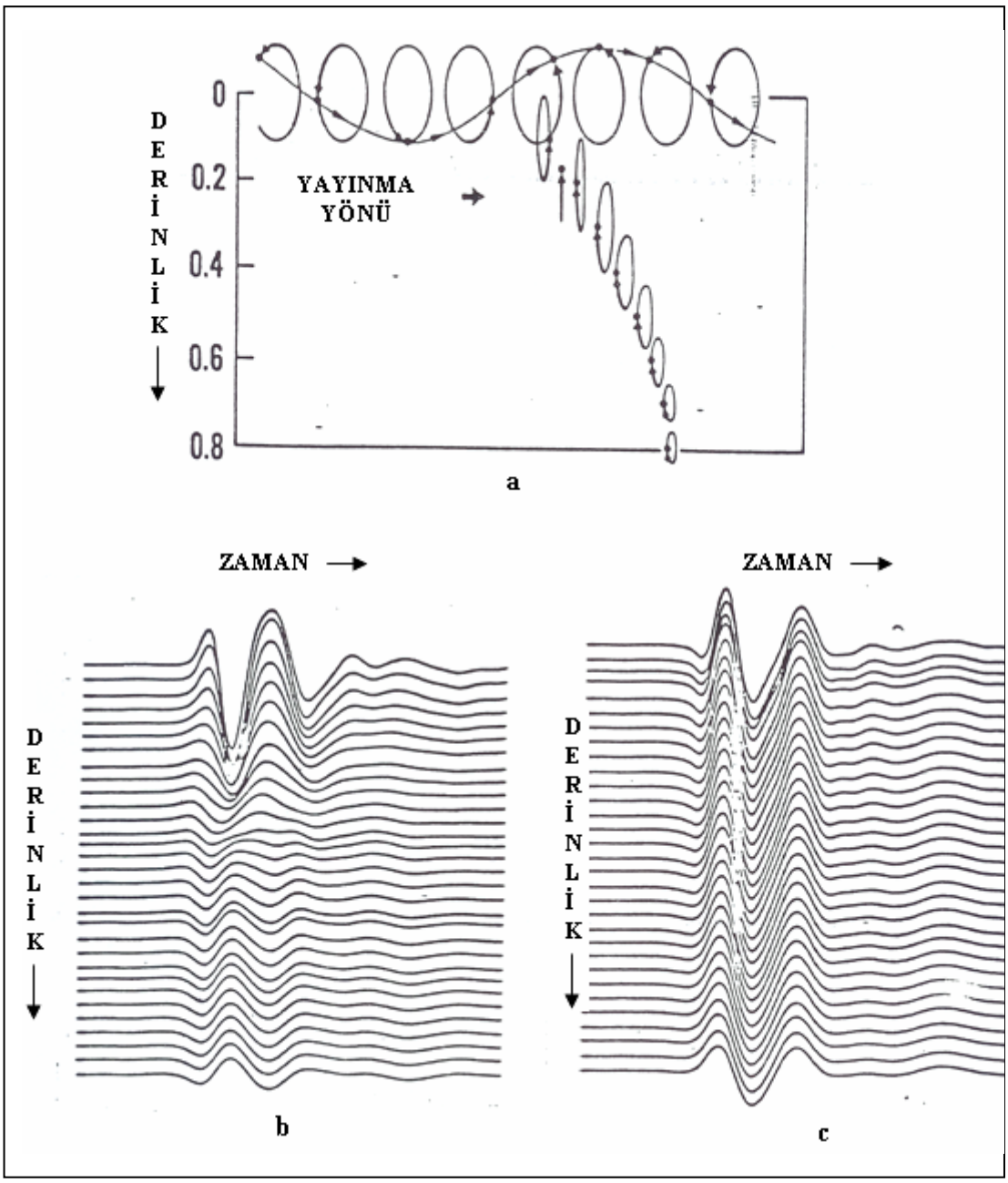
Bu dalgalar yeryüzüne paralel olarak yayılan hızları genellikle 1000 m/sn den frekansları 25 Hz. den az olan dalgalardır. Dalgaların geçişinde yeryüzünde bir nokta büyük ekseni düşey olan ve yayılma doğrultusunun ters, yönünde çizilen elips biçiminde bir titreşim yapar (Şekil 1.1).

Bu nedenle düşey bileşeni ve yayılma doğrultusunda yatay bileşeni vardır (Şekil 1.2). Sismik yansıma yönteminde sadece düşey bileşeni kaydedilir. Bu dalganın hızı S dalgası hızının 0.92'si kadardır. Reyleigh dalgaları sismik yansıma dalgalarına göre daha alçak frekanslıdır, hızları ise P dalgası hızından küçüktür (Aksaray, 1967).



Şekil 1.1 : Yüzey dalgalarının bir düzlem boyunca hareket yönleri.

Yüzey dalgaları büyük genlikli olup sönümleri çoktur. Düşük hızlı gevşek tabaka içinde yayılmaları sönümünü arttırır. Yansıma dalgalarını maskelediklerinden sismik yansıma arazi çalışmaları sırasında bastırılmaya çalışılır. Bu dalgalar arazide çok sayıda jeofon serimleri atış alıcı aralığının uygun seçilmesi gibi yöntemler kullanılarak en aza indirilir. Bu amaçla çalışma yapılacak olan arazide önceden gürültü testi olarak adlandırılan bir çalışma yapılır.

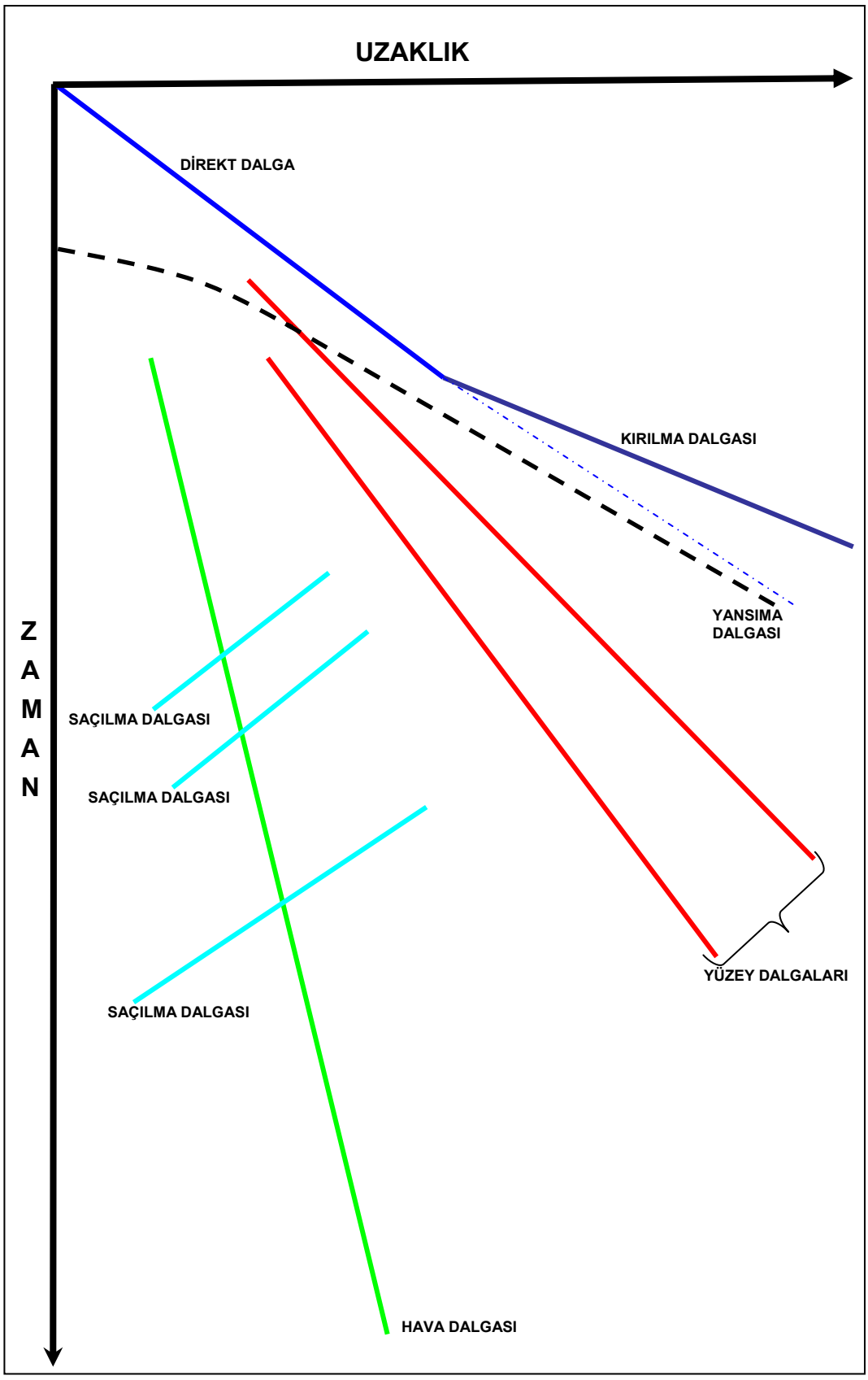


Şekil 1.2 : a: Rayleigh dalgalarının yatay ve düşey düzlem boyunca hareketi

b: Rayleigh dalgalarının yatay hareketinin sismik kaydı.

c: Rayleigh dalgalarının düşey hareketinin sismik kaydı.

(Hilterman,1982)

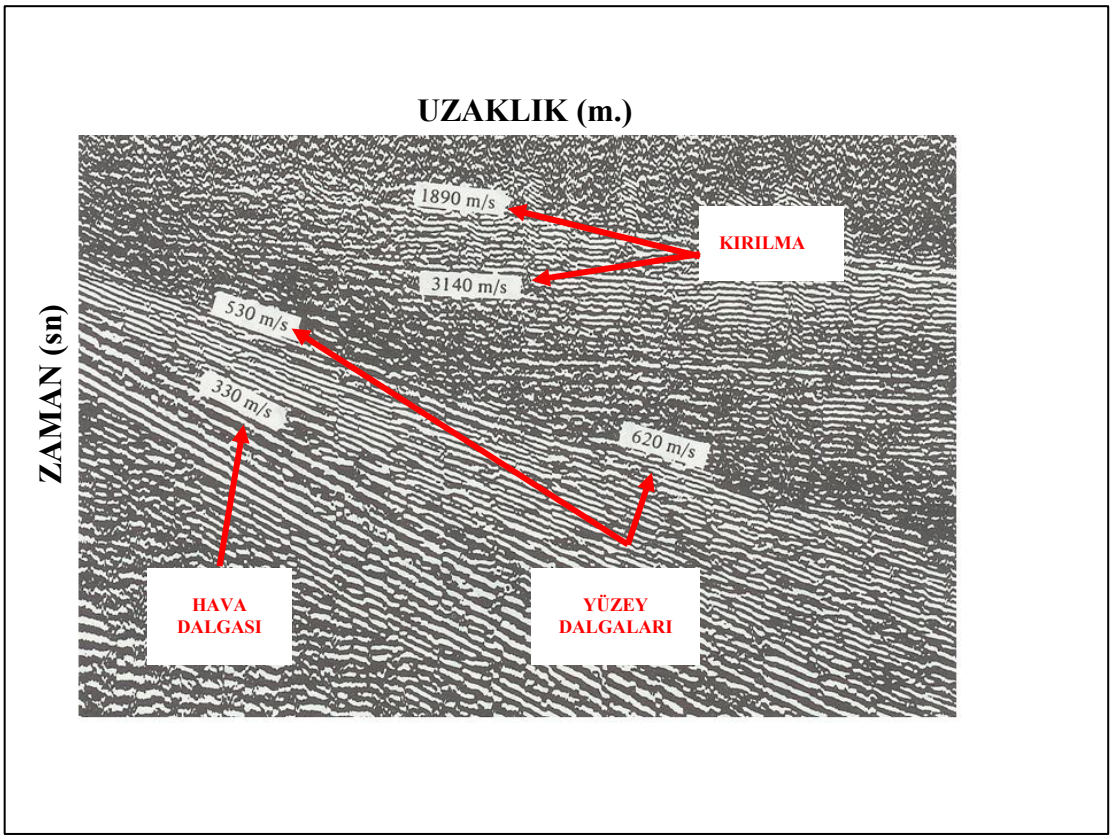


Şekil 1.3 : Bir sismik kayıtta görülmesi muhtemel dalgaların zaman-uzaklık grafiğindeki dağılımı.

1.3 Sahada Gürültü Testi

Bir bölgede yapılacak olan gürültü analizinin amacı, bölgenin sinyal ve gürültü karakterlerini tanımlamak, uygun atış ve jeofon düzenleri kullanarak elde edilecek olan kayıtlarda sinyal/gürültü oranını mümkün olduğu kadar büyütmek ve çözünürlüğü arttırmaktır.

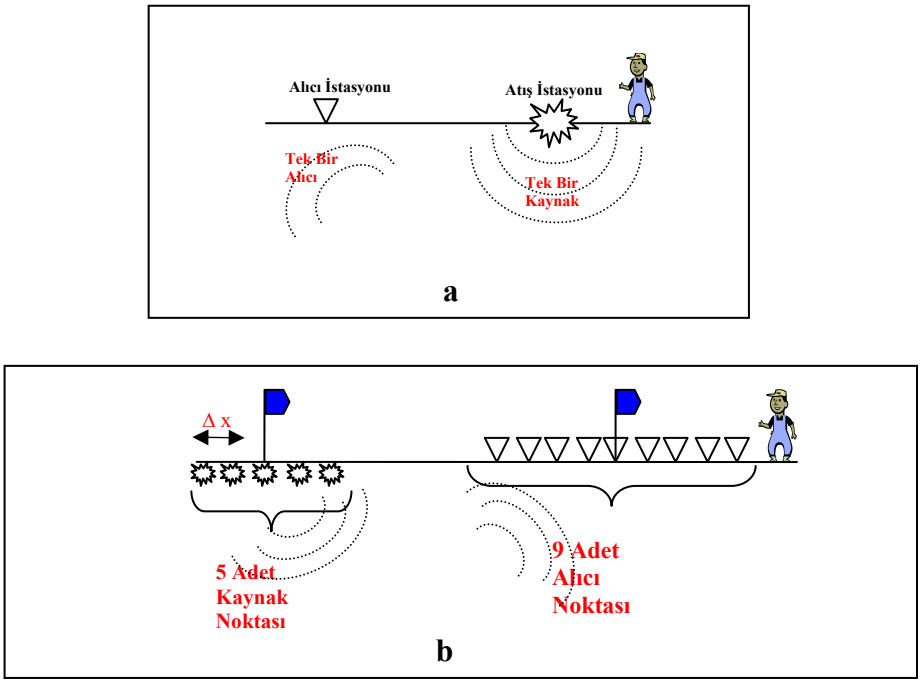
Düzenli gürültülerin sistematik incelenmesi, çoğu kez bir gürültü profili atışı (mikro serim veya "walkaway" de denir) ile başlar. Bu, iz başına tek bir jeofonlu küçük ölçekli bir profildir ve jeofonlar 300 m. veya daha fazla mertebedeki bir toplam serim boyu üzerinde, 1-3 m. kadar yakın bir şekilde aralıklanırlar. Eğer düşük hızlı ise, düzeltmelerin her bir iz için yapılması gerekecektir. Çok defa, örneğin Şekil 1.4 de görüldüğü gibi, bir kayıt kesiti biçimindeki düzeltilmiş veri; kayıtlar üzerindeki düzenli olguların (event) özelliğini, düzenli gürültünün frekanslarını ve görünür hızlarını tayin etmek için hazırlanır .



Şekil 1.4 : Gürültü Analizi veya "walkaway" örneği. Kaynak olarak Vibroseis, jeofon aralığı 1.5 m., İlk jeofona olan uzaklık 425 m. (Telfort ve diğ., 1990).

1.4 Yüzey Dalgalarının Atış-Alıcı Dizilimleri ile Örneklenmesi

Arazide yansıma sismiği verileri toplama aşamasında bir alıcı istasyonunda tek bir alıcı kullanılmayabilir. Normal şartlarda tek bir alıcı kullanılmasına teorik bir engel olmamasına karşın, bu şekilde bir yol seçilirse alıcı "all pass filter" olarak davranır (Şekil 1.5 a). Yani kendi transfer fonksiyonu ne ise ona uygun olan tüm sinyalleri algılar. Ancak veri toplama çalışmalarında seçici davranmak istenirse (örneğin, belirli bir yönden gelen sinyallere daha duyarlı olunurken, diğer yanlardan gelen sinyallere daha az duyarlı olunması gibi) bir alıcı istasyonunda birden fazla alıcı kullanarak ve bunların aralarına da belirli mesafeler koyarak bu amaca ulaşılmaya çalışılır. Bu bahsedilen kavram yer içine gönderilen sinyaller açısından da düşünülebilir. Şöyle ki aynı atış istasyonunda birden fazla noktada atış yapılarak, sinyaller seçilen doğrultuda gönderilmeye çalışılabilir (Şekil 1.5 b).



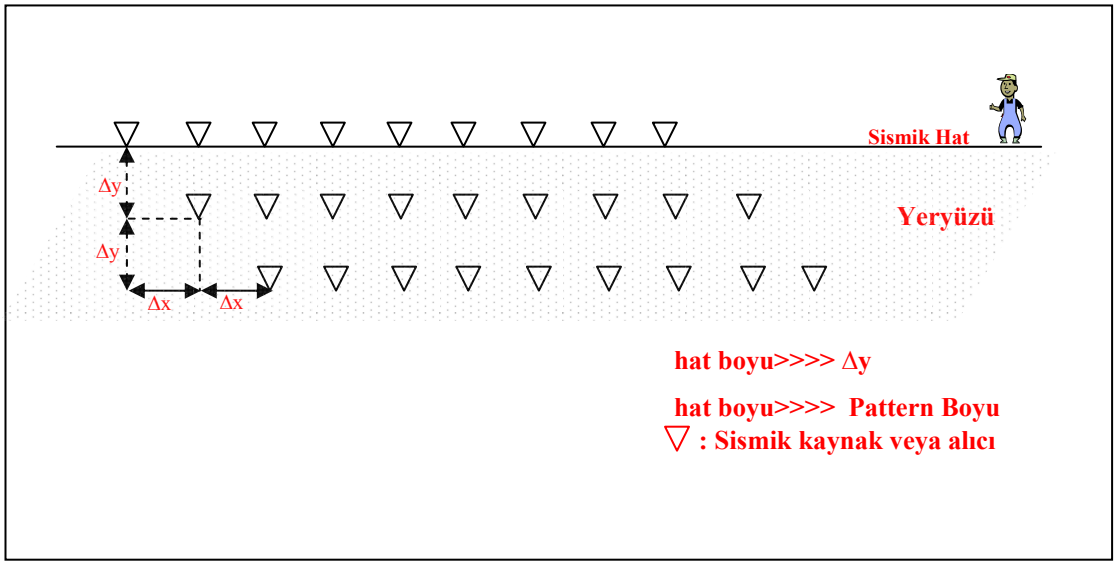
Şekil 1.5 : a: Tek kaynaklı ve alıcılı düzen

b: Çok kaynaklı ve alıcılı düzen

Çok alıcılı (veya çok kaynaklı) sistemler bir doğrultu boyunca tasarlanabildiği gibi (in-line dizilim) bir düzlem boyunca da (yüzey dizilimleri) tasarlanabilir.

Çok alıcının veya atışın bir aralıkla yerleştirilmesi ile kurulan atış veya alıcı düzenlerine "pattern" ismi verilir.

Bir yüzeyde (düzlemde) hat boyunun pattern boyundan çok büyük olduğu varsayılır ve hatta dik doğrultuda yerleştirilen alıcı noktaları (veya kaynak noktaları) arasındaki mesafede yukarıdaki varsayımdan yola çıkılarak ihmal edilebilir, bu varsayımlar ışığında bir düzlem üzerinde ağırlık katsayıları farklı doğrusal dizilimler oluşturulabilir. Bu tarz (Şekil 1.6) bir düzenleme ile aslında bir "fiziksel süzgeç" tasarlanmış olur (Cooper, 2002).

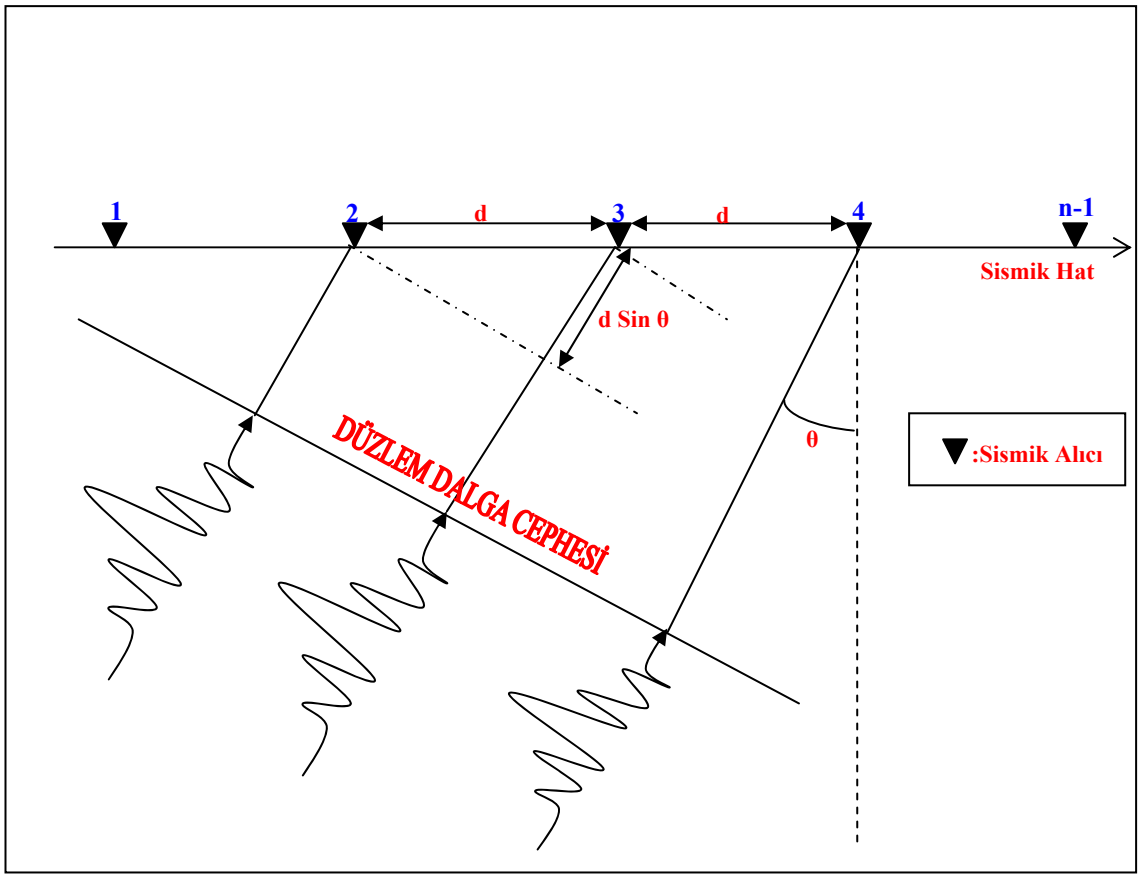


Şekil 1.6 : Bir düzlem boyunca (sismik hat) oluşturulan doğrusal dizilim

Bu patternin tamamı tek bir alıcı (veya kaynak) noktasına karşılık gelmektedir. Burada değişik dizilimler tasarlanarak ortamın gürültü özellikleri dikkate alınarak mümkün olduğunca gürültüleri bastıran, istenen sismik sinyalleri algılayan dizilimler oluşturulabilir. Yukarıda bahsettiğimiz dizilime ek olarak daha karmaşık dizilimlerde oluşturulabilir, buna örnek olarak Chebyshev polinomlarından faydalanarak farklı ağırlık katsayılı elemanlardan oluşan dizilimlerde yapılabilir.

Yukarıda örnekleri verilen dizilimlerde tüm amaç (uygulamalı sismikteki şekliyle) istenilen doğrultuda ve/veya dalga boyu (dalga sayısı) bandında sinyaller oluşturmak veya bu sinyalleri algılamaktır.

Bir sismik hat boyunca dizilen sismik alıcılar yer içinden gelen sismik dalgaları kaydederken aynı dalga cephesini belli bir faz farkı ile kaydederler. n adet alıcının bulunduğu bir sismik hat çizilecek olursa Şekil 1.7 deki geometri düzeni görülür.



Şekil 1.7 : Bir sismik dalga cephesinin, bir sismik hat üzerindeki alıcılara ulaşma sırasında oluşan geometrisi.

Bu geometri düzeninden yola çıkılarak bir düzlem dalga cephesinin ilk algılayıcıya (alıcıya) t zamanında geldiği varsayılırsa diğer alıcılara $t+\Delta t$, $t+2\Delta t$.... n. alıcıya $t+n\Delta t$ zamanında gelecektir. Olay zamandan dalga boyu ortamına taşınacak olursa, Ψ jeofonlar arası faz farkı olarak adlandırılır ve 1.1 denkleminde olduğu gibi tanımlanır.

$$\Psi = \frac{2\pi}{\lambda} dSin\theta + \alpha \qquad \textbf{(1.1)}$$

Bu denklemde;

ψ , Alıcılar arasındaki faz farkı.

λ , Dalgaboyu.

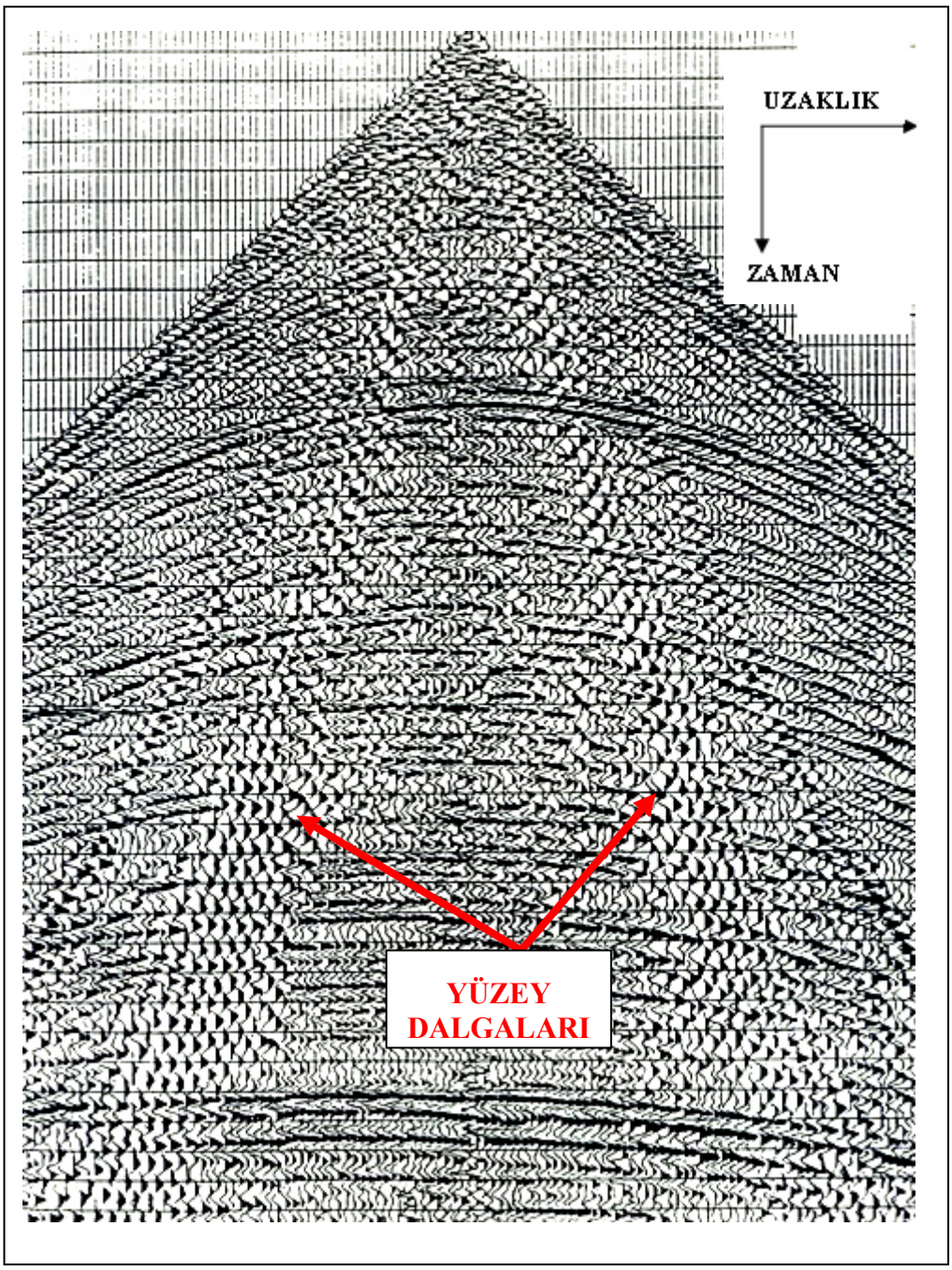
d, Alıcılar arasındaki mesafe.

θ , Alıcıların kendi düzlemleri ile sismik dalga arasındaki açı (geliş açısı).

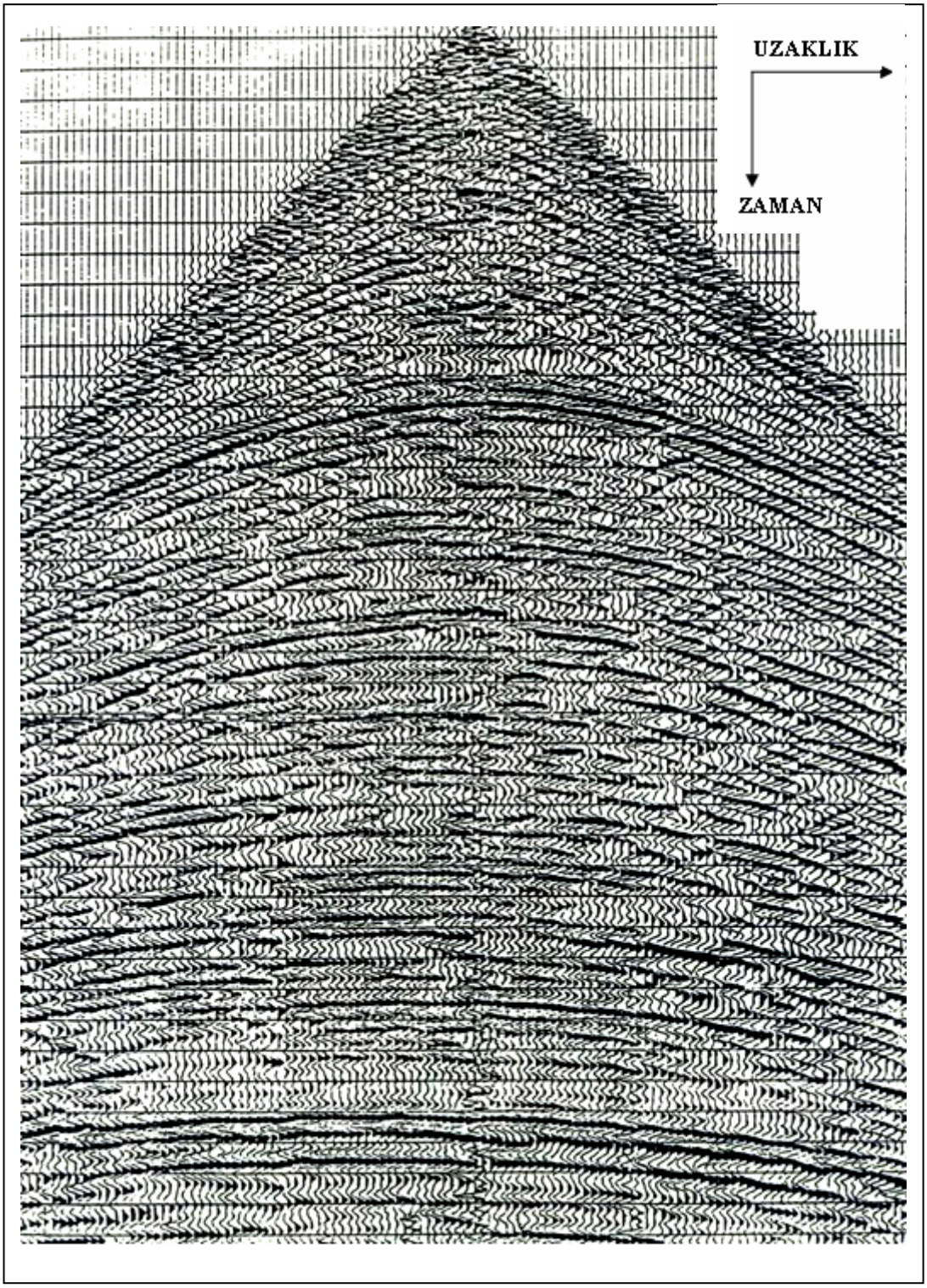
α , Sismik hat boyunca ilerleyen fazın yönü.

Şekil 1.7'de θ açısı 90˚ ye eşit olduğunda dalga cephesi yüzey dalgası olarak haraket eder ve sismik alıcılara bu şekilde kayıt verir.

Şekil 1.8 ve Şekil 1.9 da uygun bir dizilim türü seçilerek uygulanan bir sismik çalışma sonunda elde edilen sismik veri örnekleri görülmektedir. Şekilde açıkça görülen sadece uygun bir dizilim uygulayarak gürültü olarak adlandırılan yüzey dalgaları sismik veri üzerinden kaldırılmış olmaktadır.



Şekil 1.8 : Bir kaynak alıcı dizilimi uygulanmamış arazi verisi (Morgan, 1981).

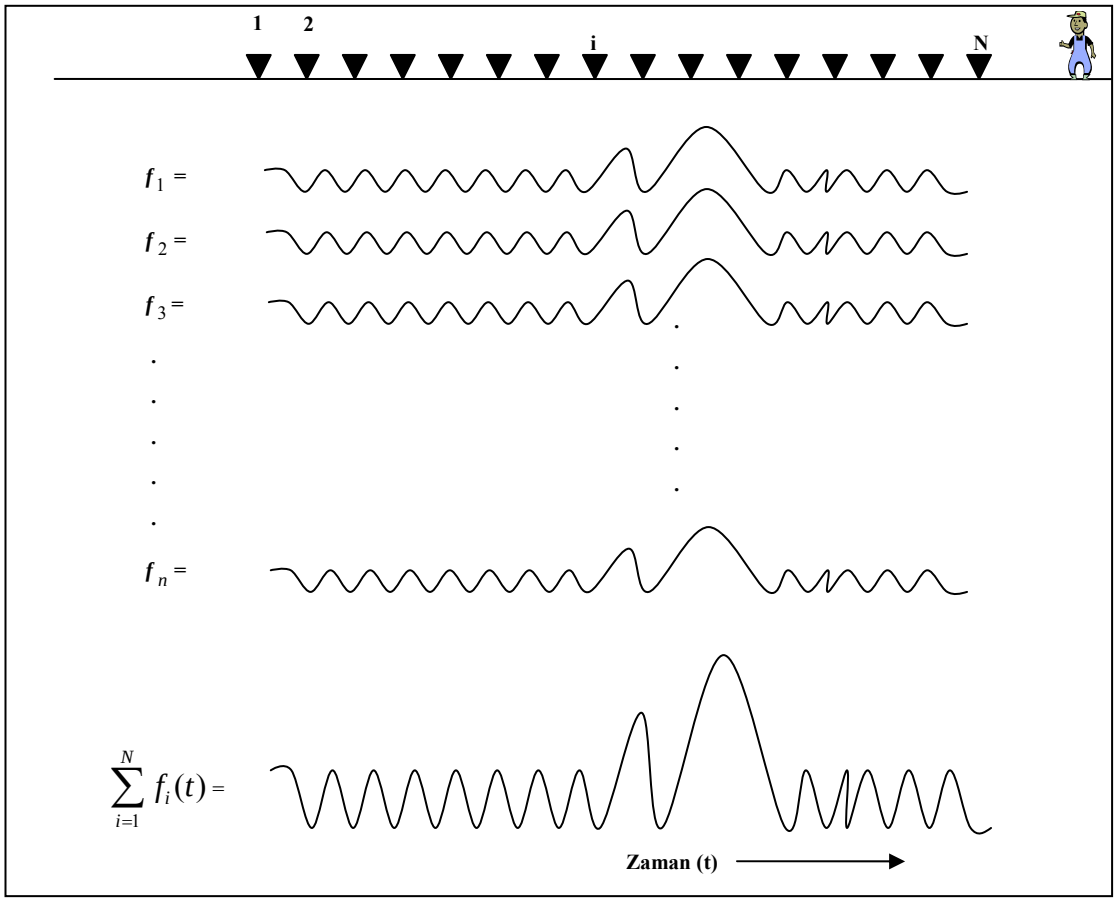


Şekil 1.9 : Bir kaynak alıcı dizilimi uygulanmış arazi verisi (Morgan, 1981).

2. KAYNAK ALICI DİZİLİMLERİ; DOĞRUSAL DİZİLİMLER

2.1 Doğrusal Dizilimler

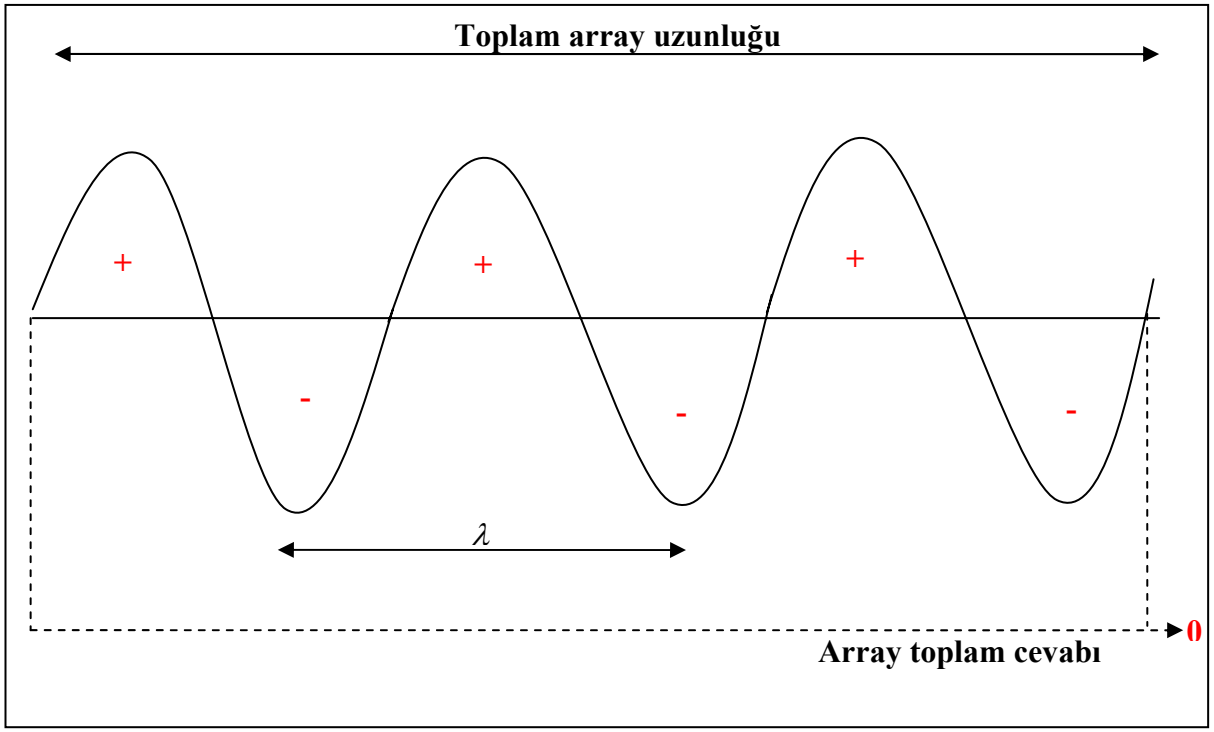
Alıcı dizilimleri uzaysal süzgeçler oluştururlar. Örnekleme teorisinden kaynaklanan uzaysal süzgeç teorisi, sönümlemenin sismik dalgaların *x* yönünündeki görünür dalga boylarına bağımlı olacağını belirtir. Bir istasyonda kullanılan N adet jeofon çıkışları toplanır (Şekil 2.1)



Şekil 2.1 : Bir sismik hat boyunca eşit aralıklı yerleştirilmiş jeofonlar toplam bir sismik çıktı verirler

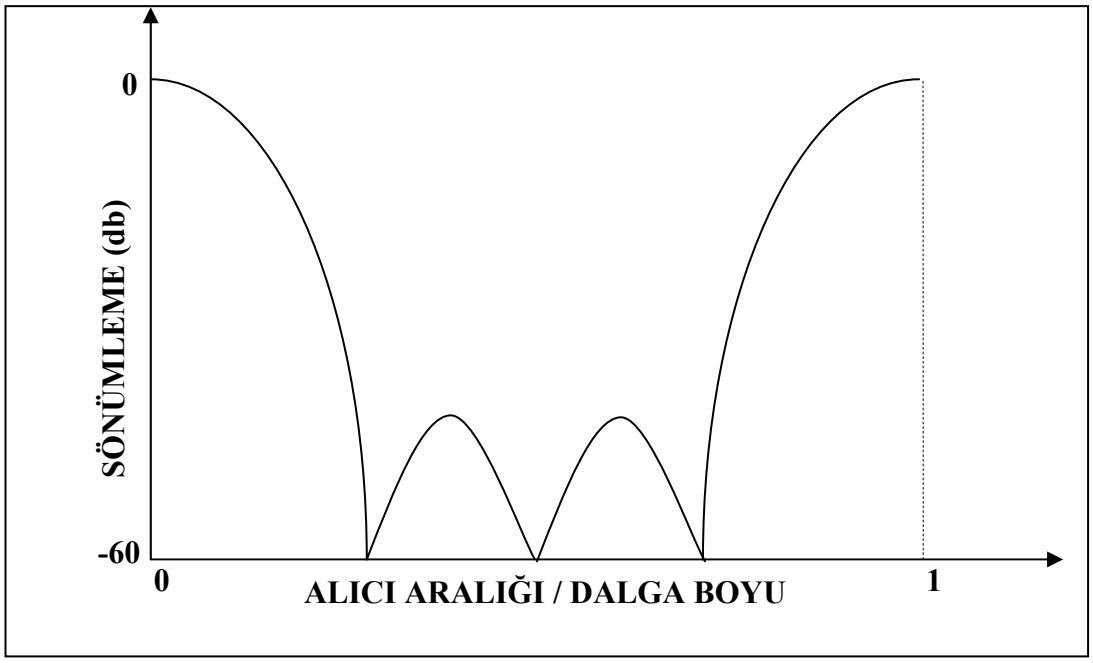
Sismik hat boyunca eşit aralıklı yerleştirilmiş N adet jeofonun çıkışları (Şekil 2.1) toplanarak tek bir çıkış elde edildiğinde N elemanlı doğrusal (linear) alıcı düzenleri oluşur. Şekil 2.2'de görüldüğü gibi $\frac{\lambda}{2}$ eşit aralıklarıyla sıralanmış N adet jeofonun

tek bir çıkışta toplanması durumunda N adetli doğrusal bir düzen oluşacak ve dalga boyu λ olan dalgalar şeklinde de görüldüğü gibi bu alıcı düzeni tarafından sönümlenecektir.



Şekil 2.2 : $\frac{\lambda}{2}$ aralıklarla sıralanmış N jeofonlu doğrusal bir dizilim ve toplam düzen cevabı, sönümlenmiş sinyalin dalga boyuna eşittir (Hurich, 2005)

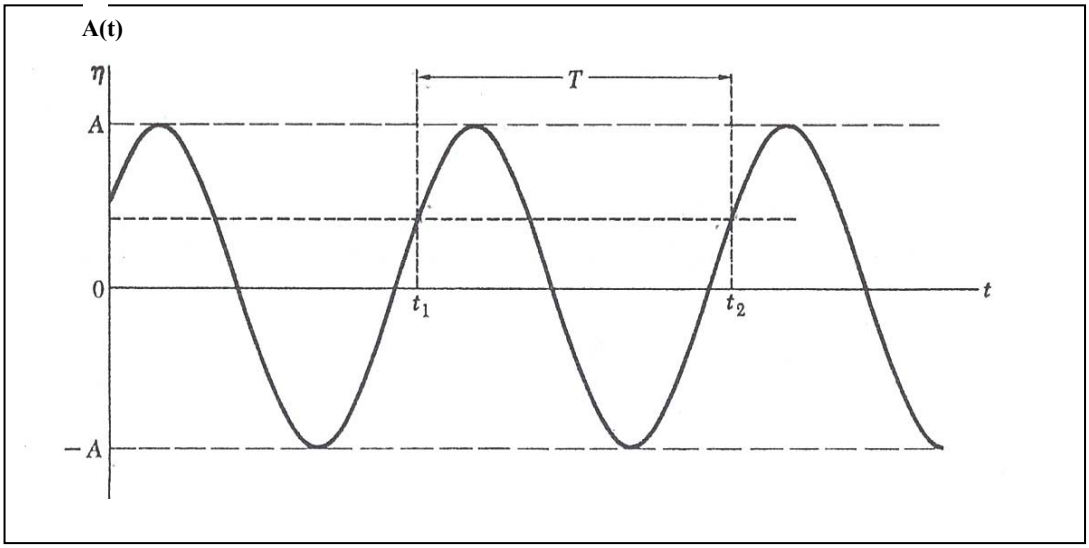
Alıcı düzenlerinin davranışları, dalga boyunun (λ) veya dalga sayısının ($K=\frac{1}{\lambda}$) fonksiyonu olarak sönümleme gücüne bakılarak incelenir. Sönümleme gücü desibel (db) cinsinden ifade edilir. *N* adet jeofonun *d* aralıklarıyla sıralalandığı bir doğrusal alıcı düzeninin sönümleme gücü eğrisi Şekil 2.3 de gösterilmiştir.



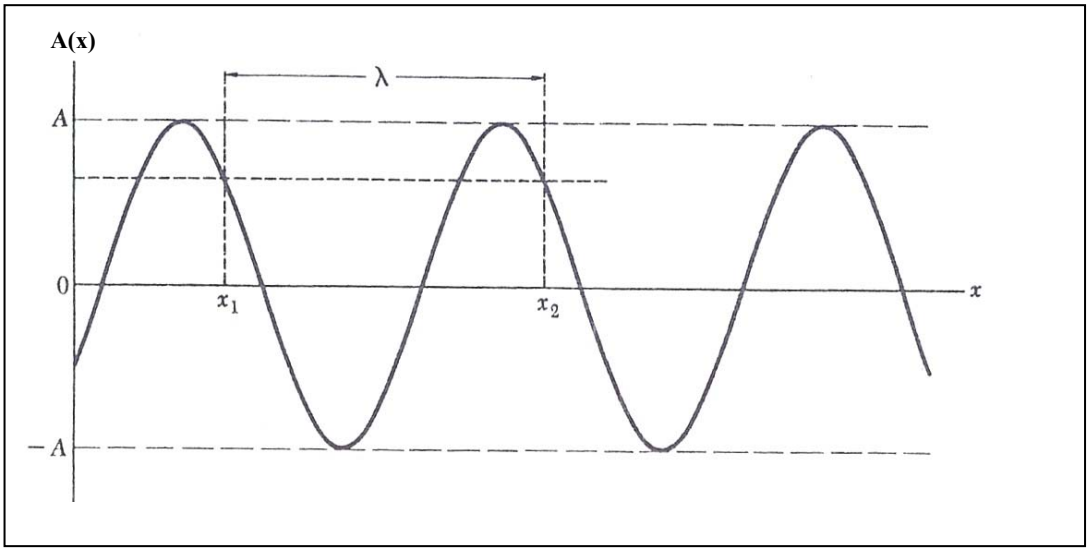
Şekil 2.3 : Doğrusal alıcı düzenlerinin sönümleme gücü eğrisi.

Bir doğrusal dizilim, bir düzlem boyunca eşit aralıklarla dizilimiş alıcılar dizilimi olarak tarif edilir. Bir sismik dalga frekansı *f*, hızı *V* olan sinüs dalgaları serisi (sinusoidal) olarak ifade edilebilir. Burada tarif edilen hız bir yatay düzlemde yayılan dalganın yatay hızıdır. Bu yayınım hızı kayıtlar üzerinden belirlenebilir.

Şekil 2.4 ve 2.5 den açıkca görülen net bir olay aynı bir sinusoidal dalga için, aynı bir *T* peryodu kadar bir zamanda uzay boyutunda λ dalga boyu kadar mesafe alır.



Şekil 2.4 : Bir sinusoidal dalganın zaman ortamındaki anlık hareketi. (Elmore ve diğ, 1985)



Şekil 2.5 : Bir sinusoidal dalganın uzay boyutundaki anlık hareketi. (Elmore ve diğ, 1985)

Buradan *f*, frekans $\frac{1}{T}$ ye, ω açısal frekans, $2\pi f$ olarak tarif edilir. Ortamın dalga yayınım hızı *V* ise, bunun dalga boyu olarak ifadesi, $2\pi\frac{V}{\omega}$ olarak ifade edilir. Açısal frekans ile frekans arasında değişken dönüşümü yapılacak olursa, frekans $f = \frac{\omega}{2\pi}$ şeklinde ifade edilir.

Sinüs dalgasının genliği zamanın fonksiyonu olarak ifade edilmek istenirse;

$$A(t) = A_0 \sin(2\pi ft) \qquad \textbf{(2.1)}$$

Burada A_0 başlangıç genliği olarak adlandırılır

2.1 denklemini bir alıcı düzeninindeki bir jeofonun jeofonun genlik cevabı olarak tanımlanır.

Buradan yola çıkılarak, doğrusal bir jeofon diziliminde aralarındaki mesafenin *d* olduğu *N* adet jeofonun toplam cevabı,

$$A(\omega) = A_0 \left| \frac{\sin\left(\frac{N\pi d \sin\theta}{\lambda}\right)}{\sin\left(\frac{\pi d \sin\theta}{\lambda}\right)} \right| \qquad \textbf{(2.2)}$$

Şeklinde ifade edilir. Burada θ Sismik alıcıların kendi düzlemleri ile sismik dalga arasındaki açı (veya geliş açısı, emergency angle) olarak tariflenir (Demirbağ, 1990).

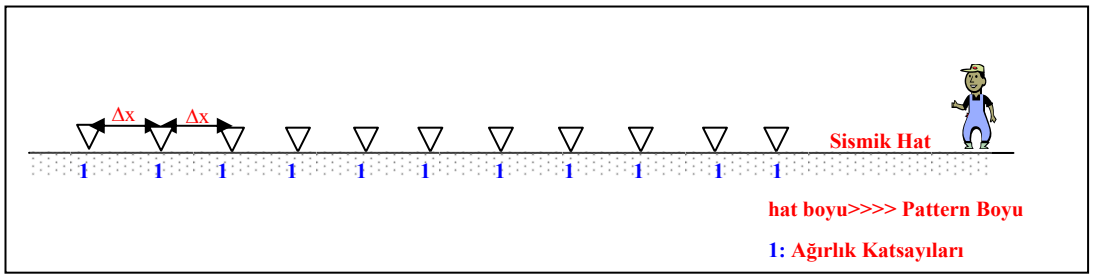
Genlik cevapları hesap edilirken genelde normalize edilir ve desibel cinsinden ve denklem 2.3 de olduğu gibi ifade edilir.

$$\text{Göreceli cevap } (db) = 20\log_{10}\frac{A(\omega)_i}{A(\omega)_{\max}} \qquad \textbf{(2.3)}$$

Burada $A(\omega)_i$ doğrusal dizilimin toplam cevap değerleri $A(\omega)_{\max}$ toplam cevap değerlerindeki en büyük değer. Dikkat edilirse denlem 2.3 oranı sönüm desibel cinsinden ifade edildiğinde en fazla sıfır değerini alır.

2.1.1 In-Line Dizilimler

Sismik yansıma yönteminde veri toplama çalışmalarında belli aralıklarla dizilmiş birden fazla alıcı kullanılarak elde edilen sismik kayıtlarda daha fazla çözünürlük elde edilmeye çalışılır. Bu dizilimlerin uygulama açısından en kolay yöntemi olan in-line dizilimler bir sismik hat boyunca veya düzlem boyunca tasarlanır ve uygulanırlar (Şekil 2.6). Uygulamada dizilim boyunun hat boyundan çok küçük olduğu varsayılır. Her bir alıcı için ağırlık katsayısı aynıdır.

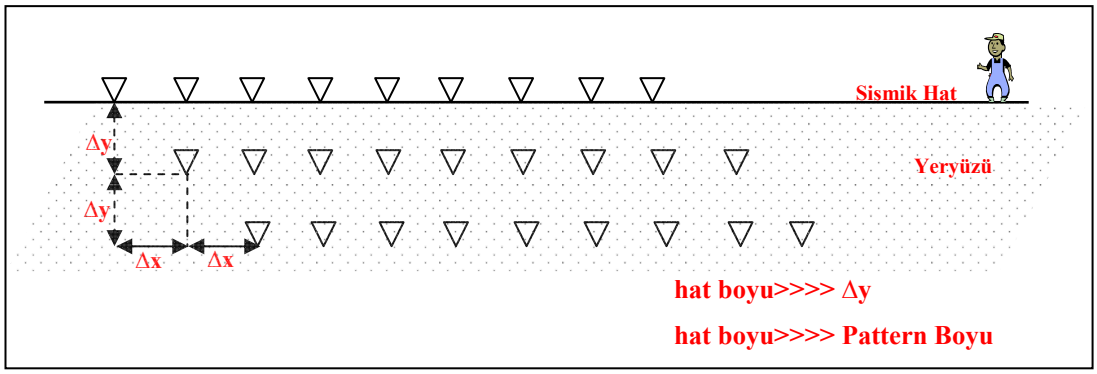


Şekil 2.6 : In-Line dizilim örneği

In-Line dizilimler, sinyal gürültü oranına bakıldığında gürültüleri daha çok geçirdiği, fakat arazi şartlarının durumuna göre ve alınmak istenen özel sinyal seçimliğine göre arazide uygulaması yapılır. Uygulamada jeofon sayısı artıkça sistem cevabının geçirimsizlik özelliğinin arttığı gözlenir.

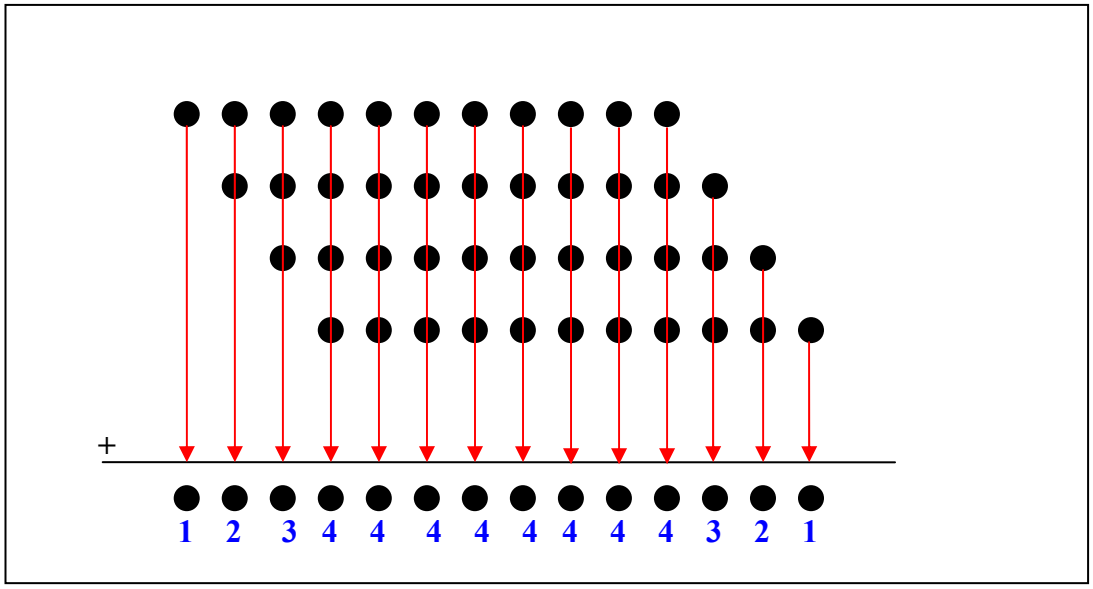
2.1.2 Yüzey Dizilimleri

Bu dizilim aynı anda birçok in-line dizilimin toplam cevabından oluşan bir sistemi içermektedir (Şekil 2.7).



Şekil 2.7 : Arazide örnek bir yüzey dizilimi örneği

Yüzeysel alıcı düzenleri sismik hat boyunca iz düşümleri alınarak ağırlıklı düzenler olarak değerlendirilebilirler (Şekil 2.8). Ağırlıklı alıcı düzenlerinin sönümleme gücü hesaplanırken, bunlar orta noktadan eşit uzaklıkta ve eşit ağırlığa sahip jeofon (veya alıcı) çiftleri olarak görülebilir ve her birinin sönümleme eğrisi toplanarak düzenin toplam sönümleme gücü bulunur. Bu dizilimler jeofon sayısının ve kaydırma sayısının artmasına göre istenmeyen gürültülerin bastırılmasında in-line dizilimler oranla daha başarılıdır.



Şekil 2.8 : Yüzeysel (4 X 11, tek kaymalı) alıcı düzeni. Sismik hat boyunca ağırlıklar şekilde görüldüğü gibi hesaplanır.

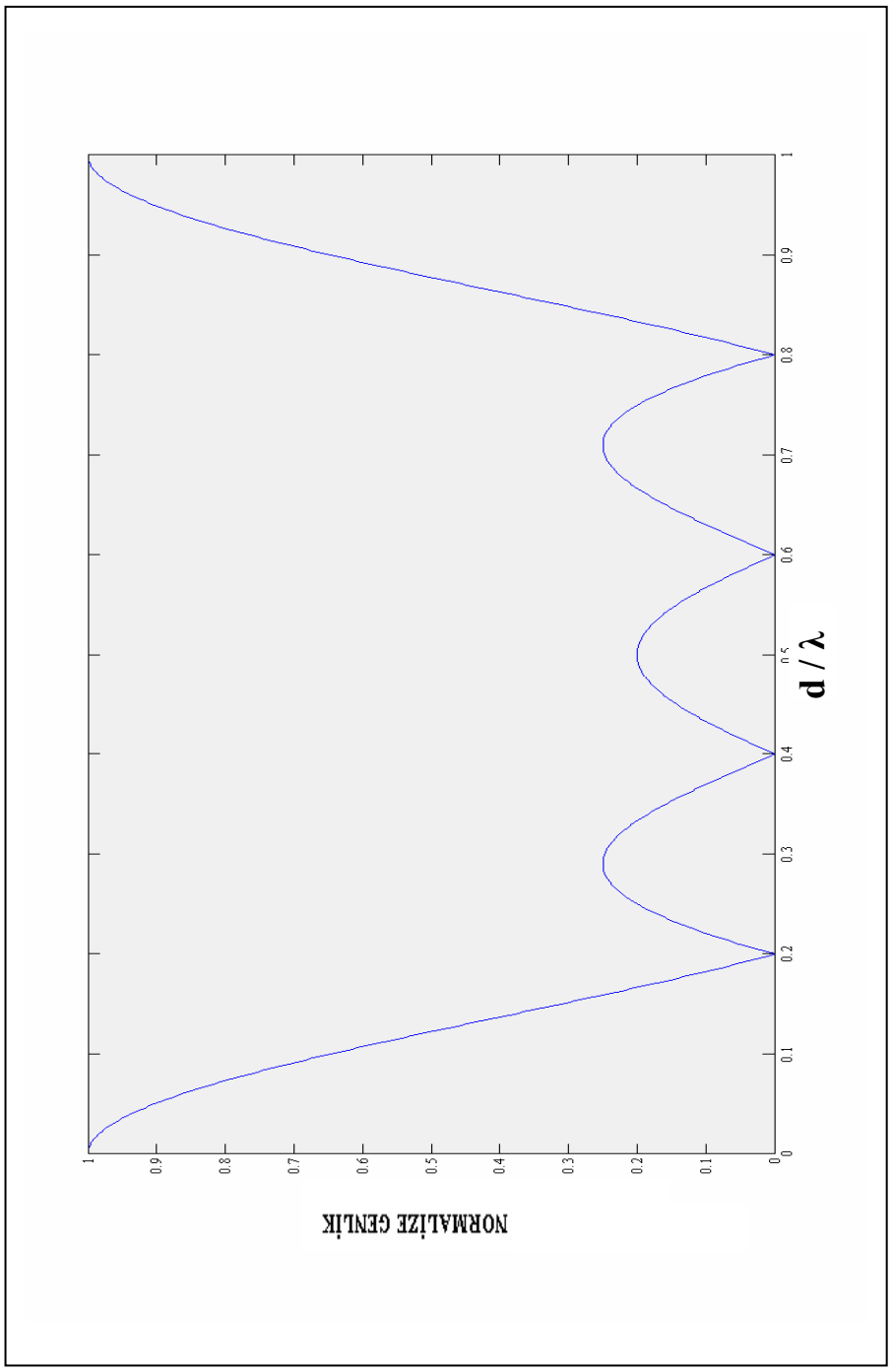
2.2 Atış-Alıcı Düzeni Tasarımları

2.2.1 In-Line Dizilim Tasarım Örnekleri

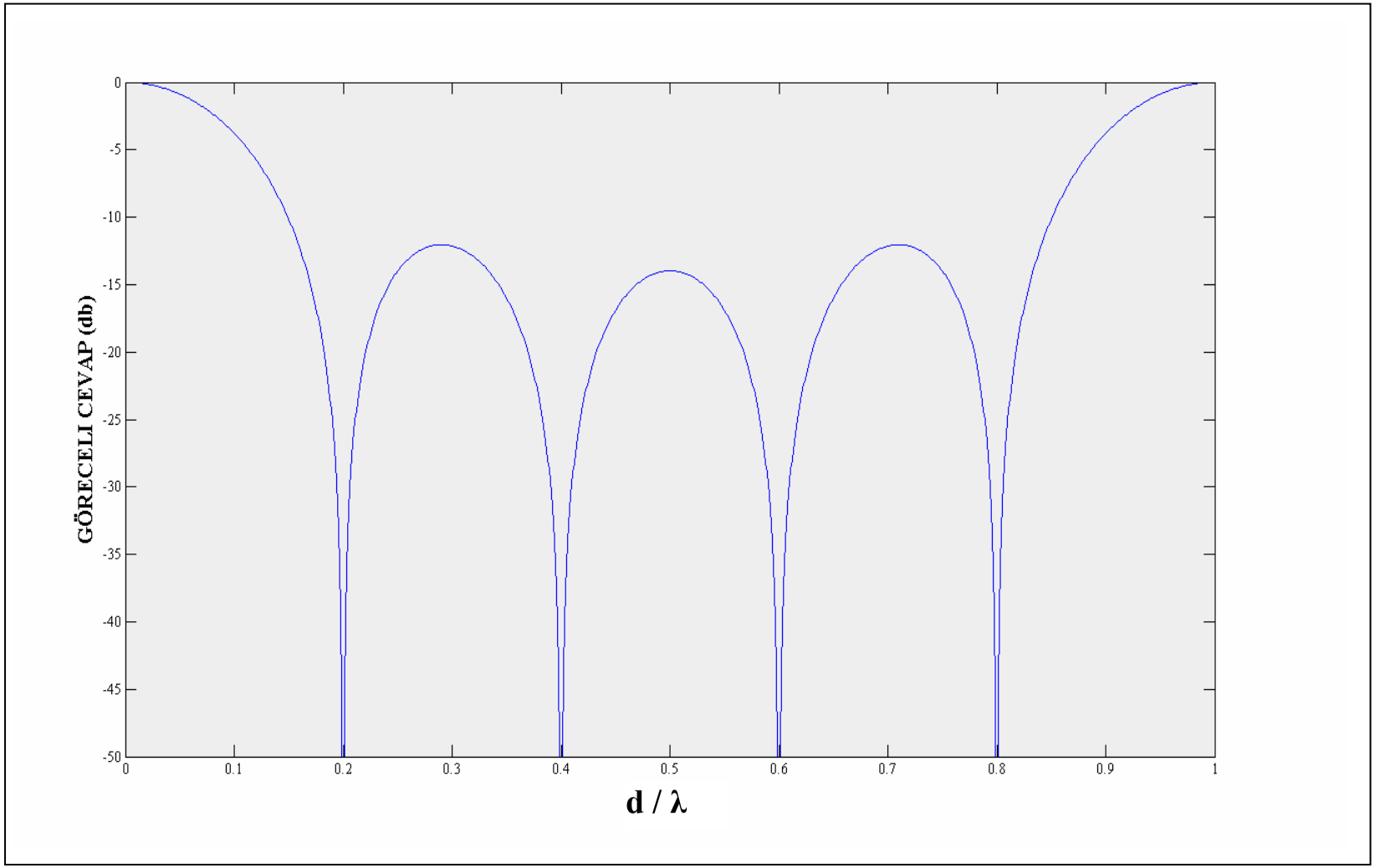
İzleyen grafiklerde eleman (alıcı veya jeofon) sayısı 5,11,21 olan in-line dizilimlerin formül 2.2'de tariflenen normalize genlik cevapları ve 2.3'de tariflenen desibel

cinsinden göreceli cevaplarının grafiksel gösterimi Şekil 2.9 ile Şekil 2.14 arasında yapılmıştır.

2.2.1.1 Eleman Sayısı 5 Olan Bir In-Line Dizilimin Tasarım Örneği

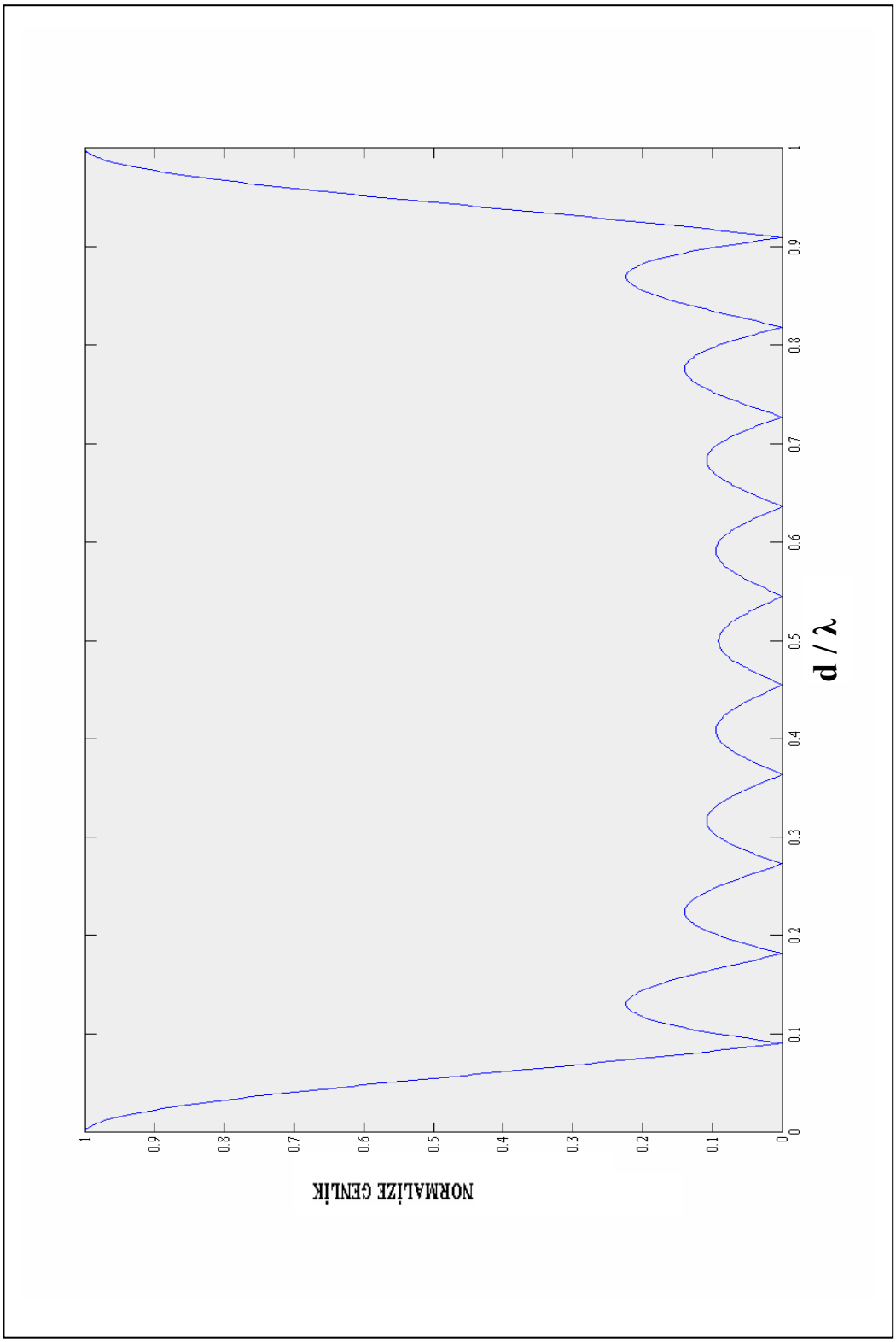


Şekil 2.9 : Eleman sayısı 5 olan bir in-line dizilimin normalize genlik cevabı.

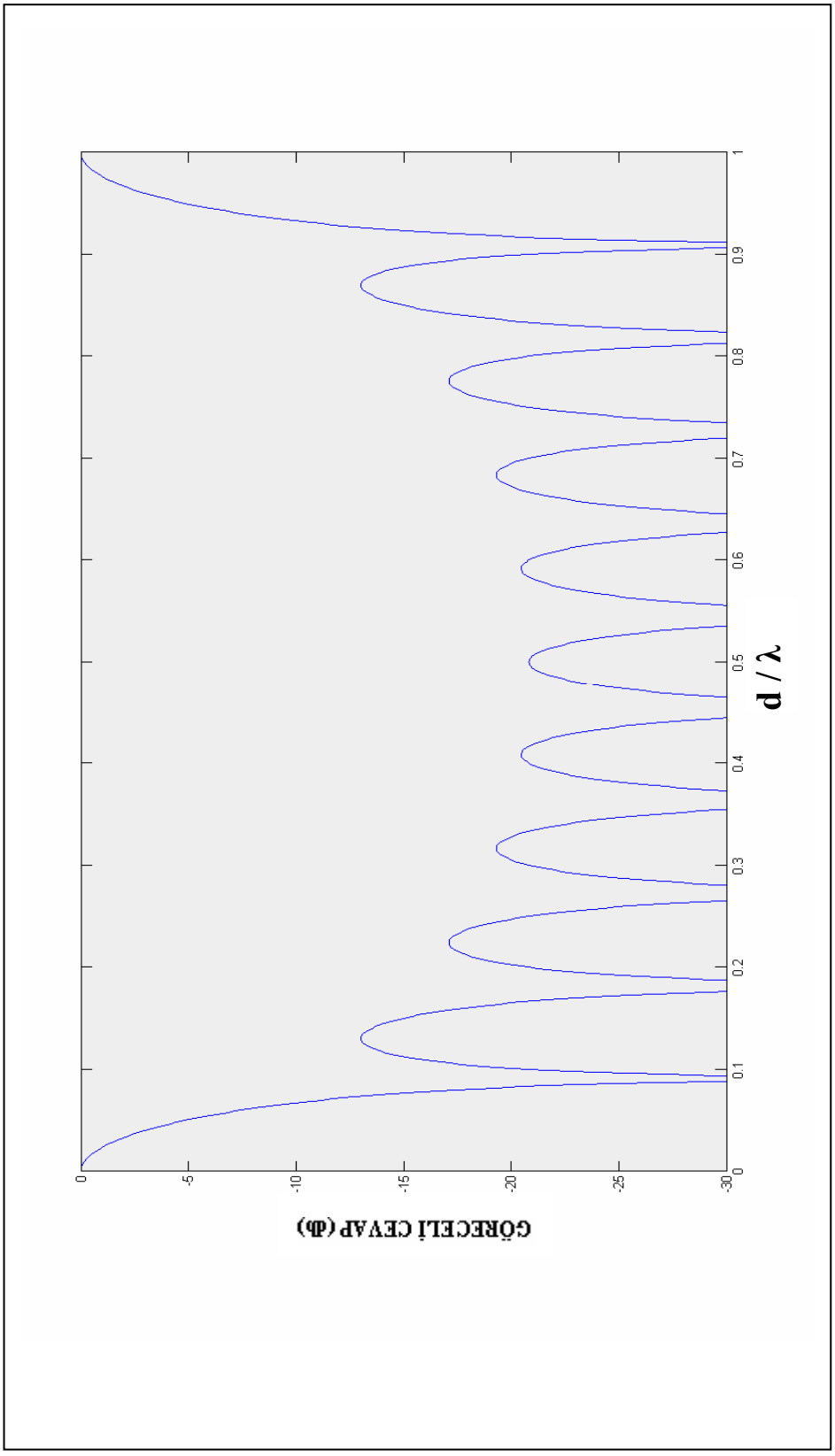


Şekil 2.10 : Eleman sayısı 5 olan bir in-line dizilimin desibel cinsinden göreceli cevabı.

2.2.1.2 Eleman Sayısı 11 Olan Bir In-Line Dizilimin Tasarım Örneği

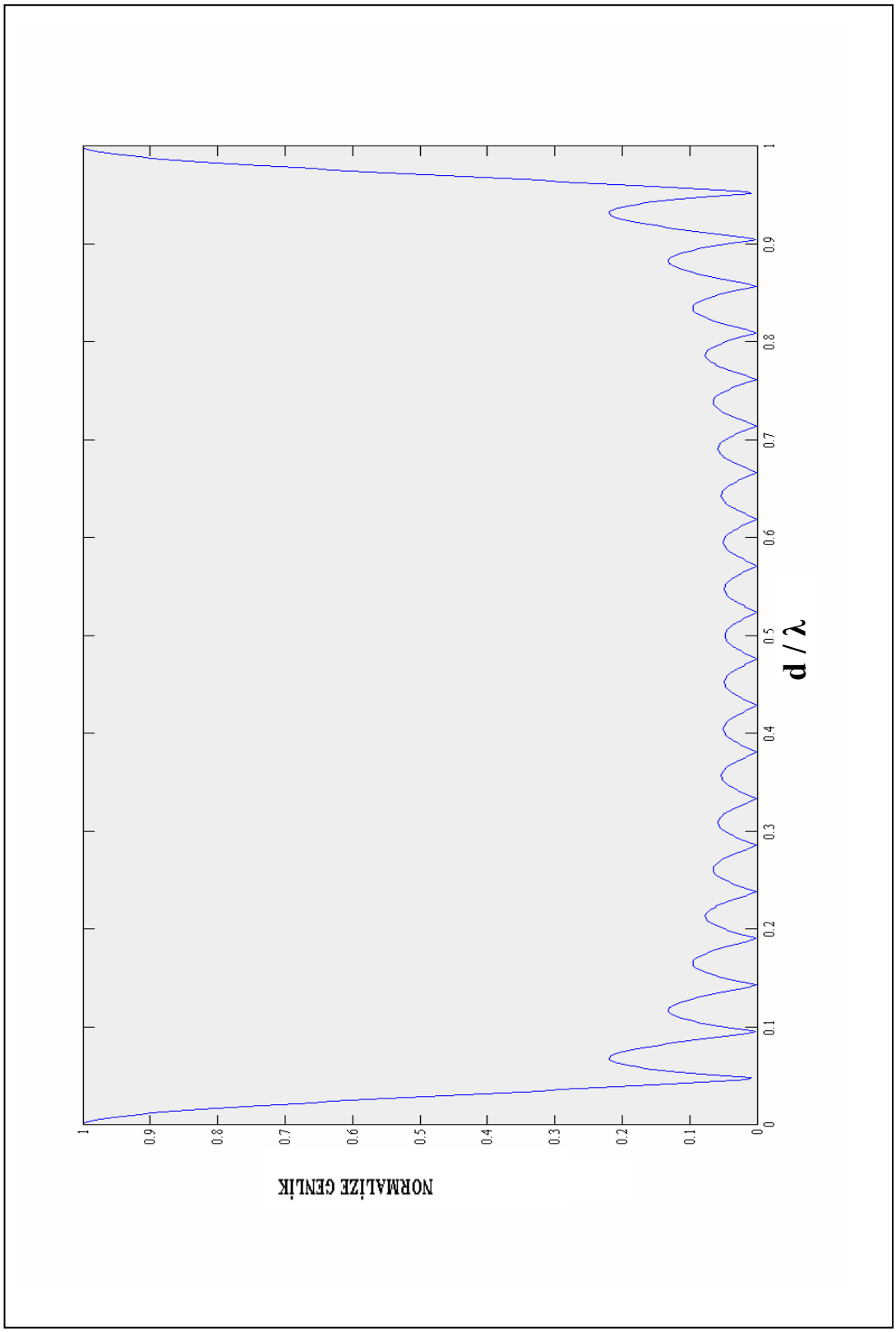


Şekil 2.11 : Eleman sayısı 11 olan bir in-line dizilimin normalize genlik cevabı.

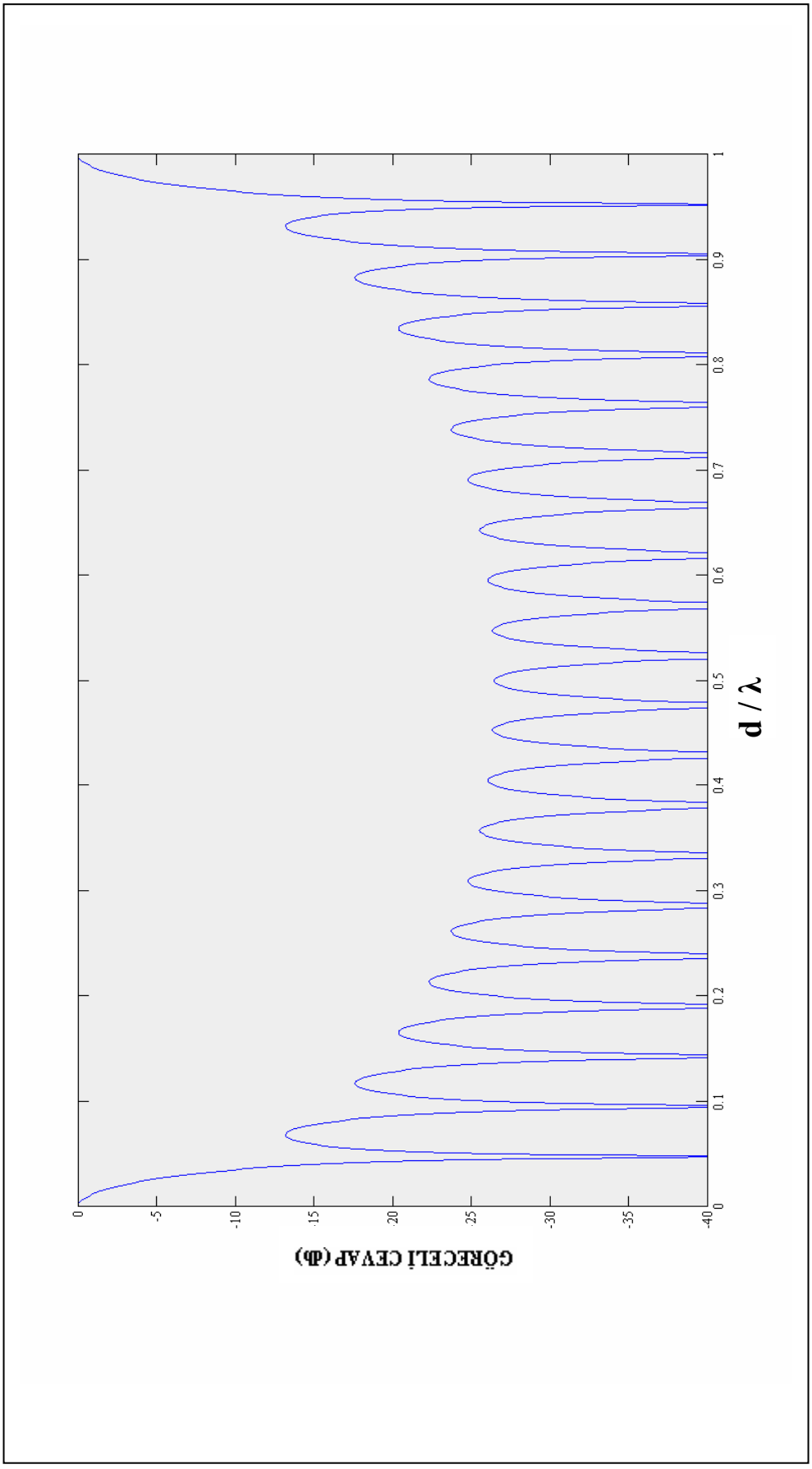


Şekil 2.12 : Eleman sayısı 11 olan bir in-line dizilimin desibel cinsinden göreceli cevabı.

2.2.1.3 Eleman Sayısı 21 Olan Bir In-Line Dizilimin Tasarım Örneği



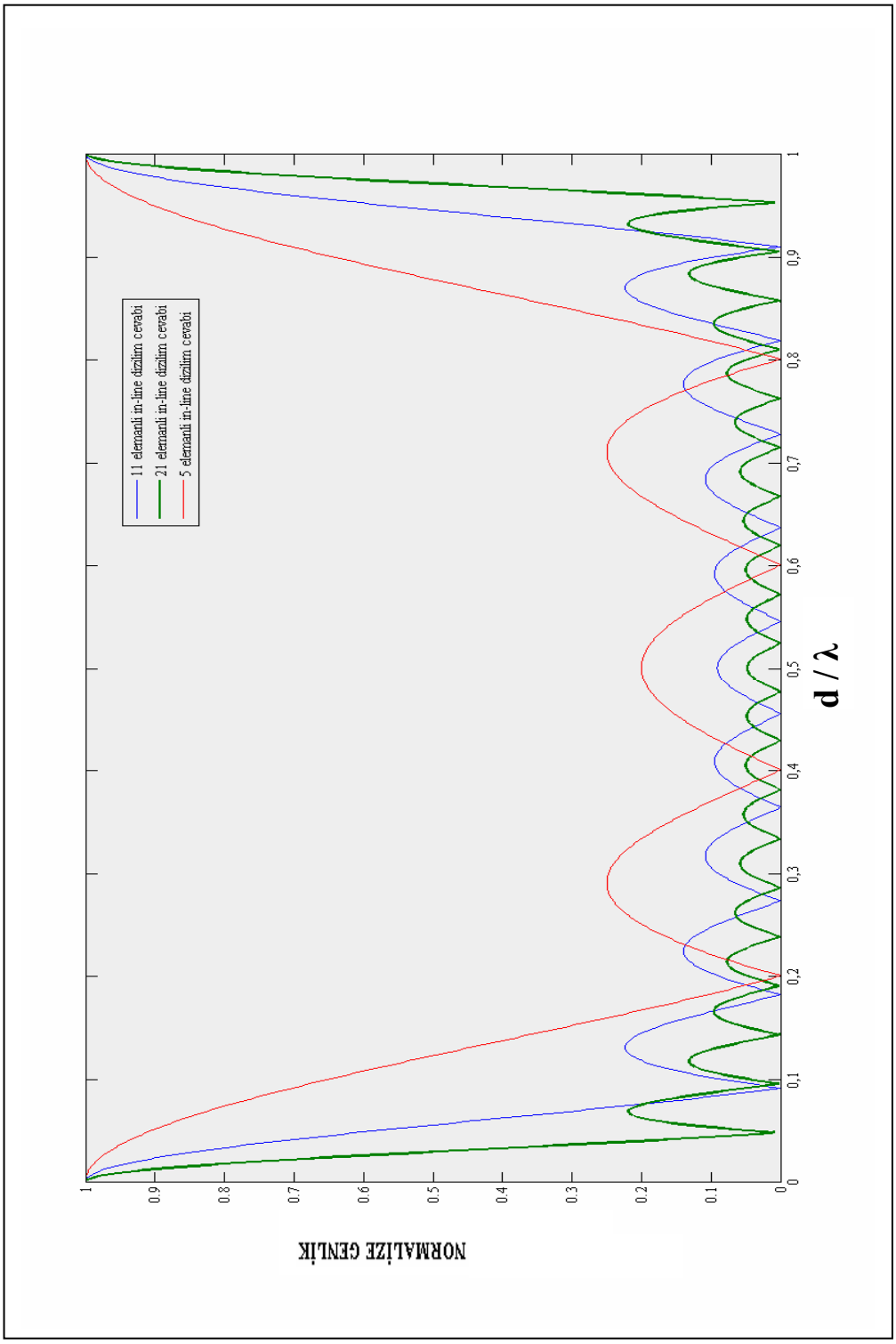
Şekil 2.13 : Eleman sayısı 21 olan bir in-line dizilimin normalize genlik cevabı.



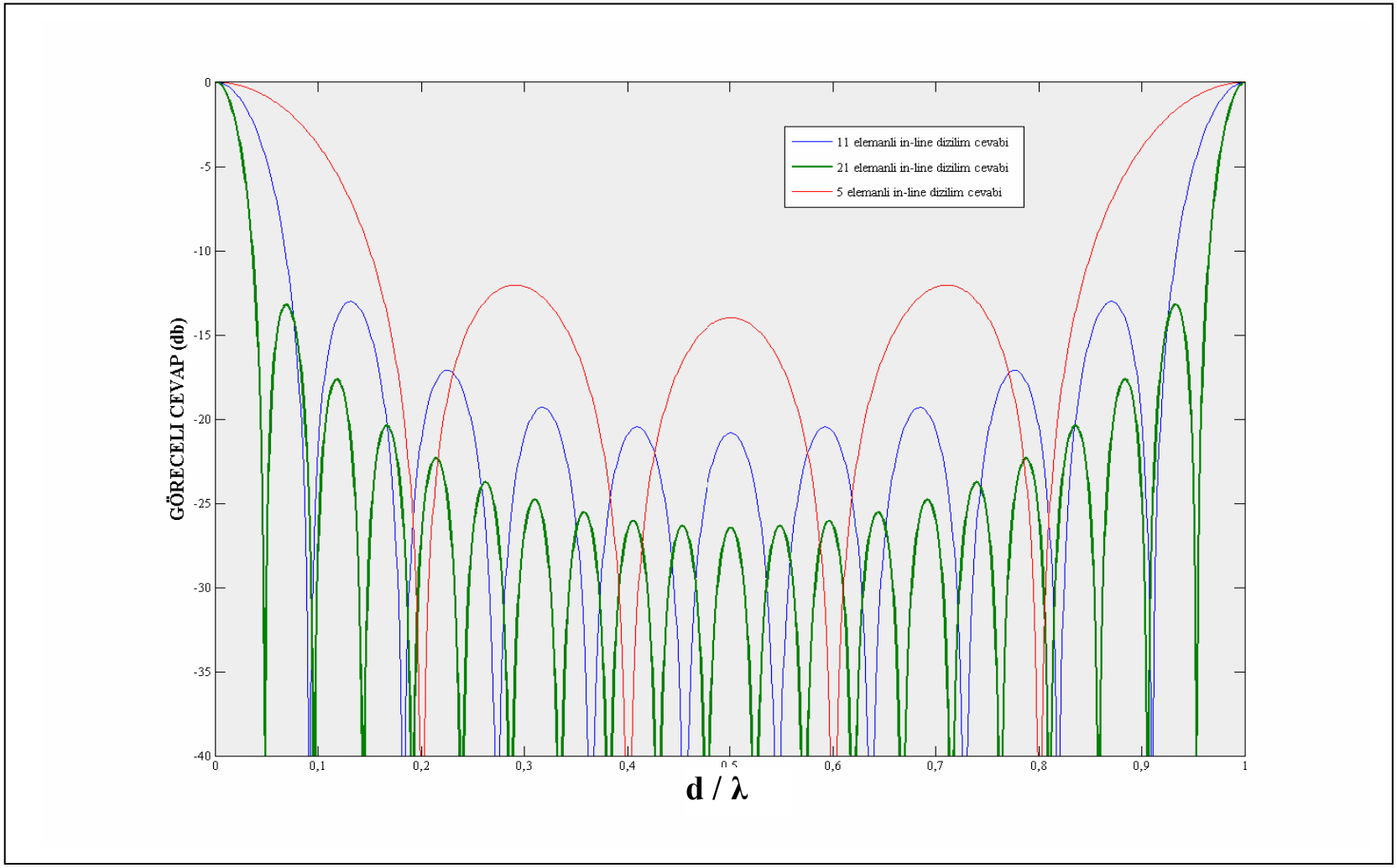
Şekil 2.14 : Eleman sayısı 21 olan bir in-line diziliin desibel cinsinden göreceli cevabı.

2.2.1.4 Eleman Sayıları 5,11,21 In-Line Dizilimlerin Karşılaştırılması

Eleman sayıları 5,11,21 olan in-line dizilimlerin normalize genlik ve desibel cinsinden göreceli cevap grafiklerinin toplu görünümü Şekil 2.15 ile Şekil 2.16'da gösterilmiştir.

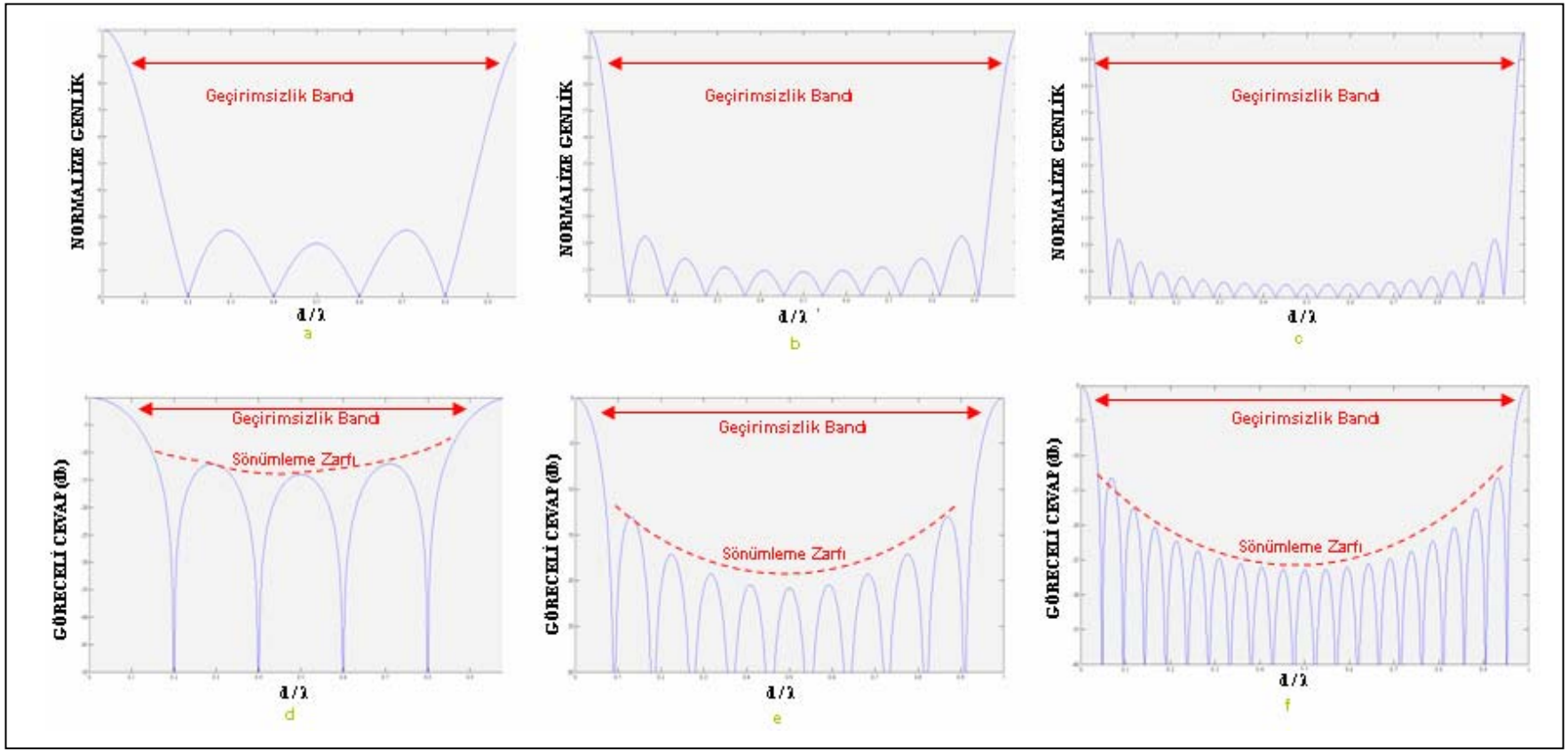


Şekil 2.15 : Eleman Sayıları 5,11,21 olan in-line dizilimlerin göreceli genlik cevaplarının toplu görünümü.



Şekil 2.16 : Eleman Sayıları 5,11,21 olan in-line dizilimlerin göreceli cevaplarının desibel cinsinden toplu görünümü.

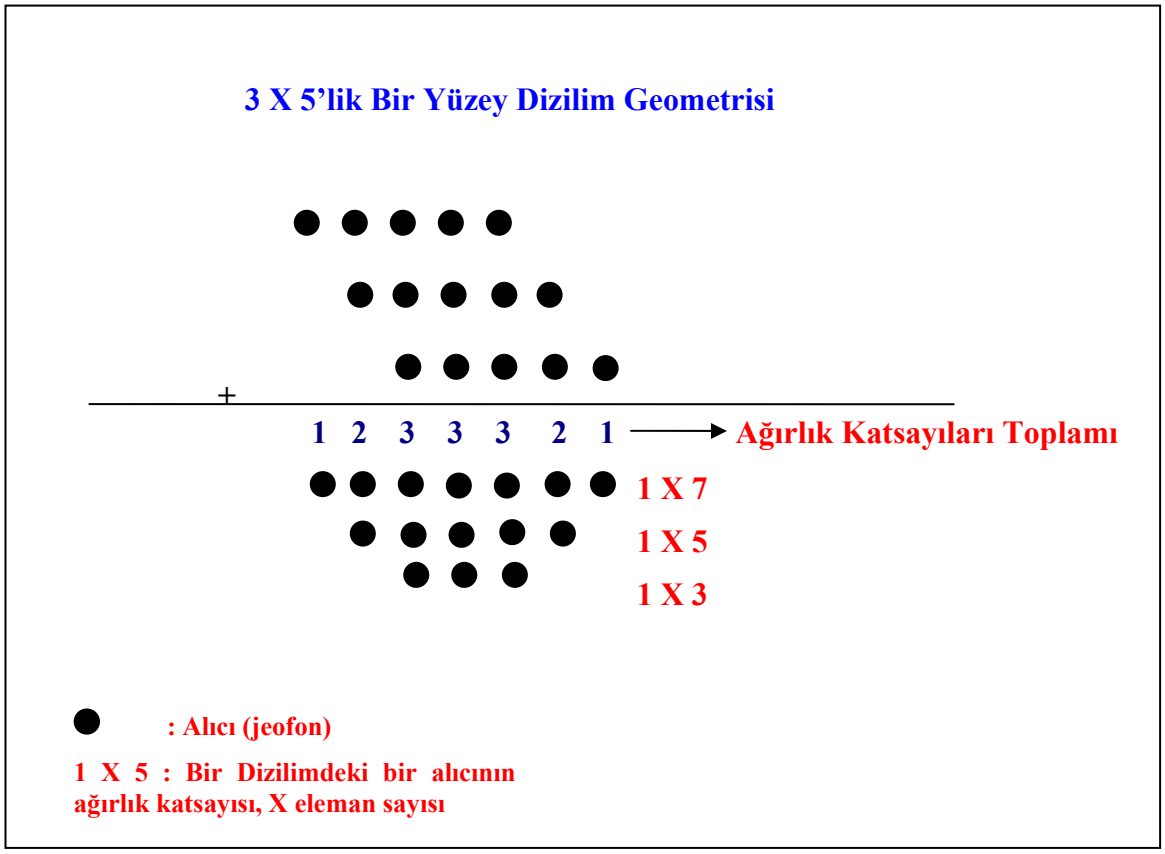
Eleman sayıları 5,11,21 olan in-line dizilimlerin normalize genlik ve göreceli cevap grafikleri toplu gösterimine bakıldığında açıkca görülen bir şey var ki eleman (alıcı veya jeofon) sayısı arttıkça sistemin geçirimsizlik bandı genişlemekte ve sönümleme artmaktadır (Şekil 2.17). Sismik kayıtlarda bunun karşılığı istenmeyen gürültülerin daha az geçirildiği anlamına gelmektedir. Göreceli cevabın desibel cinsinden karşılığına bakıldığına geçirimsizlik bandının desibel değerinin alıcı (jeofon) sayısının artımıyla beraber -10,13,-20 şeklinde değiştiğini, geçirimsizlik band dalga boyunun arttığı fakat geçirimsizlik bandında eğrilerin zarfının bir doğruyu yakalayamadığı fark edilmektedir.



Şekil 2.17 : a: Eleman Sayısı 5 **b:** Eleman sayısı 11 **c:** Eleman sayısı 21 olan in-line dizimlerin normalize genlik cevap grafikleri **d:** Eleman Sayısı 5 **e:** Eleman sayısı 11 **f:** Eleman sayısı 21 olan in-line dizimlerin göreceli cevap (db) grafikleri

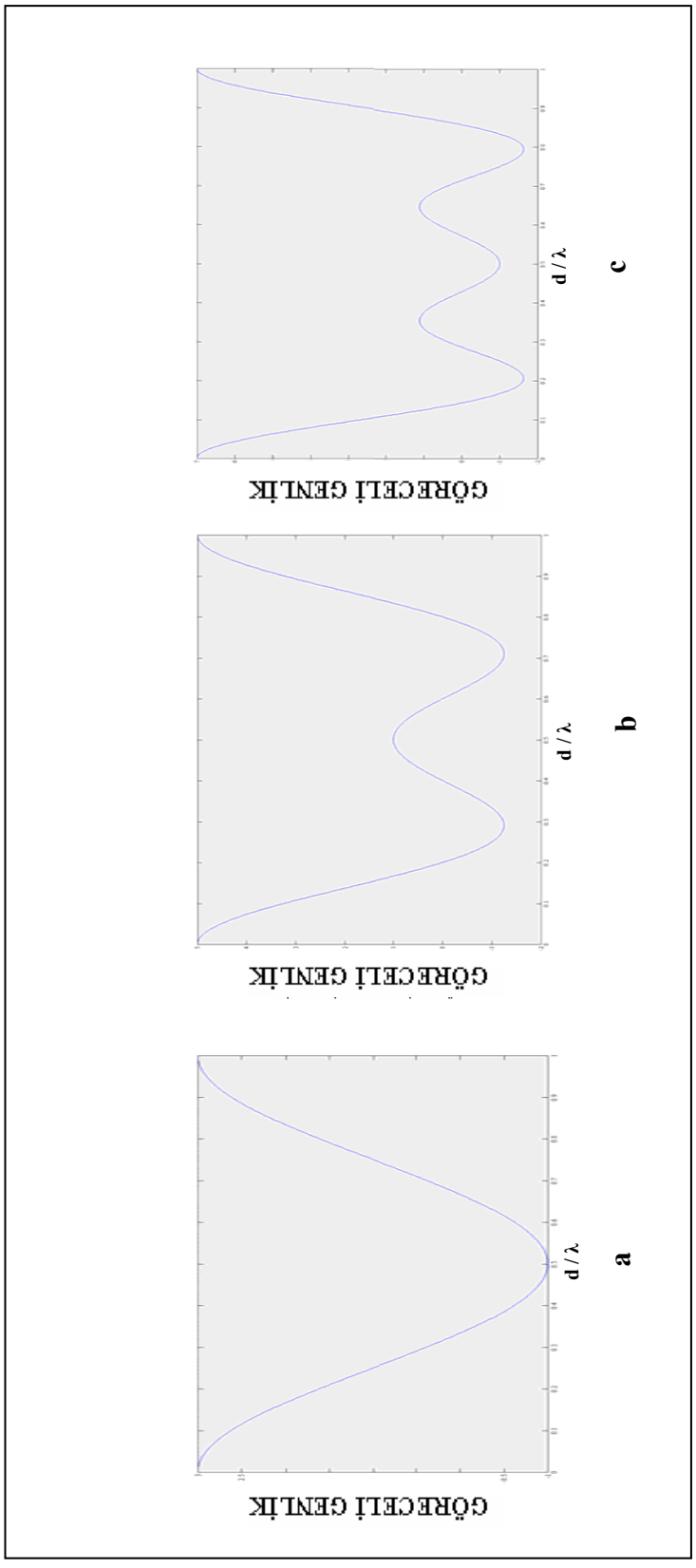
2.2.2 Yüzey Dizilimleri Tasarım Örnekleri

2.2.2.1 Eleman Sayısı 3 X 5 Yüzey Dizilimi Tasarım Örneği

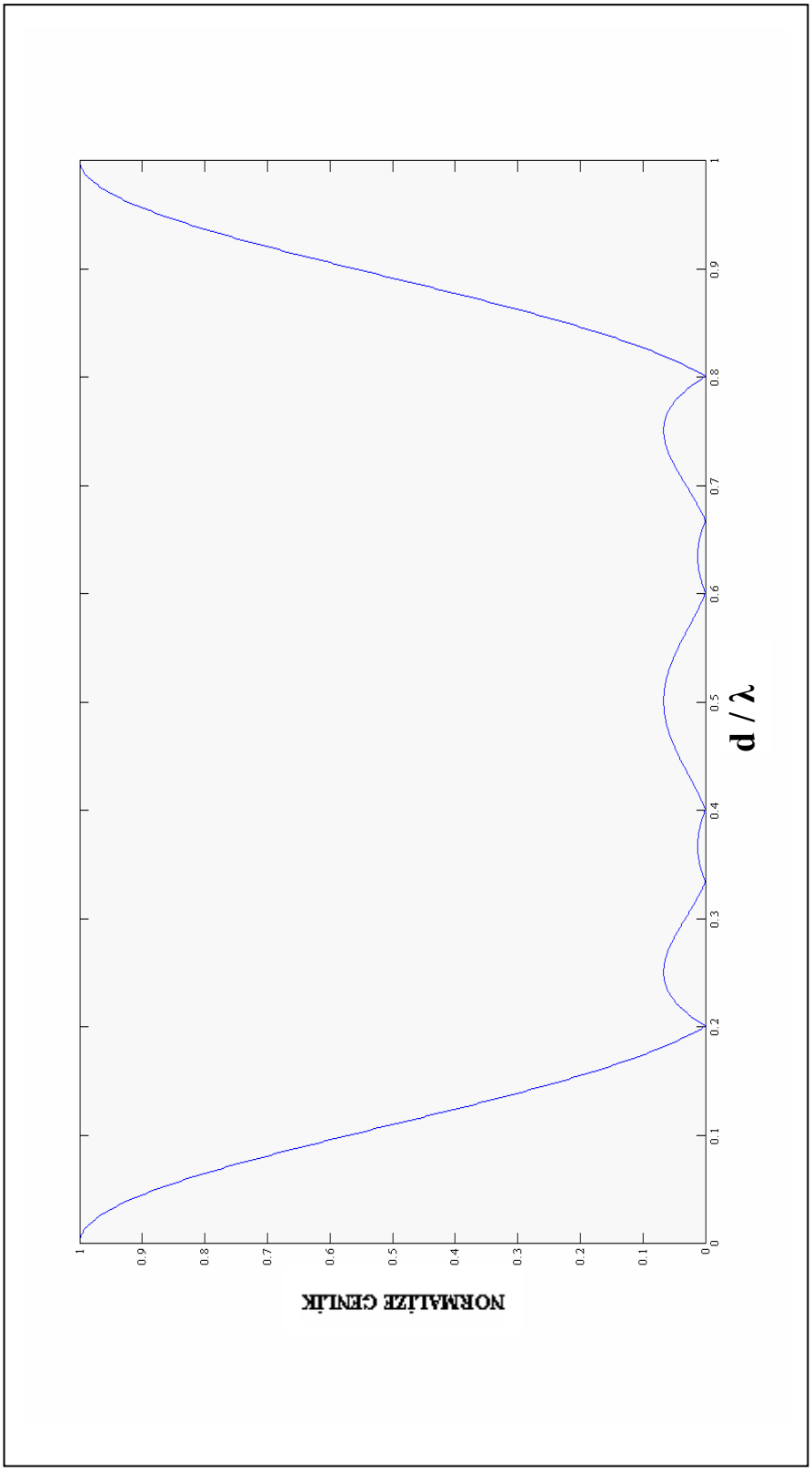


Şekil 2.18 : 3 X 5'lik bir yüzey dizilim geometrisine sahip bir sistem teorikte 1 X 7, 1 X 5, 1 X 3'lük in-line dizilimlerin toplamı şeklinde davranır.

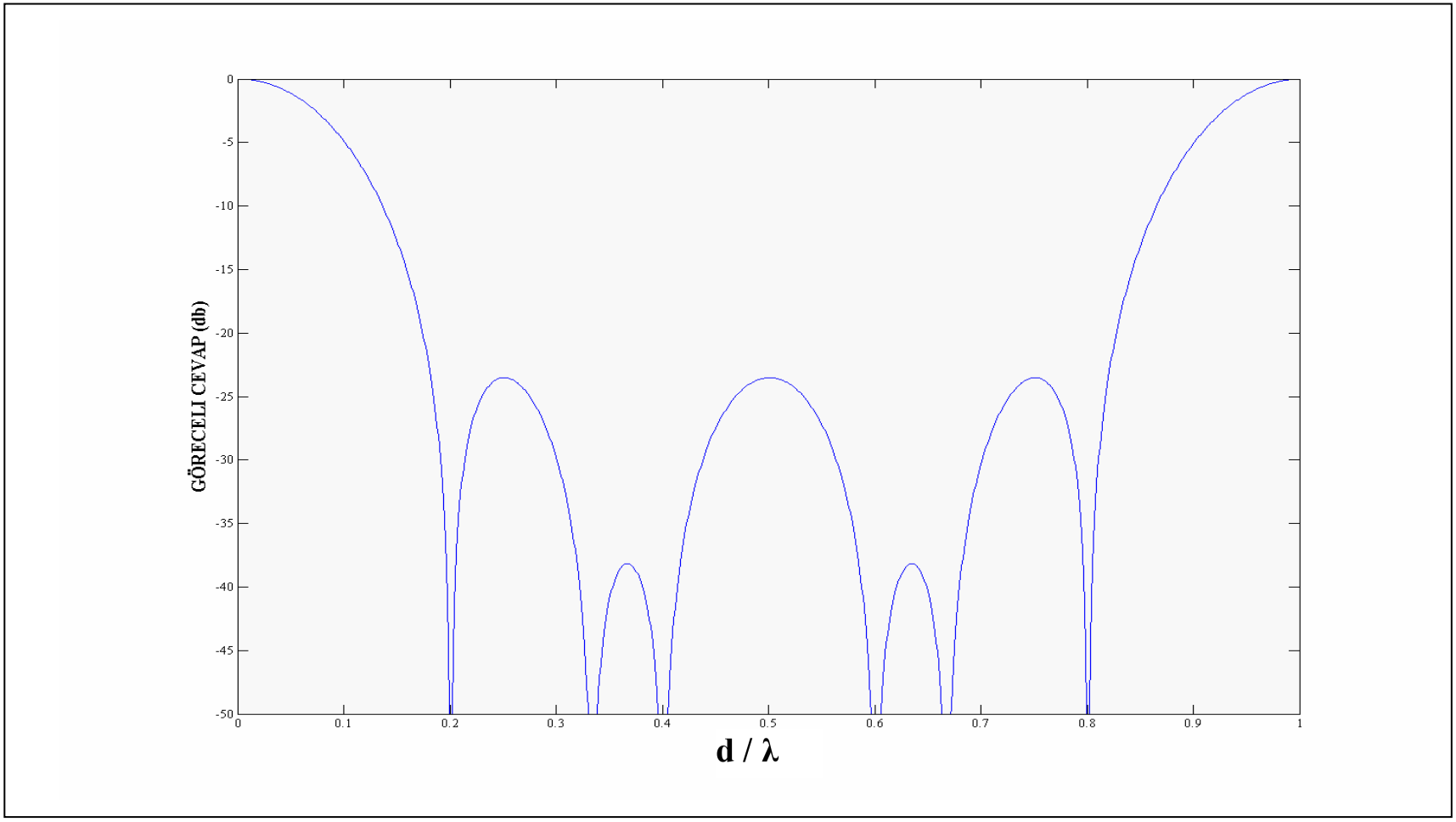
Yüzey dizilimlerinin sistem cevaplarının gösteriminde dizilimin toplam cevabına karşılık gelen farklı uzunluktaki in-line dizilimlerin sistem cevapları bulunup bunların toplamları alınır. Buradaki en büyük ayrıntı, 2.2 formülü uygulanırken farklı boyuttaki in-line dizilim (alt dizilimler) cevaplarında mutlak değer işlemi uygulanmadan sistemlerin dizilim cevapları hesap edilir. Bu alt dizilimlerin toplam cevabının bulunmasında yapılacak olan toplama işleminin sonucuna mutlak değer uygulanır. Bu işlemler sonunda Şekil 2.19 ile Şekil 2.21 arasındaki grafikler elde edilir.



Şekil 2.19 : 3X5'lik yüzey dizilimi için; **a:** 1X3, **b:** 1X5, **c:** 1X7 alt dizilimleri için sistem cevapları

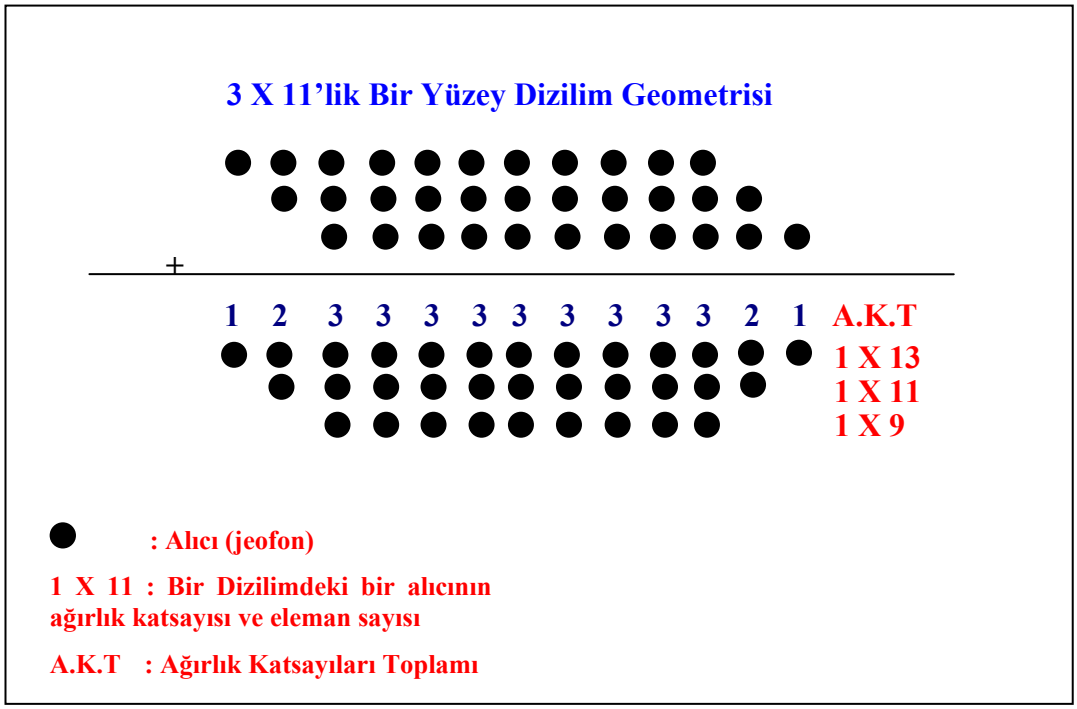


Şekil 2.20 : 3X5'lik yüzey dizilimi için; sistemin toplam normalize genlik cevabı görünümü (Şekil 2.19 da görülen a,b,c grafiklerinin değerlerinin toplamı).



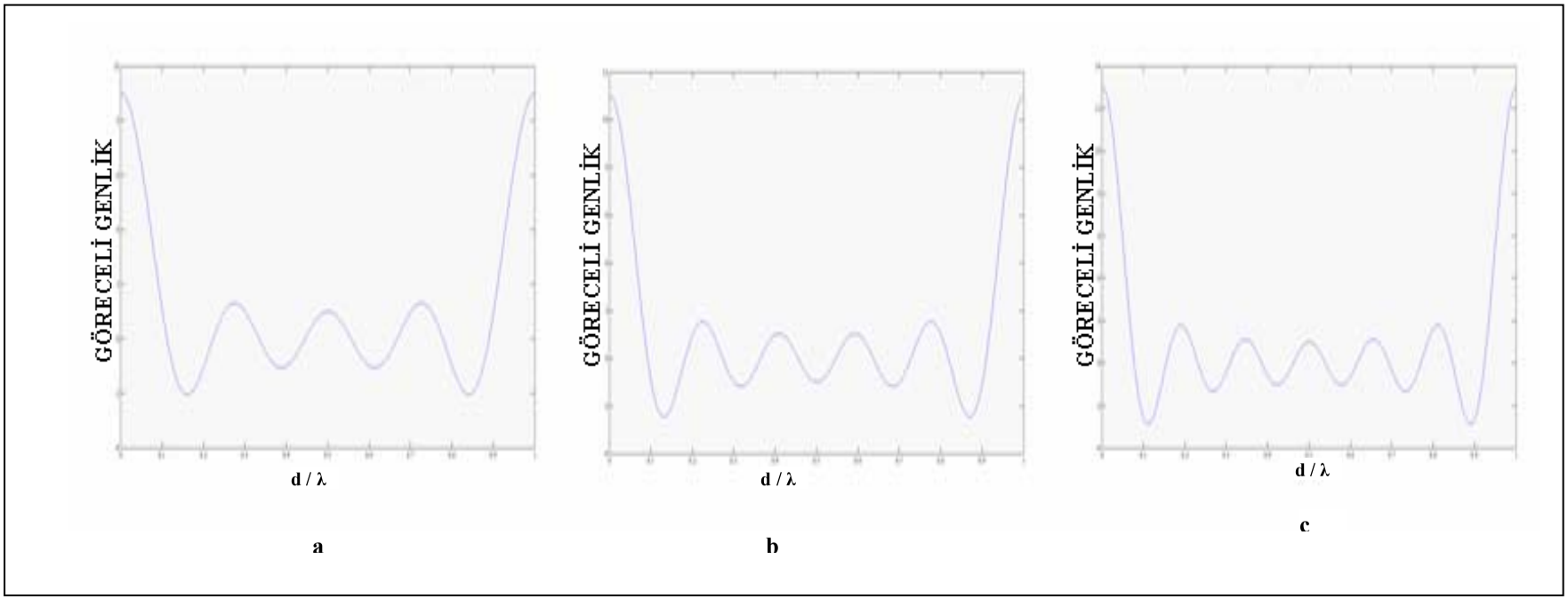
Şekil 2.21 : 3X5'lik yüzey dizilimi için; sistemin göreceli cevabının desibel cinsinden görünümü.

2.2.2.2 Eleman Sayısı 3 X 11 Olan Yüzey Dizilimi Tasarım Örneği

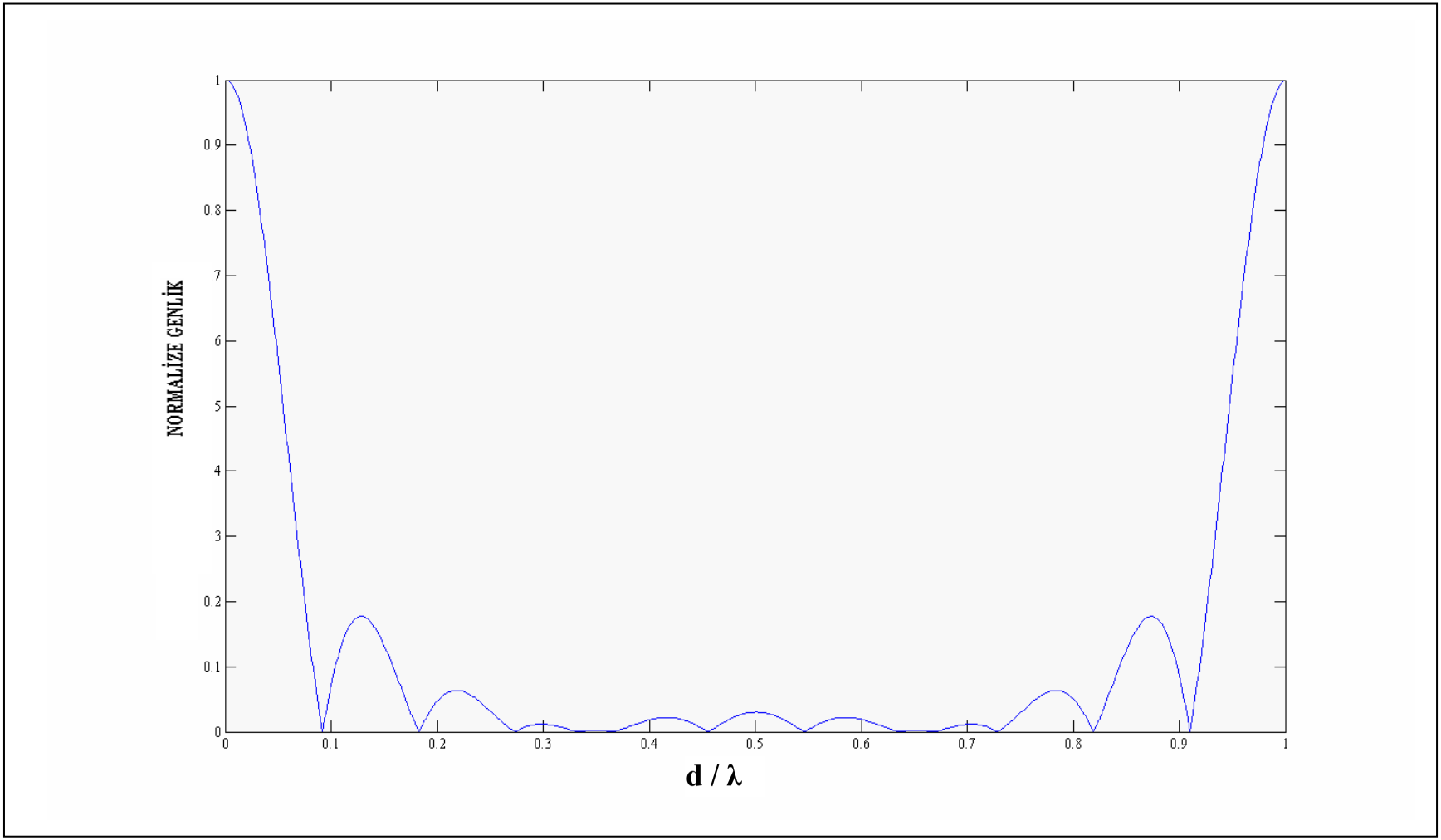


Şekil 2.22 : 3 X 11'lik yüzey dizilim geometrisine sahip bir sistem teorikte, 1 X 13, 1 X 11, 1 X 9'luk in-line dizilimlerin toplamı şeklinde davranır.

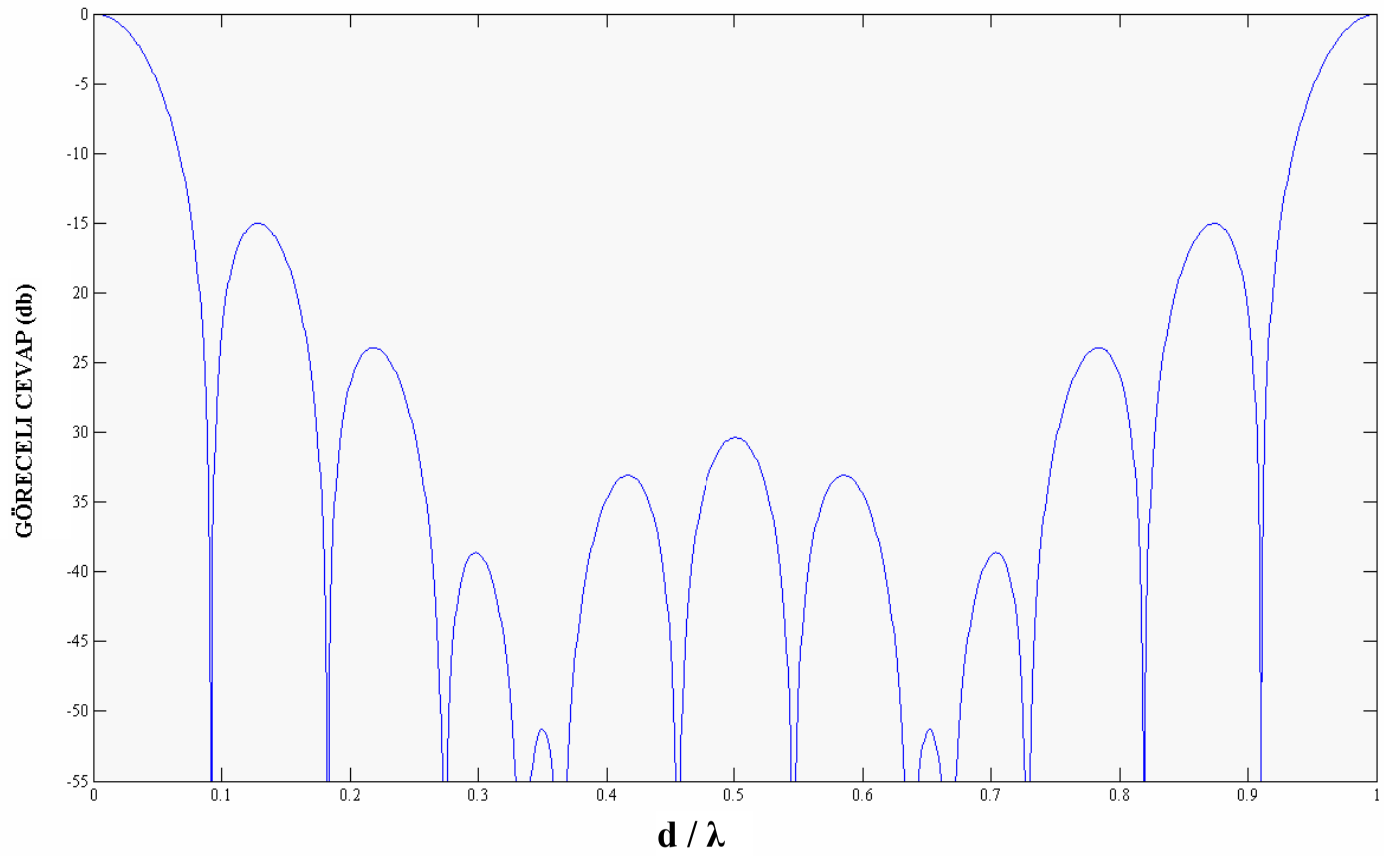
2.4.2.1'de yapılan açıklamaların çerçevesinde 3X11'lik bir yüzey diziliminin cevabı hesap edildiğinde sistem için Şekil 2.23 ile Şekil 2.25 arasındaki toplam cevap şekilleri elde edilir.



Şekil 2.23 : 3X11'lik yüzey dizilimi için; **a:** 1X9, **b:** 1X11, **c:** 1X13 alt dizilimleri için sistem cevapları

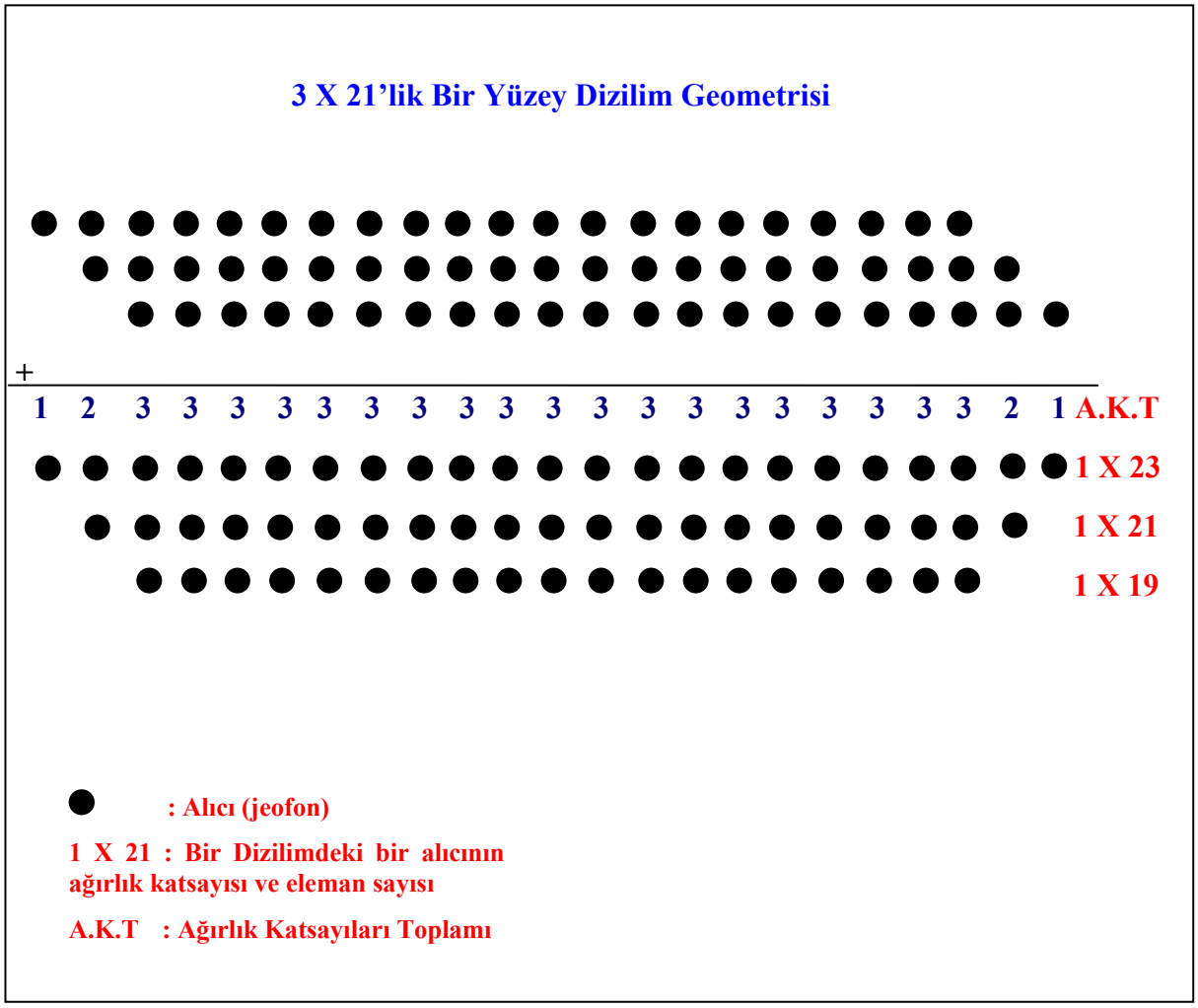


Şekil 2.24 : 3X11'lik yüzey dizilimi için, sistemin toplam normalize genlik cevabının görünümü. (Şekil 2.23'de görülen a,b,c grafiklerinin değerlerinin toplamı)



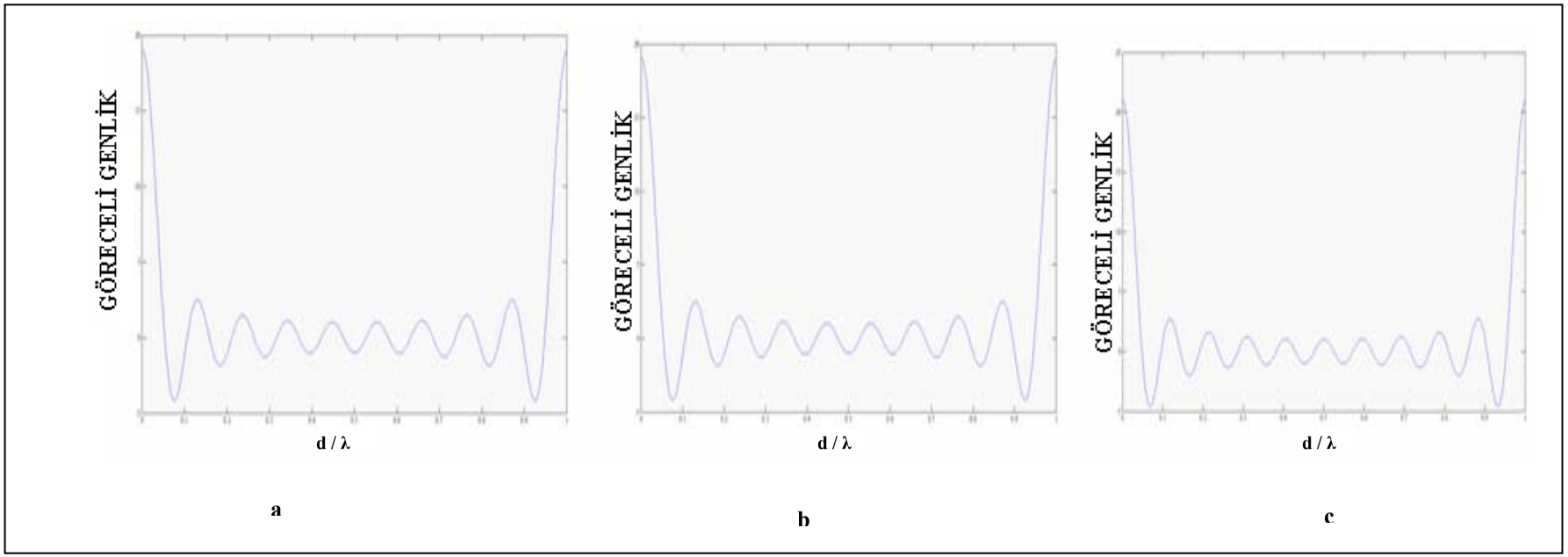
Şekil 2.25 : 3X11'lik yüzey dizilimi için, sistemin göreceli cevabının desibel cinsinden görünümü.

2.2.2.3 Eleman Sayısı 3 X 21 Olan Yüzey Dizilimi Tasarım Örneği

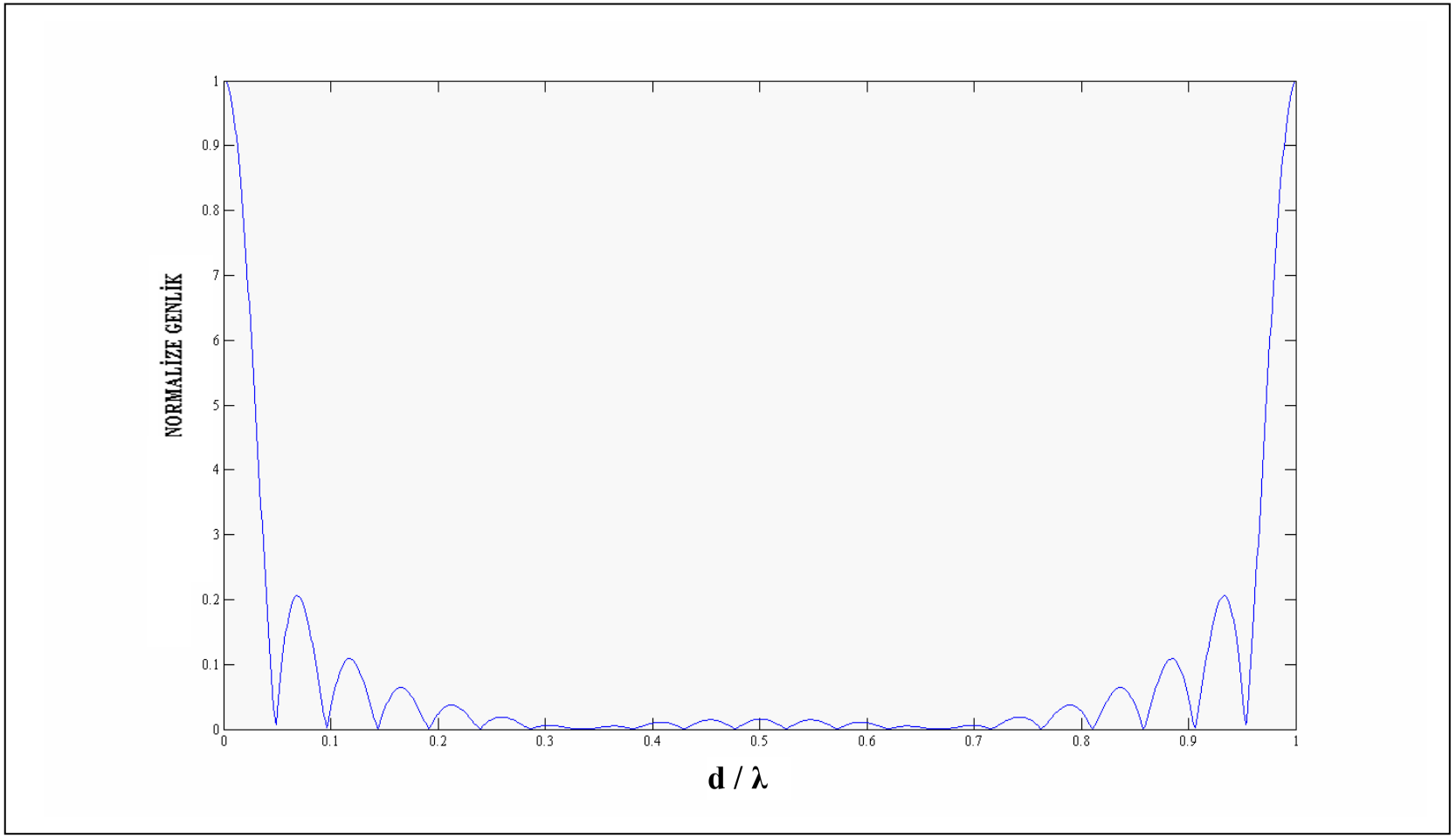


Şekil 2.26 : 3 X 21'lik bir yüzey dizilim geometrisine sahip bir sistem teorikte 1 X 23, 1 X 21, 1 X 19'luk in-line dizilimlerin toplamı şeklinde davranır.

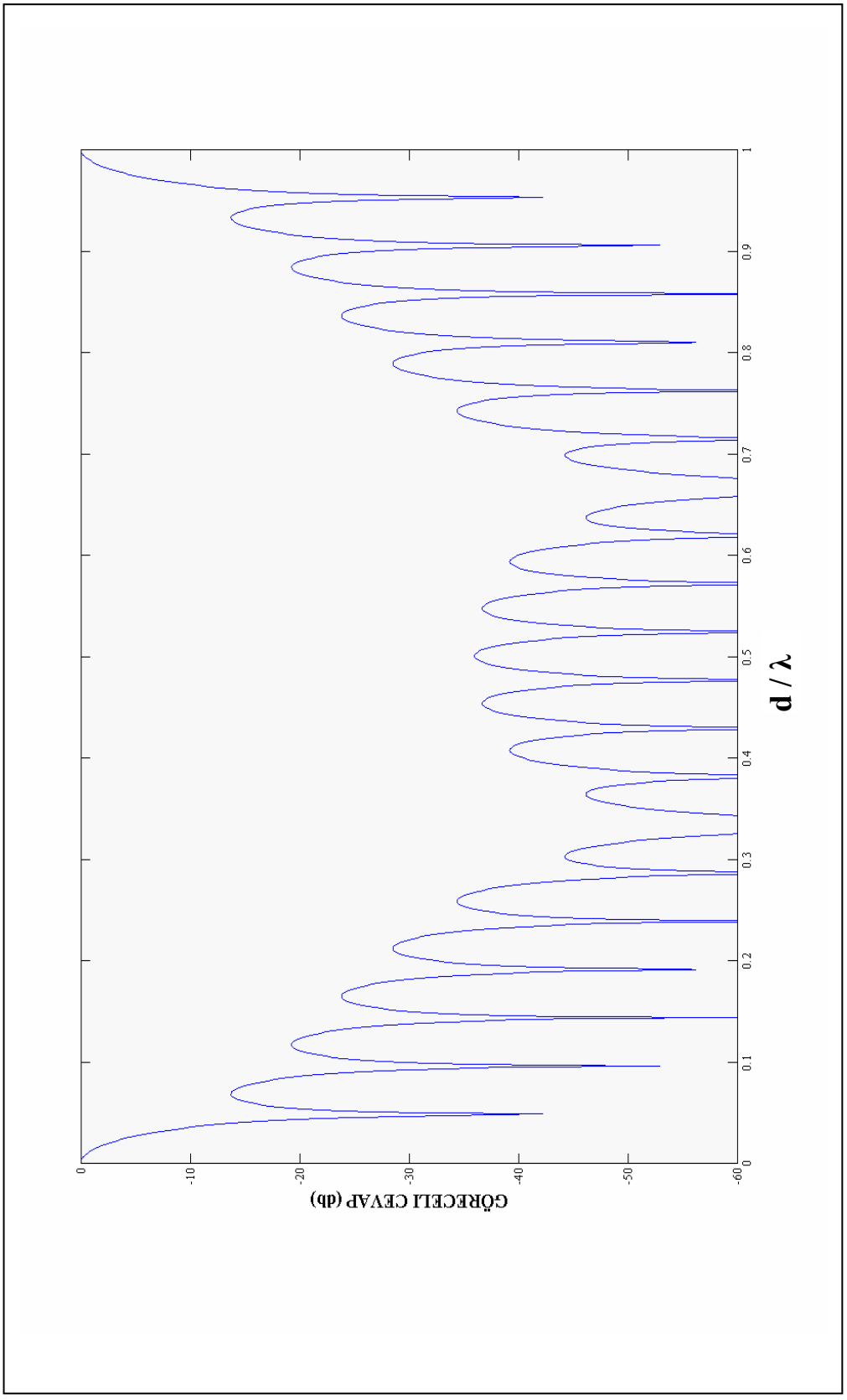
2.4.2.1'de yapılan açıklamaların çerçevesinde 3X21'lik bir yüzey dizilimin cevabı hesap edildiğinde sistem için Şekil 2.27 ile Şekil 2.29 arasındaki toplam cevap şekilleri elde edilir.



Şekil 2.27 : 3X21'lik yüzey dizilimi için, **a:** 1X19, **b:** 1X21, **c:** 1X23 alt dizilimleri için sistem cevapları



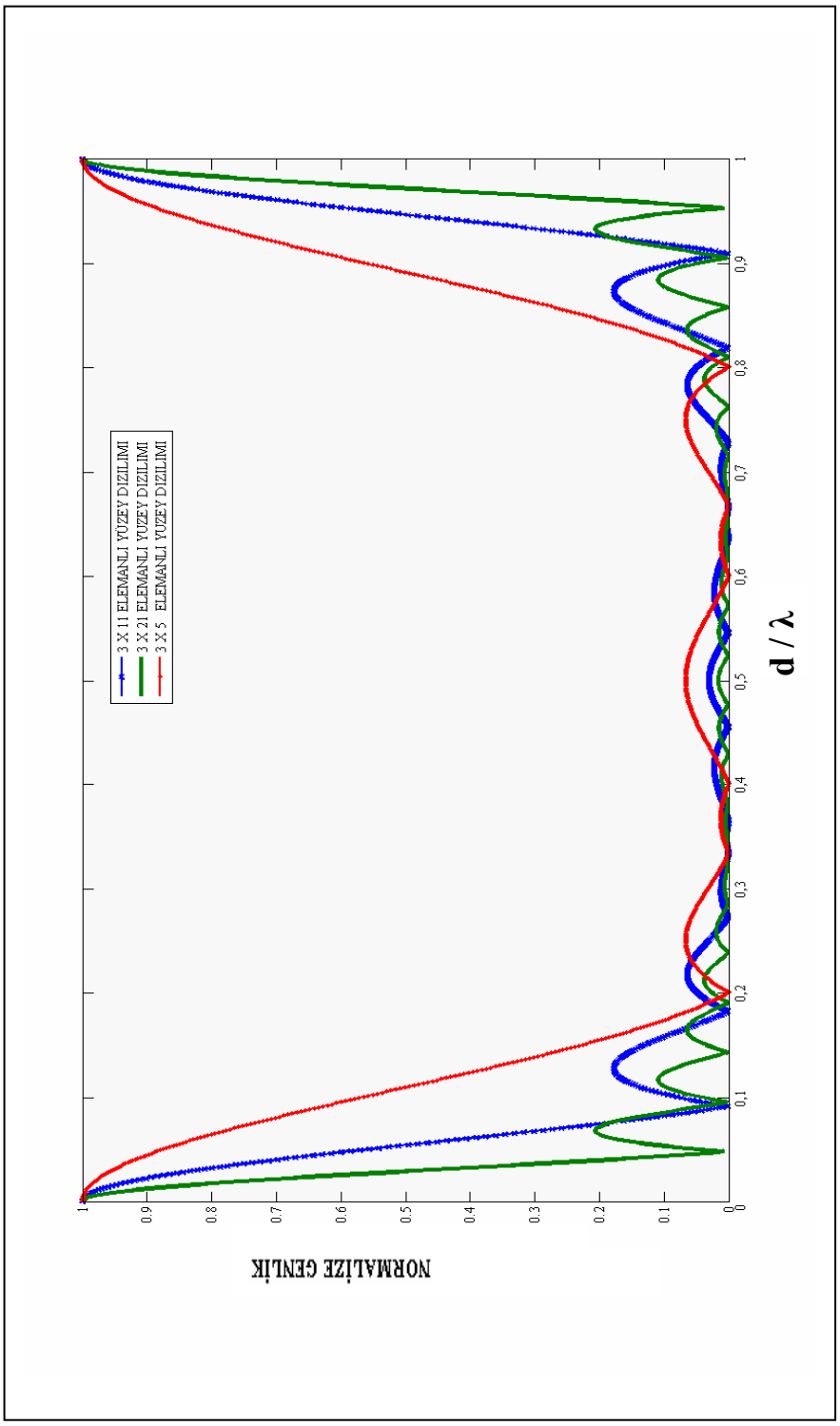
Şekil 2.28 : 3X21'lik yüzey dizilimi için, sistemin toplam normalize genlik cevabının görünümü. (Şekil 2.27'de görülen a,b,c grafiklerinin değerlerinin toplamı)



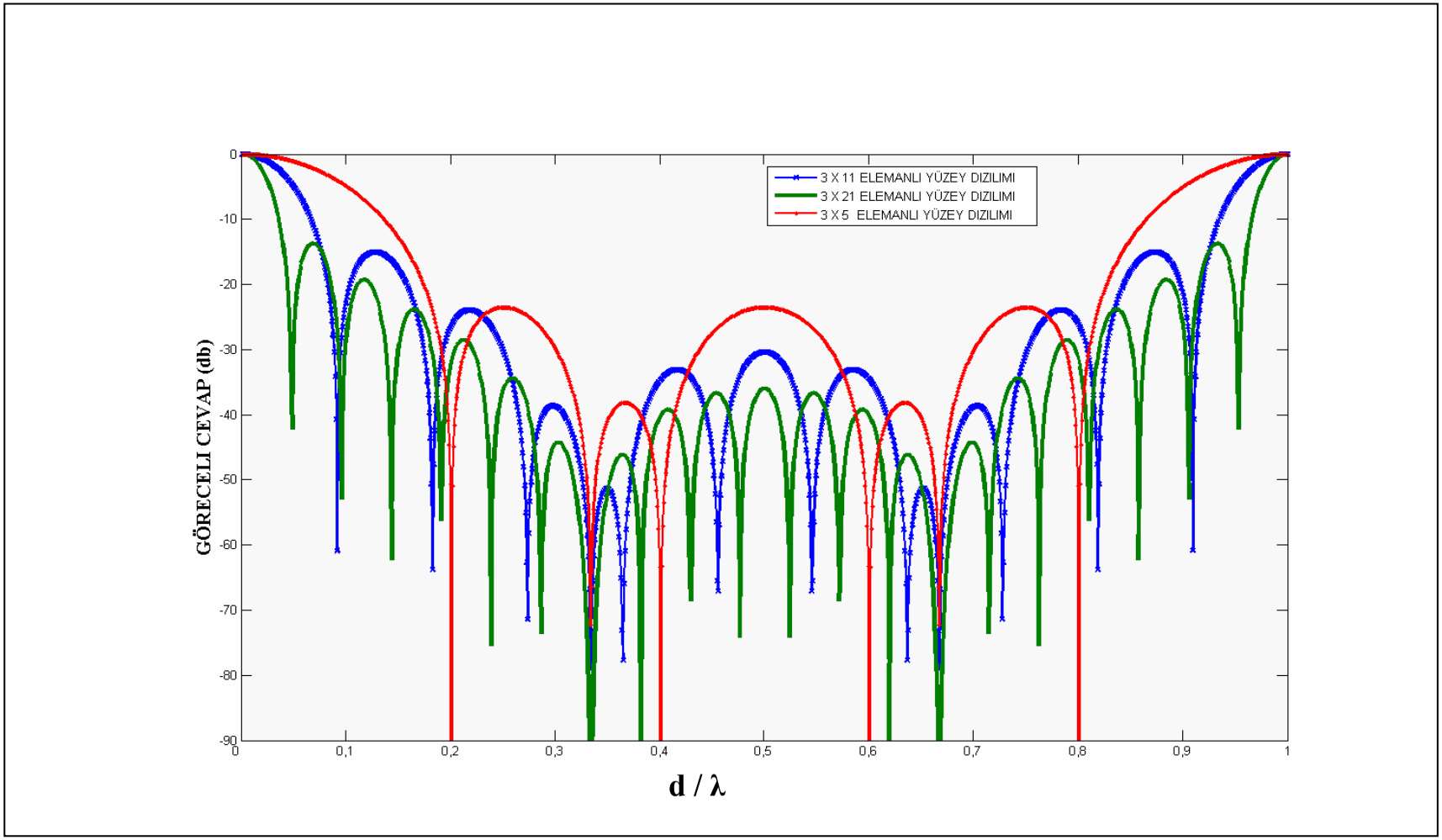
Şekil 2.29 : 3X21'lik yüzey dizilimi için; sistemin göreceli cevabının desibel cinsinden görünümü.

2.2.2.4 Eleman Sayıları 3 X 5, 3 X 11, 3 X 21 Yüzey Dizilimi Tasarım Örneklerinin Karşılaştırılması

Eleman sayıları 3X5,3X11,3X21 olan yüzey dizilimlerin normalize genlik ve desibel cinsinden göreceli cevap grafiklerinin toplu görünümü Şekil 2.30 ile Şekil 2.31'de gösterilmiştir.

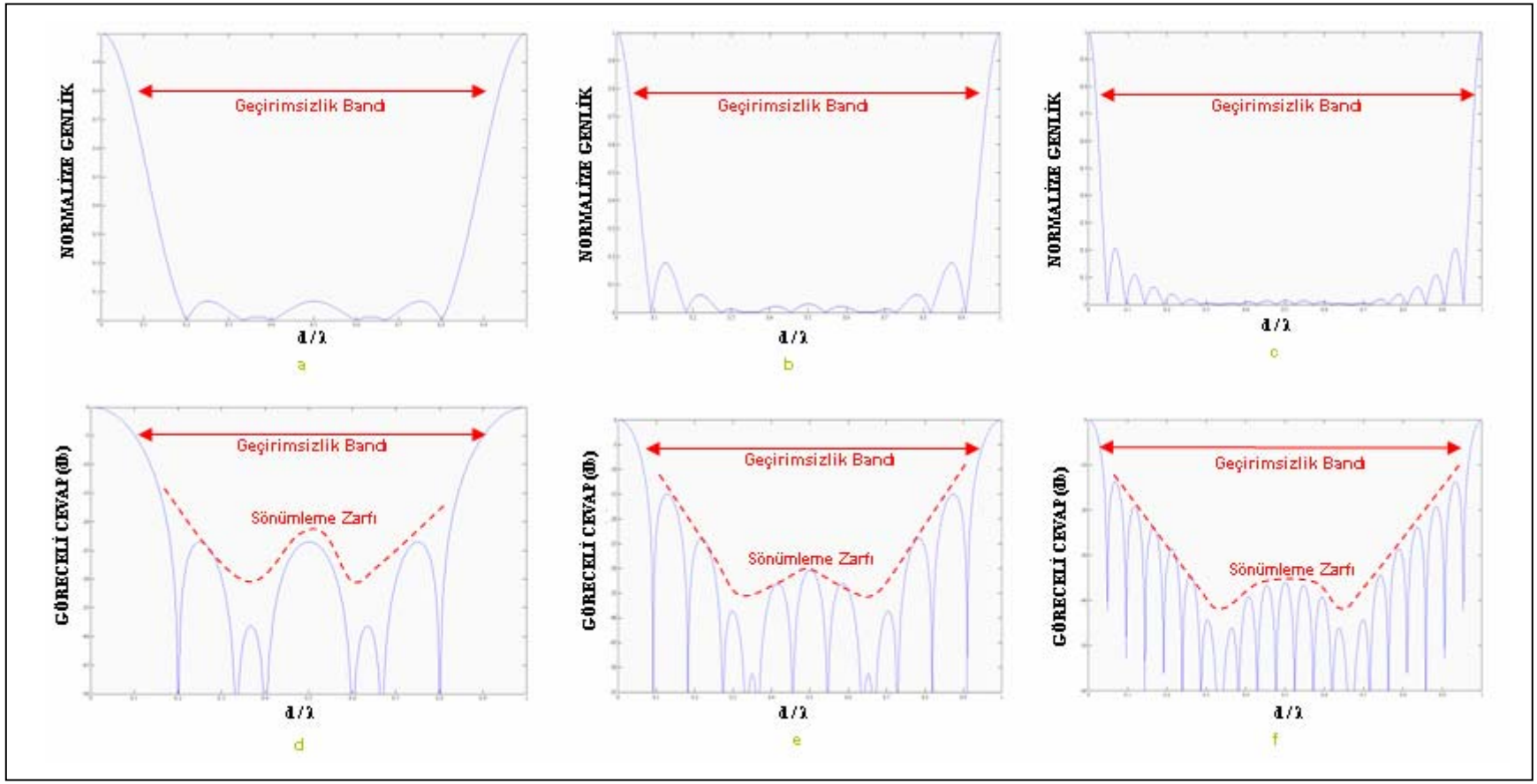


Şekil 2.30 : Eleman sayıları 3X5, 3X11, 3X21'lik yüzey dizilimlerinin normalize genlik cevaplarının görünümü.



Şekil 2.31 : Eleman sayıları 3X5, 3X11, 3X21'lik yüzey dizilimlerinin göreceli cevaplarının desibel cinsinden görünümü.

Şekil 2.30, ve Şekil 2.31'de değişik eleman sayıları için yüzey dizilimler için cevap grafiklerinin toplu gösterimine bakıldığında açıkca görülen bir şey var ki eleman (jeofon) sayısı arttıkça sistemin geçirimsizlik bandı genişlemekte ve sönümleme artmaktadır (Şekil 2.32). Sismik kayıtlarda bunun karşılığı istenmeyen gürültülerin daha az geçirildiği anlamına gelmekte. Göreceli cevabın db cinsinden karşılığına bakıldığına geçirimsizlik bandının db değerinin alıcı (jeofon) sayısının artımıyla beraber -20ile -50 arasında çeşitli değerler aldığı görülmekte, geçirimsizlik band genişlikliğinin arttığı fakat geçirimsizlik bandında bir üniform zarfın yakalanamadığı yani eğirilerin zarfının bir doğrusallık göstermediği fark edilmekte.



Şekil 2.32 : **a:** Eleman Sayısı 5, **b:** Eleman sayısı 11, **c:** Eleman sayısı 21 olan yüzey dizimlerinin normalize genlik grafikleri. **d:** Eleman Sayısı 5, **e:** Eleman sayısı 11, **f:** Eleman sayısı 21 olan yüzey dizimlerin desibel cinsinden göreceli cevap grafikleri.

3. KAYNAK –ALICI DİZİLİMLERİ; CHEBYSHEV DİZİLİMLERİ

3.1 Pafnuty Lvovich Chebyshev'in Hayatı

Pafnuty Chebyshev 16 Mayıs 1821'de Moskova'nın bastısında küçük bir kasaba olan Okatovo da doğdu. Dokuz çocuğu olan Annesi Agrafena Inanova öğretmen babası Lev Pavlovich ise Rus ordusunda subay olarak görev yapmışlardır. İlk eğitimini annesinde almış ondan okumayı ve yazmayı öğrenmiştir. Kuzeni Avdotia Kvintillianova'dan da Fransızca ve aritmetik dersleri almıştır. Kendisi 11 yaşında iken 1832 yılında ailesi Moskova'ya yerleşmişler, burda o dönemim ünlü Rus matematikcilerinden P.N. Pogorelski'den özel matematik dersleri almış ve 1837 yılında Moskova Üniversitesine girmiştir. Chebyshev burada matematik uygulamaları profesörü olan Nikolai Dmetrievich Brashman'dan mekanik, makina mühendisliği ve hidrolik, alcebra fonksiyonlarının integralleri ve olasılık hesapları dersleri almıştır. Chebyshev 1841'de bu Üniversiteden birincilik ile mezun olmuş ve lisansüstü eğitimine devam etmiştir. Chebyshev daha sonra St. Petersburg Üniversitesi'ne geçmiş ve 1850'de Profesör ünvanını almıştır. 1882 yılında aynı üniversiteden emekli olmuştur. Chebyshev 8 Aralık 1894 yılında Rusya'nın Petersburg şehrinde ölmüştür. Chebyshev'in bilimsel çalışmaları arasında; $y = f(x)$ denkleminin köklerinin hesaplanması, logaritmanın integrasyonel anlamı, asalsayılar, Euler'in teorileri, yakınlık teorisi, kök tahmini teorileri, orthogonal polinomlar, Legendre polinomları, Legendre ve Laplace karşılaştırmaları, Jacobi polinomları, ortalama değer olasılık teoremi, İntegral teorilerinden beta fonksiyonunun genellemesi, haritaların yorumlanması, geometrik değerlerin hesaplanması, hesap makinaları üzerine çalışmalar, dönel hareket dönüştürücülerinin içinde doğrusal hareket eden mekanik kavramlar, bir çok yeni mekanik icatlar yapmış bunlardan yedi tanesi Chicago da ki Worlds's Exposition da sergilenmiştir, bu sergilenen ürünler içinde bayanlar için geliştirilmiş özel bir bisiklet örneği verebiliriz . Chebyshev ayrıca üniversitede bulunduğu yıllar içinde bir çok ünlü matematikçiye de öğretmenlik yapmış, geliştirdiği teoremler o öldükten sonra geliştirilerek yayınlanmıştır (www-groups.dcs.stand.ac.uk).

3.2 Chebyshev Polinomları ve Özellikleri

Chebyshev Polinomları bir çok türden oluşmaktadır. Bu çalışmada birinci ve ikinci tür olan $T_n(x)$ ve $U_n(x)$ polinomları üzerinde durulacaktır. Ayrıca Jacobi polinomları üçüncü ve dördüncü tür Chebyshev polinomları içine girerler $V_n(x)$ ve $W_n(x)$ polinomları olarak tarif edilirler. Bunlar her ne kadar polinom olarak adlandırılsa da normal polinomlardan ayrılan çok farklı özelliklere sahiptirler.

3.2.1 Birinci Tür Chebyshev Polinomları

Birinci çeşit Chebyshev polinomu $T_n(x)$, x'in n ci derecedeki polinomudur ve

$$T_n(x) = \cos n\theta \tag{3.1}$$

Şeklinde ifade edilir, burada $x=\cos\theta$ dır. x'in [-1,1] aralığında değiştiği düşünülürse θ değişkeni [0,π] aralığında değişir. 3.1 denkleminden yola çıkarak birinci Chebyshev polinomlarının bir kısmı (6. dereceye kadar) aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$T_0(x) = 1 \tag{3.2}$$

$$T_1(x) = x \tag{3.3}$$

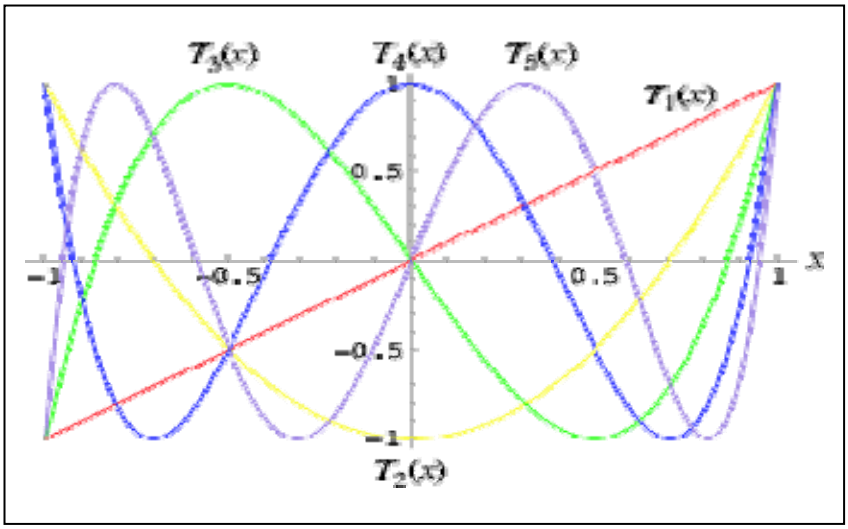
$$T_2(x) = 2x^2 - 1 \tag{3.4}$$

$$T_3(x) = 4x^3 - 3x \tag{3.5}$$

$$T_4(x) = 8x^4 - 8x^2 + 1 \tag{3.6}$$

$$T_5(x) = 16x^5 - 20x^3 + 5x \tag{3.7}$$

$$T_6(x) = 32x^6 - 48x^4 + 18x^2 - 1. \tag{3.8}$$



Şekil 3.1 : 5. dereceye kadar birinci tür Chebyshev Polinomlarının grafik görünümleri (Weisstein, 2005).

$T_n(x)$ polinomu $T_0(x)=1$ ve $T_1(x)=x$ olarak kabul edilir ise 3.1'de ifade edilen değişken, trigonometrik tarifden kurtularak,

$$T_n(x)=2xT_{n-1}(x)-T_{n-2}(x), \quad n=2,3,..... \tag{3.9}$$

şekline dönüşür.

Birinci tür fonksiyonlarda ; n'in tek veya çift olmasına bağlı olarak x'in kuvvetleri de tek veya çift olur buradan da $T_n(x)$ 'in tek veya çift fonksiyon olması söz konusudur.

Bu polinomların genel özelliklerinden bahsedilecek olursa;

Birinci türden Chebyshev diferansiyel denklemlerinin çözümü sonlu kareler yönteminde kullanılır.

Contour integrali olarak ifade edilebilir.

Determinant denklemini sağlar.

Jacobi Polinomlarnın özel bir türüdür.

Toplamlar terimi olarak ifade edilebilir.

Birinci tür Bessel fonksiyonu ile bağlantı kurulabilir.

3.2.2 İkinci Tür Chebyshev Polinomları

İkinci çeşit Chebyshev polinomu $U_n(x)$, x'in n ci derecedeki polinomudur ve

$$U_n(x)=\frac{\sin(n+1)\theta}{\sin\theta} \tag{3.10}$$

Şeklinde ifade edilir, burada $x=cos\theta$ *dır* (Mason ve diğ., 2003).

3.10 da yola çıkarak trigonometrik yerine koyma işlemleri yapılırsa ikinci tür Chebyshev polinomları,

$$U_0(x) = 1 \tag{3.11}$$

$$U_1(x) = 2x \tag{3.12}$$

$$U_2(x) = 4x^2 - 1 \tag{3.13}$$

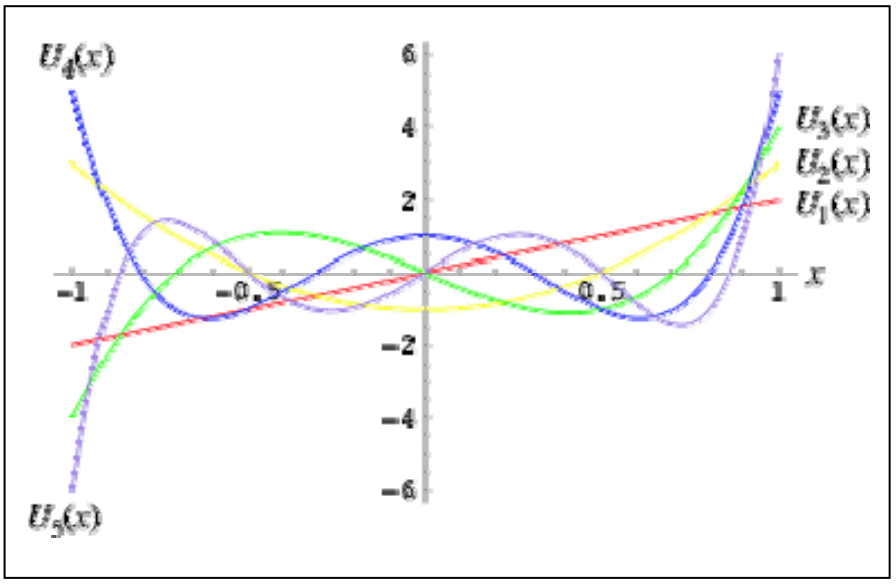
$$U_3(x) = 8x^3 - 4x \tag{3.14}$$

$$U_4(x) = 16x^4 - 12x^2 + 1 \tag{3.15}$$

$$U_5(x) = 32x^5 - 32x^3 + 6x \tag{3.16}$$

$$U_6(x) = 64x^6 - 80x^4 + 24x^2 - 1. \tag{3.17}$$

Şeklinde ifade edilebilir (6. dereceye kadar).



Şekil 3.2 : 5. dereceye kadar ikinci tür Chebyshev Polinomlarının grafik görünümleri (Weisstein, 2005).

3.10'da ifade edilen değişkene trigonometrik değişken dönüşümü yapılır ve $U_0(x)=1$, $U_1(x)=2x$ başlangıç koşulları olarak kabul edilecek olursa;

$$U_n(x)-U_{n-2}(x)=2T_n(x) \qquad \textbf{(3.18)}$$

veya

$$U_n(x)=2xU_{n-1}(x)-U_{n-2}(x),\ n=2,3..... \qquad \textbf{(3.19)}$$

elde edilir. İkinci derece Chebyshev polinomları olan $U_n(x)$ hem tek hemde çift bir fonksiyondur ve *n*'in çift veya tek olmasına bağlı olarak *x*'in kuvvetleri de sadece tek veya çift olmaktadır (3.11 ile 3.17 arasındaki denklemlere bakınız).

Bu polinomların genel özelliklerinden bahsedilecek olursa;

İkinci türden Chebyshev diferansiyel denklemlerinin çözümü orthogonal polinomların şekillerinden biridir.

İkinci tür Chebyshev polinomları Jacobi polinomlarının özel bir türüdür.

Toplam terimleri şeklinde tarif edilebilir.

Determinant tanımına uyar ve onu sağlar.

Dört boyutlu küresel harmoniklerin açısal momentum teorisinden üretilmiştir.

3.3 Chebyshev Polinomlarının Atış-Alıcı Düzeni Tasarımında Kullanımı

3.3.1 Dizilim Cevabı

Chebyshev dizilimleri, eşit mesafelerde dizilmiş farklı ağırlık katsayılarına sahip alıcılar tarafından veya istenilen tepki fonksiyonuna göre birbirlerinden farklı mesafelerde dizilmiş alıcılar şeklinde sismik uygulamalarda kullanılır.

Burada $S_N(\Psi)$ dizilimin cevabı olduğu varsayılacak olursa;

$$S_N(\Psi) = \sum_{k=0}^{m/2} \varepsilon_{m-2k} a_k \cos\left[(m-2k)\frac{\Psi}{2} \right] \qquad \textbf{(3.20)}$$

Şeklinde ifade edilir (Holzman, 1963). Burada ki tanımlamalar:

N, dizilimdeki (düzen) eleman sayısı (alıcı sayısı).

m, *N*-1'e eşittir.

a_k , ağırlık kat sayıları.

α , dizilim boyunca hareket eden fazın yönü.

λ , dalgaboyu.

d, elemanlar (alıcılar) arası mesafe (Şekil 1.8).

θ, düzlem dalganın geliş açısı (Şekil 1.8)

ε_i Neumann sayısı, i=0 ise ε_i =1 ve $i \neq 0$ ise ε_i =2 dir.

$$\Psi = (\frac{2\pi}{\lambda}) d \sin\theta + \alpha \qquad \textbf{(3.21)}$$

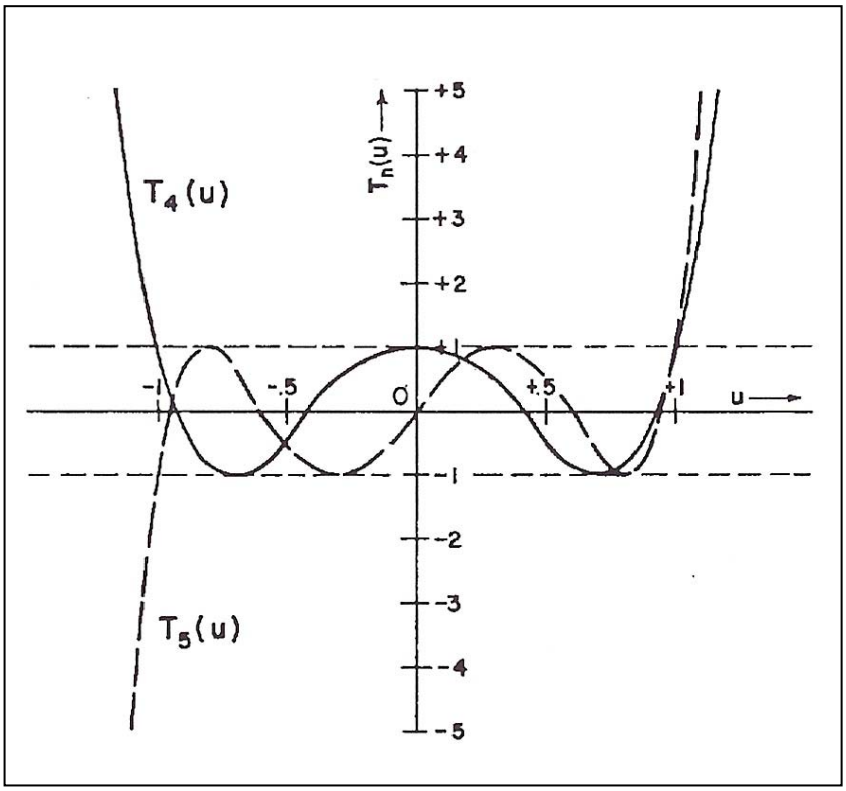
3.19 eşitliğinde maksimum hassasiyet doğrultusu dizilim çizgisinin normali olacaksa α açısı sıfır alınır. θ açısı sıfır olduğunda düzlem dalga cephesi yüzey dalgaları olarak ifade edilir. Dizilim cevabında istenilen dalga türüne göre θ açısı değiştirilerek inceleme yapılabilir.

3.20 denklemi incelendiğinde dizilim cevabının şeklini oluşturan ana değişkenin a_k yani ağırlık katsayıları olduğu görülmektedir. Bu katsayılar aşağıda bahsi geçen başlık altında Chebyshev polinomları yardımıyla tarif edilebilir.

3.3.2 Ağırlık Katsayıları Hesabı

Chebyshev polinomlarının en önemli özelliği -1 ile +1 aralığında değer almasıdır. Kaçıncı dereceden olursa olsun fonksiyonlar -1 ve + 1 aralığında sınırlandırılmıştır.

Şekil 3.3 İkinci tür 4. ve 5. derceden iki Chebyshev Polinomunun davranışını göstermektedir.



Şekil 3.3 : İkinci tür 4. ve 5. dereceden Chebyshev Polinomlarının tipik davranış şekilleri. (Holzman, 1963)

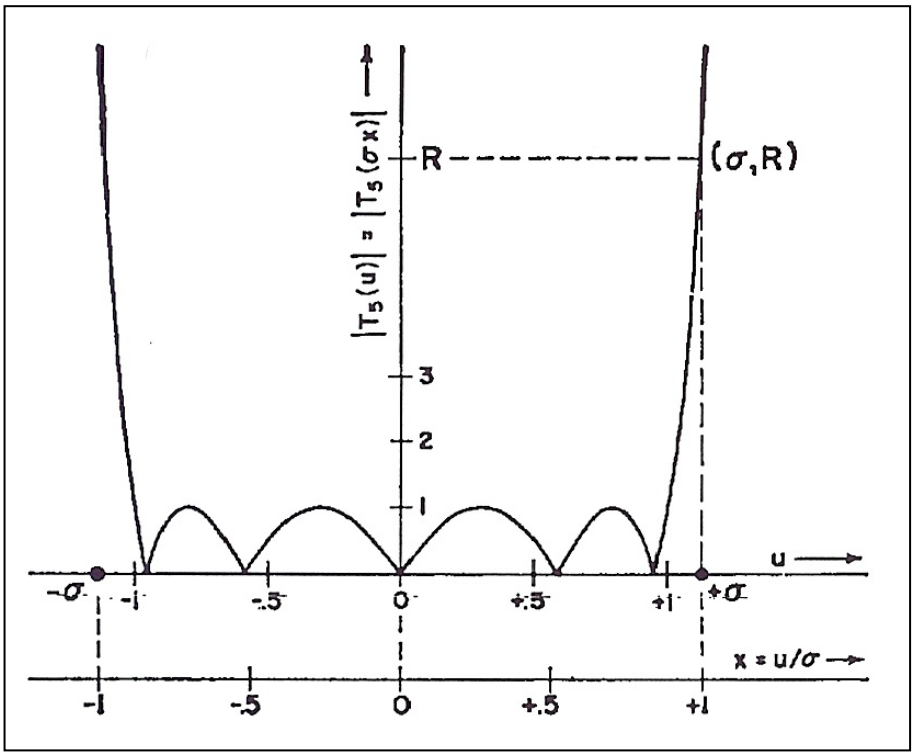
Burada görülen her iki polinomda -1<u<1 aralığında salınmakta ve *m* çift sayı olduğunda *u*>1 ise $T_m(u)$ tekdüze bir şekilde artmakta, u<-1 ise $T_m(u)$ yine tekdüze olarak artmakta, m tek sayı olduğunda ise tekdüze olarak azalmaktadır. Sonuç olarakta fonksiyonun bazı *u* değerleri $\mp\infty$ 'a gitmektedir.

Yukarıda ikinci tür Chebyshev Polinomlarının genel özelliklerinden yola çıkarak $T_m(u)$ fonksiyonunun dizilim cevabı fonksiyonuna uygulamasına geçilecek olursa, Şekil 3.4'de görülen 6 elemanlı Chebyshev diziliminin skala dönüşümü yapılır ve cevap fonksiyonunun minimum geçirimsizlik oranı (rejection ratio) değerini *R* olarak adlandırırsak, *R* değerinin *u* eksenini $|u| \le 1$ gibi bir noktada kestiği görülür. Bu nokta σ olarak adlandırılırsa, $|u| \le \sigma$ şeklinde tarif edilebilir. Sonuç olarak öyle bir σ değeri bulunacak ki $x=\mp 1$ için $T_m(x)=R$ olmalıdır. Böylece öyle bir fonksiyon oluşsun ki kenarlarda *R* kadar yükselen ortada ki geniş alanda salınımı ise en büyük değeri 1 olsun (dizilim fonksiyonu cevabı).

Buradan $u=\sigma x$ dönüşümü yapılır, Chebyshev polinomlarının temel tanımlarında (3.21 ve 3.22) benzer değişken dönüşümleri yapılırsa;

$$T_m(u) = \cos(m \cos^{-1} u) \quad |u| \le 1 \qquad \textbf{(3.21)}$$

$$T_m(u) = \cosh(m \cosh^{-1} u) \quad |u| \ge 1 \qquad \textbf{(3.22)}$$



Şekil 3.4 : 6 elemanlı Chebyshev dizilimi için *u,x* skala dönüşümü ve en az geçirimsizlik oranı değeri görünümü (Holzman, 1963)

$T_m(\sigma) = R$ ise $R > 1$ ve $\sigma > 1$ için denklem;

$$\sigma = \cosh\left[\frac{\cosh^{-1} R}{m}\right] \tag{3.23}$$

olarak elde edilir.

Yukarıda söz konusu olan tariflerden yol açıkarak çeşitli değişken dönüşümleri matematiksel hesaplar sonunda a_k ağırlık kat sayıları;

$$a_k = \frac{2}{N}\sum_{s=0}^{m/2} \varepsilon_s T_m\left[\sigma \cos\frac{s\pi}{N}\right] T_{m-2k}\left[\cos\frac{s\pi}{N}\right] \tag{3.24}$$

şeklide tanımlanır. Burada;

$T_m[u]$ u değişkenli $m.$ dereceden Chebyshev Polinomudur.

3.4 Chebyshev Dizilim Tasarım Örnekleri

Tasarım örneklerinin hazırlanması öncesinde hesaplama kolaylığı sağlamak açısından bazı başlangıç değerleri ve sınır koşullarından yola çıkılacaktır. Bunlar ve aralarındaki ilişkiler hakkında aşağıdaki bilgiler verilebilir:

λ_L, büyük dalga boyu, arazi verilerinden elde edilir.

λ_s, küçük dalga boyu, arazi verilerinden elde edilir. Burada λ dalga boyu $\lambda_s < \lambda < \lambda_L$ arasında bir değerdir ve *R* geçirimsizlik oranı değeri 1 olarak alınır (Bu değer tasarım yapanın tercihi olan bir değerdir).

d_0 alıcılar arasındaki mesafe,

$$d_0 = \frac{\lambda_L \lambda_s}{\lambda_L + \lambda_s} \tag{3.25}$$

şeklinde ifade edilir.

$T_m(u) = T_m(\sigma x) = 1$ olursa (denklem 3.21, 3.22),

$T_m(1) = 1$ olur, buradan $\sigma x = 1$ elde edilir ve buradan,

$$\sigma = \sec\left(\frac{\pi d_0}{\lambda_L}\right) = \sigma_0 \tag{3.26}$$

elde edilir, $T_m(\sigma_0) = R = R_0$ olursa,

$$m = \frac{\cosh^{-1} R_0}{\cosh^{-1} \sigma_0} \tag{3.27}$$

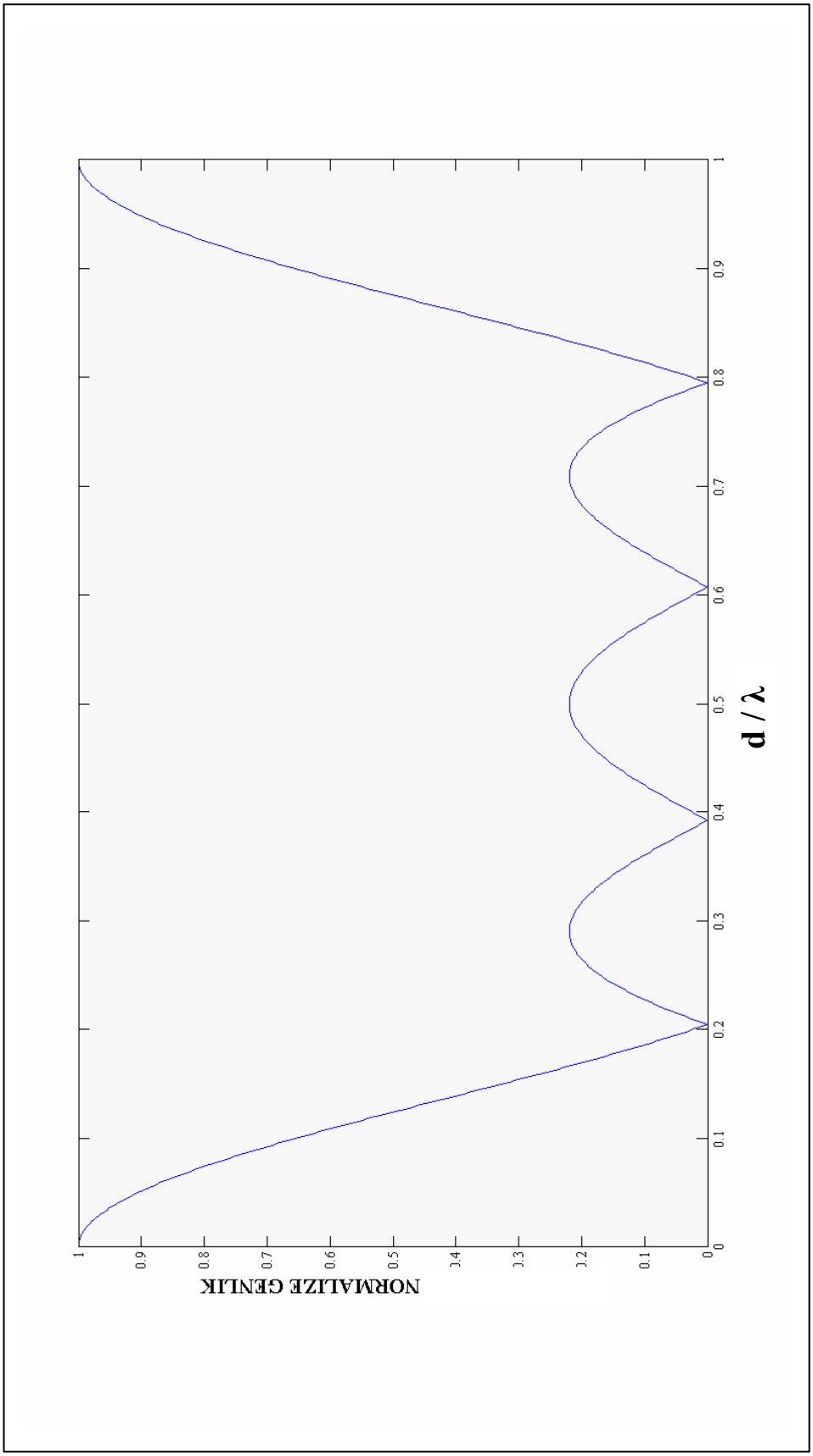
Alıcı sayısı $N=m+1$ şeklinde ifade edilecektir.

Tasarım örneklerinde a_k ağırlık katsayıları hesabı için 3.24 nolu denklem, dizilim cevabını hesap etmek için 3.20 nolu denklem kullanılacaktır.

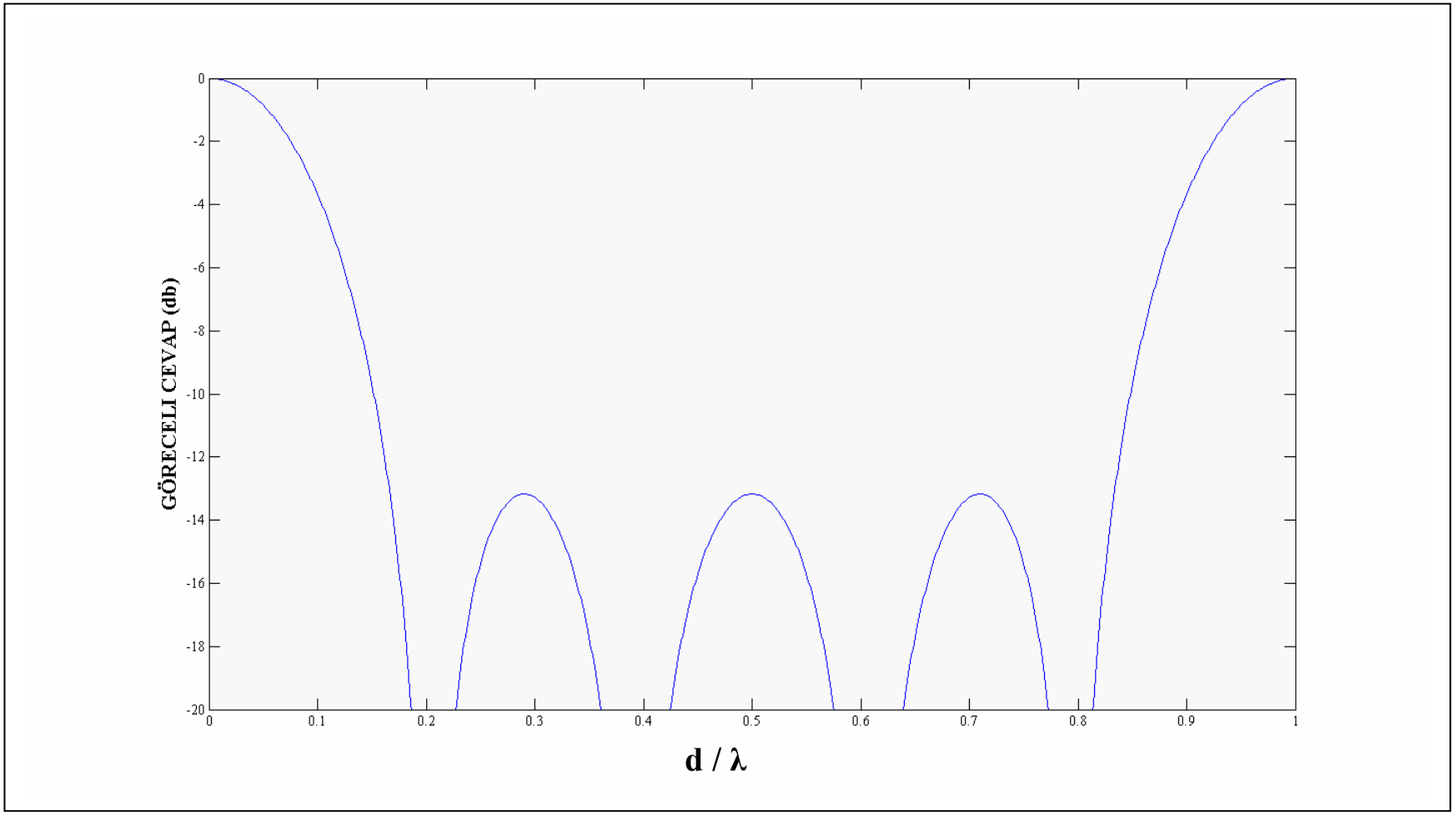
Yazılımlarda $T_m[u]$ *u* değişkenli *m.* dereceden Chebyshev Polinomu'nun hesabı için Peter J. Acklam'a ait Matlab script'i kullanılmıştır.

3.4.1 Eleman Sayısı 5 Olan Chebyshev Dizilimi Tasarım Örneği

Şekil 3.5 ve Şekil 3.6 daki tasarım çalışmasında; λ_L =150 metre, λ_s =30 metre, R_0 =5 birim, θ =90^o (Yüzey Dalgaları için) alınarak tüm hesaplamalar yapılmıştır.



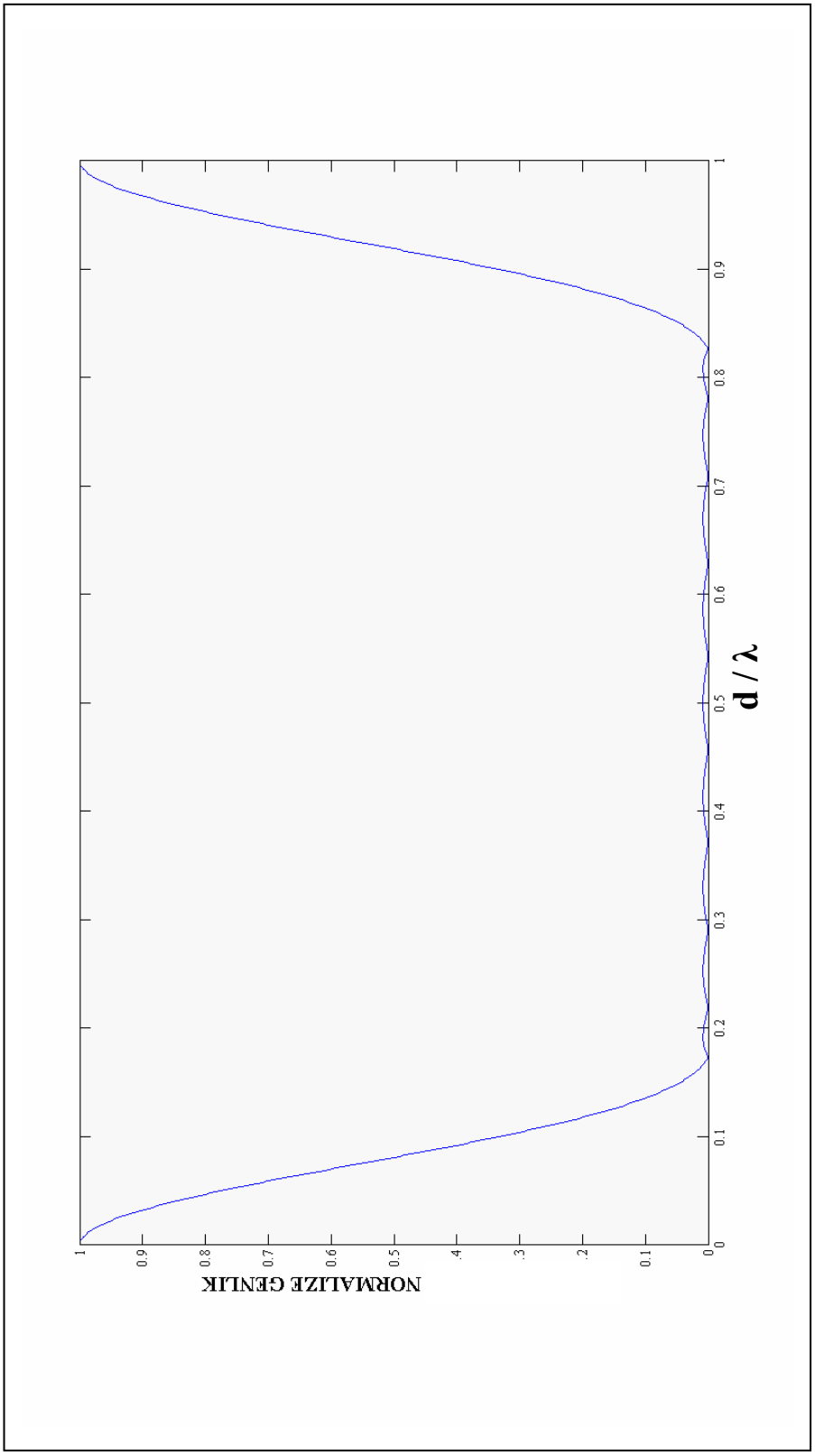
Şekil 3.5 : 5 Elemanlı Chebyshev dizilimininin normalize genlik cevabı.



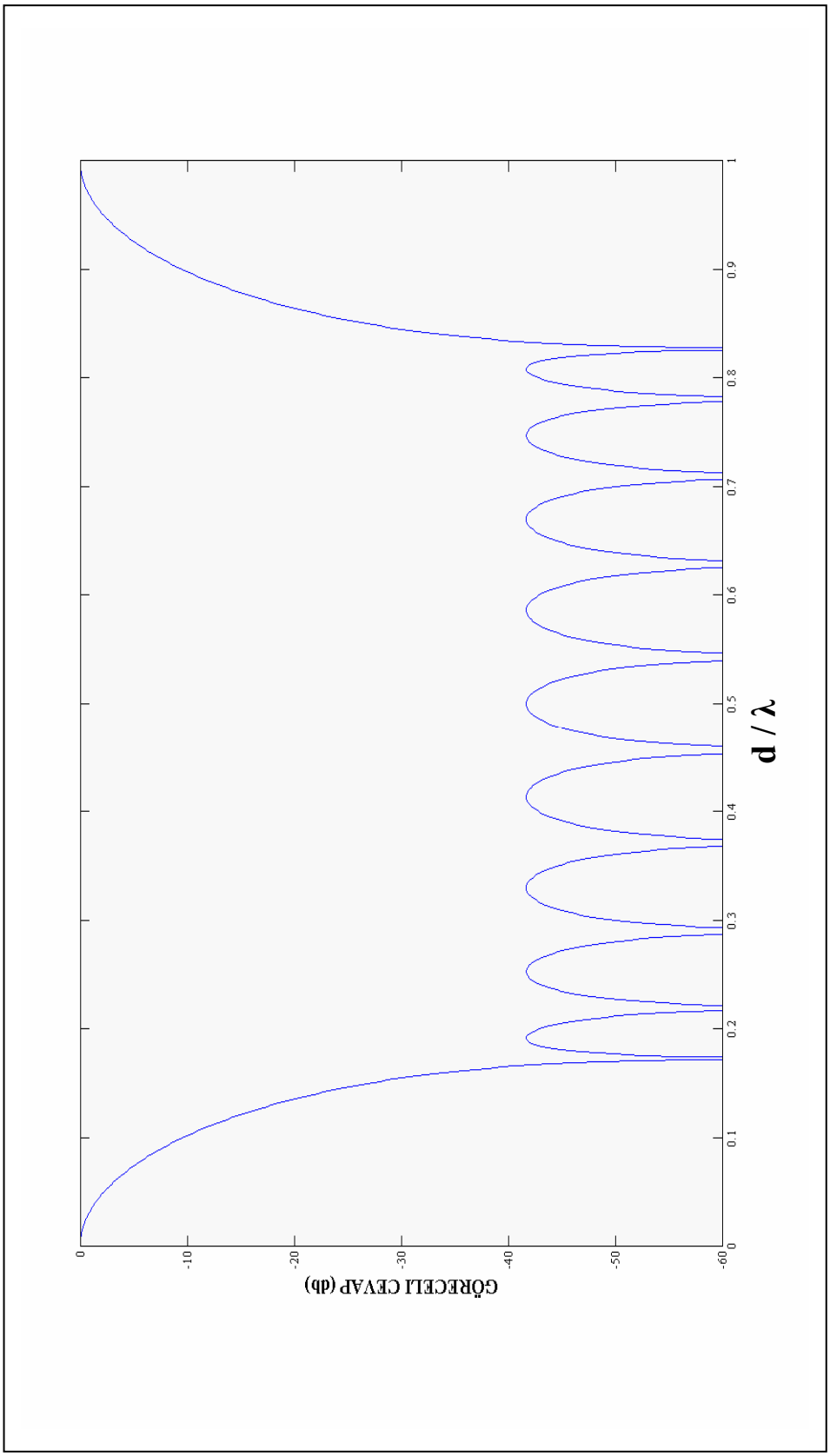
Şekil 3.6 : 5 Elemanlı Chebyshev diziliminin desibel cinsinden göreceli cevabı.

3.4.2 Eleman Sayısı 11 Olan Chebyshev Dizilimi Tasarım Örneği

Şekil 3.7 ve Şekil 3.8 deki tasarım çalışmasında; λ_L =150 metre, λ_s =30 metre, R_0 =125 birim, θ =90^o (Yüzey Dalgaları için) alınarak tüm hesaplamalar yapılmıştır.



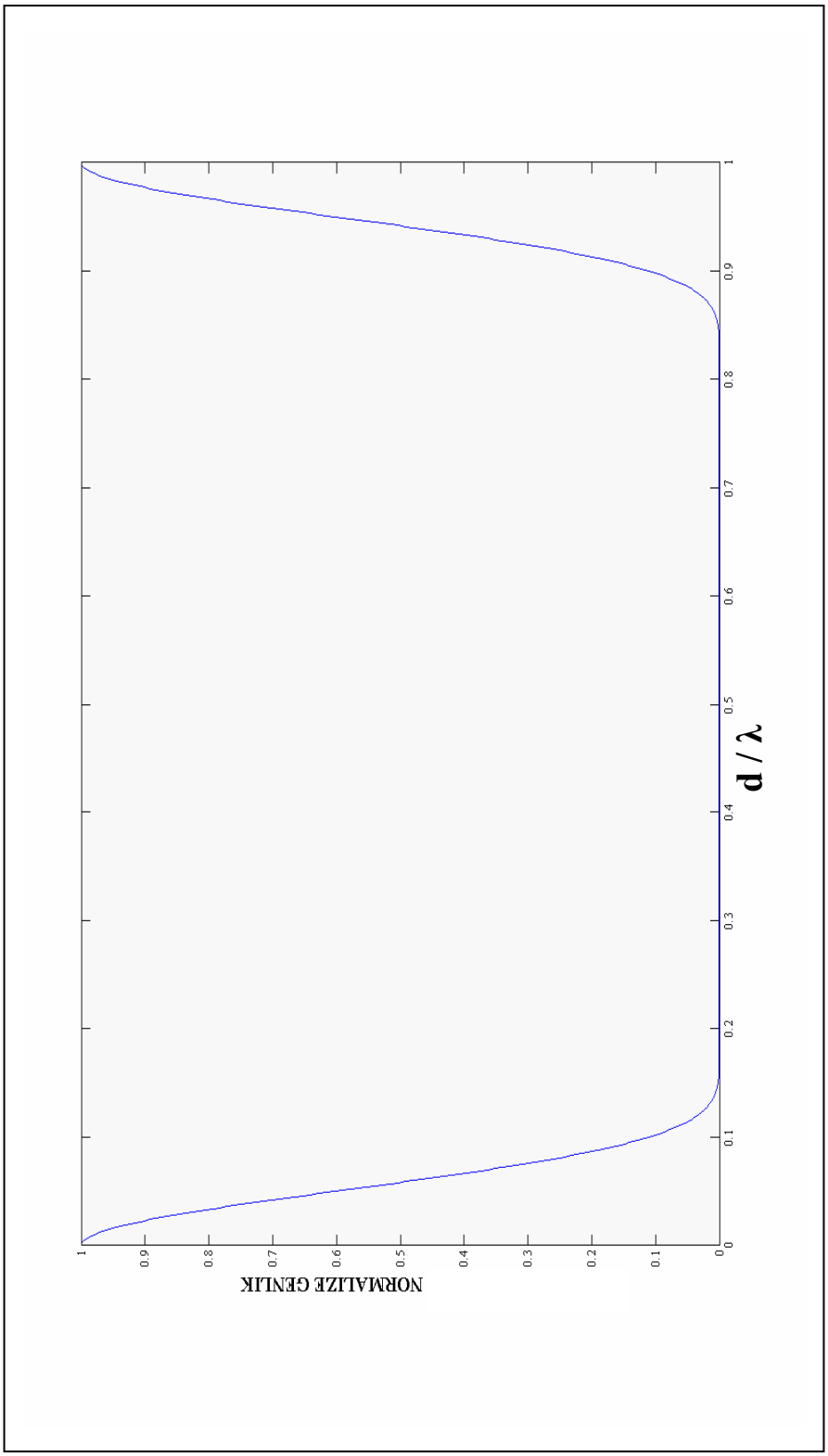
Şekil 3.7 : 11 Elemanlı Chebyshev diziliminin normalize genlik cevabı.



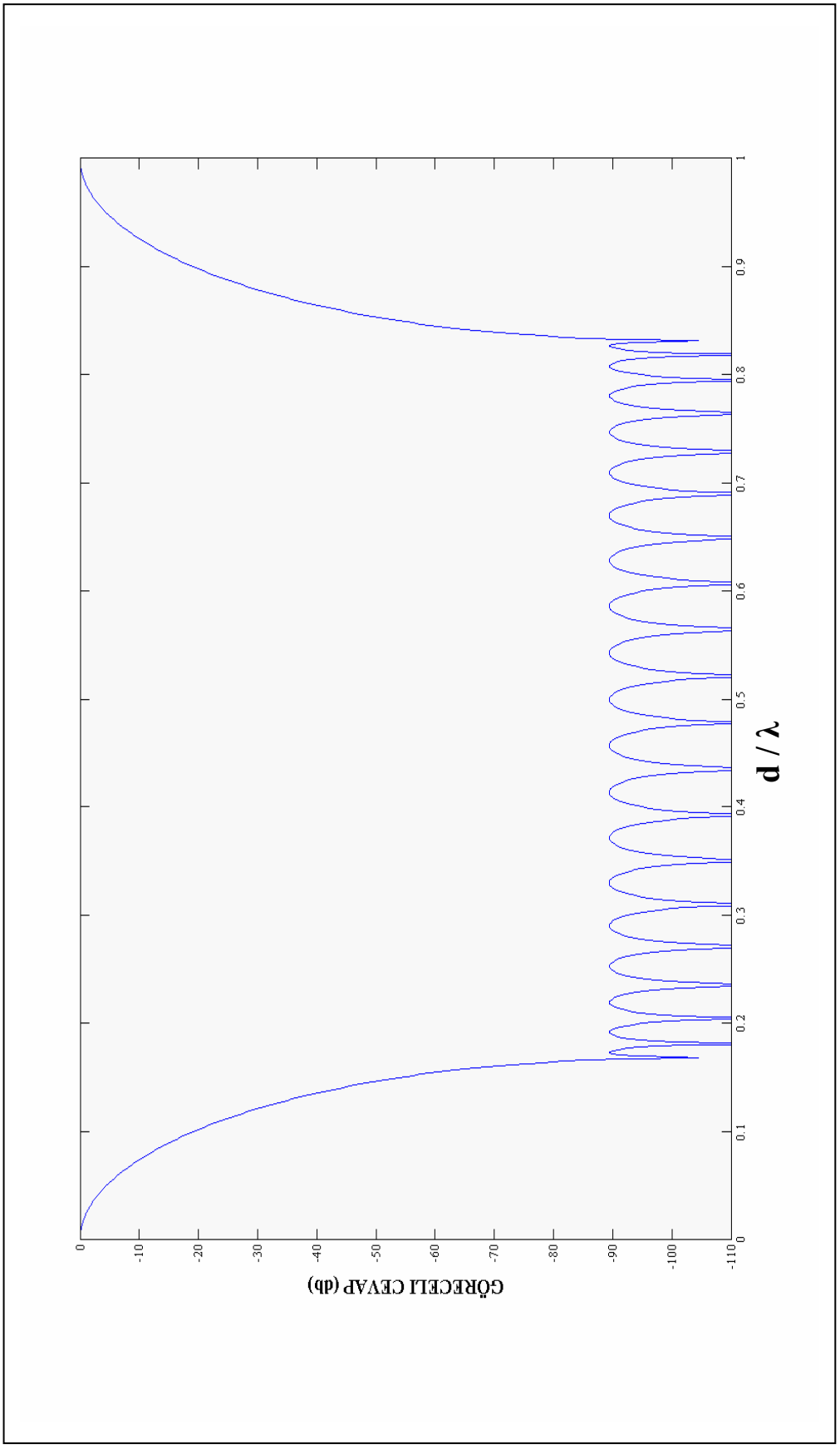
Şekil 3.8 : 11 Elemanlı Chebyshev dizilimininin desibel cinsinden göreceli cevabı.

3.4.3 Eleman Sayısı 21 Olan Chebyshev Dizilimi Tasarım Örneği

Şekil 3.9 ve Şekil 3.10 daki tasarım çalışmasında; λ_L =150 metre, λ_s =30 metre, R_0 =38000 birim, θ =90^o (Yüzey Dalgaları için) alınarak tüm hesaplamalar yapılmıştır.



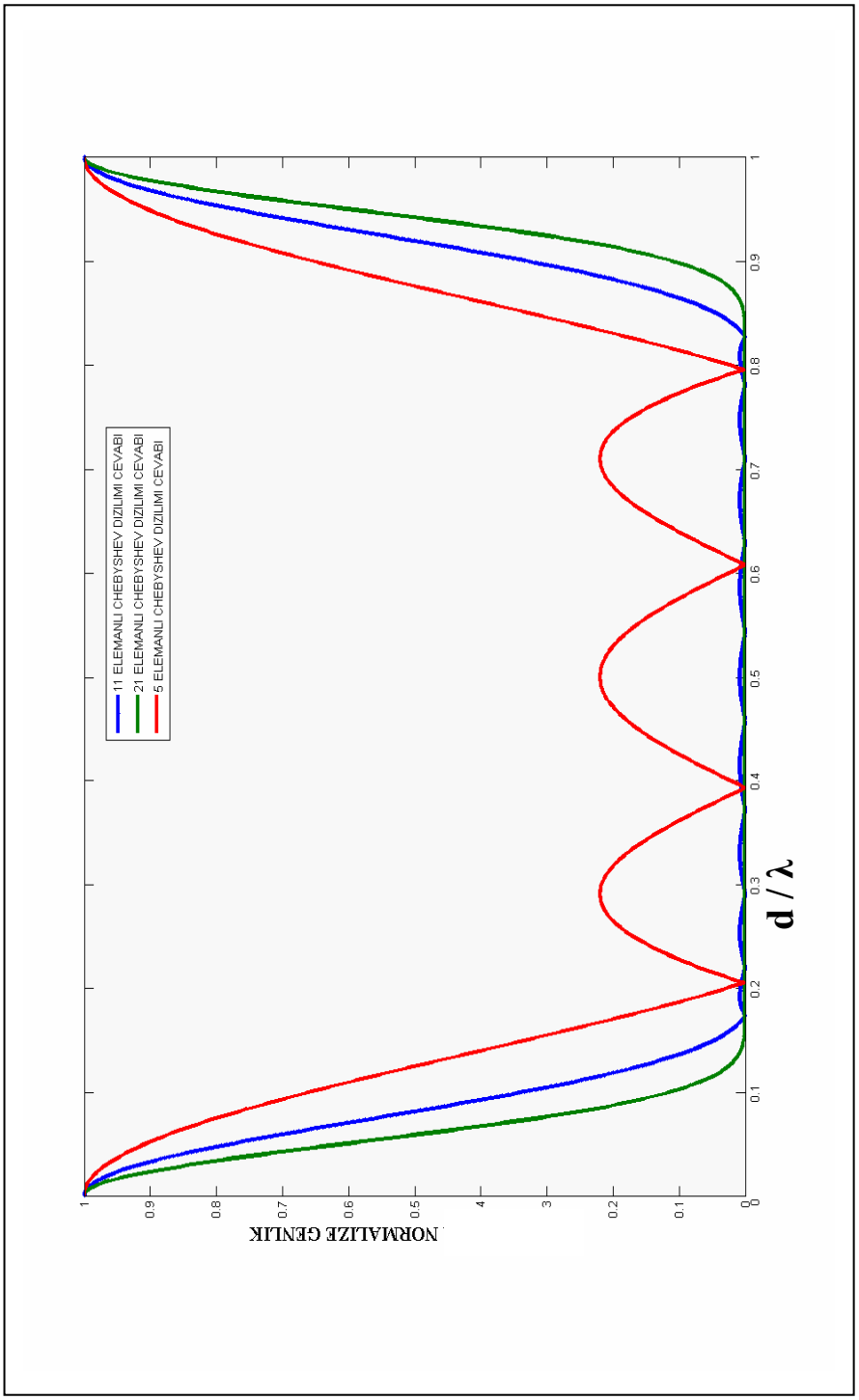
Şekil 3.9 : 21 Elemanlı Chebyshev diziliminin normalize genlik cevabı.



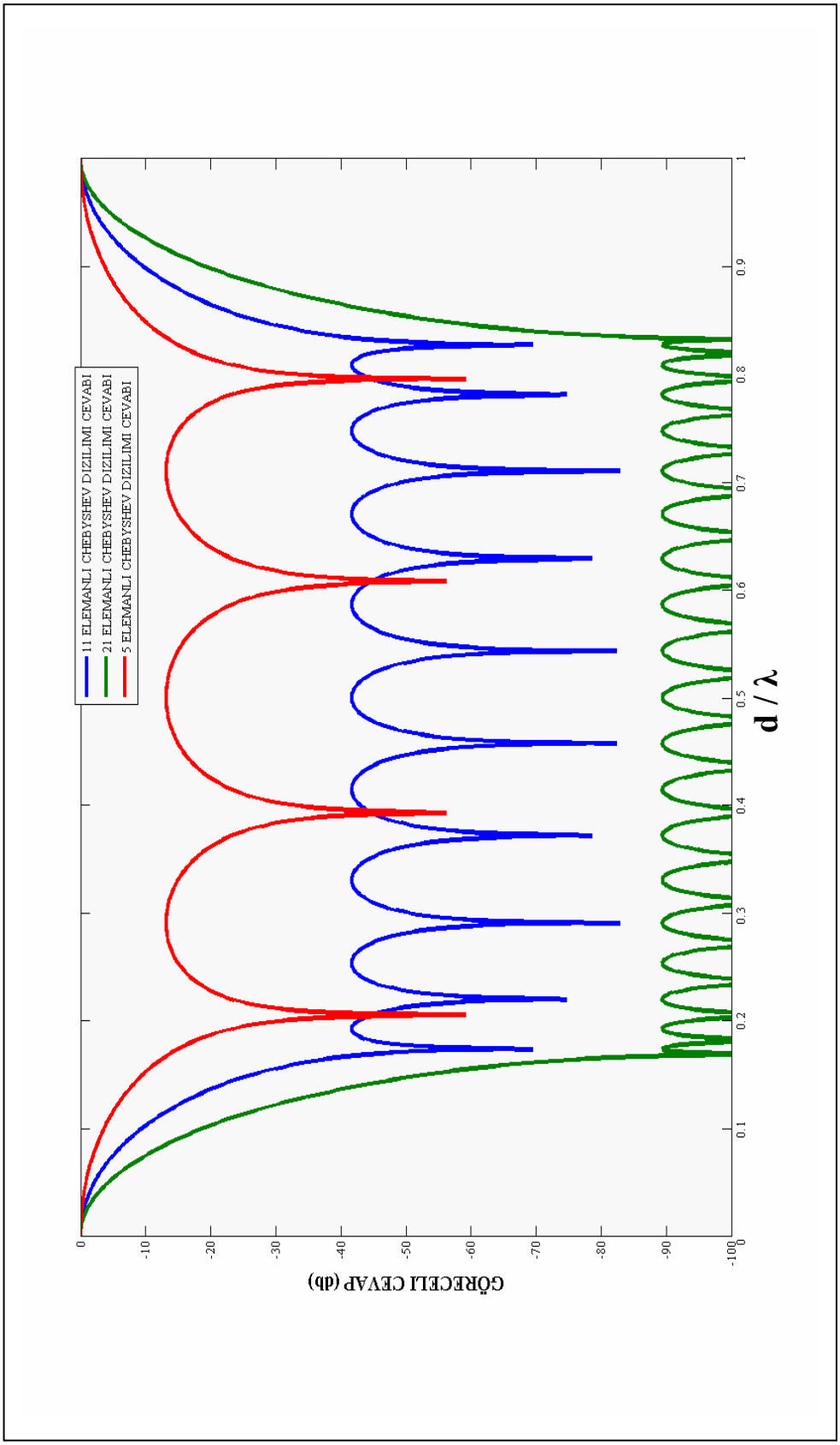
Şekil 3.10 : 21 Elemanlı Chebyshev diziliminin desibel cinsinden göreceli cevabı.

3.4.4 Eleman Sayıları 5,11,21 Chebyshev Dizilimi Tasarım Örneklerinin Karşılaştırılması

Eleman sayıları 5,11,21 olan chebyshev dizilimlerin normalize genlik ve desibel cinsinden göreceli cevap grafiklerinin toplu görünümü Şekil 2.11 ile Şekil 2.12'de gösterilmiştir.

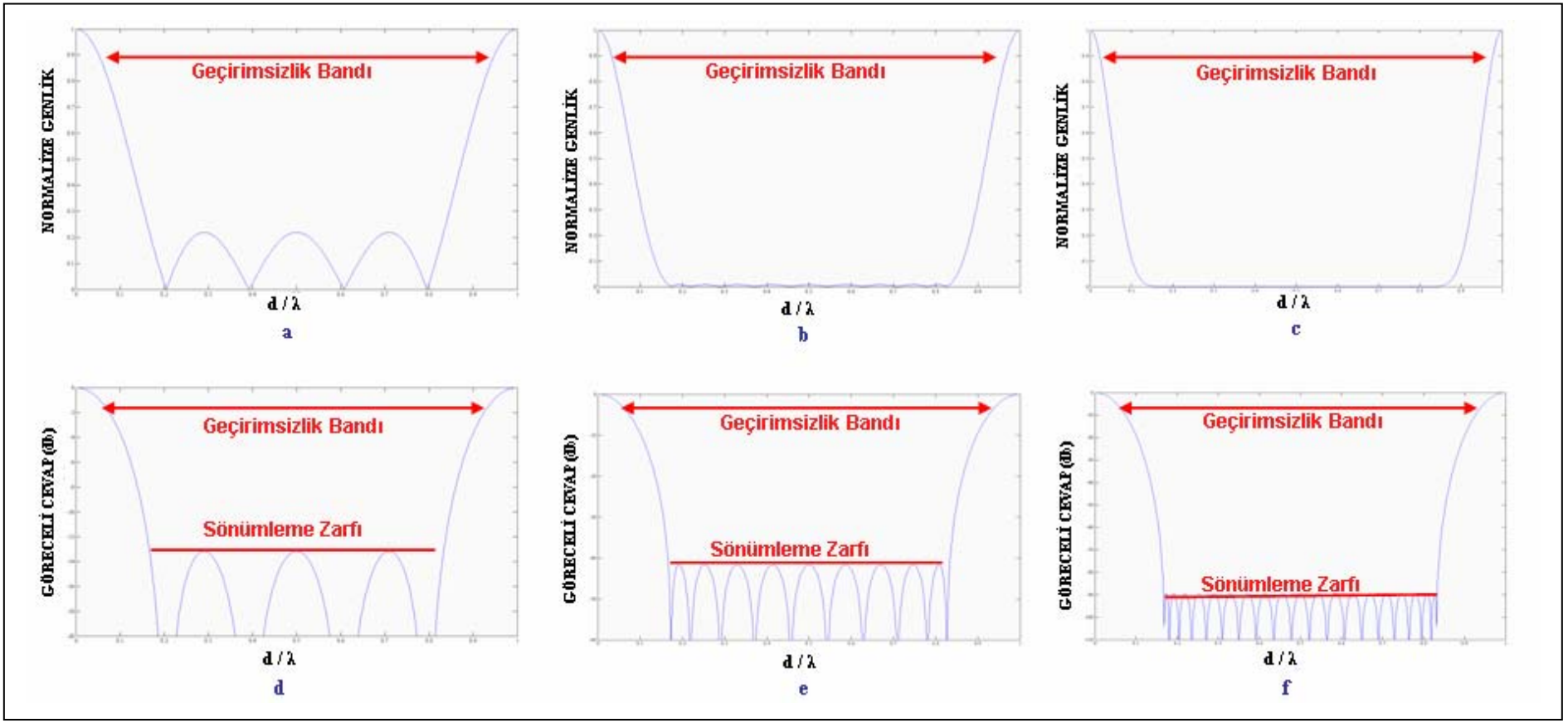


Şekil 3.11 : 5,11,21 Elemanlı Chebyshev dizilimlerinin normalize genlik cevablarının toplu görünümü.



Şekil 3.12 : 5,11,21 Elemanlı Chebyshev dizilimlerinin desibel cinsinden göreceli cevabının toplu görünümü.

Şekil 3.11 ve Şekil 3.12'de değişik eleman sayıları için Chebyshev dizilim cevaplarının toplu gösterimine bakıldığında açıkca görülen bir şey var ki eleman veya alıcı (jeofon) sayısı arttıkça sistemin geçirimsizlik bandı genişlemekte ve sönümleme artmaktadır (Şekil 3.13). Sismik kayıtlarda bunun karşılığı istenmeyen gürültülerin daha az geçirildiği anlamına gelmektedir. Göreceli cevabın db cinsinden karşılığına bakıldığına geçirimsizlik bandığın db değerinin alıcı sayısının artımıyla beraber -20,-40,-90 şeklinde değiştiğini, geçirimsizlik band genişlikliğinin arttığı geçirimsizlik bandında bir üniform zarfın sağlandığı yani eğirilerin zarfının bir doğrusallık gösterdiği açıkca fark edilmektedir,



Şekil 3.13 : a: Eleman Sayısı 5 **b:** Eleman sayısı 11 **c:** Eleman sayısı 21 olan Chebyshev dizimlerin normalize genlik cevap grafikleri.

d: Eleman Sayısı 5, **e:** Eleman sayısı 11, **f:** Eleman sayısı 21 olan Chebyshev dizimlerin göreceli cevaplarının desibel cinsinden grafikleri.

4. DOĞRUSAL DİZİLİM ve CHEBYSHEV DİZİLİMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

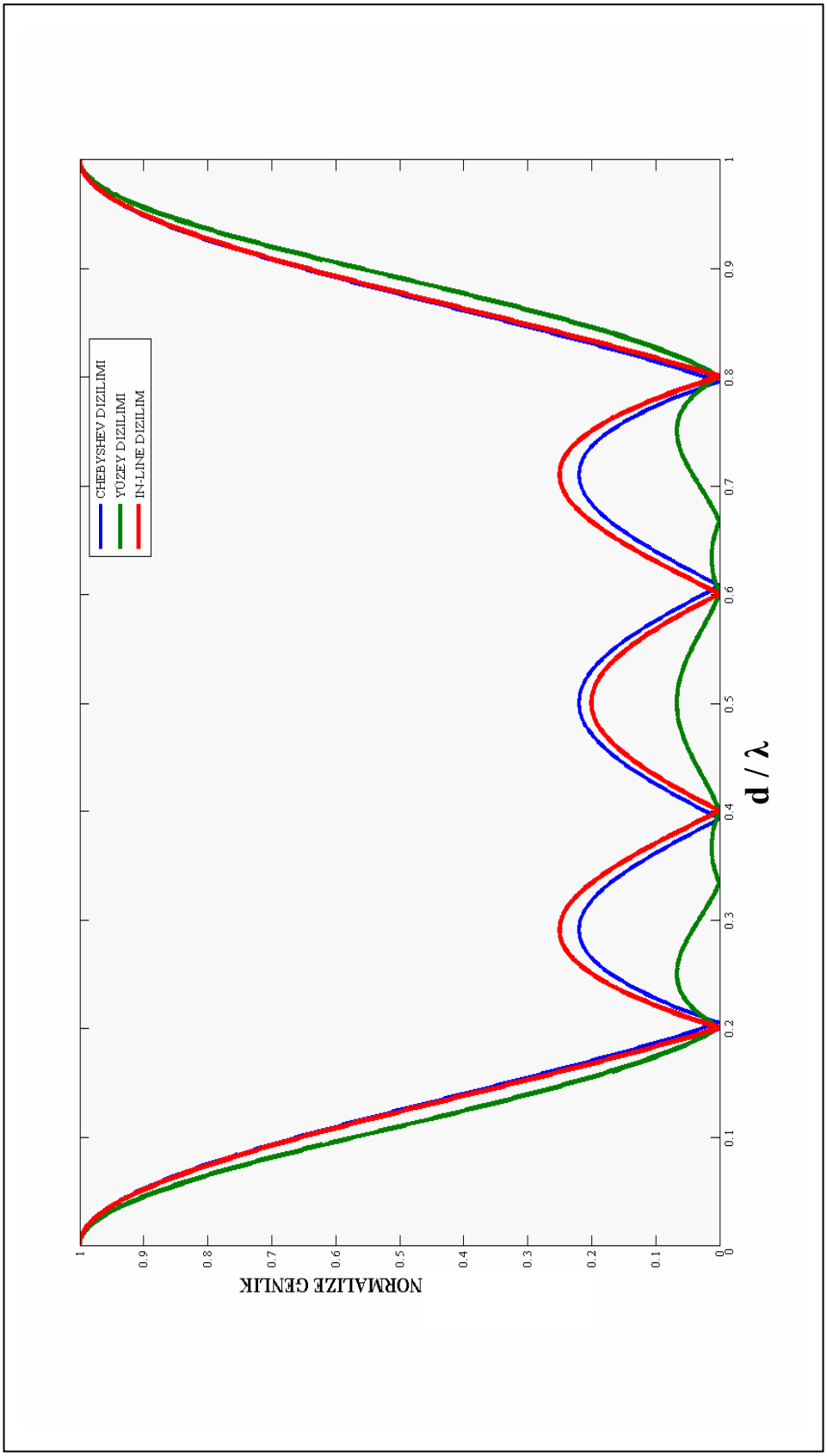
Çalışmanın bu bölümüne kadar In-Line, Yüzey ve Chebyshev Dizilimlerinin farklı eleman (alıcı, jeofon) sayıları için cevapları incelenmiş ve bunların kendi içlerinde karşılaştırmaları yapılmıştır. Bu bölümde bu dizilimlerin aynı eleman sayıları ve arazideki uygulamaları açısından birbirleri ile karşılaştırılması yapılacak, birbirlerine göre üstünlükleri tartışılacaktır.

4.1 Dizilimlerin Sistem Cevapları Açısından Karşılaştırılması

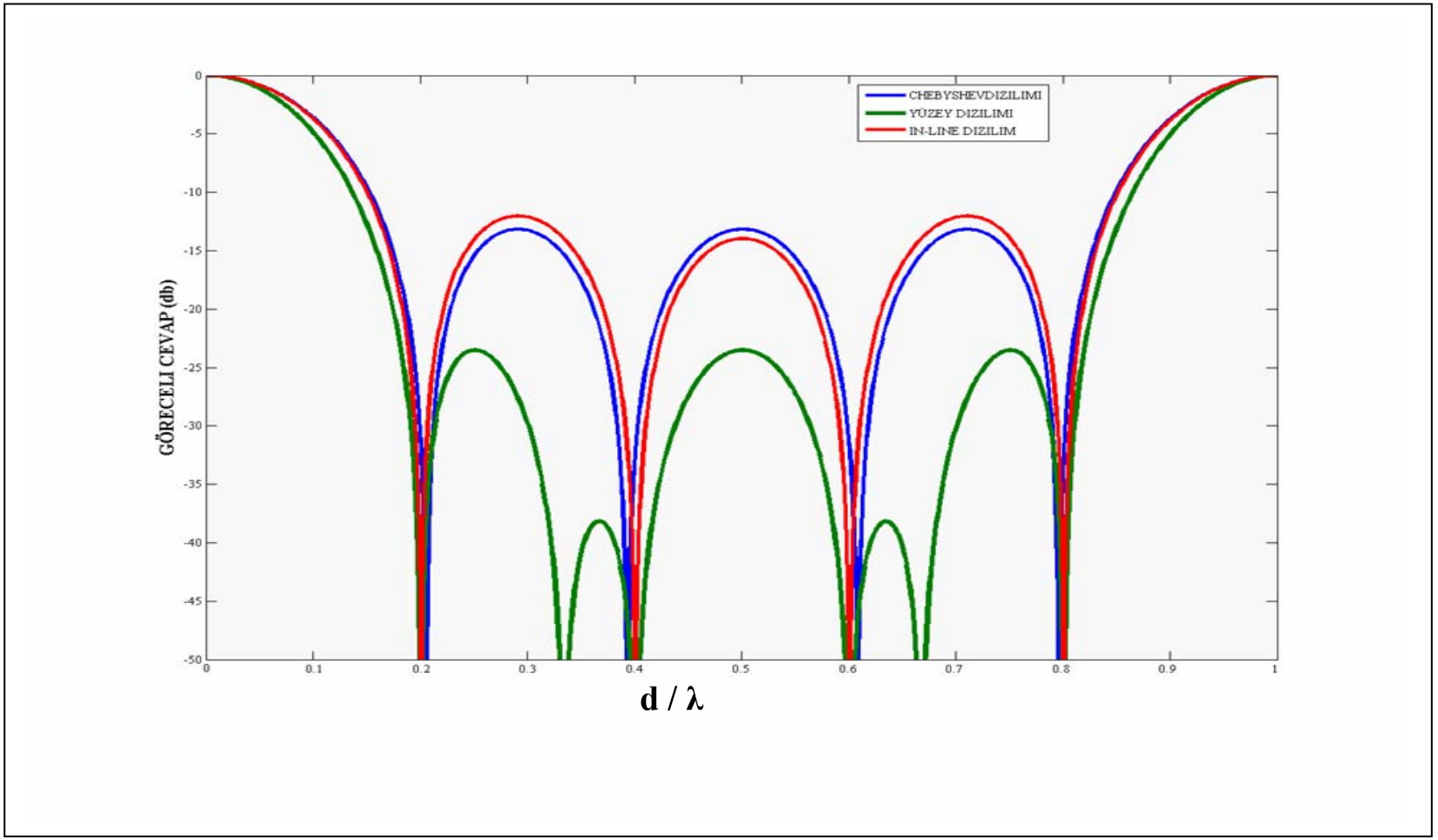
4.1.1 5 Elemanlı Dizilim Tasarımlarının Karşılaştırılması

Şekil 4.1 ve Şekil 4.2 incelendiğinde eleman sayısı 5 olduğunda tüm dizilimlerin sistem cevaplarının birbirlerine çok yakın olduğu, in-line ve Chebyshev dizilimleri için geçirimsizlik bandının -12 desibel civarında yüzey dizilimleri için ise bu değerin -23 desibel civarlarında olduğu görülmektedir. In-line ve Chebyshev dizilimlerinin Şekil 4.2'de görülen sönümleme aralığı yani eğrilerin zarfının düz, Yüzey dizilimlerinde aynı düzlüğün görülemediği gözlenmekte. Şekil 4.1'deki grafikteki lobların büyüklüğü sönümleme miktarının o kadar az olduğunun da göstergesidir.

Sistem cevapları incelemeleri teta açısının 90 derece olması durumu dışında 80 derece için benzer incelemeler yapıldığında sistem cevaplarında bir değişiklik olmadığı, teta açısının 20 derecenin altına indiğinde göreceli cevaplarda -0.5 db'lik bir değişikliğin olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 4.1 : In-Line, Yüzey ve Chebyshev Dizilimlerinin 5 Eleman için Normalize Genlik cevap grafikleri.



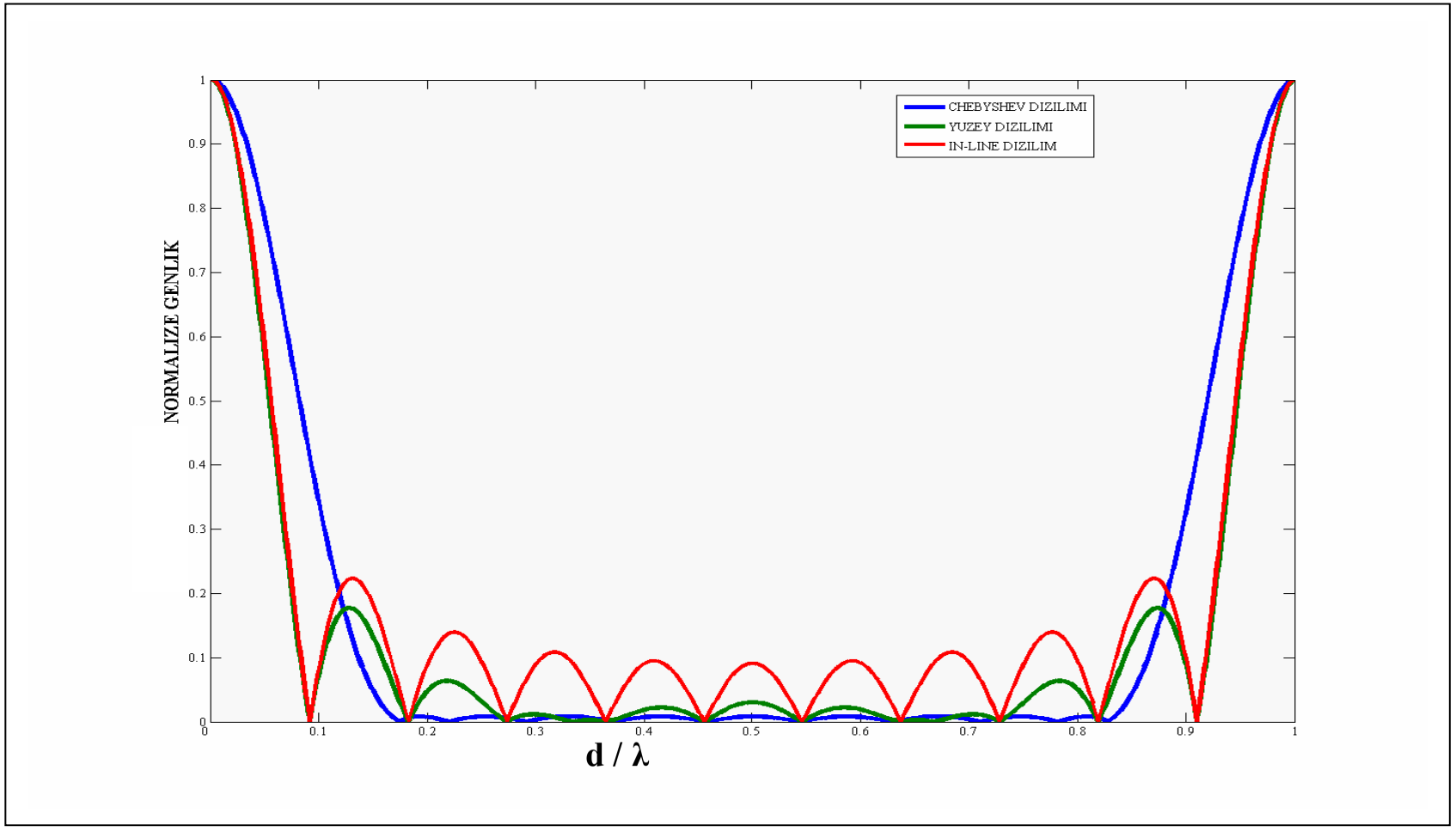
Şekil 4.2 : In-Line, Yüzey ve Chebyshev Dizilimlerinin 5 Eleman için Göreceli Cevaplarının desibel cinsinden gösterimi.

4.1.2 11 Elemanlı Dizilim Tasarımlarının Karşılaştırılması

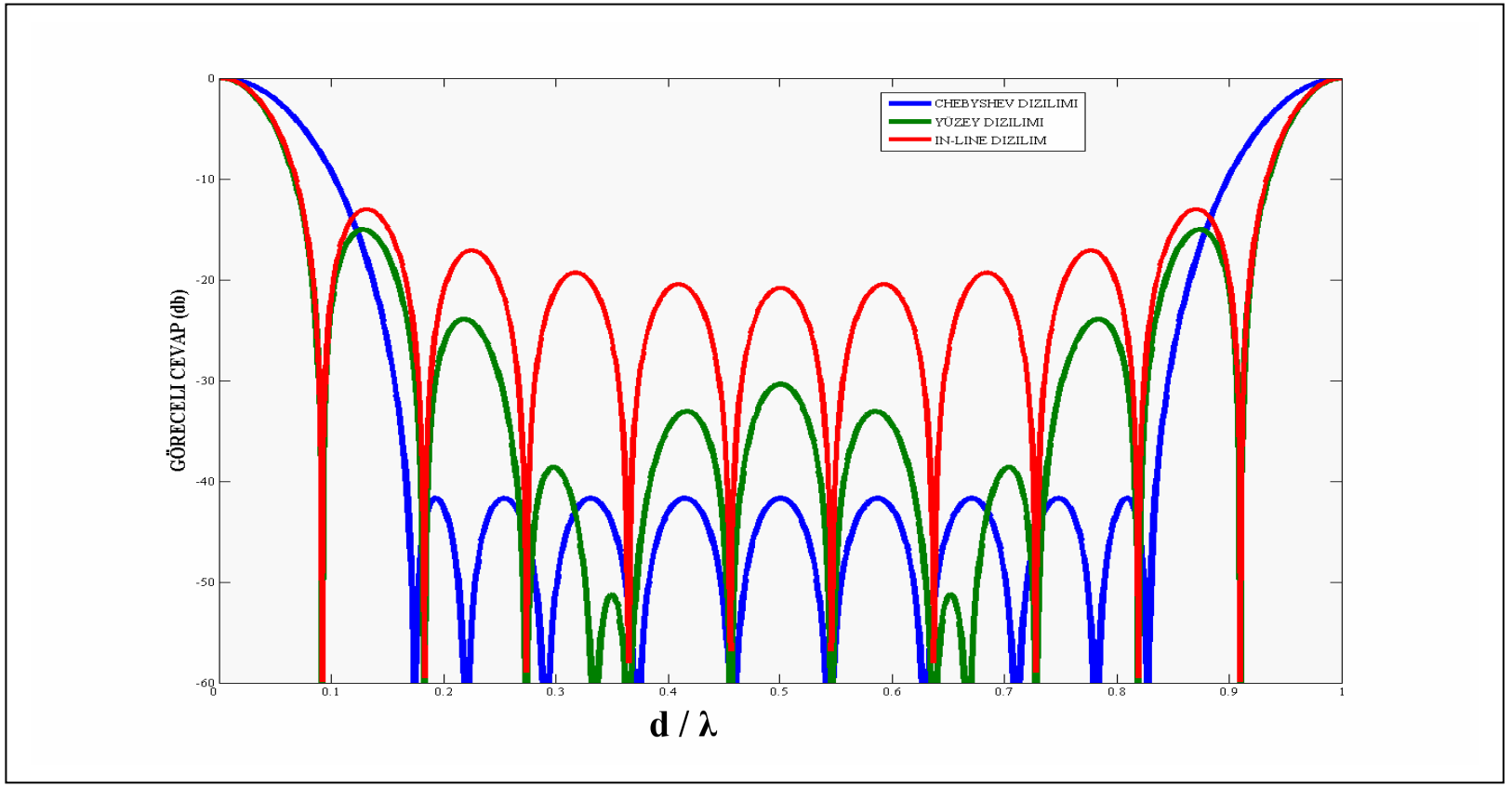
Eleman (alıcı) sayısının artımıyla beraber tüm dizilimlerde sönümleme miktarının arttığı Şekil 4.3'de ki grafiklerde eğrilerin loblarının tepe noktalarının azalmasından açıkca görülmektedir. Yine aynı grafikte bu sönümleme miktarının Chebyshev dizilimi için daha fazla olduğu görülmekte, yüzey dizilimleri ve in-line dizilimler de sönümleme miktarı olarak Chebyshev'i izlemektedirler.

Şekil 4.4 incelendiğinde yukarıda bahsedilen sönümleme miktarının Chebyshev dizilimleri için -42 desibel civarlarında olduğu ve tüm alıcıları için de bu değerin sabit olduğu eğri zarfının düz olmasından anlaşılmaktadır. Sönümleme miktarı Yüzey dizilimleri için; -15 ile -40 desibel arasıda değişmekte olduğu (her alıcısı için farklı bir değer) ve doğal olarakta sönümleme eğrisinin düz bir zarf oluşturmadığı fark edilmektedir. In-Line dizilim için sönümleme aralığının -14 ile -20 aralığında değiştiği ve eğri zarfının bir düzlem oluşturamamaktadır.

Sistem cevapları incelemeleri teta açısının 90 derece olması durumu dışında 80 derece için benzer incelemeler yapıldığında sistem cevaplarında bir değişiklik olmadığı, teta açısının 75 derecenin altına indiğinde göreceli cevaplarda -0.5 db'lik bir değişikliğin olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 4.3 : In-Line, Yüzey ve Chebyshev Dizilimlerinin 11 Eleman için Normalize Genlik cevap grafikleri.



Şekil 4.4 : In-Line, Yüzey ve Chebyshev Dizilimlerinin 11 Eleman için Göreceli Cevaplarının desibel cinsinden gösterimini.

4.1.3 21 Elemanlı Dizilim Tasarımlarının Karşılaştırılması

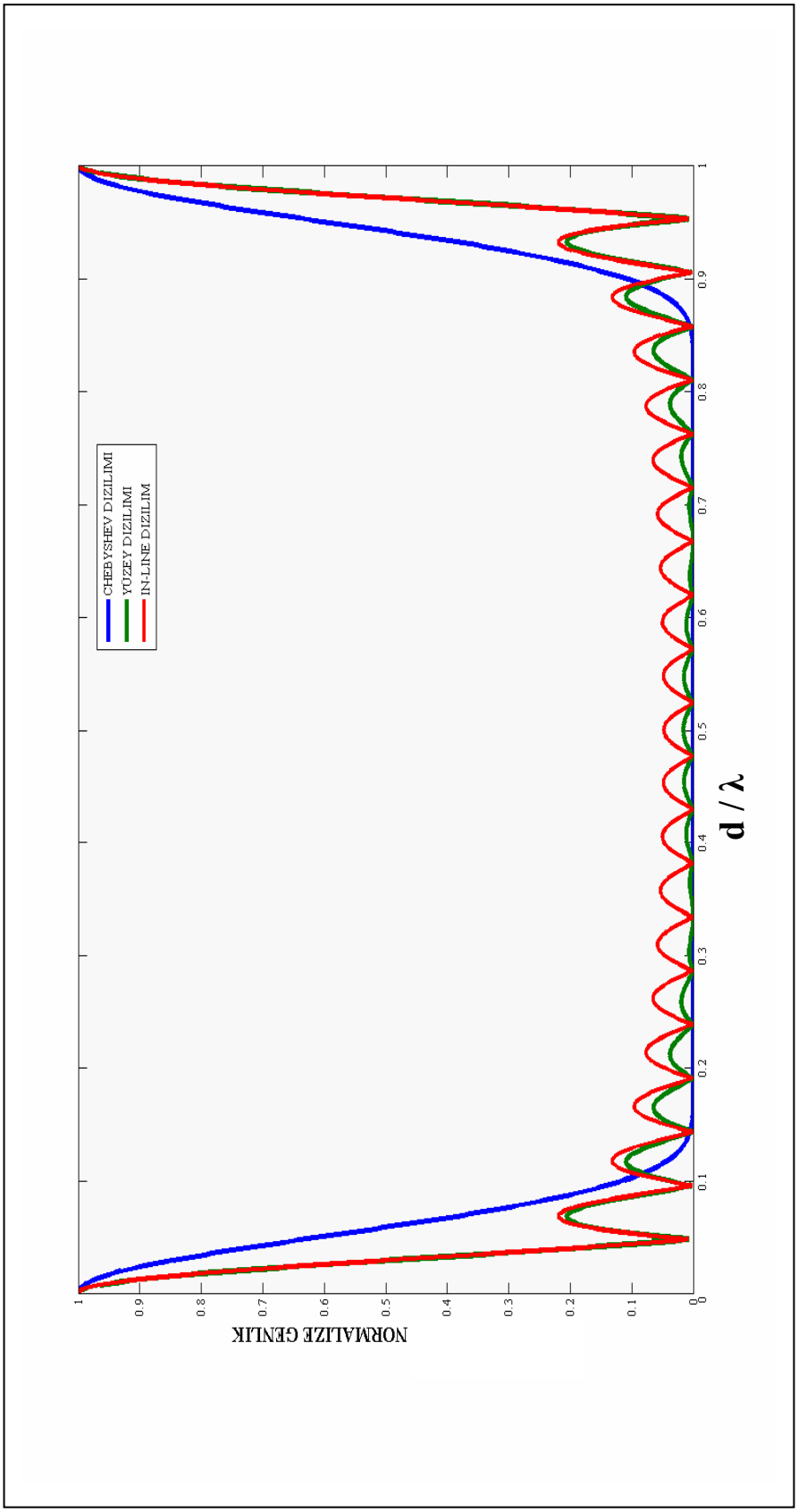
Eleman (alıcı) sayısının 21'e ulaşması ile her üç dizilimde sönümleme miktarı eleman sayısının 5 ve 11 olduğu sistem cevaplarına oranla artmıştır. Chebyshev dizilimi için Şekil 4.5'e bakıldığında eğrinin loblarının tepe noktaları sıfıra çok yakın bir değere yaklaşmışlardır. Yüzey dizilimleri ve in-line dizilimlerin cevaplarıda lobların tepe noktası olarak bakıldığında alıcı sayısının artımıyla beraber daha ufak değerlere ulaşmıştır.

Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'de artan sönümleme miktarlarının desibel cinsinden nereye ulaştığının göstermektedir. Bu değer Chebyshev dizilimleri için -89 desibeller mertebesinde ve sönümleme aralığındaki eğriler düz bir zarf oluştumaktadırlar. In-line dizilimler için sönümleme -12 ile -24 desibel aralığında, yüzey dizilimleri için ise -12 ile -45 desibel aralığında ve sönümleme aralığında eğriler düz bir zarf oluşturmamaktadırlar.

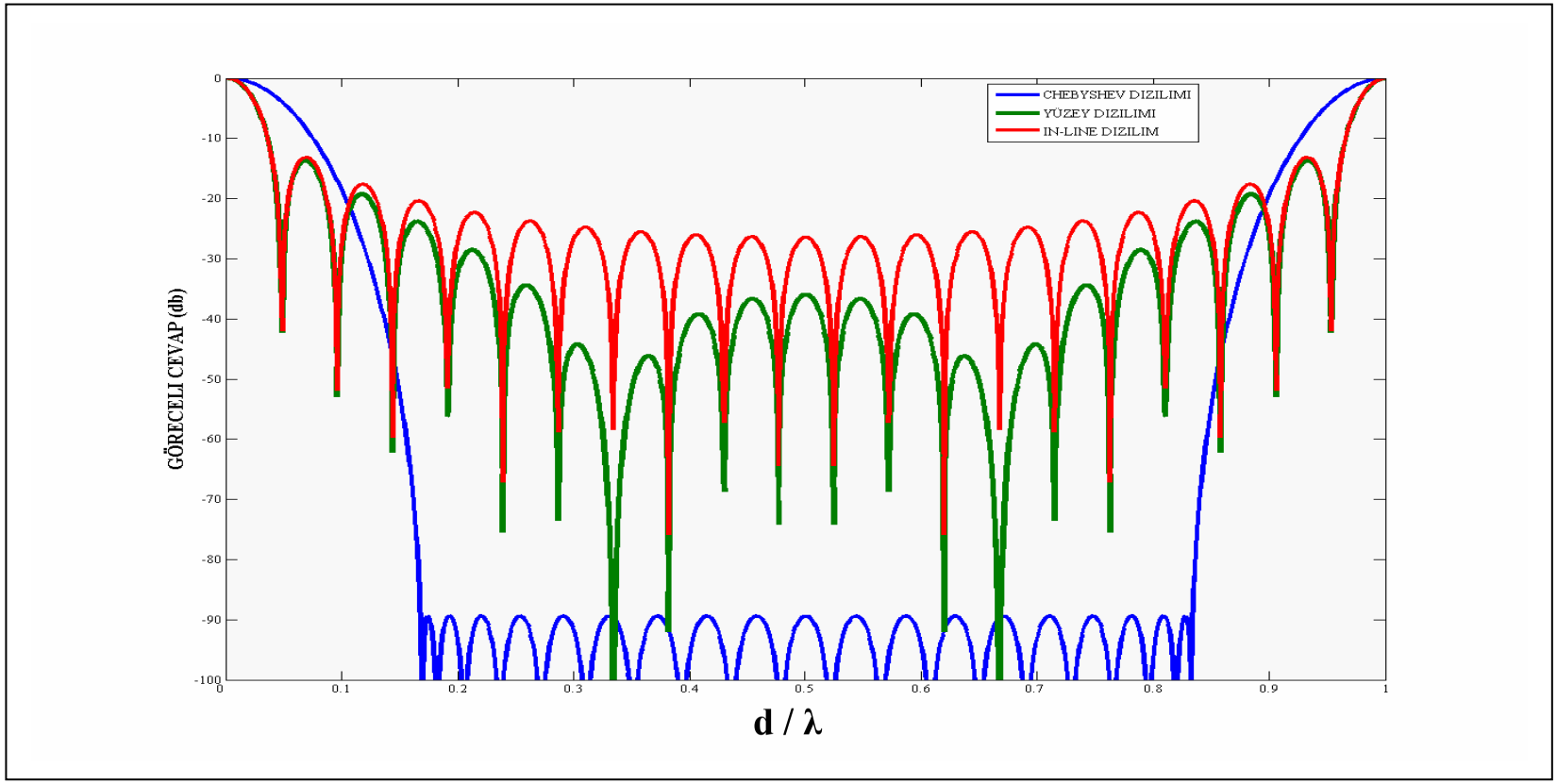
Yüzey dizilimlerinde eleman sayısının artımı ile sönüm değerlerindeki keskin değişimler daha azalmış görünmektedir.

Eleman sayısının artımı ile yüzey ve in-line dizilimlerde desibel cinsinden sönümün artmasındaki sayısal değişiklikler -5 ile -10 arasında değişirken Chebyshev diziliminde bu oran -40'lara ulaşmıştır.

Sistem cevapları incelemeleri teta açısının 90 derece olması durumu dışında 80 derece için benzer incelemeler yapıldığında sistem cevaplarında bir değişiklik olmadığı, teta açısının 75 derecenin altına indiğinde göreceli cevaplarda -0.5 db'lik bir değişikliğin olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 4.5 : In-Line, Yüzey ve Chebyshev Dizilimlerinin 21 Eleman için Normalize Genlik cevap grafikleri.



Şekil 4.6 : In-Line, Yüzey ve Chebyshev Dizilimlerinin 21 Eleman için Göreceli Cevaplarının desibel cinsinden gösterimi.

4.2 Dizilimlerin Saha Uygulamaları Açısından Verimliliklerin Karşılaştırılması

In-Line dizilimler bir doğrultu boyunca, alıcıların arasında belli bir mesafe ile sıralanması ile oluşan dizilimlerdir. Tüm alıcılar üzerindeki sönümleme oranı aynıdır (sönümleme katsayısı tüm alıcılar için 1'dir). Yüzey dizilimleri ise bir grup olarak bir düzlem üzerinde birden çok sıralama sonucu oluşan dizilimlerdir ve grubun toplam çıktısı bir in-line dizilimmiş gibi öngörülerek alınır. Fakat en önemli fark alıcılar üzerindeki sönümleme oranı herbiri için farklıdır. Chebyshev dizilimleri yine bir düzlem boyunca farklı aralıklardaki (Chebyshev katsayıları ile orantılı, Bkz. Bölüm 3) alıcılar tarafından alınır. Chebyshev dizilimleri in-line dizilimlerde olduğu gibi yine bir doğrultu boyunca aynı aralıklarla sıralanmış fakat her bir alıcının üzerine gelen sinyalin Chebyshev katsayıları oranında sönümlenmesi ile kayıt edilmesi şeklinde uygulamada kullanılmaktadır.

Görüldüğü gibi uygulaması en kolay yöntem in-line dizilimler olmasına karşın sönümleme oranı en düşük olan yöntemdir. Yüzey dizilimleri arazi uygulaması olarak daha zor fakat in-line dizilimlere oranla daha iyi bir sönümleme oranı vermektedir.

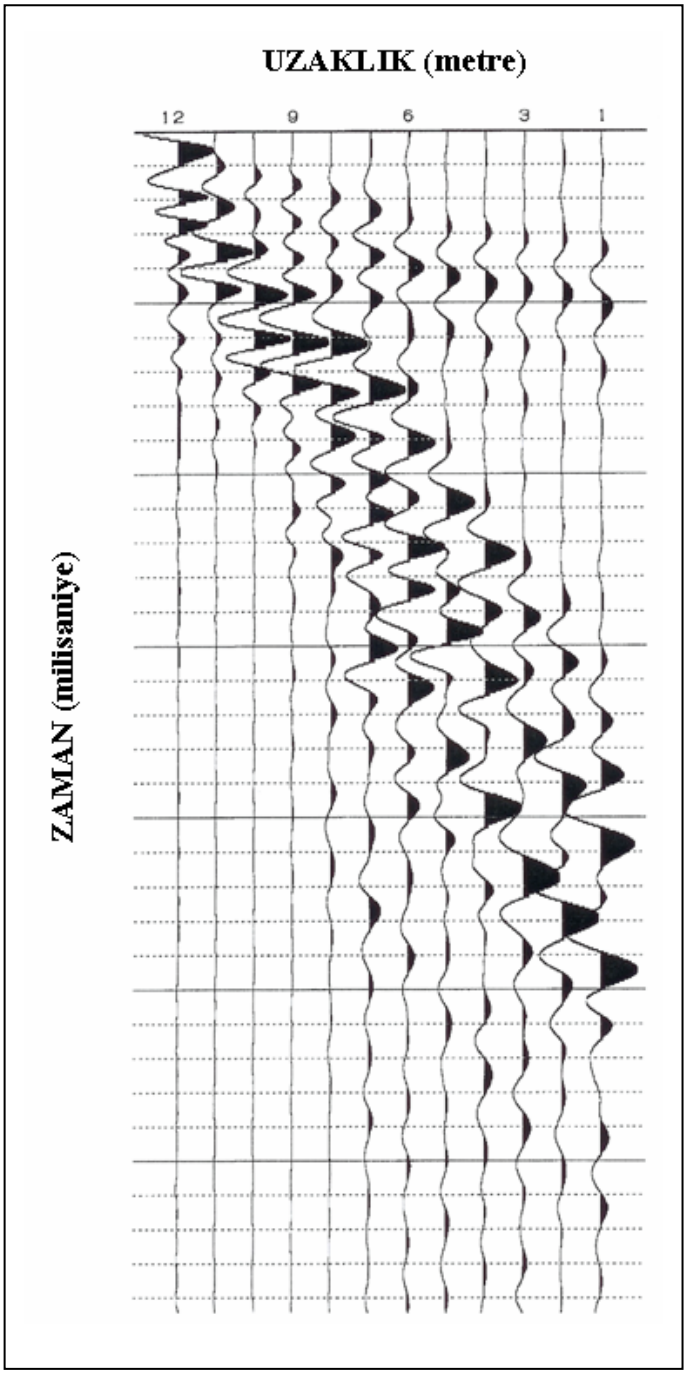
Chebyshev dizilimleri arazi uygulamaları açısından in-line dizilimlerde olduğu gibi uygulanması daha kolay ve sönümleme oranı olarak daha başarılıdır.

Chebyshev dizilimleri uygulanmadan önce çalışılan alan üzerinde mutlaka bir gürültü testi yapılması gerekmektedir. İstenen tepki fonsiyonunun belirlenmesi açısından bu uygulama önemlidir.

Sonuç olarak Chebyshev dizilimleri, sismik verilerde gürültülerin bastırılması konusunda başarılı olmasının yanında arazi uygulaması açısından uygulaması uygun olarak gözüken dizilim türü olarak tanımlanabilir.

4.3 Bir Sismik Arazi Verisi Üzerine Atış-Alıcı Dizilimlerinin Uygulanması

Bu bölüme kadar Doğrusal ve Chebyshev dizilimlerinin teorik sistem cevapları üzerinde durulmuştur. İzleyen kısımda gerçek bir sismik arazi verisi üzerinde atış-alıcı dizilimlerinin sistem cevaplarının değerlendirilmesi çalışmaları yapılacaktır.



Şekil 4.7 Atış-Alıcı dizilimi uygulaması yapılacak ham arazi verisi.

Şekil 4.7'de 12 alıcılı alıcılar arası mesafenin 4 metre olduğu, zaman ekseninde her bir aralığın 20 milisaniye (0,02 saniye) olduğu yere ağırlık düşürmeli bir kaynağın kullanıldığı sismik veri kaydı üzerinde uygulama çalışması yapılmıştır. Bu uygulamada öncelikle Yüzey dalgalarının kayıt üzerindeki küçük ve büyük dalga boyları belirlenmiş, küçük ve büyük dalga boyunda birer sismik iz alınarak bu izlerdeki periyot (*T)* değeri saniye cinsinden hesaplanmış, bu çalışmanın ardından büyük ve küçük dalga boylarının hızları hesap edilerek $\lambda = V.T$ eşitliğinden küçük ve büyük dalga boyları metre cinsinden hesap edilmiştir.

Kayıt alınan ortam (Yalova) dolgu zemin olduğundan dolayı dalga yayınım hızları oldukca düşük değerlerde bulunmuştur..

Bu bilgiler ve Şekil 4.8 deki çalışmalar ışığında,

Kısa dalga boyu için,

Periyot 0,021 sn

Hız 80 m/sn

Dalga boyu yaklaşık olarak 1 metre

Uzun dalga boyu için,

Periyot 0,028 sn

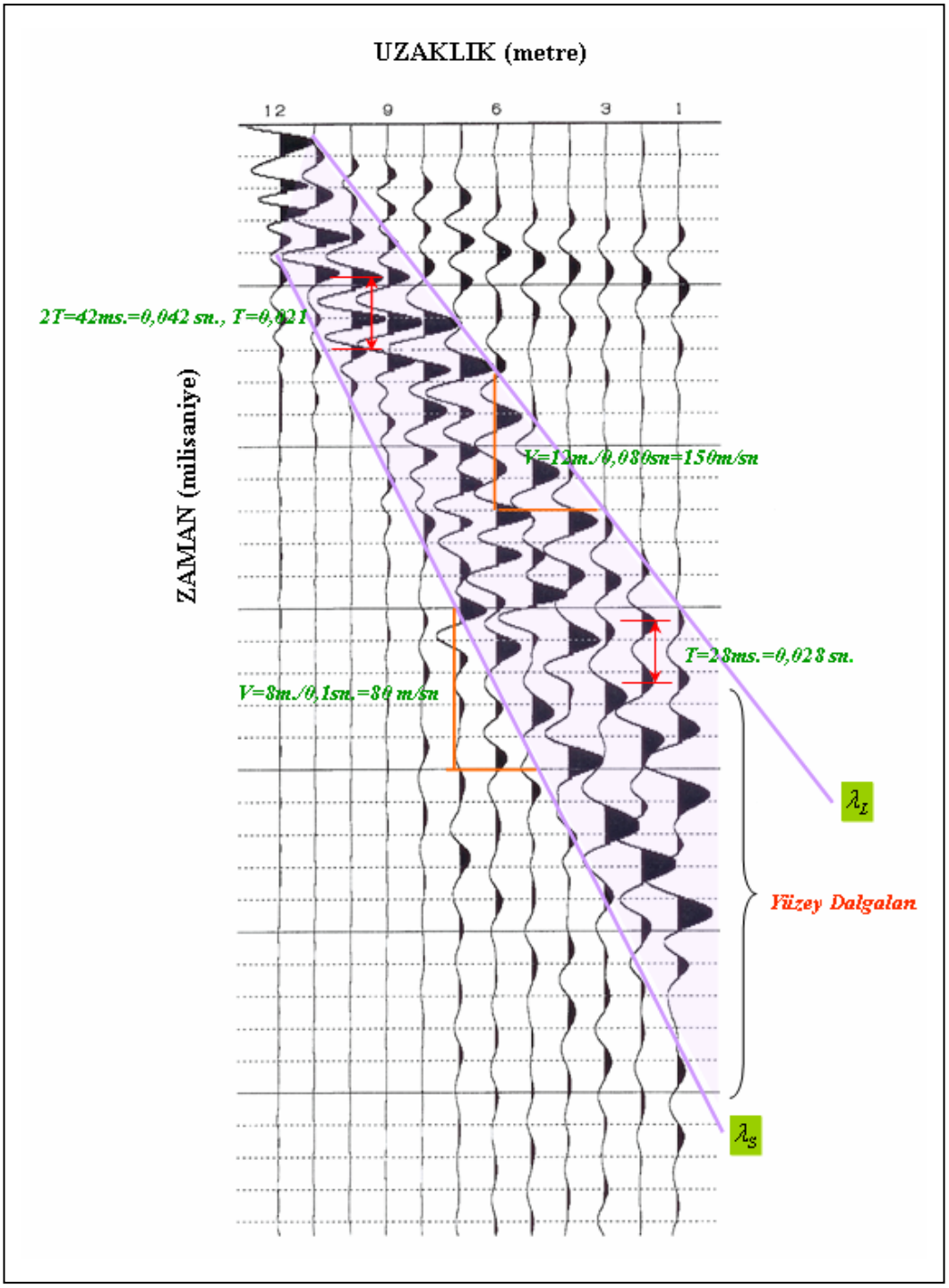
Hız 150 m/sn

Dalga boyu yaklaşık olarak 5 metre

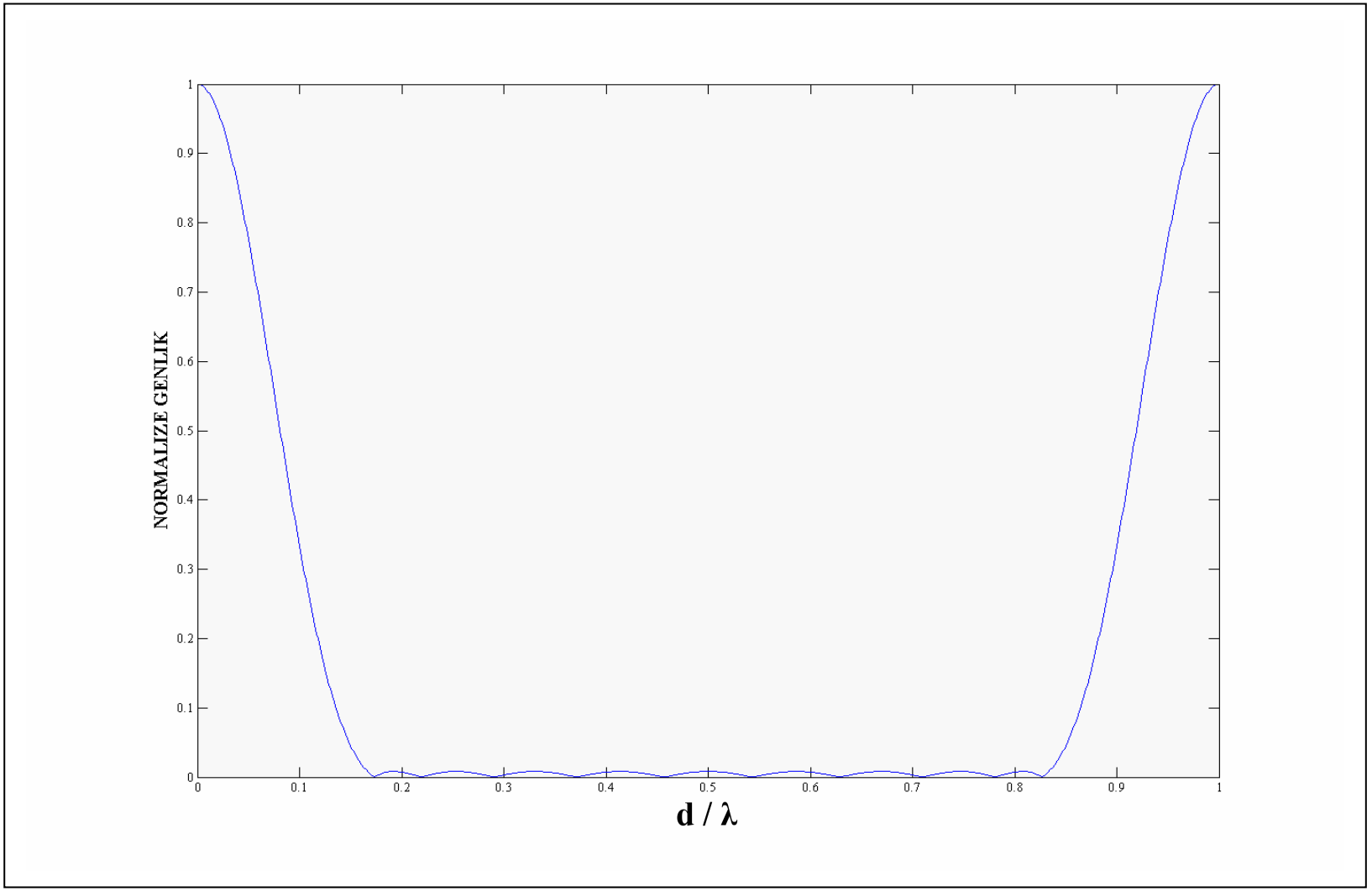
hesaplanmıştır.

Yukarıdaki bilgiler doğrusal dizilimler için uygulanır ise 11 elemanlı doğrusal dizilimlerin teorik normalize genlik cevabı grafiğinden $\frac{d}{\lambda}$ ekseninden küçük ve büyük geçirimsizlik bandı değerleri okunur ve arazi verilerinde elde edilen küçük ve büyük dalga boyları değerleri için hesaplama yapıldığında *d* değerlerinin 0,09 ile 4,55 aralığında geçirimsizlik bandı oluştuğu söylenebilir.

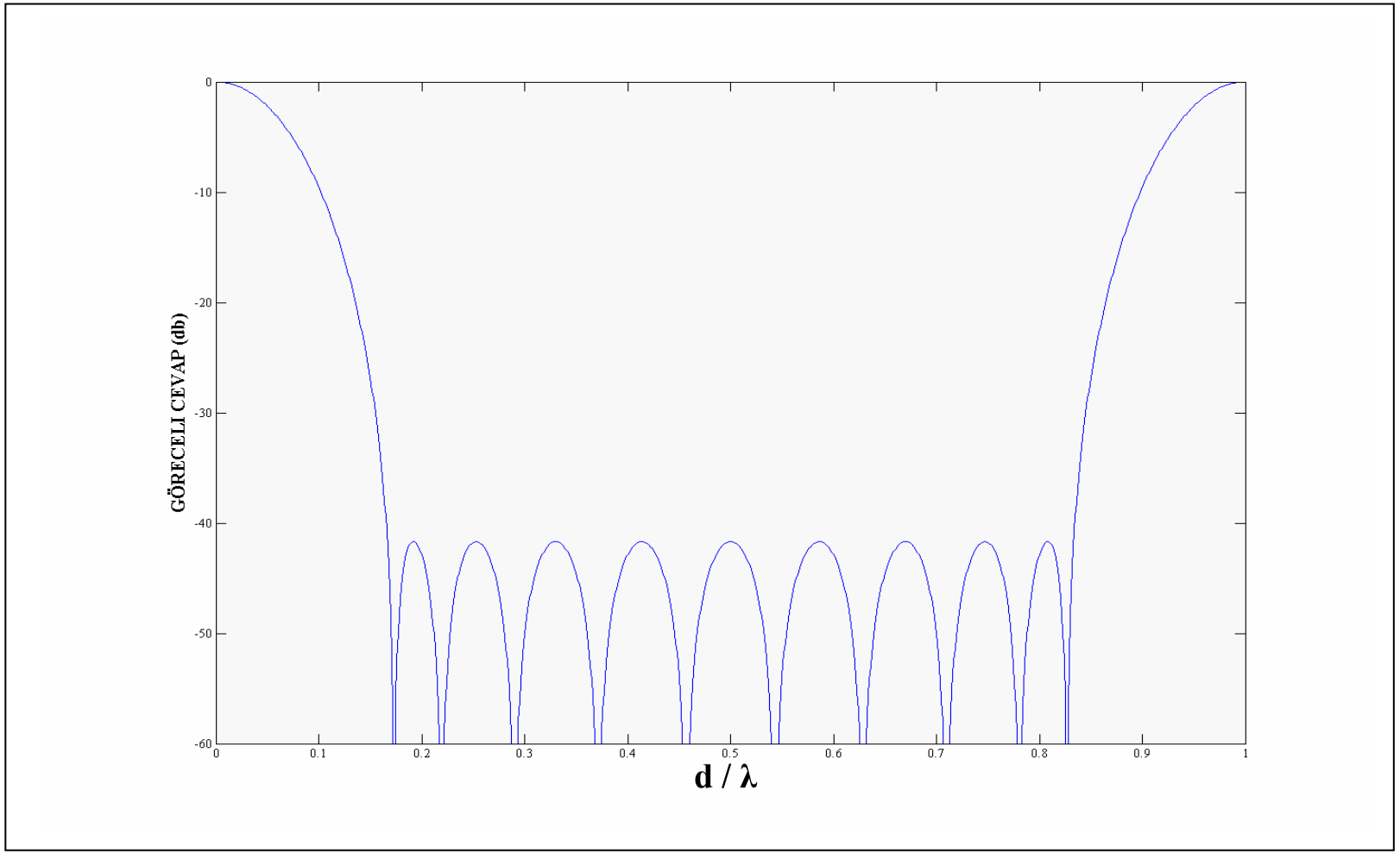
Bu çalışmayı Chebyshev dizilimleri için uygulandığında, Şekil 4.9 ve Şekil 4.10 da görülen grafikler elde edilir. Bu uygulamada λ_s=1 metre, λ_L=5 metre R_0=125 birim alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Şekil 4.9 incelendiğinde sistemin sönümleme gücünün -43 desibeller mertebesinde olduğu görülmektedir.



Şekil 4.8 : Şekil 4.7 de verilen arazi veri üzerinde küçük ve büyük dalga boyları ile bunların periyot ve hızlarının belirlenmesi.



Şekil 4.9 : Uygulamada kullanılan arazi datası için Chebyshev Dizilimi normalize genllik grafiği.



Şekil 4.10 : Uygulamada kullanılan arazi datası için Chebyshev Dizilimi desibel cinsinden göreceli cevap grafiği.

5. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Bu tez çalışması kapsamında atış alıcı dizilimleri üzerinde çalışılmıştır. Doğrusal dizilimlerden in-line ve yüzey dizilimleri ile Chebyshev dizilimlerinin sismik verilerin toplandığı alanda uygulama yöntemleri ve matematiksel tarifleri üzerinde durulmuş, az, orta, çok sayıda alıcılar (5,11,21) seçilerek tariflenen matematiksel bağlantıları doğrultusunda bu dizilimlerin teorik sistem cevapları elde edilmiş ve grafiklenmiştir. Dizilimlerin bu farklı alıcı sayıları ile elde edilen tüm grafiksel çıktılar kendi içlerinde ve farklı dizilimler içinde sonuçları karşılaştırılmış ve yorumlanmıştır.

Daha hızlı ve kapasiteli bilgisayarlar sayesinde sismik verilerin işlenmesi kolaylaşmış yeni yötemlerin yeni yazılımların çıkması ile de verilerdeki gürültülerin azalması ve sinyal/gürültü oranının artması sağlanmıştır. Fakat tüm bunların yapılması araştırmacıların karşısına bir maliyet ve zaman olarak çıkmaktadır. Sismik verilerin toplanması sırasında verilerdeki sinyal/gürültü oranının arttırılması yukarıda bahsettiğimiz iki unsur olan maliyet ve zaman kazandırma konusunda önem kazanmaktadır. Tabii bu sinyal/gürültü oranı artımının sağlanması veri toplanmasında sağlanması için bu iki unsurun burada da devreye girmesi ile veri toplama aşamasında uygulanabilirliği ve maliyeti düşük olan yöntem öne çıkamaktadır.

Sahada veri toplanırken süzgeçleme işlemi (atış alıcı dizilimleriyle) sadece veri işlem aşamasında elde edilebilecek zaman-maliyet unsuru açısından değil daha önemli olarak bu gürültüleri veri-işlem aşamasında kaldırmak istendiğinde bunların yanında sinyaldede bir miktar kayıp olacağından, halbuki arazide yön bağımlı bir süzgeçleme işlemi uygulanmaktadır.

Daha önceki bölümlerde atış alıcı dizilimlerine bir fiziksel süzgeç olarak tanımlama yapılmıştı. Burada önemli bir ayrıntının üzerinde mutlaka durulması gerekmektedir, bu da bu süzgeç tarifinin sismik veri işlem yöntemlerinde kullanılan süzgeçlemeden çok farklı olduğudur. Sismik veri işlemde kullanılan süzgeç sınırları arasında varolan

gürültü, sinyallerin tamamı yok edilmektedir. Fakat atış alıcı dizilimi ile kaydedilmesi istenilmeyen (bu çalışmada yüzey dalgalarıdır) sismik dalgalar üzerinde bir işlem yapılmaktadır (Şekil 1.8, θ açısının değişimine göre sadece sönümlemek istenilen dalga cephesi tanımlanmaktadır.)

Atış ve alıcı dizilim çalışmaları; çalışma alanının topoğrafyası, veri toplama aletlerinin markası ve çalışma alanın gürültü durumuna göre, bir dizilim türünün seçilmesini ve uygulanmasını sağlamaktadır.

Bu tezde uygulanacak dizilim ve alıcı yöntemlerinden hangisi olursa olsun özellikle her sismik veri toplama yönteminde oluşan yüzey dalgalarının yok edilmesi üzerinde durulmuştur.

Teorik çalışma sonuçlarında, Chebyshev dizilimleri sismik verilerin toplanması aşamasında uygulanabilirliği daha kolay olması ve sistem cevabı olarak daha iyi sonuç vermesi açısından yapılan çalışmalarda gözlemlenmiştir. Atış alıcı dizilimlerinin toplam cevaplarının elde edilmesinde kullanılan fiziksel parametrelerin oluşturulabilmesi için sismik verinin toplandığı alanda mutlaka bir ön sismik çalışmanın yapılmasını alanın fiziksel karakteristiklerinin belirlenmesi açısından önemlidir.

Doğrusal dizilimler her ne kadar Chebyshev dizilimleri kadar yüzey dalgalarının sönümlenmesinde başarılı olamasalarda, yüzey dalgaları dışında çalışılan alanda baskın olabilecek farklı gürültü kaynaklarının oluşturduğu verilerin sönümlenmesinde kullanılabilir.

KAYNAKLAR

Aksaray, F., 1967. Sismik Gürültülerin Tasnifi ve Örnekler, *Jeofizik*, **Cilt 1**, s.31-41.

Cooper N.M., 2002. Geophone Arrays in Today's World of 2D and 3D, *CSEG Geophysics*, **2002**, p.1-2.

Demirbağ, E., 1990. Estimation of Seismic Parameters from Multifold Reflection seismic Data by Generalized Linear Inversion of Zoeppritz Equations, *PhD Thesis,* Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, USA.

Elmore, W.C. and Heald, M.P., 1985. Physics of Waves, McGraw-Hill Book Company, New York.

Hilterman, F., J., 1982. Noise Analysis and Field Acquisition Parameters Northeast Texas Paleozoic Survey, *Colorado Scholl of Mines Geophysics Summer Field Course,* Texas.

Holzman, M., 1963. Chebyshev Optimized Geophone Arrays, *Geophysics*, **28**, 145-155.

Hurich, C.A., 2005. Spatial Arrays, *Lecture Notes*, USA, p.94-100.

http://www-groups.dcs.stand.ac.uk/~history/Mathematicians/ Chebyshev.html

Mason, J.C. and Handscomb, D.C., 2003. Chebyshev Polynomials, CRC Press Company, USA.

Morgan, T.R., 1981. Field Seismologists Handbook Volume One, Geophysical Service INC., Dallas.

Öztürk, K., 1993. Prospeksiyon Jeofiziği(Sismik), İ.Ü. Basımevi ve Film Merkezi, İstanbul.

Telford, W.M., Geldart, L.P. and Sheriff, R.E., 1990. Applied Geophysics Second Edition, CambridgeUniversity Press, USA.

Us, A.E., 1993. Sismik Yöntemler ve Yorumlamaya Giriş, TMMOB Jeofizik Müh. Odası Eğitim Yayınları No:2, MTA Matbası, Ankara.

Weisstein, E.W., 2005. Chebyshev Polynomial of the First Kind and Chebyshev Polynomial of the Second Kind , *http://mathworld.wolfram.com*.

EK A

DİZİLİM CEVAP HESAPLAMALARINDA KULLANILAN MATLAB YAZILIMLARI

```
%%%
```

```
%%%
```

```
%%%
```

```
        else
      ep=2;
      end
      s(l)=ep*Jk(l)*cos(mk*pi*dl)
      S(i)=abs(sum(s))                %array cevabı hesap ediliyor
      Slog(i)=20*log10(S(i)/S(1))     %db cinsinden array cevabının gösterilmesi
      Snorm(i)=S(i)/S(1)              %en büyük değre bölünerek normalizasyon yapılıyor
     save chep.dat S -ascii           %array cevabı dosyası save ediliyor
    end
end
```

```
%%%
```

```
      b = c;
    end
  end

  return

  %
  % This non-recursive algorithm is faster, but less accurate.
  %

  if n == 0
    c = 1;
  else
    c = pow2(n - 1) * poly(cos((pi / n) * (0.5 : n-0.5)));
    c = round(c);             % remove numerical noise
    c(2 : 2 : n+1) = 0;
  end

else                        % evaluate polynomial

  % Check array class.
  if ~isa(n, 'double')
    error('X must be double.');
  end

  if n == 0                 % use explicit formula when N = 0
    c = ones(size(x));
  elseif n == 1             % use explicit formula when N = 1
    c = x;
  else                      % use recursive formula when N > 1
    a = 1;
    b = x;
    for k = 2 : n
      c = 2 * x .* b - a;
      a = b;
      b = c;
    end
  end

  return

  %
  % This non-recursive algorithm is faster, but less accurate.
  %

  k = ( abs(x) < 1 );
  c = zeros( size(x) );
  c(k)  = cos(  n * acos(  x(k)  ) );
  c(~k) = cosh( n * acosh( x(~k) ) );

  % Integer input should give integer output.
```

```
    k = x == round(x);
    c(k) = round(c(k));

    % Output is real when X is real.
    k = imag(x) == 0;
    c(k) = real(c(k));

end
```

ÖZGEÇMİŞ

Aydın Yücesoy, 1969 yılında İstanbul'da doğdu. İlkokulu Suadiye Turhan Mediha Tansel , orta ve lise eğitimini Suadiye Lisesinde tamamladıktan sonra 1988 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Jeofizik Mühendisliği bölümünde lisans eğitimine başladı. 1992 yılında lisans eğitimini tamamladıktan sonra aynı yıl aynı üniversitede ve bölümde Yüksek Lisans eğitimine başlamıştır. 1994 yılından özel sektörede çalışmaya başlamış Çeşitli sektördeki firmlarda Bilgi Teknolojileri bölümlerinde görev almıştır. Şu anda farkılı sektörlerde hizmet veren bir gruplar topluluğunda Bilgi Teknolojileri Koordinatörü olarak görev yapmaktadır. Evli ve bir kız çocuk babasıdır.