



T.C.
BAYINDIRLIK ve İSKÂN BAKANLIĞI
AFET İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
DEPREM ARAŞTIRMA DAİRESİ

DEPREM ARAŞTIRMA BÜLTENİ

51



Deprem Araştırma Bülteni (DAB)

*Bulletin of Earthquake Research
(Bull. Earthq. Res.)*



Ekim [October] / 1985
Cilt [Volume]: 12

Sayı [Issue]: 51

İÇİNDEKİLER [INDEX]

Sayfa [Page]

ARAŞTIRMA [RESEARCH]

Kanal Dalgalarının Doğrusal Frekans Modülasyonlu Uyumlanmış
Süzgeç ile Bastırılması [Suppression of Channel Waves by Linear
Frequency Modulation Matched Filter]

Ruhi SAATÇILAR 5-106

DİĞER [OTHER]

Charleston-Güney California Yakınlarından Deprem Tekrarlamaları ile
ilgili Paleosismik Deliller [Paleoseismic Evidence of Earthquake
Repetitions from Near Charleston-Southern California]

Süleyman PAMPAL, Ergün YİĞİT 107-116



YAYIN : 7

BAYINDIRLIK VE İSKAN BAKANLIĞI
TEKNİK ARAŞTIRMA VE UYGULAMA
GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

DEPREM ARAŞTIRMA BÜLTENİ

51



YAYIN:7

DEPREM ARAŞTIRMA BÜLTENİ

51

DEPREM ARAşTIRMA
BÜLTENİ



Üç Ayda Bir Yayınlanır
Bilim ve Meslek Dergisi



Sahibi
Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Adına
Oktay Ergünay
Teknik Araştırma ve Uygulama Genel Müdürlüğü
Deprem Araştırma Dairesi Başkanı



Yazı İşleri Müdürü
Erol Aytac
(Jeomorfoloğ)

Teknik Araştırma ve Uygulama Genel Müdürlüğü
Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı



Yazışma Adresi
Teknik Araştırma ve Uygulama Genel Müdürlüğü
Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı
İrtibat Bürosu Yüksel Cad. No. 7/F



Yenişehir - ANKARA



Telefon : 17 69 55 - 23 72 65



Teknik Araştırma ve Uygulama
Genel Müdürlüğü Matbaası

DEPREM ARAŞTIRMA BOLTENİ

YIL : 12

SAYI : 51

EKİM 1985

BU SAYIDA

Kanal Dalgalarının Doğrusal
Frekans Modülasyonlu Uyumlan-
mış Süzgeç ile Bastırılması R.SAATÇILAR

Charleston-Güney California
Yakınlarından Deprem Tekrar-
lamaları ile İlgili Paleosis-
mik Deliller Yazan : P.TALWANI
J.COX

Çeviri : Dr.S.PAMPAL
E.YİĞİT

KANAL DALGALARININ DOĞRUSAL FREKANS MODÜLASYONLU
UYUMLANMIŞ SÖZGEÇ İLE BASTIRILMASI

Y.Müh. Ruhi SAATÇILAR(x) (Doktora Tezi. Ocak 1986)

ÖZET

Ara yüzeylerden gelen yansımaların iyice izlenebilmesi ve izden ize süreklilik göstermesi sismik verilerde aranılan en önemli özelliklerdendir. Oysa ilişkili ve gelişigüzel gürültüler bu yansımaları örterek onları izlenemez duruma sokarlar. Kanal dalgaları bu ilişkili gürültülerin sismik kayıtlarda en çok görülenleridir. Rayleigh türünde yüzey dalgası olan kanal dalgaları dispersiv özellik gösterirler. Genellikle 1-25Hz frekans penceresi içinde yer alırlar.

Kanal dalgaları sismik yansıma dalgacığının (sinyal) frekans penceresi içinde kaldıkları zaman, bir frekans süzgeci ile bastırılması durumunda sinyalin de bastırılması kaçınılmaz olur. Bu durum yansıma dalgacığına zarar vererek sismik verinin düşey seçilebilirliğini azaltır.

Kanal dalgaları genlik ve frekans modülasyonlu dalga hareketleri olduğundan bunların doğrusal frekans modülasyonu gösterenlerini bastırmada bir boyutlu 'doğrusal frekans modülasyonlu uyumlanmış süzgeç' (DFMUS) kullanılmıştır. DFMUS, uyumlandığı frekans aralığında ve diğer frekanslarda sinyal dalgacığını etkilemeden kanal dalgalarını bastırır. Böyle bir süzgeçleme ile sismik yansıma dalgacığının düşey seçilebilirliği azaltılmamış olur. Yapay ve gerçek veri uygulamalarında bu sonuç gösterilmiş ve frekans süzgeci çıktılarıyla karşılaştırılmıştır.

Çok izli süzgeçler bir ağırlıklı yığıma yaparak kanal dalgalarını bastırırlar. Oysa DFMUS bir boyutlu süzgeç olduğundan yığımanın yaratabileceği sorunlardan uzak olarak kanal dalgalarını sönmölerler. DFMUS' un yapay ve gerçek veri uygulamaları yapılarak çok izli süzgeç uygulamalarıyla karşılaştırılmış ve irdelenmiştir.

Sismik iz üzerindeki kanal dalgalarının DFMUS ile bastırılıp sonra dalgacık kestirimi yapılmasının daha uygun olabileceği sonucuna varılmış ve uygulamalarla gösterilmiştir.

(x) TPAO Veri İşlem Merkezi

ABSTRACT

In exploration seismology continuity of reflections and high signal/noise (S/N) ratios are desired on seismic sections in order to make sound geologic interpretations. However coherent and random noise distort the reflections and decrease the S/N ratio. Channel waves (i.e. ground-roll, surface waves) are the most common coherent noise on seismic records. Channel waves are Rayleigh type surface waves. In general, the frequencies of channel waves are in 1-25 hz window.

When the frequency bands of seismic reflections and the channel waves overlap band-pass or high-pass filtering also effects the low frequencies of the reflection signals. as a result, the vertical resolution of data decrease.

Amplitude and frequency modulated wave motions constitute the channel waves, it is possible to eliminate frequency modulated channel waves by applying one dimensional 'linear frequency modulated matched filters' (LFMMF). LFMMF, in the frequency interval matched, effectively attenuates the channel waves without damaging the signal wavelet inside and outside the frequency interval adapted. It is found in synthetic and real data applications that LFMMF performs rather well in comparison with frequency filters.

Multi-channel filters attenuate the channel waves by doing a weighted stacking. On the other hand, since LFMMF is a one-dimensional filter, it is free of problems associated with stacking. LFMMF were applied to synthetic and real data and results were analyzed and compared well to outputs of multi-channel filters.

It is found that better estimations of seismic wavelet from a shot record is obtained after the application of LFMMF to eliminate the channel waves.

SUPPRESSING THE CHANNEL WAVES
WITH LINEAR FREQUENCY MODULATED MATCHED FILTER

SUMMARY

Coherent and incoherent noise distort the reflected signals and reduce S/N ratio in reflection seismic data. Ground-roll, air-coupled ground-roll, multiples, reverberations, air blast, ghost waves are classified as coherent noise.

Ground-roll is a surface waves known as Rayleigh waves in earthquake seismology. In general, Rayleigh waves are dispersive, that is elastic velocity of waves is a function of frequency or wavenumber. Waves propagating in low velocity layer and displaying dispersive properties are called 'channel waves'. These waves are amplitude and frequency modulated.

Suppressing the ground-roll in the data acquisition stage is the best way. It is possible to design receiver arrays to attenuate undesired waves at certain wavenumbers, [1,2,3]. In land seismic acquisition, depth of shot-hole and the amount of explosive are also important parameters in generating surface waves, [4]. Since physical conditions at the surface may vary significantly along a seismic line, precautions taken in the field to eliminate the surface waves may be insufficient. Therefore, in data processing various techniques like multichannel filters, deconvolution, frequency filters, matched filters are used to suppress undesired coherent noise.

The first applications of digital multichannel filters are velocity filters, [5,6]. Denoting signal with $s(t)$, coherent noise with $r(t)$, random noise with $n(t)$, seismic data $x(t)$, can be modelled as in equation 1.1. Assuming that signal and coherent noise have different normal moveouts and velocities, Sengbus and Foster (1968), Galbraith and Wiggins (1968) designed multichannel filters [7,8]. The least-squares method was used in designing these filters. Ozdemir(1981),(1982) designed optimum non-linear and linear normal moveout filters.

Low frequency coherent noise can be eliminated by deconvolution process. Especially spiking deconvolution suppresses low frequency noise since the seismic wavelet is forced to a spike, [16,17].

Suppressing the channel waves using frequency filters when the frequency bands of reflection signals and channel waves overlap also suppresses the signal energy in that band thereby decreasing the resolution of seismic data. In this study, linear frequency modulated matched filter (LFMMF) was examined to be able to save signal energy while eliminating the noise, [20].

Modulation process is heavily used in communication field, amplitude or frequency of a carrier wave is modulated in a controlled fashion to transmit signals. Linear frequency modulation is realized by changing the frequency of a carrier linearly, [46,47].

In this study of eliminating channel waves by LFMMF, to examine whether the channel waves seen on a shot gather are linearly frequency modulated, slant-stacking and (p,w) domain mappings were used [52,53]. The frequency band in which the channel waves are linearly frequency modulated can be determined in (p,w) domain. To design the LFMMF, this band of linear modulation must be known. The synthetic data seen in Figure 4.8a is in (p,τ) domain in Figure 4.19 and in (p,w) domain in Figure 4.20.

Before the theory of LFMMF, the introduction of matched filter (MF), is appropriate. Let $s(t)$ represent a wavelet. The impulse response of the MF, $h(\tau)$, to be designed for this wavelet is given in equation 2.4, [38]. How $h(\tau)$ is obtained is shown in Figure 2.5.

The transfer function, $H(iw)$, of the MF is given in equation 2.7. $k \exp(-iw)$ in equation 2.7 represents a delay operator. As noticed, $H(iw)$ is merely the delay operator multiplied with the complex conjugate of the Fourier Transform of $s(t)$.

A linear frequency modulated wave $v(t)$ is shown in Figure 3.2 and given in equation 3.12. Here w is the angular frequency of the carrier.

instantaneous phase is given by,

$$\phi(t) = \omega_c t + \frac{\Delta\omega}{2T} t^2$$

and instantaneous frequency by,

$$\omega_a(t) = \partial\phi(t)/\partial t$$

T is the time length of the modulated wave. The instantaneous frequency of $v(t)$ is shown in Figure 3.26. When the Fourier Transform of $v(t)$ is taken, the equality 3.14 is obtained. Here D is named 'compression factor'. When $D > 25$, $V(i\omega)$, the amplitude spectrum get closer to a rectangular window. $V(i\omega)$ for two different values of D , 13 and 130 has been illustrated in Figure 3.3a,b.

Recalling equation 2.4, the impulse response of the MF for $v(t)$ is given by equation 3.18. In equation 3.18, the Δ delay has been ignored and the constant k has been taken as $2\sqrt{D/T}$. This is the LFMMF to filter $v(t)$.

The convolution of $v(t)$ with LFMMF is demonstrated in equation 3.20. The results of filtering for several values of D is shown in Figure 3.4. As D increases, the output is squeezed to a narrower time interval.

The transfer function of LFMMF is stated in equation 3.22. Here in place of Δ , t_1 was used. The phase of LFMMF is shown in Figure 3.23. The phase of LFMMF has the reverse sign with that of $V(i\omega)$ in 3.15. In addition, the group delay of LFMMF obtained through equation 3.24 is shown in Figure 3.5b. Examining the instantaneous frequency of $v(t)$ in Figure 3.2b and the group delay of LFMMF, it can be seen that they are reverse of each other. Because of this reverse processes, filtering is realized.

Synthetic and real reflection seismic data have been used to test LFMMF. In creating the synthetic data, the model of equation 1.1 was satisfied. The synthetic data in figure 4.2 contains channel waves of 5-15 Hz and a Ricker wavelet of 40 Hz central frequency. LFMMF applied output is in Figure 4.3. In Figures 4.4a,b are outputs of two different multichannel filters applied to the same synthetic data. In Figures 4.8 and 4.13, synthetic seismograms containing channel waves of 10-20 Hz and 25-35 Hz respectively were filtered by LFMMF and multichannel filters. The LFMMF is successful in eliminating the channel waves in synthetic seismogram applications, LFMMF does not distort the signal phase as illustrated in Figures 4.24, 4.25 and 4.26.

In real data applications, data from Southeastern part of Turkey was taken. To the data in Figures 4.27a and 4.30a the LFMMF was applied and the outputs are in Figures 4.27b and 4.30b.

To the data in Figure 4.31, LFMMF, frequency filter, and multichannel filter were applied. The outputs are in Figure 4.32a,b,c. In frequency filter output, the frequency contents of events A and B are shifted towards lower frequencies. Similarly, the output of multichannel filter contains events of lower frequency content. In contrast to the frequency filter and multichannel filter outputs, the vertical resolution of data is nearly untouched in the output of LFMMF.

To compare the effectiveness of frequency, multichannel, and LFMMF filters to eliminate channel waves in stacked section stage, unfiltered section in Figure 4.37, LFMMF, frequency filter, and multichannel filter applied sections are shown in Figures 4.38, 4.39, 4.40 respectively. Each process has been applied totally independently to each section. In LFMMF and frequency filter applied section, channel waves of 5-16 Hz frequency range were suppressed. In multichannel application a pass region of ± 7 ms/trace was used.

Since multichannel filters perform uniformly weighted stacking, they bring along the problems of stacking. However, LFMMF suppresses the channel waves in one dimension; hence, the output is free of the problems of multichannel filters.

When the frequency bands of channel waves and reflection wavelet overlaps, frequency filtering decreases the vertical resolution of seismic wavelet. In the reflection seismograms, if the channel waves are nearly linearly frequency modulated, then applying LFMMF results in better results.

BÖLÜM 1

GİRİŞ

AMAÇ VE KAPSAM

Sismik verilerde ilişkili ve gelişigüzel gürültüler arayüzlerden gelen yansımaların seçilememesine neden olurlar. Bu sorunu daha veri toplama sürecinde önlemek amacıyla sahada çeşitli önlemler alınır. Örneğin algılayıcı düzenlemeleri kullanılarak istenmeyen dalga boylarındaki enerjilerin sönümü sağlanabilir. Algılayıcı düzenleri genel olarak zamanla değişmez doğrusal sistemler olduklarından, belirli bir tepki yanıtına, ya da dönüşüm fonksiyonuna sahip olan düzenlemeleri yapılabilir [1,2,3].

Patlayıcı derinliği ve miktarı da gürültü oluşumuna etki eden değiştirenlerdir [4]. Atış koşullarının yer yer değişmesi ile yukarıda belirtilen önlemler yetersiz kalabilir. Bu durumda, gürültülerin daha sonra uygulanacak değişik veri işlem yöntemleri ile bastırılması olasıdır. Çok izli süzgeçler, ters evrişim süzgeçleri, uyum süzgeçleri gürültü bastırmada uygulanan yöntemler arasındadır.

Sayısal çok izli süzgeçlerin ilk uygulamaları hız süzgeçleri olmuştur [5,6]. $s(t)$ sinyal, $r(t)$ ilişkili gürültü, $n(t)$ gelişigüzel gürültü olmak üzere $x(t)$ sismik verisi

$$x(t) = s(t) + r(t) + n(t) \quad (1.1)$$

olarak taslaklanabilir. $s(t)$ ve $r(t)$ nin farklı kayma zamanlarıyla farklı hız sınırları içinde kaldığı düşünülerek Sengbus ve

Foster (1968), Galbraith ve Wiggins (1968) tarafından çok izli süzgeçler yapılmıştır [7,8]. Bu çok izli süzgeçlerin düzenlenmesinde en küçük kareler yönteminde yararlanılmıştır. Enküçük kareler yöntemiyle çok boyutlu süzgeç düzenleme, tek boyutlu düzenlemeden çok farklı değildir. Bu konuda yararlanılacak birçok kaynaktan, tek boyutlu düzenlemeler için [9,10] ve çok boyutlu düzenlemeler için de [11,12] verilebilir. Yine bu konuda ayrıntılı bilgi Özdemir (1978) de işlenmiştir. Eniyi (optimum) doğrusal-olmayan kayma zamanlı çok izli süzgeç Özdemir (1981) ve doğrusal kayma zamanlı çok izli süzgeç Özdemir (1982) de yer almıştır. İlişkili gürültü bastırmada yaygın bir şekilde kullanılan çok izli süzgeçler, sinyal / gürültü (S/G) oranını yükseltmede önemli rol oynamaktadırlar.

Düşük frekanslı ilişkili gürültülerin bastırılmasında ters evrişim süzgeçlerinden de yararlanılmaktadır. Özellikle iğnecik ters evrişim süzgeci, sismik dalgacığı iğneciğe zorladığı için düşük frekanslı olayları göreceli olarak bastırmaktadır [16,17].

İlişkili gürültülerden olan yer-yuvarlanması'nın (ground-roll) bastırılması bu çalışmanın temelini oluşturmaktadır. Yer-yuvarlanması, deprem sismolojisinden bilinen Rayleigh türündeki yüzey dalgalarıdır [18]. Genel olarak dispersiv özelliğe sahiptirler. Dispersiyonun sözcük anlamı olarak 'dağılıma' alınabilir. Dispersiv bir dalga hareketinde hız, dalgasayısının dolayısıyla frekansın fonksiyonudur. Düşük hız katmanı içinde ilerleyen dispersiv özellikli dalgalara 'kanal dalgaları' denir. Bunlar genlik ve frekans modülasyonludurlar.

Kanal dalgaları sismik yansıma dalgacığının frekans penceresi içinde kaldığı zaman, frekans süzgeçleri ile bastırılmaları

durumunda sinyal enerjisinin bir kısmının bastırılmasına ve dolayısıyla sismik dalgacığın düşey seçilebilirliğinin azalmasına neden olurlar. Çok izli süzgeçler ise bir eşitlikli yığılma yaparak kanal dalgalarını bastırırlar fakat; yığılmanın yaratacağı sorunları da birlikte getirirler. Bu sorunlara çözüm aramak amacı ile bu çalışmada yansıma sismolojisinde de karşılaşılan kanal dalgalarının 'doğrusal veya doğrusala yakın frekans modülasyonlu' olanlarının bir boyutlu 'doğrusal frekans modülasyonlu uyumlanmış süzgeç' (DFMUS) düzenlenerek bastırılması amaçlanmıştır. DFMUS'un uyumlandığı frekans aralığında ve diğer frekanslarda sinyal dalgacılığını etkilemeden kanal dalgalarını bastırdığı gösterilmiştir.

DFMUS uyumlanmış süzgeç'in (US) bir türüdür. US, İkinci Dünya Savaşı sırasında radar dizgelerinin araştırılması ve geliştirilmesi sırasında ortaya çıkmış yararlı bir veri işlem uygulamasıdır. Bu süzgeci geliştiren D.O. North'a değerlilikten dolayı 'North Süzgeci' de denir [19,20]. Daha sonraları günümüzdeki radar dizgelerinde de S/G oranını yükseltmek amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır [21]. US, jeofizikte ilk önceleleri saha kayıtçılarında analog süzgeç devresi olarak kullanılmış [22], bunu elektromanyetik saha uygulamaları izlemiştir [23].

Bu çalışmanın ikinci bölümünde kanal dalgalarını bastırmada uygulanan yöntemler derlenerek irdelenmiştir. Üçüncü bölümde modülasyon konusu tartışıldıktan sonra DFMUS'un kuramı verilmiştir. Dördüncü bölümde DFMUS'un yapay sismik verilere ve saha verilerine uygulamaları sunulmuş, frekans süzgeçleri ve çok izli süzgeç uygulamalarıyla karşılaştırmaları yapılmıştır. DFMUS düzenlemede yararlanılacak olan haritalama ve dönüşümlerden frekans - dalgasayısı (f,k), eğimli yığılma (slant stacking) ve ışın değiştirgeni - frekans (p,f) yöntemleri ise Ek de verilmiştir.

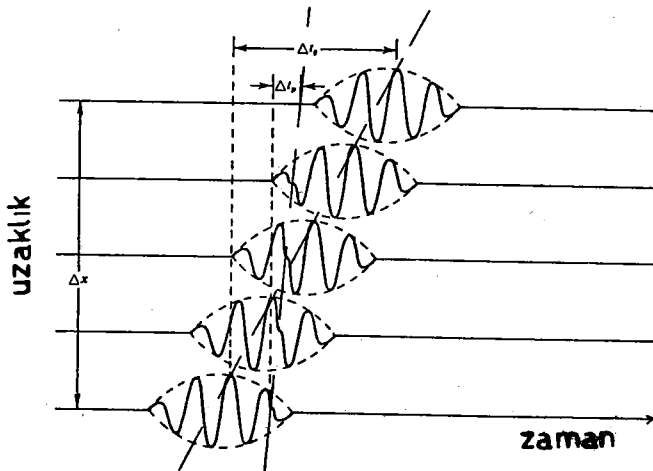
BÖLÜM 2

KANAL DALGALARINI BASTIRMADA UYGULANAN YÖNTEMLER

2.1 TANIMLAMALAR

Yer yuvarlanmasından başka, hava-dalgası (air-blast), kırılmış yansımalar, hortlaklar , saçılma (diffraction), yineli-meli yansımalar genel olarak ilişkili gürültüleri kapsarlar.

Yer yuvarlanması, Rayleigh dalgalarının oluşumundaki koşullara bağlı olarak meydana gelir. Dalganın yayındığı ortamın bir serbest yüzeyinin bulunması Rayleigh dalgalarının oluşumu için yeterlidir. Ancak bu durumda dalga hareketinde dispersiyon görülmez. Dispersiyon olabilmesi için yarı sonsuz ortamının üzerinde en az bir katmanın bulunması gerekir [18,24,25] . Böyle bir ortamda oluşan Rayleigh dalgalarında iki farklı hız gözlenir. Bunlar grup hızı ve faz hızıdır. [26] dan değiştirilerek alınan Şekil 2.1 de bu hızlar gösterilmiştir. Buradaki bir



Şekil 2.1 Gurup hızı ve faz hızının tanıtımı [26] .

enerji paketi ΔX uzaklığına vardığında Δt_g kadar gecikmiştir. Dolayısıyla hızı $U = \Delta X / \Delta t_g$ olup bu gurubun ilerleme hızıdır. Paket içinde verilen bir fazın ΔX uzaklıktaki gecikmesi Δt_p ise, bu faza ait hız $c = \Delta X / \Delta t_p$ dir. Dispersiv bir dalga hareketinde değişik frekanslarda değişik U grup hızları olacağından ve açısal frekansın $\omega = 2\pi f = ck$ olduğu hatırlanarak

$$U = \frac{\partial \omega}{\partial k} = \frac{\partial (ck)}{\partial k} \quad (2.1)$$

yazılır. $\partial \omega = k \partial c + c \partial k$ olacağından

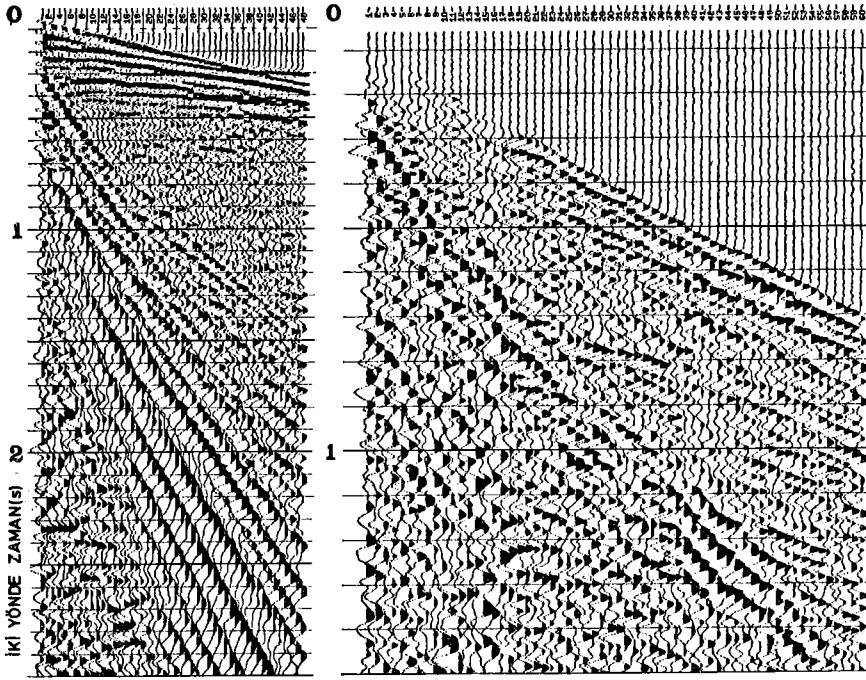
$$U = c + k \frac{\partial c}{\partial k} \quad (2.2)$$

veya λ dalga boyu c nsinden

$$U = c - \lambda \frac{\partial c}{\partial \lambda} \quad (2.3)$$

elde edilir $\partial c / \partial k$ ve $\partial c / \partial \lambda$ türevleri sıfır olursa (2.2) veya (2.3) eşitliklerinde $U = c$ olduğu görülür. Bu durumda dalga dispersiv değildir.

Düşük hız katmanı içinde ilerleyen dispersiv özellikli Rayleigh dalgalarına 'kanal dalgaları' denir. Bu dalgalar yansıma sismiğinde ara yüzeylerden gelen yansımaları örtterek onları izlenemez duruma getirebilirler. Şekil 2.2 de kanal dalgaları tarafından örtülmüş atış verileri (shot gather) görülmektedir.



Şekil 2.2 Kanal dalgaları tarafından örtülmüş atış verileri (TPAO arşivlerinden).

Kanal dalgaları sismik verilerde sorun olduğu zaman çeşitli yöntemlerle bastırılmaları yoluna gidilir. Bu yöntemler izleyen alt bölümlerde derlenerek irdelenmiştir.

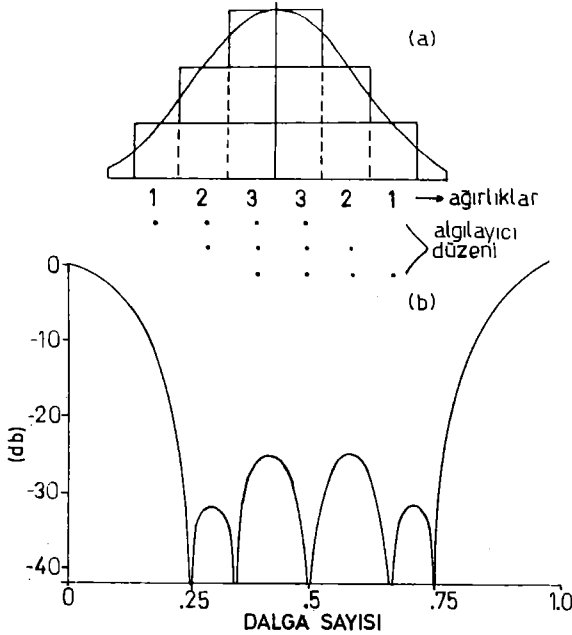
2.2. ALGILAYICI DÜZENLERİ İLE KANAL DALGALARININ BASTIRILMASI

İstenmeyen dalga boylu enerjiler, algılayıcı aralıkları ve algılayıcı ağırlıkları değiştirilerek kontrol edilebilirler.

Yan yana dizilmiş eşit aralıklı ve aynı özellikli (eşit ağırlıklı) algılayıcılar ile düzenlenen en basit algılayıcı düzenine bir dikdörtgen fonksiyon gözü ile bakılabilir. Bu bir boyutlu saha düzenidir. Örneğin böyle bir düzen altı algılayıcı ve 40 cm aralıklı düzenlenerek tepki yanıtı incelendiğinde en çok - 15 db enerji bastırılabilceği görülür [3,4] .

Bir boyutlu düzenlerden daha iyi sonuç veren iki boyutlu saha düzenleri günümüz arama sismisinde yaygın olarak uygulanır. Bu düzenlere 'ağırlıklanmış düzenler' de denir.

Kosinüs penceresine göre tam sayı olarak ağırlıklanmış düzenler - 25 db ile - 30 db arasında sönüm sağlayabilirler. Bu düzene örnek olarak ve altı ağırlık elde edilebilecek şekilde bir kosinüs penceresini yatay ve düşey eksenler boyunca eşit ağırlıklı olarak birim alanlara bölümler (bakınız Şekil 2.3).



Şekil 2.3 Bir kosinüs penceresine göre ağırlıklanmış iki boyutlu saha düzeni (a) ve onun tepki yanıtı (b) [4] .

Oluşan herbir birim alan üst üste toplandığı zaman algılayıcı ağırlıkları elde edilir. Ağırlıklara denk düşecek algılayıcı düzeni ise 4×3 paralelkenar şeklinde dizilerek, bir algılayıcı kümesi oluşur. Bu düzen Şekil 2.3a da görülmektedir. Bu düzenin tepki yanıtı Şekil 2.3b den incelendiği zaman - 25 db ye değin enerji bastırılabilirdiği izlenmektedir. Bu sonuç, tek boyutlu saha düzenine göre, iki boyutlu saha düzeninin daha iyi sönüm sağladığını vurgulamaktadır.

Eniyi sönümü sağlayacak saha düzenlerini elde etmek için çeşitli araştırmacılar tarafından çalışmalar yapılmıştır. Chebyshev polinomları kullanılarak elde edilen tam sayı olmayan eniyi algılayıcı ağırlıkları kullanılmasıyla algılayıcı düzenlerinin yapılabileceği gösterilmiştir [2] . Bu düzenler ile - 50 db ye varan sönümlenmeler yapılabilmektedir.

Kümelerdeki algılayıcı düzenlerinin boy ve ağırlıkları atışa göre yakın ve uzak izlerde değişken olarak alınması ve yine eniyi ağırlıklar kullanılması, kayıt kalitesi bakımından güzel sonuçlar vermektedir [3,4] .

2.3 BİR BOYUTLU SÜZGEÇLEMELER

Gürültü bastırmada ençok başvuru alan veri işlem yöntemlerinden bir boyutlu frekans süzgeçleri bir çok şekilde düzenlenerek kullanılırlar [20,21,27] . Gürültünün baskın olduğu frekans penceresi bilindiği zaman, bu süzgeç yardımı ile istenilen frekans penceresindeki enerji sönümlendirilir. Ancak gürültünün frekans penceresi sinyalin frekans penceresi içine düşmüş ise, bastırılmak istenilen gürültü ile birlikte bir kısım sinyal de bastırılmış olur. Örneğin kanal dalgaları genellikle 1 - 25 Hz frekansları arasında yer aldıkları için sinyalin frekans pence-

resi içinde kalırlar. Bu durumda kullanılan frekans süzgeci sinyalin frekans bandını daraltır, bunun sonucu olarak da zaman ortamında dalgacığın boyu uzamış ve yuvarlatılmış olur. Bu durum düşey seçilebilirliğe olumsuz yönde etki eder.

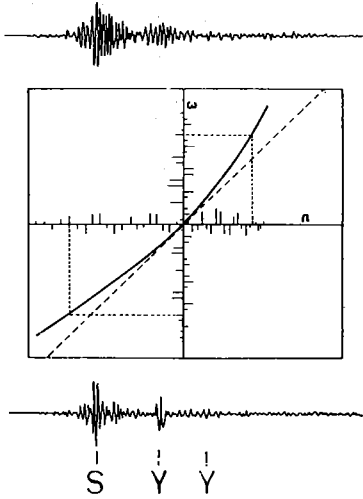
Bir boyutlu olarak düzenlenen ve kullanılan DFMUS ise ; kanal dalgalarının frekans modülasyonu özelliğinden yararlanarak onları bastırır. Bir sismik izde kanal dalgalarının frekans penceresi, sinyalin frekans penceresi içinde kalsa bile DFMUS, frekans modülasyonuna sahip olmayan yansıma (sinyal) enerjisine bir süzgeçleme etkisi yapmayıp, ilgilenilen frekans penceresindeki kanal dalgalarını bastırır, yansıma dalgacığını ise bozamaz. Tasarlanan süzgeç doğrusal modülasyonlu olduğundan, bastırılacak kanal dalgalarının doğrusal veya doğrusala yakın frekans modülasyonuna sahip olması gerekir.

[28] in önerdiği genlik dengeleme yöntemi ile istenilen frekans penceresindeki enerjiler yükseltiip alçaltılabilmekte veya beyazlatma (whitening) yapılabilmektedir. Yer yuvarlanmasının bu yöntem ile bastırılabilceği [28] de örneklerle gösterilmiştir.

Çıktısı bir iğnecik olan, enküçük kareler anlamında eniyilenmiş (optimum) süzgeç (Wiener süzgeci) kullanılarak da kanal dalgaları göreceli olarak bastırılabilir [16,17] . Çünkü bu yöntemle bir beyazlatma yapmak sözkonusudur.

Kanal dalgalarının girişimlerinin giderilerek farklı varışların saptanması için sıkıştırma yöntemleri uygulamalı sismolojide yaygın olarak kullanılmaktadır. Örneğin kömür damarları içinde oluşturulacak yapay kanal dalgalarının yansıma ve kırılmaları incelenerek damar içindeki olası faylanmalar belirlenebilmek-

tedir [29,30] . Bu belirlemenin daha doğru yapılabilmesi için kanal dalgalarının sıkıştırılarak farklı varışların seçilebilirliklerinin artırılması gerekir. Frekans bükme (frequency warping) yöntemi ile kanal dalgaları sıkıştırılarak faz modülasyonu doğrusal hale getirilir [30]. Şekil 2.4 de yöntemin nasıl uygulandığı çizimsel olarak verilmiştir. Yöntem basitçe şu şekilde açıklanabilir. Gözlemsel dispersiv dalga treninin Fourier dönüşümünün gerçel bileşeni bir Ω frekansı üzerine iz düşürülür ve bu yeni fonksiyonun ters Fourier dönüşümü sıkıştırılmış sinyali verir.



Şekil 2.4 Dispersiv dalga treninin sıkıştırılmasında 'frekans bükme' yönteminin çizimsel gösterilişi. S sinyal, Y yankı dır [30] .

Faz uyumlanmış süzgeç (FUS) kullanılarak, kanal dalgalarının sıkıştırılarak bastırılması uygulamalı sismolojide kullanılan yöntemler arasındadır. FUS, US'un bir türü olup, bir boyutlu süzgeç olarak düzenlenip uygulanmaktadır. FUS düzenlenmesi bu çalışmanın konusuyla ilgili olduğu için Alt Bölüm 2.5 de geniş olarak anlatılacaktır.

2.4 İKİ BOYUTLU SÜZGEÇLEMELER

İzden ize süreklilik gösteren yansımaların kullanılarak S/G oranının yükseltilmesi önceleri sürekli kayıt yapan düzeneklerde komşu izlerin elektrik aygıtlarda karıştırılması

(mixing) ile yapılmıştır [13]. Doğal olarak bu karıştırma işlemini sayısal olarak günümüzde bilgisayarlarla yapmak olasıdır. Ancak bu yöntem ile S/G oranını artırmak eniyi değildir.

[5] ve [6] nin önerdiği hız süzgeçleri, çok izli süzgeçlerin ilk uygulamalarıdır. Bu süzgeçler sismik verilerde izden iz kayma zamanları çok az olan yani yatay veya yataya yakın süreklilik gösteren olayları geçiren, diğer tüm olayları kesmeyi amaçlayan süzgeçlerdir. Bu süzgeçlerin yansımalarla karıştırılabilecek yalancı sıralanmalar yaratabileceği ve yeterli sönümü sağlayamadıkları bilinmektedir.

Enküçük kareler yönteminden yararlanılarak düzenlenen çok izli süzgeçler S/G oranını artırmada daha başarılı olmuştur. [7] nin eniyi çok izli süzgeçleri ve [8] in eniyi yağma süzgeçleri, sinyal ve ilişkili gürültülerin farklı kayma zamanlı olduklarını gözönüne alarak istenen kayma zamanındaki olayları bastırmayı amaçlar.

[31] tarafından önerilen çok izli süzgeç de eniyi olarak düzenlenebilmektedir. Bu süzgeci düzenlemede bastırılması istenilen gürültünün f ve k koordinatlarının (f,k) ortamından sap-
tanması zorunluluğu vardır.

Doğrusal kayma zamanlı olmayan (hyperbolic) dağılımlar sismik yansıma verisi boyunca aynı değildir. Böyle bir veride sabit hız geçirim penceresi kullanmak yansıma enerjilerinin bir kısmının bastırılmasına neden olabilir. Bu düşünceden hareket ile doğrusal kayma zamanlı olmayan olayları gözönüne alarak eniyi çok izli süzgeç düzenlenebilmiştir [14].

İki boyutlu ve çok pencereli doğrusal kayma zamanlı süzgeçleri düzenlemek zor bir iştir. Ancak bir boyutlu süzgeç düzenlemeden yararlanarak istenilen (f,k) ortamında iki boyutlu süzgeç düzenleme [15] tarafından yapılmıştır. Burada iki boyutlu süzgeç olarak Chebyshev süzgecinden ve onun üstünlüklerinden yararlanılmıştır.

Eniyi olarak düzenlenen çok izli süzgeçler de izden iz yalancı sıralanmalar oluşturabilirler. Fakat uygun yansıma (sinyal) ve gürültü koşullarında ve bilinçli bir şekilde kullanıldıkları zaman bu sakıncalar ortadan kalkar. Çok izli süzgeçler yığılma (stacking) öncesinde kullanıldığında tüm ilişkili gürültüleri bastırıp S/G oranını önemli ölçüde artırarak yapısal yorumlamalara yardımcı olur [32].

Çok izli süzgeçlemeye bir ağırlıklı yığılma gözü ile bakılabilir. Bu yığılmanın sonucu olarak veride çok yüksek frekanslardaki enerjiler sönmülenebilir ve küçük süreksizlikler kaybolabilir. Oysa tek izli süzgeçleme olan DFMUS, bir yığılma etkisi yapmayacağı için bu tür sorunları yaratmayacaktır.

Sismik verilerdeki kanal dalgalarını ve / veya kırılmaları bastırma için eğimli yığılma (p, τ) haritalama yönteminden yararlanılabilmektedir [33,34]. Eğimli yığılma haritalama yönteminin kuramı Ek de etraflıca verilmiştir. Sismik veri, eğimli yığılma yapılarak (p, τ) ortamına haritalanır. Yansıma ve ilişkili gürültülerin ışın değiştirgenleri (p) ve kesme zamanları (τ) farklı olacağı için (p, τ) ortamında birbirlerinden ayrılarak farklı yerlere haritalanırlar. Bastırılmak istenilen ilişkili gürültü bölgesi bu ortamda sıfırlanarak (mute) veya tek boyutlu frekans süzgeci kullanılarak bastırılır. Daha sonra yeniden zaman - uzaklık

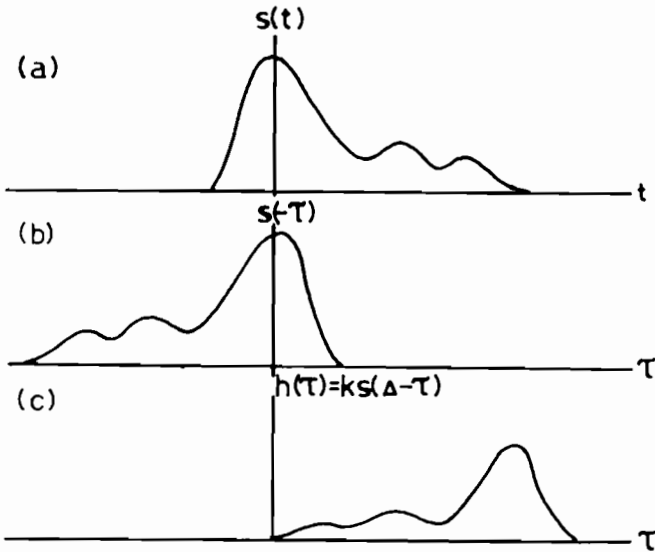
(t, x) ortamına geri dönülerek ilişkili gürültüsü bastırılmış veri elde edilir. Ancak (p, τ) ortamında yansımalar ile ilişkili gürültüler ayrı yerlere haritalanmadıkları zaman yöntemin çalışmayacağı açıktır.

2.5 UYUMLANMIŞ SÜZGEÇLER VE FAZ UYUMLANMIŞ SÜZGEÇLER

Sismolojide yüzey dalgalarının girişimlerinin giderilmesinde faz uyumlanmış süzgeç (FUS) başarılı bir şekilde kullanılmıştır. Bununla ilgili çalışmalar [9,10,11] kaynaklarında bulunabilir. FUS, uyumlanmış süzgecin (US) bir türü olduğu için US'un kuramı ve daha sonra FUS'un kuramı izleyen alt bölümlerde verilmiştir.

2.5.1 Uyumlanmış süzgeçler

Şekil 2.5â da görüldüğü gibi $s(t)$ bir fiziksel dalga olsun. Daha sonra $t = -\tau$ konularak zamanda ters çevrilmiş



Şekil 2.5 (a) Bir dalga katarı, (b) dalga katarının zamanda ters çevrilmiş, (c) uyumlanmış süzgeç tepki yanıtı.

$s(\tau)$ dalgası elde edilsin (Şekil 2.5b). Bunu Δ kadar kaydırıp genliğini de k gibi bir çarpan ile ölçeklediğimizi varsayarsak, $s(t)$ ye uyumlanmış $h(\tau)$ süzgeç tepki yanıtı bulunur (Şekil 2.5c) [38].

$$h(\tau) = ks(\Delta-\tau) \quad (2.4)$$

şeklinde yazılır. Burada $\Delta = 0$ olduğunda $h(\tau) = ks(-\tau)$ olacaktır. Frekans ortamında ise : $h(\tau)$ nin Fourier dönüşümü alınarak ve $h(\tau)$ yerine (2.4) deki değeri yazılarak

$$H(i\omega) = k \int_{-\infty}^{\infty} s(\Delta-\tau) e^{-i\omega\tau} d\tau \quad (2.5)$$

bulunur. $\tau' = \Delta - \tau$ konularak

$$H(i\omega) = ke^{-i\omega\Delta} \int_{-\infty}^{\infty} s(\tau') e^{i\omega\tau'} d\tau' \quad (2.6)$$

elde edilir. $s(\tau')$ ise $s(t)$ nin zamanda ters çevrilmiş olduğundan

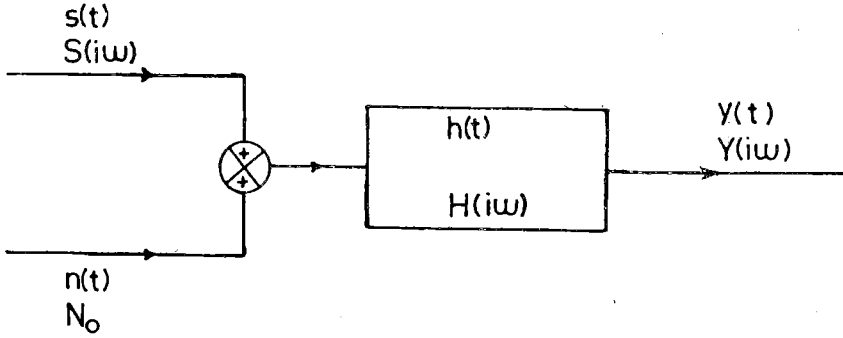
$$H(i\omega) = ke^{-i\omega\Delta} S(-i\omega) = ke^{-i\omega\Delta} S^*(i\omega) \quad (2.7)$$

olur. Bu bağıntıya $s(t)$ ye uyumlanmış 'US dönüşüm fonksiyonu' adı verilir. $H(i\omega)$ aslında $s(t)$ nin Fourier dönüşümünün karmaşık eşleniği ile $ke^{-i\omega\Delta}$ gibi bir gecikmenin çarpımından oluşmaktadır. Bu görünüşlerinden dolayı US'ye 'eşlenik süzgeç' de denir.

US nin S/G oranını artırdığına 'Giriş' bölümünde değinilmişti. Bu oran artışının nasıl olacağı aşağıda gösterilmiştir.

Bir $s(t)$ siyali ve $n(t)$ beyaz gürültüsü toplanarak aynı $h(t)$ doğrusal süzgeçinden geçsinler (Şekil 2.6). $s(t)$ nin $h(t)$ ile süzülmesi sonucu

$$c(t) = s(t) * h(t) \quad (2.8)$$



Şekil 2.6 Bir doğrusal süzgecin sinyal ve gürültüye karşı davranışı.

ve $n(t)$ gürültüsünün $h(t)$ ile süzülmesi

$$v(t) = n(t) * h(t) \quad (2.9)$$

şeklinde yazılabilir. Böylece $y(t)$ çıkışı

$$y(t) = c(t) + v(t) \quad (2.10)$$

şeklinde olacaktır. Burada $c(t)$ kuvvetlendirilmek istenir.

$s(t)$ ve $n(t)$ nin $h(t)$ ile olan tepkisini ve S/G oranları frekans ortamında yazmaya çalışılsın. Gürültü çıkışı $v(t)$ nin güç yoğunlu ;

$$|v(t)|^2 = \frac{N_0}{2} \int_{-\infty}^{\infty} |H(i\omega)|^2 d\omega \quad (2.11)$$

ve $s(t)$ için de

$$|y(t)|^2 = \left| \int_{-\infty}^{\infty} S(i\omega) H(i\omega) d\omega \right|^2 \quad (2.12)$$

olur. S/G oranına ρ denilsin ;

$$\rho = \frac{2 \left| \int_{-\infty}^{\infty} S(i\omega) H(i\omega) d\omega \right|^2}{N_0 \int_{-\infty}^{\infty} |H(i\omega)|^2 d\omega} \quad (2.13)$$

izleyen Shwartz eşitsizliği

$$\left| \int_{-\infty}^{\infty} f(x) g(x) dx \right|^2 \leq \int_{-\infty}^{\infty} |f(x)|^2 dx \int_{-\infty}^{\infty} |g(x)|^2 dx \quad (2.14)$$

kullanılarak (2.13) eşitliği

$$\begin{aligned} \rho &\leq \frac{2 \int_{-\infty}^{\infty} |S(i\omega)|^2 d\omega \int_{-\infty}^{\infty} |H(i\omega)|^2 d\omega}{N_0 \int_{-\infty}^{\infty} |H(i\omega)|^2 d\omega} \\ &= \frac{2}{N_0} \int_{-\infty}^{\infty} |S(i\omega)|^2 d\omega \end{aligned} \quad (2.15)$$

eşitsizliğiyle yazılabilir [20 ; s.315]. Sinyal enerjisi ;

$$E = \int_{-\infty}^{\infty} |S(i\omega)|^2 d\omega \quad (2.16)$$

dir (Parseval teoremi). Bu (2.15) de yerine konulduğunda

$$\rho \leq \frac{2 E}{N_0} \quad (2.17)$$

olur [38] .

2.7 eşitliğinde verilen US ile $S(i\omega)$ sinyalini süzmeye çalışırsak çıkışın genliği

$$\begin{aligned} |U(i\omega)| &= |H(i\omega)| |S(i\omega)| = |S^*(i\omega)| |S(i\omega)| k e^{-i\omega\Delta} \\ &= k |S(i\omega)|^2 e^{-i\omega\Delta} \end{aligned} \quad (2.18)$$

olur. $\Delta = 0$ ve $k = 1$ olması durumunda

$$|U(i\omega)| = |S(i\omega)|^2 \quad (2.19)$$

yazılabilir. Burada çıkışı girişin karesi kadar yükselten US olmuştur. Bu durum (2.16) eşitliği ile birlikte düşünülerek (2.17) eşitsizliğini enbüyük yapacak süzgecin US olacağı sonucunu gösterir.

Buraya değin US nin beyaz gürültü durumunda S/G oranını yükseltişi gösterildi. Beyaz gürültü, tüm frekanslarda eşdeğer enerji içermesi anlamındadır. Diğer bir deyişle beyaz gürültünün özilişki fonksiyonu sadece sıfır gecikmesinde yani $\tau = 0$ da N_0 gibi bir değer alır, geri kalan τ gecikmelerinde veya kaymalarında ise sıfır veya sıfıra yakın değerler alır. Renkli gürültü ise, sadece bir frekans aralığında enerji içerir. Uygulamada, tüm frekanslarda enerji içeren genlik spektrumlarıyla karşılaşılmaz. Özilişki fonksiyonlarına bakıldığında sadece sıfır kaymasında değil, diğer kaymalarda da biraz enerji olduğu izlenebilir.

Renkli gürültü durumunda US, beyaz gürültü durumundaki US'den pek farklı değildir. Renkli gürültü $N(i\omega)$ olarak bilinirse ve $S(i\omega)$ sinyali ile

$$S(i\omega) + N(i\omega)$$

toplamiyla bir veri oluşturdukları düşünülürse, bu verideki $S(i\omega)$ ya uyumlanacak $H(i\omega)$ 'US dönüşüm fonksiyonu' ;

$$H(i\omega) = \frac{kS^*(i\omega) e^{-i\omega\Delta}}{N(i\omega)} \quad (2.20)$$

şeklinde yazılabilir [20, 38].

2.5.2 Faz Uyumlanmış Süzgeçler

Alt bölüm 2.5.1 de anlatılan US yi gözönüne alarak, $s(t)$ sinyaline uyumlanacak ve tepki fonksiyonu $h(\tau)$ olan US ile $s(t)$ nin evrişimi izleyen Fourier çiftini oluşturur.

$$s(t) * h(\tau) \leftrightarrow |S(i\omega)| |H(i\omega)| \exp i[\sigma(\omega) + \phi(\omega)] \quad (2.21)$$

Ayrıca $s(t)$ ile $h(\tau)$ nun evrişimi çapraz-ilişki fonksiyonu şeklinde de yazılabilir [35] :

$$s(t) \otimes h(t) \leftrightarrow |S(i\omega)| |H(i\omega)| \exp i[\sigma(\omega) - \phi(\omega)]. \quad (2.22)$$

(2.21) ve (2.22) eşitliklerinde $\sigma(\omega)$ sinyalin ve $\phi(\omega)$ süzgecin faz spektrumlarını belirtmektedir. (2.7) eşitliğinden (2.22) eşitliği izleyen biçimde yazılabilir.

$$s(t) \otimes h(t) \leftrightarrow |S(i\omega)|^2 \exp i[\sigma(\omega) - \phi(\omega)]. \quad (2.23)$$

$\sigma(\omega) - \phi(\omega)$ faz farkı sıfır olursa veya $\sigma(\omega) = \phi(\omega)$ olursa, (2.23) ün sağ tarafında $|S(i\omega)|^2$ yani $s(t)$ sinyalinin özilişki fonksiyonunun Fourier dönüşümü elde edilir. Bu sonuçtan dolayı $\phi(\omega)$ süzgeç fazını $\sigma(\omega)$ sinyal fazına olabildiğince yaklaştırarak bu süzgeçlemede amaca ulaşılmış olur. Bunun için bir yinelemeli yaklaşım kullanılarak, her yinelemede süzgeç fazı değiştirilip biraz daha sinyal fazına yaklaşılmaktadır. Her yinelemeden süzgeçlenmiş çıktının ters Fourier dönüşümü alınarak zaman ortamında gözlenmekte ve fazların yaklaşımı buradan denetlenmektedir [35,36,37] .

Uygulamalı sismolojide yüzey dalgalarının girişimlerinin giderilerek, farklı varışların saptanması için FUS ile yapılan uygulamalar başarılı olmuştur.[35] de Rayleigh dalgaları [36] da Love dalgaları kullanılarak farklı varışlar bu yöntemle ayırtlanabilmiştir.

FUS'un düzenlenmesinde süzgecin $\phi(\omega)$ faz spektrumunu yukarıda belirtildiği gibi yinelemeli olarak saptamak gerekir. Ancak ilk belirlenecek süzgeç faz spektrumu, giriş izinden dolaylı olarak hesaplanır. Giriş olarak bir deprem sismogramının

yüzeysel dalgası içeren kısmı kullanılır. Sismogramın Δ episantral uzaklığı, t_s sinyal gecikmesi ve $U(\omega)$ grup hızı değerleri bilinirse $t_{gr}(\omega)$ grup gecikmesi ;

$$t_{gr}(\omega) = \frac{\Delta}{U(\omega)} - t_s \quad (2.24)$$

eşitliğinden hesaplanabilir. Ayrıca

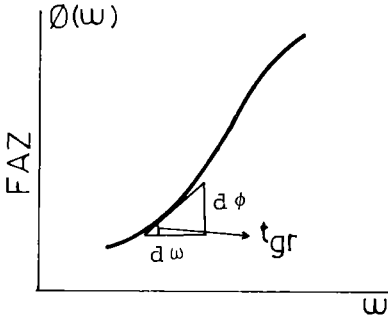
$$t_{gr}(\omega) = \frac{\partial \phi(\omega)}{\partial \omega} \quad (2.25)$$

olduğundan

$$\phi(\omega) = \int_{\omega_0}^{\omega_1} t_{gr}(\omega) d\omega \quad (2.26)$$

şeklinde yazılabilir [39]. $\phi(\omega)$ ile $t_{gr}(\omega)$ 'nin ilişkisi

Şekil 2.7 de gösterilmiştir. (2.26) eşitliğinden görüleceği



Şekil 2.7 Faz ile grup gecikmesi arasındaki ilişki [39].

gibi $t_{gr}(\omega)$ grup gecikmelerinden $\phi(\omega)$ faz spektrumu hesaplamak olasıdır. (2.24) eşitliğindeki $U(\omega)$ grup hızı değerleri ise çeşitli yöntemlerle hesaplanabilir. Örneğin 'ardışık süzgeçleme yöntemi' grup hızı dispersiyon eğrisi hesaplanmasında en çok kullanılan yöntemlerden birisidir [40,41,42].

Hesaplanan $\phi(\omega)$ fazı, FUS'un faz spektrumu ve giriş izinin genlik spektrumu da FUS'un genlik spektrumu olarak kullanılır. Bu şekilde genliği ve fazı ile düzenlenen FUS süzgeçleme için

hazırdır ve süzgeçleme ile ilk süzgeçlenmiş çıkış elde edilir. Bu çıkış 'görünür özilişki' fonksiyonu (GOF) olarak isimlendirilir [35]. Bu fonksiyonun Fourier dönüşümü alınarak faz spektrumu saptanır ve yuvarlatılarak ve (2.25) eşitliği uygulanıp türevi alınır. Buradan da (2.26) eşitliği yardımı ile FUS için yeni faz spektrumu bulunur. Bu yeni faz spektrumuna göre düzenlenen FUS ile yeniden süzgeçleme yapılarak ikinci GOF yani ikinci süzgeçlenmiş çıkış elde edilir. Sonuç olarak girişmiş yüzey dalgalarının bastırılıp bastırılmadığı veya farklı varışların yeterince ayrılıp ayrılmadığı zaman ortamında gözlenir. Bastırmanın yeterli olmadığı görülürse Çizelge 2.1 deki akış içinde yöntemin uygulanmasına devam edilir.

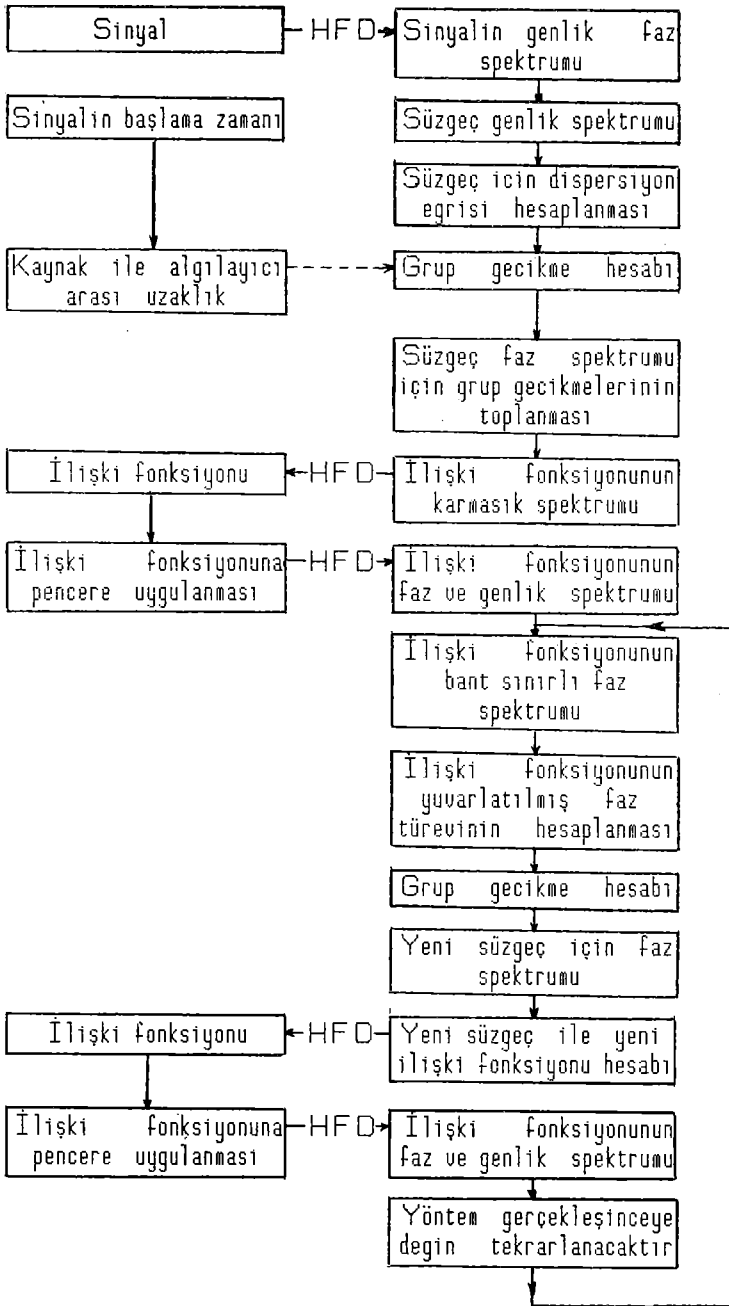
FUS un hesaplanan faz spektrumunun sürekli olması nedeni ile [37] nin yaptığı çalışmada giriş izinin faz spektrumunun da sürekli yapılması yoluna gidilmiş ve FUS uygulaması bu koşullar altında yapılmıştır. Bu yöntem ile Çizelge 2.1 deki yineleme sayısı azaltılabilmektedir.

Sürekli faz eğrisi faz değerlerini $+\pi/2$ ile $-\pi/2$ arasından alarak π ve π nin katları şeklinde sürekli faza getiren bir yöntemdir [27,43].

Yansıma sismisinde kanal dalgalarının FUS ile bastırılmasının sınanması izleyen alt bölümde sunulmuştur.

ZAMAN ÖRTAMI

FREKANS ÖRTAMI



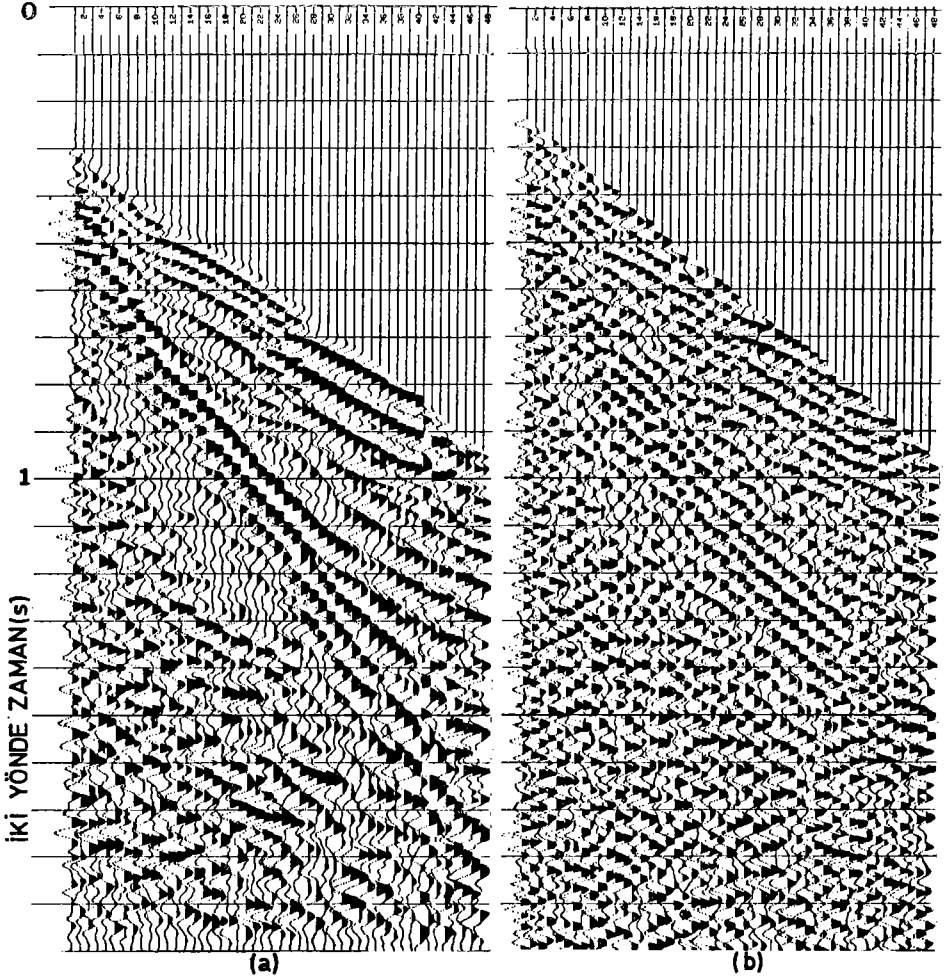
Çizelge 2.1 FAZ UYUMLANMIŞ SÜZGEÇ İÇİN AKIŞ ÇİZELGESİ [35] .

2.5.3 Yansıma Sismiğine FUS un Uygulanması

Kanal dalgaları Rayleigh türündeki yüzey dalgaları olduklarından bunlar P ve SV türündeki dalgaların girişimleri sonucunda oluşurlar. Bu girişimlerin sıkıştırılarak giderilmesi sonucunda P dalgası açığa çıkarılabilir. Bu düşünceden hareket ile yansıma sismiğinde yansımaları örten kanal dalgalarının FUS ile bastırılması bu alt bölümde incelenmiştir.

2.5.2 alt bölümünde anlatılan yöntemin yansıma sismiğine de uygulanabilmesi için önce süzgeç faz spektrumunun hesaplanması gerekir. FUS un kanal dalgalarına uyumlanması amaçlandığı için, kanal dalgalarının grup hızı dispersiyon eğrisinin bir yol ile saptanması ve oradan da süzgeç faz spektrumunun hesaplanması gerekir. Burada grup hızı dispersiyon eğrisinin 2.5.2 alt bölümünde belirtilen 'ardışık süzgeçleme' veya sismolojide kullanılan diğer yöntemlerle hesaplanması olanaksızdır. Ancak, eğim birleştirme ve (p, f) dönüşüm yöntemlerinden yararlanılarak bir atış verisi için faz hızı dispersiyon eğrisi hesaplanabilir [44]. Ayrıca (2.2) veya (2.3) eşitliklerinden yararlanarak faz hızlarından grup hızları bulunabilir. Dolayısıyla (2.24) eşitliği kullanılarak $t_{gr}(\omega)$ grup gecikmeleri ve (2.26) eşitliği yardımıyla da FUS için $\phi(\omega)$ faz spektrumu hesaplanabilir. Bundan sonra yapılacak işlemler 2.5.2 alt bölümünde yapılanların aynısı olacaktır.

Uygulama için Şekil 2.8a deki sismik veri seçilmiştir. Burada kanal dalgalarıyla yansımaların önemli ölçüde örtüldüğü görülmektedir. Kanal dalgalarının faz hızı dispersiyon eğrisinin hesaplanabilmesi için önce veriye eğimli yığma uygulanmış-



Şekil 2.8 (a) Kanal dalgaları tarafından örtülmüş atış verisi, (b) atış verisine FUS uygulandıktan sonraki çıkış.

tır (Ek 2, Şekil E 2.1). Daha sonra (p,f) ortamına dönüşüm yapılmıştır (Ek 2, Şekil E 2.2). Burada görülen dört eğriden en üstteki, birinci moddan kanal dalgalarına ait faz hızı dispersiyon eğrisi olup, diğerleri daha yüksek modlara aittir [45]. Birinci moddan kanal dalgalarına ait faz hızı dispersiyon eğrisi hesaplanmış ve daha sonra FUS için faz spektrumu

bulunmuştur. Bu faz spektrumu kullanılarak düzenlenen FUS, veriye Çizelge 2.1 deki gibi uygulanmış ve yöntem üç kez yinelenmiştir. Son yinelemeden elde edilen çıkış Şekil 2.8b de verilmiştir.

FUS'un sismik yansıma verisi üzerinde yeterince başarılı olmadığı gözlenmektedir. Bunun nedeni şu şekilde açıklanabilir. Uygulamalı sismolojide FUS, deprem sismogramlarının yüzey dalgası içeren bölümüne uygulanmaktadır. Oysa FUS, yansıma sismolojisinde sismik izin tümüne uygulamak istenmiştir. Bu durumda iz üzerinde hem P dalgaları hem de kanal dalgaları bulunmaktadır. Dolayısıyla FUS düzenlenirken onun genlik spektrumu için sismik izin genlik spektrumu kullanılmıştır (bakınız alt bölüm 2.5.1 de (2.7)). Süzgeçleme sonunda çıkış izinin genlik spektrumu (2.23) eşitliğinde olduğu gibi $|\hat{S}(i\omega)|^2$ olmuş ve bu spektrumda giriş izinde yer alan P ve kanal dalgalarının enerjisi çıkışta kare kadar artmıştır. Diğer bir deyişle (2.23) eşitliğinde fazlar farkının sıfır olduğunu varsayarsak, süzgeçleme sonucunda girişin özilişki fonksiyonunun elde edildiği söylenebilir.

Kanal dalgaları genlik ve frekans modülasyonlu dalgalar olduklarından eğer frekans modülasyonları bozularak dispersiv etkileri ortadan kaldırabilirse bu gürültülerden bir başka yoldan kurtulmak olasıdır. Bu düşünceden hareket ile DFMUS incelenmiş ve kanal dalgalarının doğrusal veya doğrusala yakın frekans modülasyonlu olanlarına uygulanmıştır. İzleyen bölümde modülasyon ve DFMUS'un kuramı verilmiştir.

BÖLÜM 3

MODÜLASYON VE DOĞRUSAL FREKANS MODÜLASYONLU UYUMLANMIŞ
SÜZGEÇLER

3.1 MODÜLASYON

Modülasyon, iletişim dizgelerinde vazgeçilmez bir veri işlem uygulamasıdır. Genellikle eldeki iletim ortamına uygun bir taşıyıcı dalga vardır. Modülasyon işlemi, taşıyıcı dalganın çeşitli değiştirgenlerini bilgi işaretine bağlı olarak düzenli bir biçimde değiştirmektir. Bilgi işaretini algılayıcıda yeniden elde etme işlemine ise demodülasyon denir.

İletişim dizgelerinin çeşitlerine göre değişik modülasyon türleri vardır. Kullanılan taşıyıcı dalgaya göre modülasyon türleri başlıca iki ana sınıfa ayrılabilir.

a) Taşıyıcı dalga bir sinüzoidaldir. Bundan dolayı bu tür modülasyona 'sürekli dalga modülasyonu' denir. Taşıyıcı dalganın genliği, bilgi işaretine bağlı olarak değiştirilirse 'genlik modülasyonu' elde edilir. Değişik genlik modülasyon türleri vardır. Taşıyıcı dalganın frekansı bilgi işaretine bağlı olarak değiştirilirse 'frekans modülasyonu' ve taşıyıcı dalganın fazı değiştirilirse 'faz modülasyonu' elde edilir. Frekans modülasyonu ve faz modülasyonu birlikte 'açı modülasyonu' olarak isimlendirilir.

b) Taşıyıcı dalgaya göre ikinci tür modülasyon 'vurum modülasyonu' dur. Taşıyıcı dalga periyodik vurum (puls) dizisi şeklindedir [46] .

Çalışmamızın konusu 'sürekli dalga modülasyonu' ile ilgili olduğundan sadece bu modülasyon sınıfından olan genlik ve açı modülasyonları aşağıda anlatılacaktır.

Sürekli dalga modülasyonu

$$c(t) = A \cos(\omega_c t + \phi) \quad (3.1)$$

şeklinde genel olarak ifade edilebilir. Bir sinüzoidalde A genliği, ω_c frekansı veya ϕ fazından birisi bilgi işaretine bağlı olarak değiştirilip modülasyon yapılabilir.

$f(t)$ bilgi işareti genlik modülasyonuna uğradığı zaman genel olarak

$$c_g(t) = f(t) \cos \omega_c t \quad (3.2)$$

şeklinde dir. Örneğin $f(t) = 1 + m \cos \omega_m t$ şeklinde ise

$$c_g(t) = \cos \omega_c t + \frac{m}{2} \cos(\omega_c - \omega_m)t + \frac{m}{2} \cos(\omega_c + \omega_m)t \quad (3.3)$$

olur. Burada ω_m bilgi işaretinin, ω_c taşıyıcı dalganın açısal frekanslarıdır. m ise $0 \leq m \leq 1$ aralığında değişebilecek 'modülasyon değişmezi' dir ([20], s. 15-17). Genlik modülasyonunda modüle edilmiş dalganın zarfı bilgi işaretini verir. Uygulamada bilgi işaretini tam olarak saptayabilmek için $\omega_c \gg \omega_m$ olmalıdır.

Açı modülasyonunda sinüzoidal taşıyıcının $\phi(t)$ açısı bilgi işareti $f(t)$ ye bağlı olarak değiştirilir. Bu değişim türüne göre faz veya frekans modülasyonu adını alır. Bir açı modülasyonu genel olarak

$$c(t) = \cos \phi(t) \quad (3.4)$$

şeklinde yazılabilir. $\phi(t)$ açısı zamanla 'doğrusal' olarak değişirse, yani $\phi(t) = \omega_c t + \phi_0$ ise ; $\phi(t)$ nin zamana göre türevi alınarak, taşıyıcının ω_c frekansı bulunur. Eğer $\phi(t)$ açısı, bilgi işareti $f(t)$ ye bağlı olarak doğrusal değişiyorsa

$$\phi(t) = \omega_c t + \phi_0 + kf(t) \quad (3.5)$$

faz modülasyonu elde edilir. Faz modülasyonlu dalga biçimi ise

$$c_p(t) = \cos [\omega_c t + \phi_0 + kf(t)] \quad (3.6)$$

olur. Burada k bir dizge değişmezi ve ϕ_0 , t_0 anındaki başlangıç fazıdır.

Ansal frekans,

$$\omega_a(t) = \frac{\partial \phi(t)}{\partial t} \quad (3.7)$$

olduğundan, fazı modüle edilmiş dalga biçiminin ω_a ansal frekansı

$$\omega_a(t) = \frac{\partial [\omega_c t + \phi_0 + kf(t)]}{\partial t} = \omega_c + k \frac{\partial f(t)}{\partial t} \quad (3.8)$$

olur. Buna göre faz modülasyonunda ansal frekans, $f(t)$ bilgi işaretinin türevi ile 'doğrusal' olarak değişir [47] .

Ansal frekans, bilgi işareti $f(t)$ ile 'doğrusal' olarak değişirse frekans modülasyonu elde edilir. Bu durumda ω_a ansal frekansı

$$\omega_a(t) = \omega_c + k_f f(t) \quad (3.9)$$

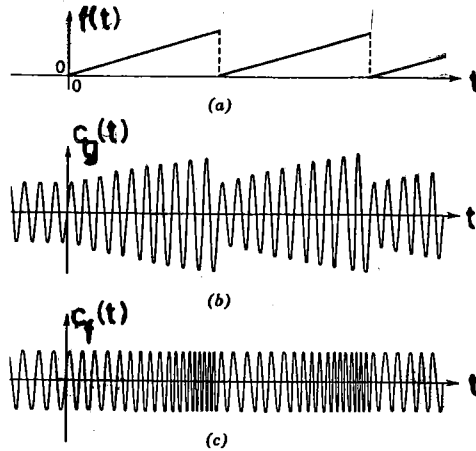
şeklindedir. Frekans modüle olmuş dalganın $\phi(t)$ açısı ile (3.7) eşitliğinden yararlanılarak

$$\phi(t) = \phi_0 + \int_{t_0}^t \omega(z) dz \quad (3.10)$$

olur. (3.10) eşitliğinde (3.9) un değeri yerine konularak ve (3.4) eşitliğinden yararlanılarak, frekans modüle olmuş dalga biçimi

$$c_f(t) = \cos \left[\omega_c t + \int_{t_0}^t f(z) dz \right] \quad (3.11)$$

şeklinde yazılabilir [46,47] .



Şekil 3.1 (a) Bilgi işareti (b) genlik modüle olmuş dalga, (c) frekans modüle olmuş dalga [47] .

Şekil 3.1 de genlik ve frekans modüle edilmiş dalga şekilleri görülmektedir. İzleyen alt bölümde doğrusal frekans modüle olmuş sinyalleri bastırmak için DFMUS'un kuramı verilmiştir.

3.2 DOĞRUSAL FREKANS MODÜLASYONLU UYUMLANMIŞ SÜZGEÇLER

Doğrusal frekans modülasyona uğramış bir dalga $v(t)$ olsun [20] :

$$v(t) = \begin{cases} \cos \left(\omega_c t + \frac{\Delta\omega}{2T} t^2 \right), & -T/2 \leq t \leq T/2 \\ 0, & \text{Diğer zamanlarda} \end{cases} \quad (3.12)$$

yine burada ;

ω_c taşıyıcı dalganın açısal frekansı (rad / s)

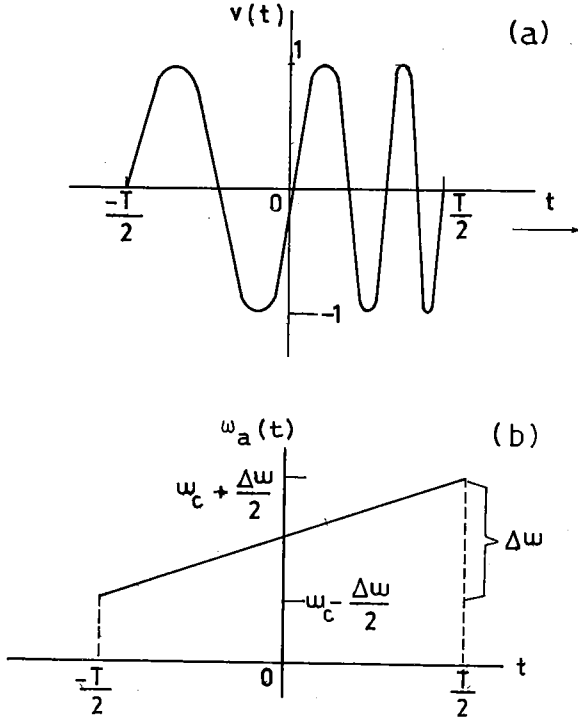
$$\phi(t) = \omega_c t + \frac{\Delta\omega}{2T} t^2 \text{ ansal faz açısı}$$

$$\omega_a(t) = \frac{\partial \phi(t)}{\partial t} = \omega_c + \frac{\Delta\omega}{T} t \text{ ansal frekans, } -T/2 \leq t \leq T/2 \text{ ve}$$

T (saniye) modüle dalganın süresidir. $v(t)$ ye bir örnek Şekil 3.2 a da ve onun $\omega_a(t)$ ansal frekansının görünümü Şekil 3.2 b de verilmiştir.

$v(t)$ nin Fourier dönüşümü

$$\begin{aligned} V(i\omega) &= \int_{-T/2}^{T/2} \cos \left(\omega_c t + \frac{\Delta\omega}{2T} t^2 \right) e^{-i\omega t} dt \\ &= \frac{1}{2} \int_{-T/2}^{T/2} \exp \left[i \left[(\omega_c - \omega) t + \frac{\Delta\omega}{2T} t^2 \right] \right] dt + \\ &\quad \int_{-T/2}^{T/2} \exp \left[-i \left[(\omega_c + \omega) t + \frac{\Delta\omega}{2T} t^2 \right] \right] dt \end{aligned} \quad (3.13)$$



Şekil 3.2 (a) Doğrusal frekans modülasyonlu dalga şekli, (b) $v(t)$ nin ansal frekansı [20].

dir. (3.13) eşitliğinde ilk tümlev artı taşıyıcı frekansları, ikinci tümlev eksi taşıyıcı frekansları içermektedir. Artı frekanslar ile ilgilenileceğinden ikinci tümlev gözardı edilecektir. Buna bağlı olarak

$$V(i\omega) = |V(i\omega)| e^{i(\phi_0 + \phi_1(\omega))} \quad (3.14)$$

olur. Burada

$$\phi_1 = -\pi D \left(\frac{\omega - \omega_c}{\Delta\omega} \right)^2, \quad (3.15)$$

ve ϕ_0 başlangıç fazı'dır.

$$D = \frac{\Delta\omega T}{2\pi} = \Delta f T \quad (3.16)$$

şeklinde verilerek buna ileride 'sıkıştırma oranı' denilecektir.

(3.14) eşitliğinde $D=25$ veya 25 den daha büyük olduğu zaman $|V(i\omega)|$ genlik spektrumunun bir dikdörtgen pencereye yaklaştığı görülür. Bu durumda $|V(i\omega)|$ genlik spektrumu ile D arasında

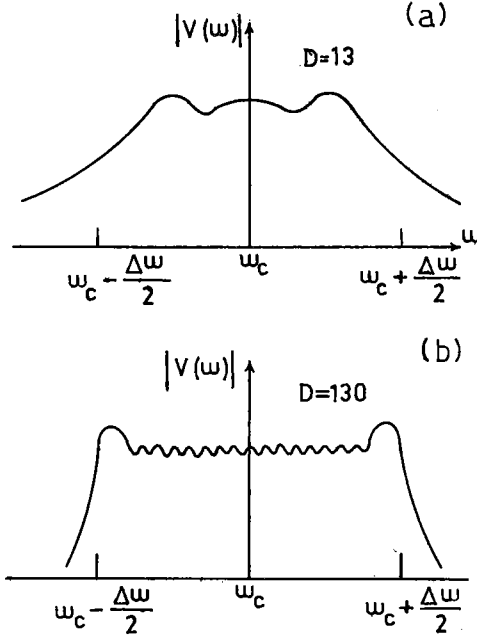
$$|V(i\omega)| = \begin{cases} T/2\sqrt{D}, & \omega_c - \frac{\Delta\omega}{2} \leq \omega \leq \omega_c + \frac{\Delta\omega}{2} \\ 0, & \text{Diğer frekanslarda} \end{cases} \quad (3.17)$$

ilişkisi vardır [20]. D nin 13 ve 130 gibi küçük ve büyük iki değeri için $|V(i\omega)|$ nin alacağı durum Şekil 3.3a ve Şekil 3.3b de verilmiştir.

Tekrar (2.4) eşitliğini gözönüne alarak, $v(t)$ ye uyumlanacak 'US tepki yanıtı'

$$h(t) = \begin{cases} \frac{2\sqrt{D}}{T} \cos\left(\omega_c t - \frac{\Delta\omega}{2T} t^2\right), & -T/2 \leq t \leq T/2 \\ 0, & \text{Diğer zamanlarda} \end{cases} \quad (3.18)$$

olur. Burada Δ gecikmesi gözardı edilmiştir. k sabiti olarak $2\sqrt{D}/T$ alınmıştır. T uyumlanacak sinyalin saniye olarak boyudur. Böylece bu $h(t)$ süzgeci, frekans modülasyonuna uğramış $v(t)$ yi süzmede kullanılabilir. Bu süzmenin sonucu



Şekil 3.3 D nin farklı iki değeri için $|V(i\omega)|$ genlik spektrumları [20] .

olacak $u(t)$, 'evrişim tümlevi' kullanılarak elde edilebilir :

$$u(t) = \frac{2\sqrt{D}}{T} \int_{-\infty}^{\infty} \cos\left(\omega_c \tau + \frac{\Delta\omega}{2T} \tau^2\right) \cos\left[\omega_c(t-\tau) - \frac{\Delta\omega}{2T}(t-\tau)^2\right] d\tau. \quad (3.19)$$

Bazı matematiksel işlemlerden sonra

$$u(t) = \sqrt{D} \frac{\sin \pi D \frac{t}{T} \left(1 - \frac{|t|}{T}\right)}{\pi D \frac{t}{T}} \cos \omega_c t \quad (3.20)$$

olur. (3.20) eşitliği aynı zamanda $v(t)$ nin özilişki fonksiyonuna da karşı gelmektedir. Bu ilişki (2.18) eşitliğinden görülebilir. Ayrıca $u(t)$ çıkışının $\sin x/x$ fonksiyonuna yak-

laştığı da (3.20) eşitliğinden açıkça izlenebilmektedir.

Gerçekte frekans ortamında D arttıkça $|V(i\omega)|$ 'nin dikdörtgen fonksiyonuna yaklaşması nedeniyle, zaman ortamında da $\sin x/x$ fonksiyonuna yaklaşılması doğaldır.

D değiştirgeninin etkisini incelemek ve çıkışın $\sin x/x$ fonksiyonuna yaklaştığını daha iyi görebilmek için D'nin değişik değerler içermesi durumunda (3.20) eşitliği kullanılarak dört $u(t)$ çıkışı Şekil 3.4 de verilmiştir. D = 100 olduğu zaman $u(t)$ süzgeçlenmiş çıktının ne kadar dar bir zaman aralığına sıkıştığı izlenebilmektedir.

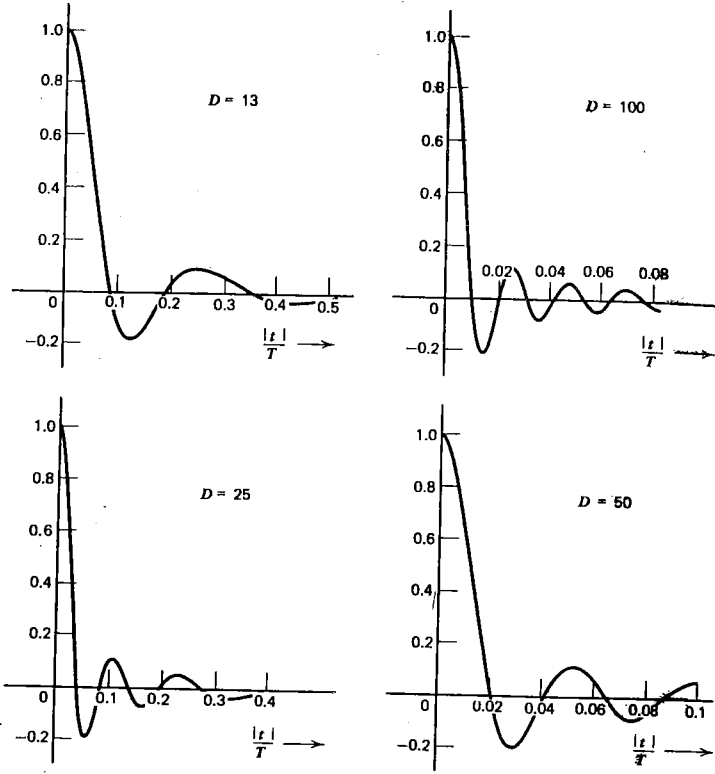
DFMUS düzenlemede büyük önemi olan ve (3.16) eşitliği ile tanımlanan D 'sıkıştırma oranı' daha genel olarak

$$D = \frac{\text{Giriş dalgacığının süresi}}{\text{Çıkış dalgacığının süresi}} = \frac{T}{1/\Delta f} = \Delta f T \quad (3.21)$$

yazılabilir. (2.7) ve (3.14) eşitlikleri gözönüne alınarak 'DFMUS dönüşüm fonksiyonu'

$$H(i\omega) = \begin{cases} \exp \left[i \left[\pi D \left(\frac{\omega_c - \omega}{\Delta \omega} \right)^2 - \omega t_1 - \phi_0 \right] \right], & \omega_c - \frac{\Delta \omega}{2} \leq \omega \leq \omega_c + \frac{\Delta \omega}{2} \\ 0, & \text{Diğer frekanslarda} \end{cases} \quad (3.22)$$

olur. Burada (2.7) eşitliğindeki Δ gecikmesi yerine t_1 kullanılmıştır. (3.22) eşitliğinde büyük ayraç içindeki ifade DFMUS'un fazıdır. Bu fazın



Şekil 3.4 Değişik D değerleri için $v(t)$ nin DFMS ile süzül-
müş çıktıları [20].

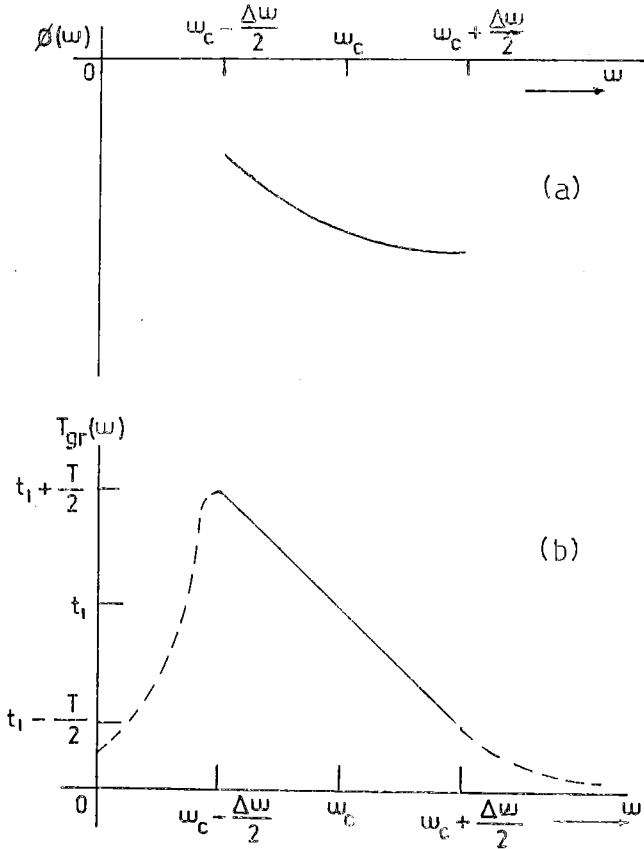
$$\phi(\omega) = \pi D \left(\frac{c}{\Delta\omega} \right)^{-\omega} - \omega t_1 - \phi_0 \quad (3.23)$$

olduğu görülmektedir.

(3.23) deki süzgeç fazıyla, $V(i\omega)$ nın (3.15) eşitliğinde verilen fazı karşılaştırıldığında ters işaretli oldukları görülür. Fazın frekansa göre türevi alınırsa $t_{gr}(\omega)$ gurup gecikmesi elde edilir. Buna göre (3.23) eşitliği için gurup gecikmesi

$$t_{gr}(\omega) = \frac{\partial \phi(\omega)}{\partial \omega} = t_1 + T \left(\frac{\omega - \omega_c}{\Delta \omega} \right) \quad (3.24)$$

olarak bulunur. (3.23) ve (3.24) eşitlikleri çizilirse, $v(t)$ frekans modülasyonlu girişinin, süzgeçleme sonucu sıkışmasının nedeni daha iyi açıklanabilir. DEMUS un faz spektrumu ve grup gecikmesi eğrisi Şekil 3.5 de verilmiştir. Şekil 3.5b ile Şekil 3.2 karşılaştırıldığında zaman $v(t)$ nin $\omega_a(t)$



Şekil 3.5 (a) DEMUS un spektrumu, (b) DEMUS un grup gecikmesi eğrisi [20].

anlık frekansı zamanla doğrusal olarak artarken DFMUS un $t_{gr}(\omega)$ gurup gecikmesi frekans ile azalmaktadır. Bu ters işlev süzgeçleme sonucunda bir demodülasyona neden olmaktadır.

DFMUS un bu alt bölümde anlatılan kuramından hareket edilerek, onun doğrusal veya doğrusala yakın frekans modüle olmuş kanal dalgalarını bastırmada etkili olacağı düşünülmüştür.

Doğrusal frekans modülasyonlu kanal dalgalarında $t_{gr}(\omega)$ gurup gecikmeleri frekansla doğrusal değiştiğinden, buna bağlı olarak gurup ve faz hızlarının değişimi de doğrusal olacaktır. Bu duruma göre DFMUS, kanal dalgalarının gurup veya faz hızlarının frekans ile doğrusal değiştiği frekans aralığında etkin olacaktır. Bu aralığın yansıma sismolojisi uygulamaları için duyarlı bir şekilde kestirilmesinde (p, τ) ve (p, f) haritalama ve dönüşüm yöntemlerinden yararlanılmıştır. Yansıma sismolojisinde karşılaşılan doğrusal frekans modülasyonlu kanal dalgalarının DFMUS kullanılarak bastırılması izleyen bölümde ayrıntılı olarak incelenmiş ve denenmiştir.

BÖLÜM 4

DFMUS'UN SİSMİK YANSIMA UYGULAMALARI

DFMUS'un doğrusal veya doğrusala yakın frekans modüle olmuş kanal dalgalarını bastırmadaki etkinliğini araştırmak için bu bölümde yapay ve gerçek sismik yansımaya verileriyle uygulamalar yapılmıştır. Uygulama sonuçları tek boyutlu frekans süzgeci ve bazı çok izli süzgeçlerle karşılaştırılmış ve irdelenmiştir.

İzleyen alt bölümde DFMUS uygulamalarında kullanılmış yapay verilerin nasıl elde edildiği anlatılmıştır.

4.1 YAPAY VERİ OLUŞTURULMASI

Yapay sismik yansımaya verisi oluşturmak için yansımaya (sinyal), ilişkili gürültü ve gelişigüzel gürültüler (1.1) eşitliği gözönüne alınarak taslaklanabilir. Bu çalışmada kanal dalgalarının DFMUS kullanılarak bastırılması sınanacağı için ilişkili gürültü olarak kanal dalgaları kullanılmıştır.

Kanal dalgalarını düşük hız katmanının fiziksel özelliklerini hesaba katarak elde etmek için tabakalı ortamda dalga yayınımına ilişkin ilkeleri kullanarak yapay sismogram hesaplanabilir [25] .

$|V(i\omega)|$ genlik spektrumu ve $\phi(\omega)$ faz spektrumu ile verilmiş bir dispersiv dalga dizisi, Fourier dönüşümü alınarak aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\begin{aligned}
 v(t) &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |V(i\omega)| e^{-i\omega t + i\phi(\omega)} d\omega \\
 &= \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} |V(i\omega)| \cos[\omega t - \phi(\omega)] d\omega \quad (4.1)
 \end{aligned}$$

(4.1) zamana bağılı bir boyutlu eşitliktir. Bunun uzaklıkla değişimi gözönüne alınarak

$$v(t, x) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |V(i\omega)| \exp[-i\omega t + ik_n x + i\phi(\omega)] d\omega \quad (4.2)$$

bağıntısındaki gibi yazılabilir. Bazı matematik işlemler ve yaklaşımlar yapılarak

$$v(t, x) \approx \frac{|V(i\omega)|}{2\pi} \left[\frac{2\pi}{|x| \frac{d^2 k_n}{d\omega^2}} \right]^{1/2} \exp[-i\omega t + ik_n(\omega)x + i\frac{\pi}{4}] \quad (4.3)$$

elde edilir ([48], s.260). Burada k_n , n inci maddaki dalga sayısıdır. İstenilen model için grup hızı ($U_n = d\omega/dk_n$ ve/veya $dU^{-1}/d\omega$) bilinirse (4.3) eşitliği kullanılarak yapay kanal dalgası hesaplanabilir.

Amacımız gerçek bir düşük hız katmanı modellemek ve bir model çalışması yapmak olmadığı için, yapay kanal dalgası olarak 'chirp sinyali' kullanılmıştır. Bu dalga şekli doğrusal frekans modülasyonuna sahip olduğundan çalışmaya daha uygun düşmektedir. Chirp sinyali

$$v(t) = \begin{cases} \sin\left(2\pi\left(f_0 + \frac{f_1 - f_0}{2L} t\right)t\right), & 0 < t < T \\ 0, & \text{Diğer zamanlarda} \end{cases} \quad (4.4)$$

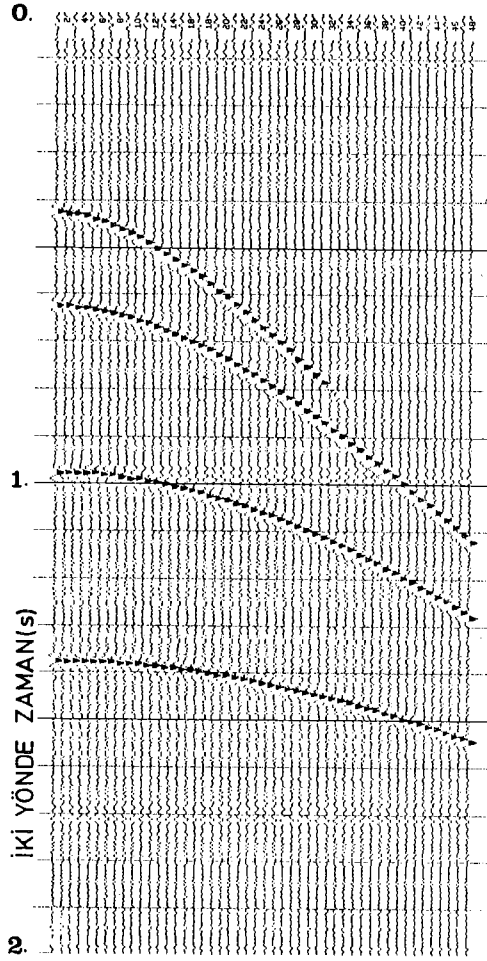
eşitliği ile yazılabilir [49] . Burada T elde edilecek dispersiv dalğanın saniye olarak boyu, f_0 ve f_1 (Hz) frekans penceresinin alt ve üst sınırlarıdır. Yapay kanal dalgası oluşturmada (4.4) eşitliği $v(t,x)$ şeklinde çok izli olarak kullanılmıştır.

Tekdüze, yönbağımsız, yatay tabakalanmış bir ortam düşünölmüş ve arayüzeylerden yansıyıp gelen yansımalar için Ricker dalgacıkları kullanılmıştır [50] . Her arayüzeyden gelen yansımaları (t,x) düzlemine yerleştirmek için izleyen bağıntıdan yararlanılmıştır [26] :

$$t^2 = \frac{x^2 + 4h^2}{v^2} = \frac{x^2}{v^2} + t_0^2 \quad (4.5)$$

Çok izli yapay sismik verilerin tümünde dört yatay tabaka düşünölmüş ve yukarıdan aşağıya doğru 2500, 2700, 3000 ve 3500 m/s hızları kullanılarak (4.5) eşitliğiyle her arayüzey (t,x) düzlemine 40 Hz Ricker dalgacıkları konularak yerleştirilmiştir. Bu işlem 48 iz için yapılmış ve izler arası 50m alınmıştır. Izlere ayrıca gelişigüzel gürültü eklenmiştir. Şekil 4.1 de bu tabakalı yapının yapay sismik verisi izlenmektedir.

Bundan sonraki alt bölümde uygulama için kullanılacak çok izli yapay sismik verilerde Şekil 4.1 esas alınmış, bunun üzerine değişik frekans pencereli ve izden iz 14ms/iz kayma zamanlı kanal dalgaları eklenerek değişik çok izli yapay sismik veriler elde edilmiştir.



Şekil 4.1 Tekdüze yönbağımsız dört yatay tabaka için yapay sismik veri. Veriye ilişkili gürültü eklenmemiştir.

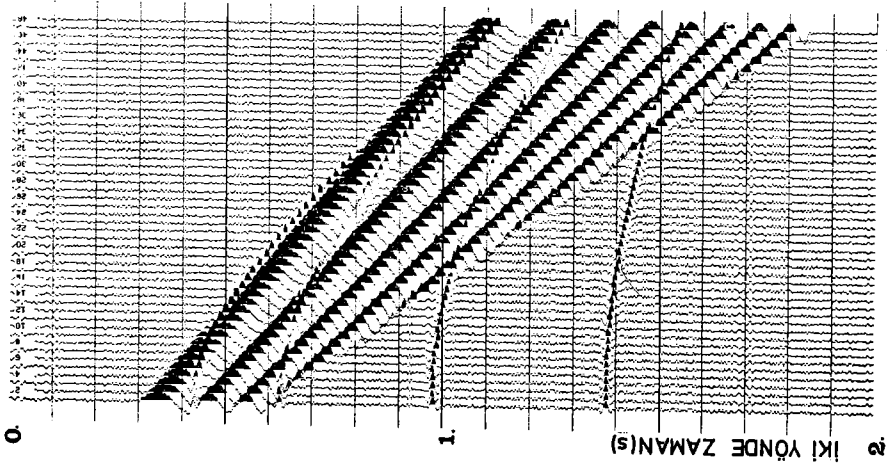
4.2 YAPAY VERİ UYGULAMALARI

(4.4) eşitliği yardımıyla 5-15Hz frekans penceresi içerisinde ve T boyu uzaklıkla değişen kanal dalgaları kullanılarak 4.1 alt bölümünde anlatıldığı gibi çok izli yapay veri elde edilebilmiştir (Şekil 4.2 , VERİ-1).

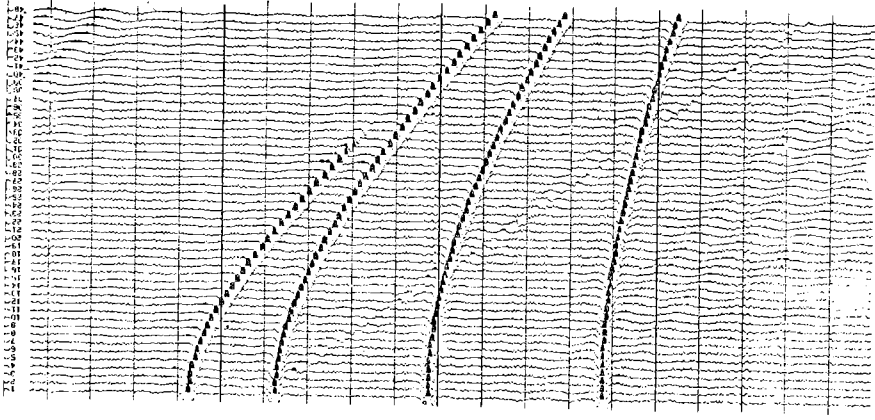
3.2 alt bölümünde kuramı verilen DFMUS (3.22) eşitliği kullanılarak VERİ-1'e uygulanmak üzere düzenlenmiştir. Bu düzenleme yapılırken D sıkıştırma oranı 50 olarak seçilmiştir. Bu seçim Şekil 3.4 deki sonuçlar gözönüne alınarak yapılmıştır. T modüle olmuş sinyal boyu VERİ-1 de görüldüğü gibi yelpaze şeklinde olduğundan değişik izlerdeki kalıcılıkları değişik zaman uzunluklarında olacaktır. Bu nedenle her iz için değişik kanal dalgası boyu alınarak her iz için değişik DFMUS uygulanabilir. Burada sunulan uygulamalarda tüm kanal dalgası boylarının ortalaması olarak $t_r = 400\text{ms}$ alınıp her iz için aynı DFMUS kullanılmıştır. VERİ-1 e DFMUS uygulandıktan sonraki çıkış Şekil 4.3 de görülmektedir.

DFMUS sonuçlarını çok izli süzgeçler ile karşılaştırmak amacıyla [5,6] daki gibi 'yelpaze kesmeli' çok izli süzgeçler kullanılmıştır. Bu süzgeçler TPAO veri işlem merkezindeki FANFLT ve FKFLT hazır programlarının yardımı ile yapay verilere uygulanmıştır.

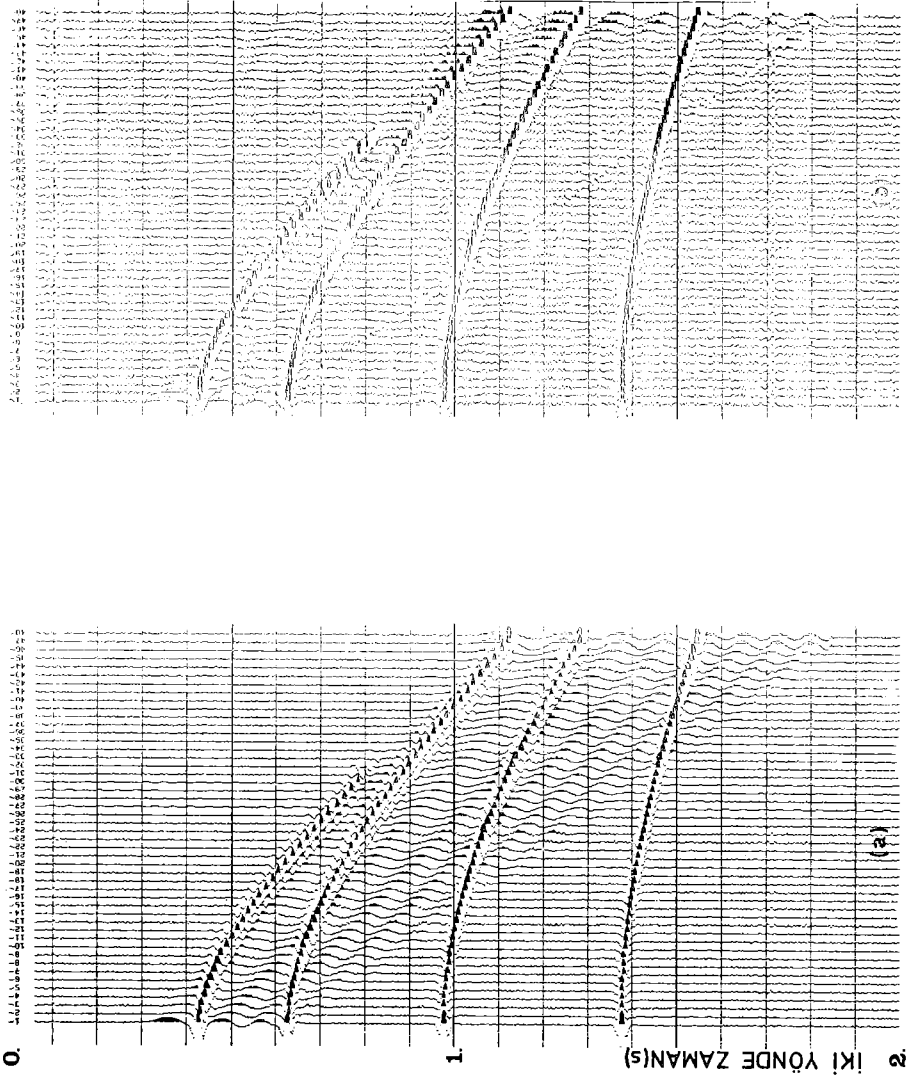
VERİ-1'e çok izli süzgeçleri uygulamak için ± 10 ms/iz geçirim penceresi veriden seçilmiştir. Bu seçim yapılırken ilişkili gürültünün izden iz kayma zamanının içine düşülmesine özel gösterilmiştir. Süzgeç boyutları 5×25 olarak kullanılmıştır. VERİ-1 in FANFLT ile süzgeçlenmiş çıktısı Şekil 4.4a da ve FKFLT ile süzgeçlenmiş çıktısı ise Şekil 4.4b de görülmektedir. Şekil 4.3 deki DFMUS çıktısı FANFLT ve FKFLT çıktılarını ile karşılaştırıldıklarında DFMUS'un kanal dalgalarını daha iyi bastırdığı ve Şekil 4.1 deki ilişkili gürültüsü olmayan veriye daha çok yaklaştığı izlenmektedir.



Şekil 4.2 Yapay sismik veri (VERI-1). Kanal dalgası frekans penceresi 5-15 Hz alınmıştır.

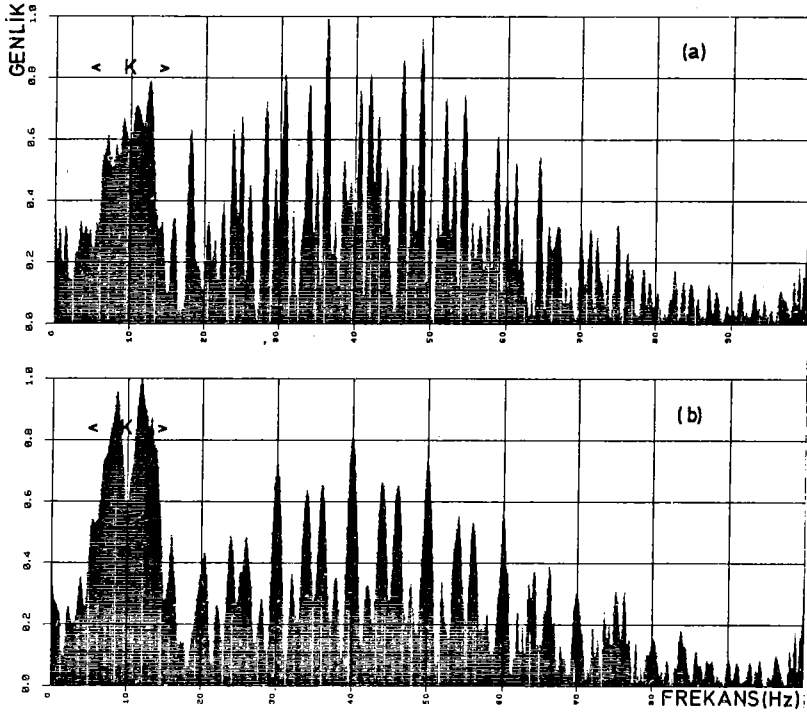


Şekil 4.3 VERI-1 in DFMOS uygulanmış çıktısı



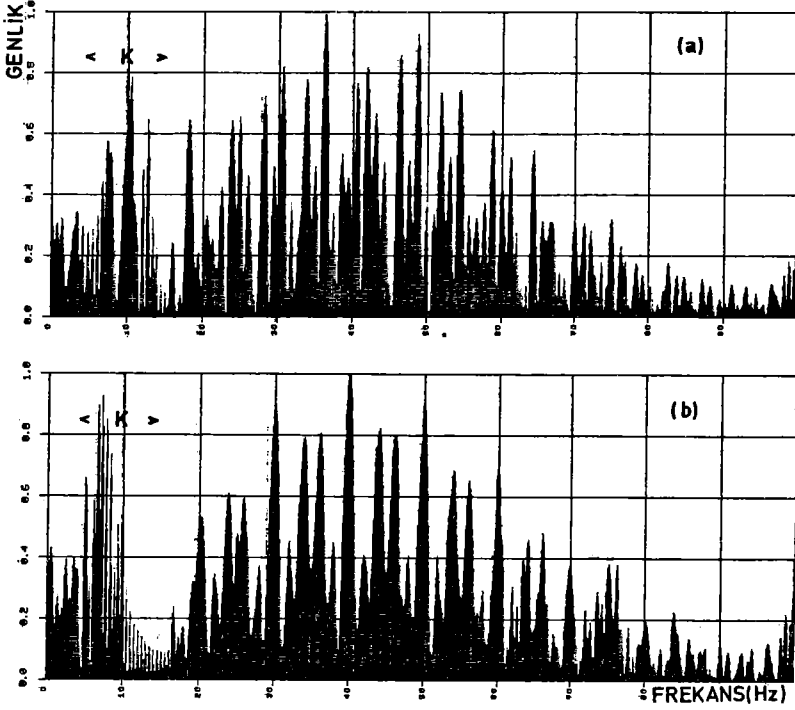
Şekil 4.4 (a) VERI-1 in FANFLT ile, (b) VERI-1 in FKFLT ile süzgeçlenmiş çıktıları.

Gerek FANFLT ve gerekse FKFILT ile süzgeçlenmiş çıktılar incelendiğinde özellikle uzak izlerde kanal dalgaları tümüyle bastırılmamıştır. Bu sonucu daha ayrıntılı görebilmek için sonuçlara spektral açıdan bakmak daha yararlı olmuştur. Şekil 4.5 de VERİ-1 in yakın ve uzak olmak üzere 12 nci ve 40 ıncı izlerinin genlik spektrumları verilmiştir. DFMUS ile



Şekil 4.5 VERİ-1 in (a) 12 nci ve (b) 40 ıncı izlerinin genlik spektrumları. 'K' kanal dalgasıdır.

süzülmüş VERİ-1 in 12 nci ve 40 ıncı izlerinin genlik spektrumları Şekil 4.6 da ve Şekil 4.7 de ise FANFLT ile süzülmüş VERİ-1 in 12 nci ve 40 ıncı izlerinin genlik spektrumları görülmektedir. FANFLT süzgeçlemeden sonra ilgilenilen frekans pen-

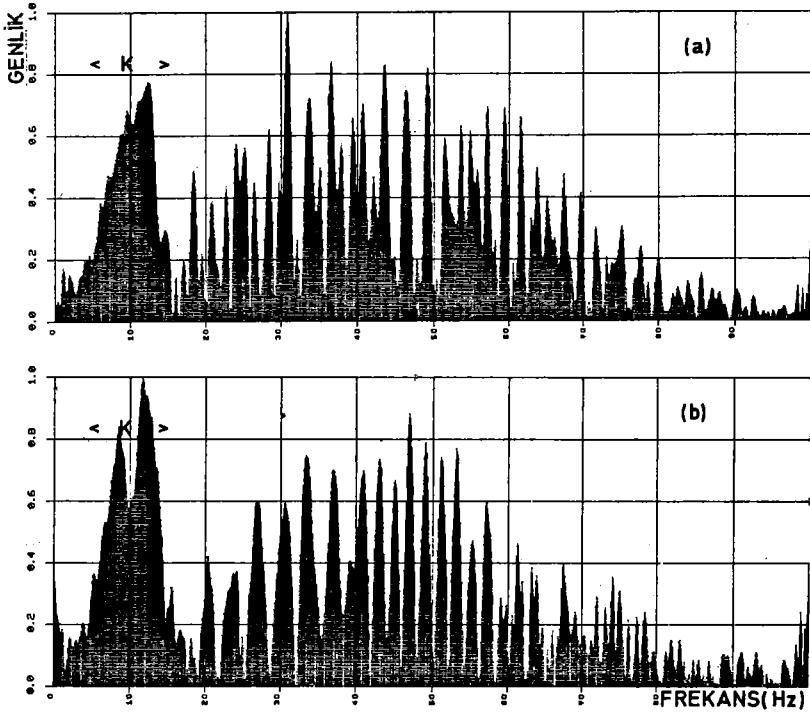


Şekil 4.6 VERİ-1 in DFMUS kullanılarak süzgeçlenmiş çıktısının (a) 12 nci ve (b) 40 ıncı izlerinin genlik spektrumları. 'K' kanal dalgasıdır.

ceresindeki kanal dalgası enerjisinin halen kaldığı Şekil 4.7 deki genlik spektrumlarından izlenmektedir. Oysa Şekil 4.6 da-ki spektrumlarda kanal dalgası enerjisinin DFMUS tarafından daha iyi bastırıldığı Şekil 4.5 ile karşılaştırıldığında açıkça görülmektedir.

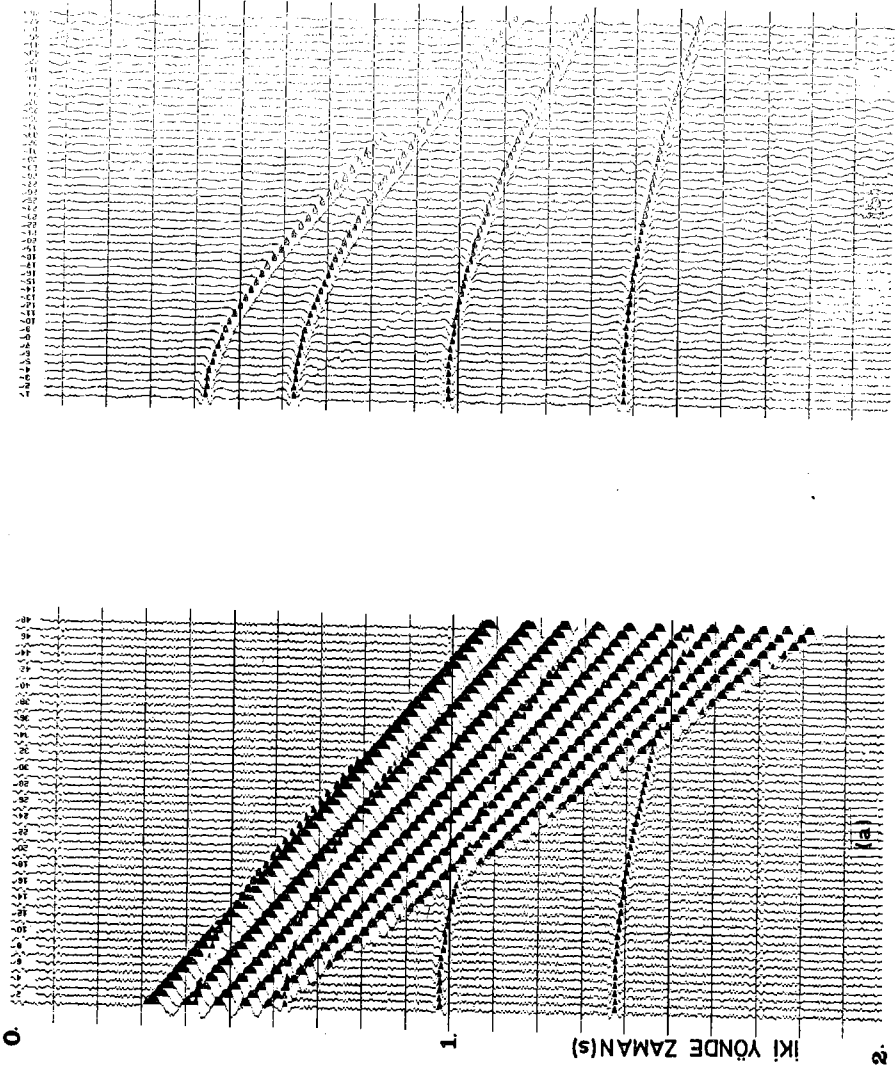
FANFLT sonuçlarıyla FKFILT sonuçlarının pek farklı olmadığı gözlenmiş ve bu nedenle FKFILT uygulamasına ait genlik spektrumlarına yer verilmemiştir.

VERİ-1 oluşturulurken kullanılan 5-15Hz lik kanal dalgası frekans penceresi bu kez 10-20Hz alınarak yeni bir yapay sismik veri elde edilmiştir (Şekil 4.8a, VERİ-2).

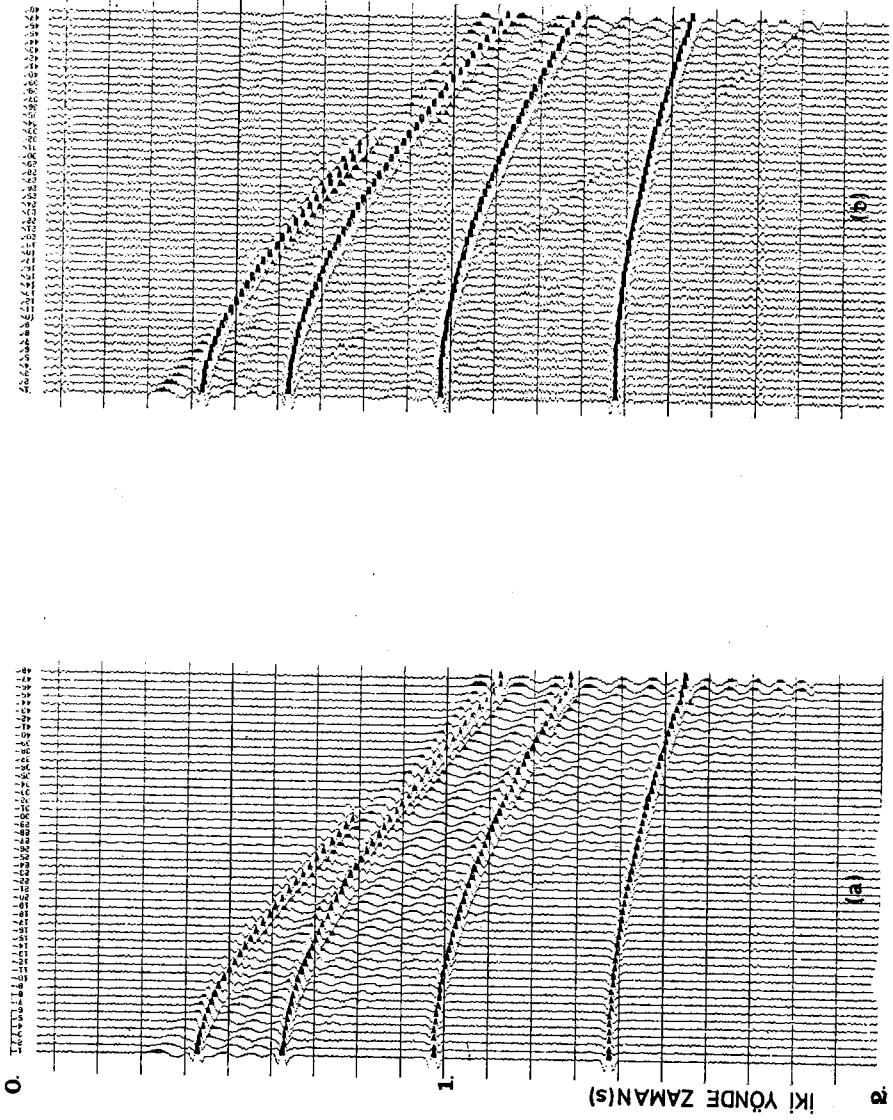


Şekil 4.7 VERİ-1 in FANFLT kullanılarak süzgeçlenmiş çıktısının (a) 12 nci ve (b) 40 ıncı izlerinin genlik spektrumları. 'K' kanal dalgasıdır.

VERİ-1 uygulamalarında izlenen yol VERİ-2 için de aynen izlenmiştir. VERİ-2 ye DFMUS, FANFLT, FKFILT uygulanmış ve süzgeçlenmiş çıktılar sırasıyla Şekil 4.8b, 4.9a ve 4.9b de verilmiştir. VERİ-2 nin DFMUS, FANFLT ve FKFILT ile süzgeçlenmiş çıktıları karşılaştırıldığında FANFLT ve FKFILT'in kanal dalgalarını yeterince bastıramadıkları verilen şekillerden izlenmektedir.

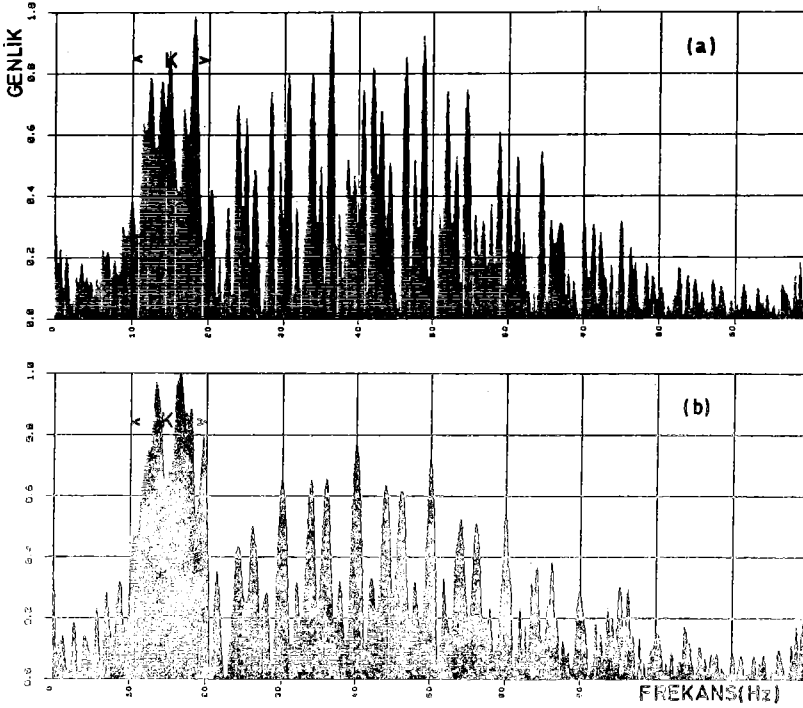


Şekil 4.8 (a) Yapay sismik veri (VERI-2). Kanal dalgası frekans penceresi 10-20 Hz alınmıştır, (b) VERI-2 nin DFMS uygulanmış çıktısı.



Şekil 4.9 (a) VERİ-2 nin FANFILT ile, (b) VERİ-2 nin FKFILT ile süzgeçlenmiş çıktıları.

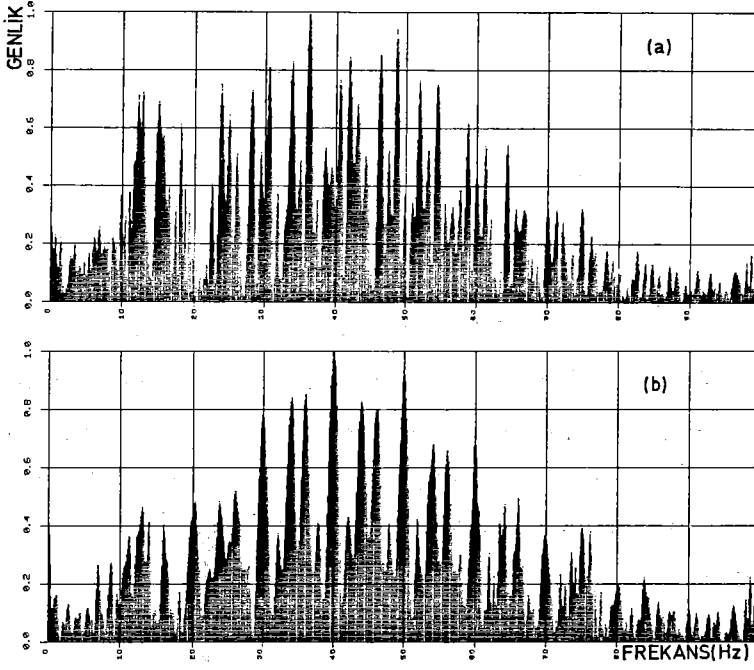
Süzgeçleme sonuçlarını yine spektral açıdan incelemek uygun görülmüştür. VERİ-2 nin süzgeçlemeden önceki 12 nci ve 40 ıncı izlerinin genlik spektrumları Şekil 4.10 da, DFMUS uygulandıktan sonraki 12 nci ve 40 ıncı izlerin genlik spektrumları Şekil 4.11 de ve FANFLT uygulandıktan sonraki 12 nci ve 40 ıncı izlerin genlik spektrumları Şekil 4.12 de verilmiştir. Şekil 4.11 ve 4.12, süzgeçlenmemiş izlere ait genlik



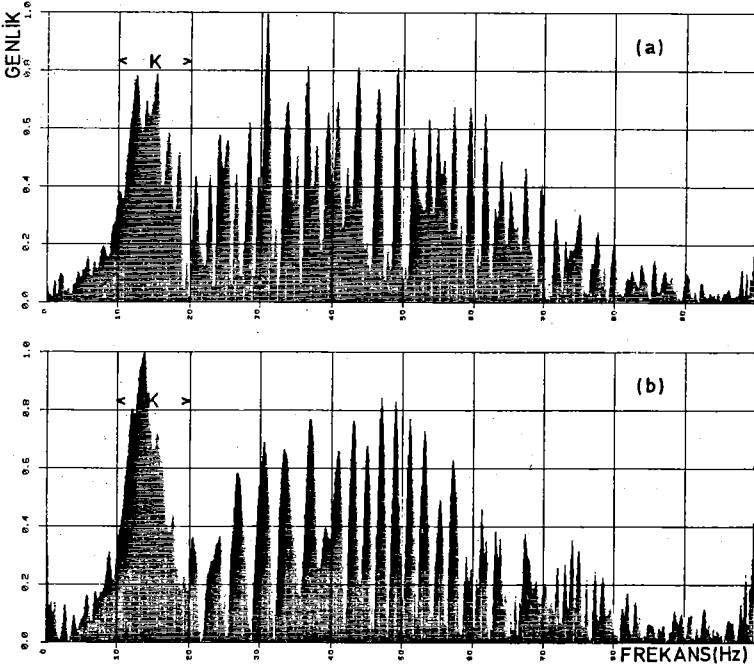
Şekil 4.10 VERİ-2 nin (a) 12 nci ve (b) 40 ıncı izlerinin genlik spektrumları. 'K' kanal dalgasıdır.

spektrumları olan Şekil 4.10 ile karşılaştırıldığı zaman DFMUS un kanal dalgalarını daha iyi bastırdığı gözlenmektedir.

Bir başka yapay veri oluşturmak için bu kez kanal dalgası frekans penceresi 25-35Hz seçilmiştir. Sismik yansıma dalgacığı olarak burada kullanılan Ricker dalgacığının merkez frekansının 40Hz olduğu hatırlanacak olursa; seçilen kanal dalgası frekans penceresinin Ricker dalgacığının merkez



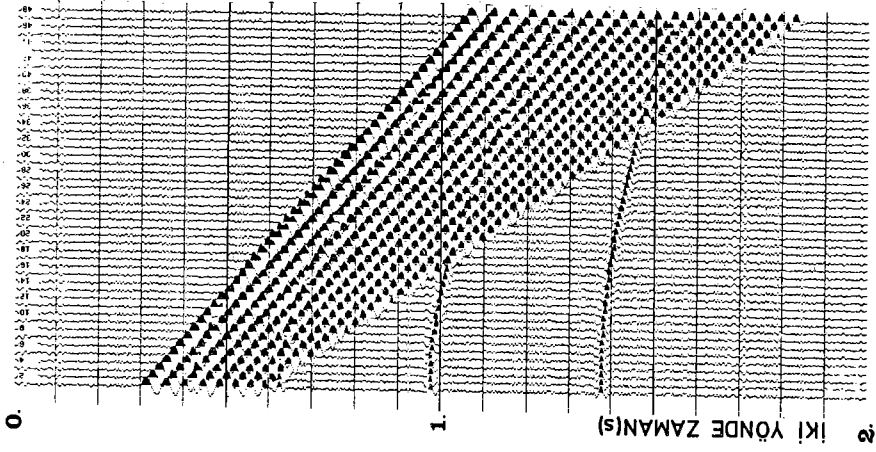
Şekil 4.11 VERİ-2 nin DFMUS kullanılarak süzgeçlenmiş çıktısının (a) 12 nci ve (b) 40 ıncı izlerinin genlik spektrumları.



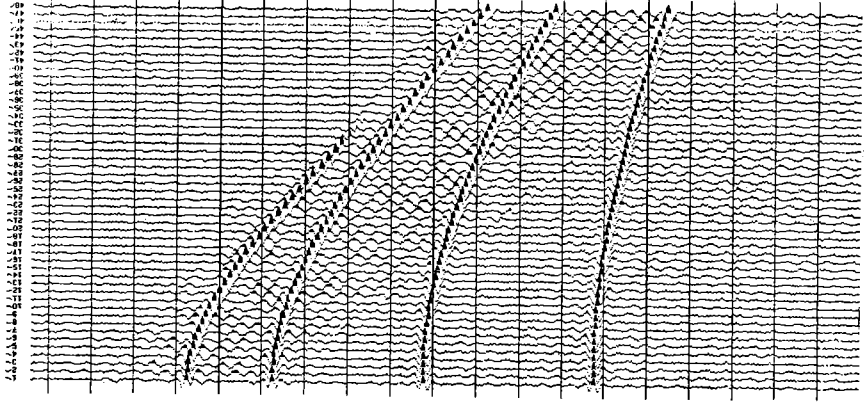
Şekil 4.12 VERİ-2 nin FANFLT kullanılarak süzgeçlenmiş çıktısının (a) 12 nci ve (b) 40 ıncı izlerinin genlik spektrumları. 'K' kanal dalgasıdır.

frekansına çok yakın olduğu söylenebilir. Bu yapay veri Şekil 4.13 de (VERİ-3) görülmektedir. VERİ-3 aslında özel bir durumdur. Gerçek yansıma verilerinde böyle yüksek frekanslı ve doğrusal frekans modülasyonlu kanal dalgalarına pek rastlanmaz. Fakat VERİ-3 bu özel durum için DFMUS'un sınanmasında yararlı olmuştur. VERİ-3 ün DFMUS, FANFLT ve FKFILT ile süzgeçlenmiş çıktıkları sırasıyla Şekil 4.14, 4.15a ve 4.15b de verilmiştir. Süzgeçleme sonuçları karşılaştırıldığında zaman DFMUS ve FKFILT'in kanal dalgalarını yeterince bastıramadıkları izlenmektedir. Fakat FANFLT kanal dalgalarını bastırmada biraz daha başarılı olmuştur. Spektral açıdan bakıldığında zaman, DFMUS ve FANFLT çıktılarının seçilen izlerinin genlik spektrumlarında ilgilenilen frekans penceresinde önemli derecede kanal dalgası enerjisi kalmadığı görülmektedir. VERİ-3 ün 12 ve 40 ıncı izlerine ait genlik spektrumları Şekil 4.16 da, DFMUS uygulandıktan sonraki 12 ve 40 ıncı izlere ait genlik spektrumları Şekil 4.17 de ve FANFLT uygulandıktan sonraki 12 ve 40 ıncı izlerin genlik spektrumları Şekil 4.18 de görülmektedir.

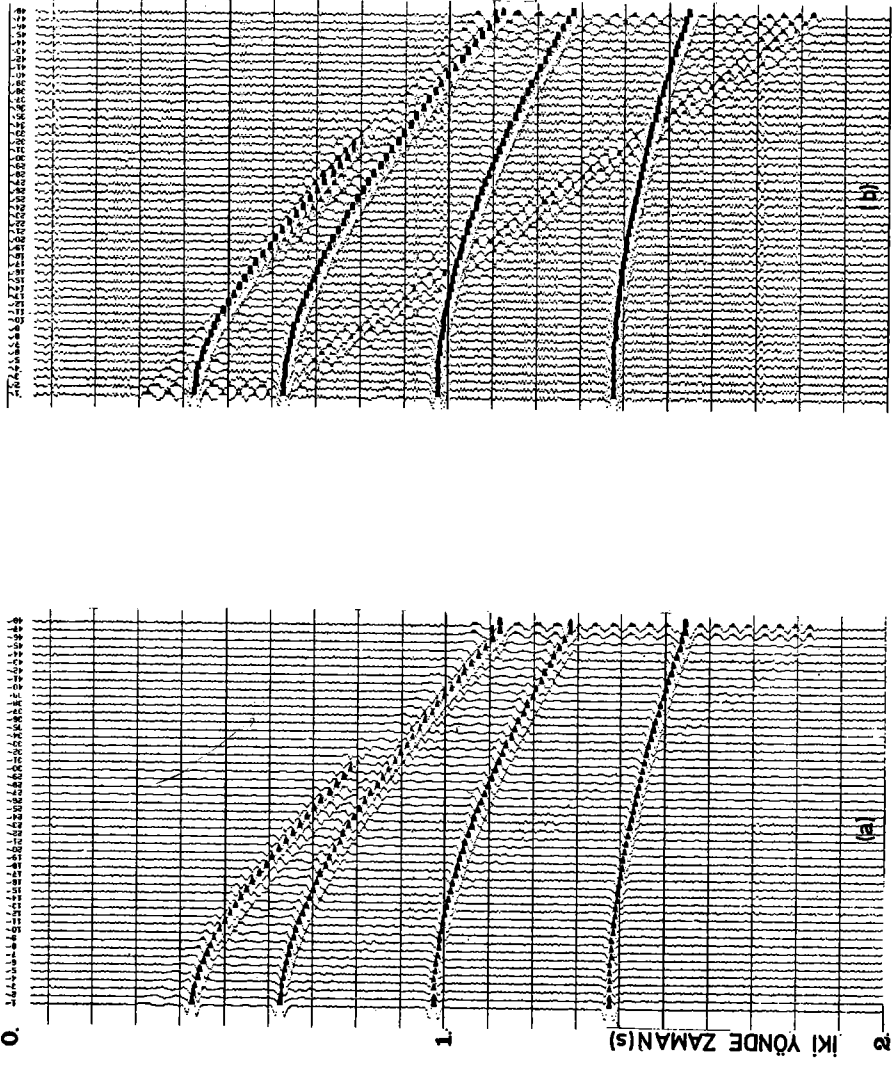
Bu alt bölümün başında DFMUS için D ve t_1 değiştirgenlerinin seçimi anlatılmıştı. Fakat DFMUS un frekans penceresinin seçiminden söz edilmemişti. Çünkü DFMUS burada yapay verilere uygulanırken, onun uyumlanacağı kanal dalgası frekans penceresi de bilinmekteydi. DFMUS düzenlerken bu pencerenin bilinmesi zorunluluğu vardır. Bir an için elimizdeki verilerin kanal dalgası frekans pencerelerinin bilinmediği varsayılınsın. Bu durumda kanal dalgası frekans penceresinin veriden kestirilmesi gerekir.



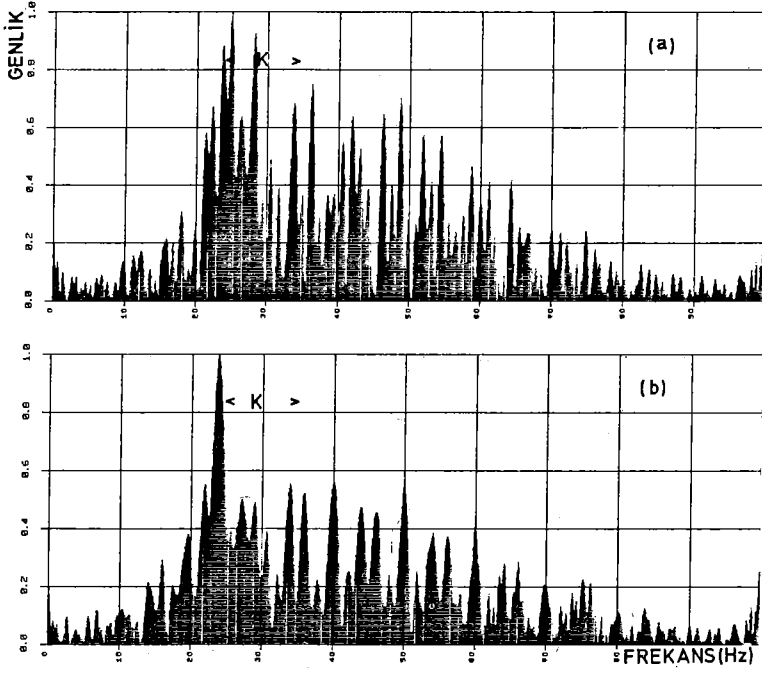
Şekil 4. 13 Yapay sismik veri (VERİ-3). Kanal dalgası frekansı penceresi 25-35 Hz alınmıştır.



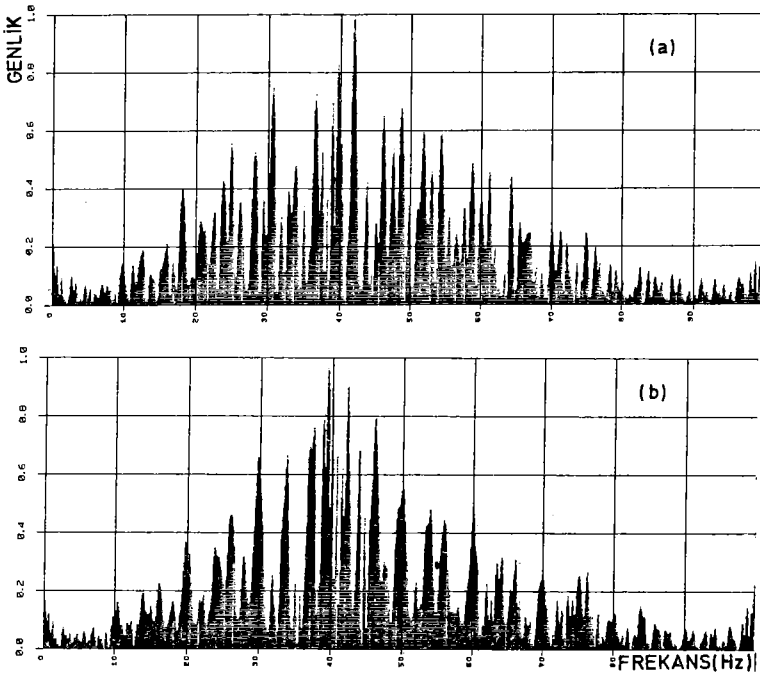
Şekil 4.14 VERİ-3 ün DFWS uygulananmış çıktısı.



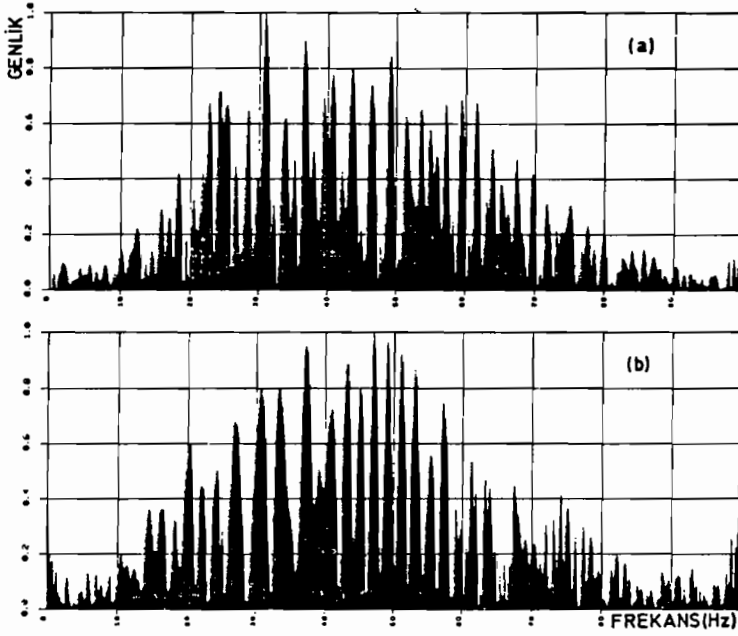
Şekil 4.15 (a) VERİ-3 ün FANFILT ile, (b) VERİ-3 ün FKFILT ile süzgeçlenmiş çıktıları.



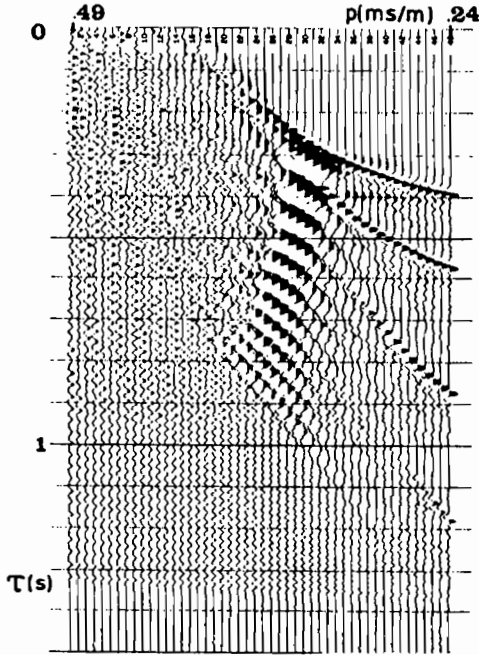
Şekil 4.16 VERİ-3 ün (a) 12 nci ve (b) 40 ıncı izlerinin genlik spektrumları. 'K' kanal dalgasıdır.



Şekil 4.17 VERİ-3 ün DFMUS kullanılarak süzgeçlenmiş çıktısının (a) 12 nci' ve (b) 40 ıncı izlerinin genlik spektrumları.

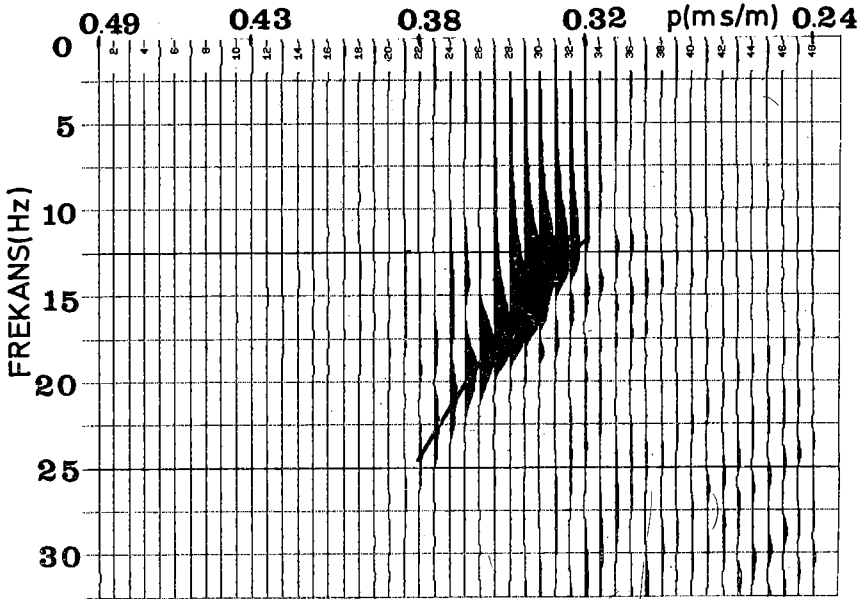


Şekil 4.18 VERİ-3 ün FANFLT kullanılarak süzgeçlenmiş çıktısının (a) 12 nci ve (b) 40 ıncı izlerinin genlik spektrumları.



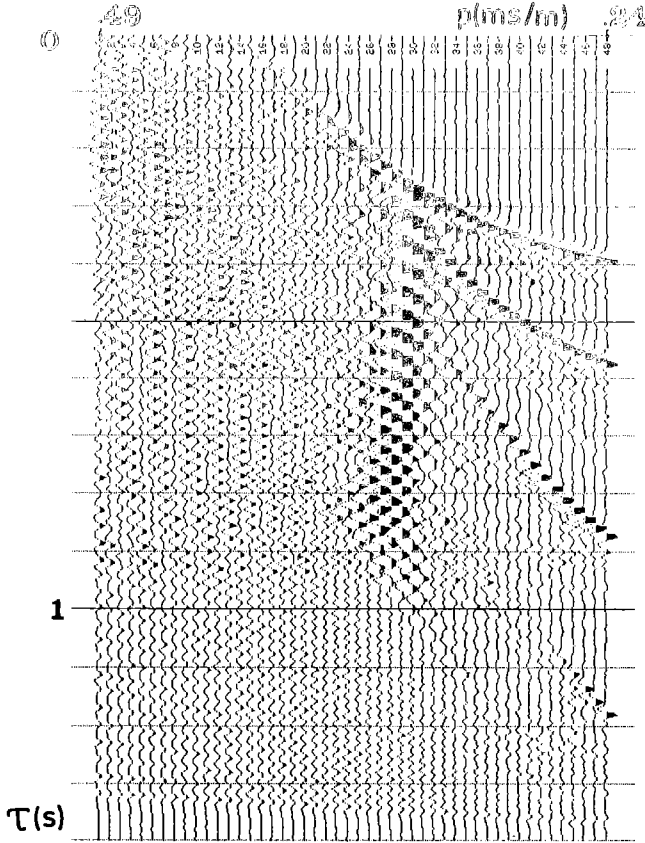
Şekil 4.19 VERİ-2 nin (p, τ) ortamı görünümü.

Verinin bir, iki izinin genlik spektrumları alınarak kanal dalgası frekans penceresi buradan yaklaşık kestirilebilir. Kötü kestirim DFMS düzenlemede kötü sonuç verir. Kestirimin daha doğru yapılması (p, τ) haritalama ve (p, f) dönüşüm yöntemlerinin kullanılmasıyla sağlanabilir. Örneğin Şekil 4.8a'daki VERİ-2'nin ve Şekil 4.13'deki VERİ-3'ün (p, τ) ve (p, f) yöntemleri yardımıyla kanal dalgaları frekans penceresi kestirilmeye çalışılsın. Buna göre VERİ-2'nin (p, τ) ve (p, f) ortamındaki görünüşleri Şekil 4.19 ve 4.20'de verilmiştir. VERİ-2'nin içerdığı kanal dalgası frekans penceresinin 10-20 Hz olduğu anımsanırsa, bu frekans penceresi Şekil 4.20'den $\approx 10-22$ Hz olarak kestirilebilir. Ayrıca $p = l/V_H$ olduğundan (V_H burada yatay faz hızıdır) kanal dalgası faz hızının frekans ile doğrusal değiştiği frekans aralığının da $\approx 10-22$ Hz olduğu yine Şekil 4.20'den izlenebilmektedir.



Şekil 4.20 VERİ-2'nin (p, f) ortamı görünümü.

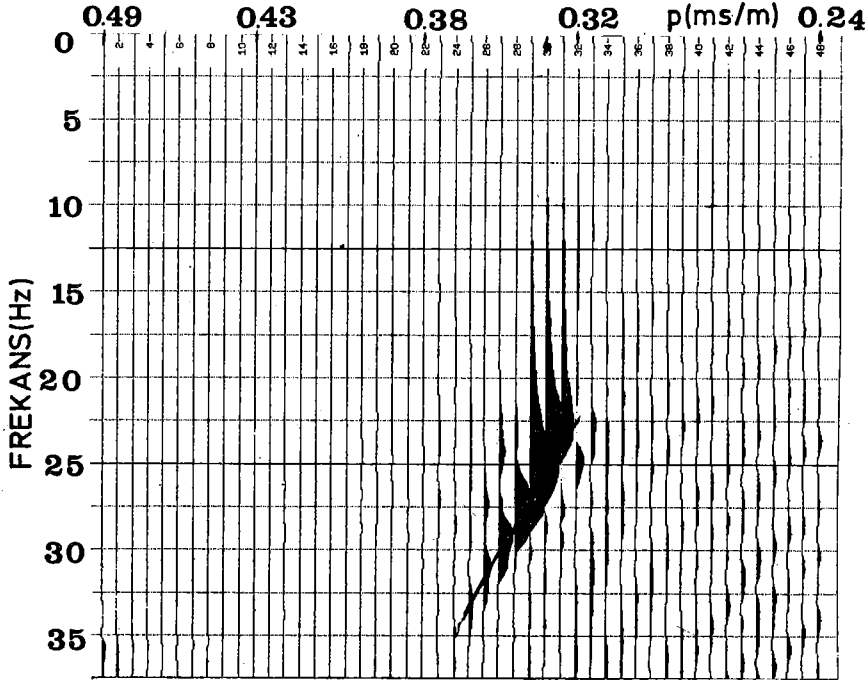
VERİ-3'ün (p, τ) ve (p, f) ortamı görünümüleri de Şekil 4.21 ve Şekil 4.22 de verilmiştir. (p, f) ortamı görünümünden VERİ-3 ün kanal dalgası frekans penceresi $\approx 24-34\text{Hz}$ olarak kestirilebilmiştir.



Şekil 4.21 VERİ-3 ün (p, τ) ortamı görünümü.

(f, k) dönüşüm yönteminden yararlanılarak da kanal dalgası frekans penceresinin kestirilmesi olasıdır. Ancak buradan yapılacak kestirim (p, f) ortamından yapılacak kestirimden daha iyi sonuç vermez. Şekil 4.8a daki VERİ-2 nin (f, k) ortamındaki görünümü Şekil 4.23 de verilmiştir. Şekilde 'K' ile gösterilen olay kanal dalgası enerjisidir.

Bir süzgecin süzgeçleme sonucunda gürültüleri bastırmasının yanında sinyalleri nasıl etkilediğini incelemeye kuşkusuz yarar vardır. Örneğin sismik dalgacığın fazı süzgeçlemeden sonra bozuluyor mu? Genlik spektrumunda önemli de-



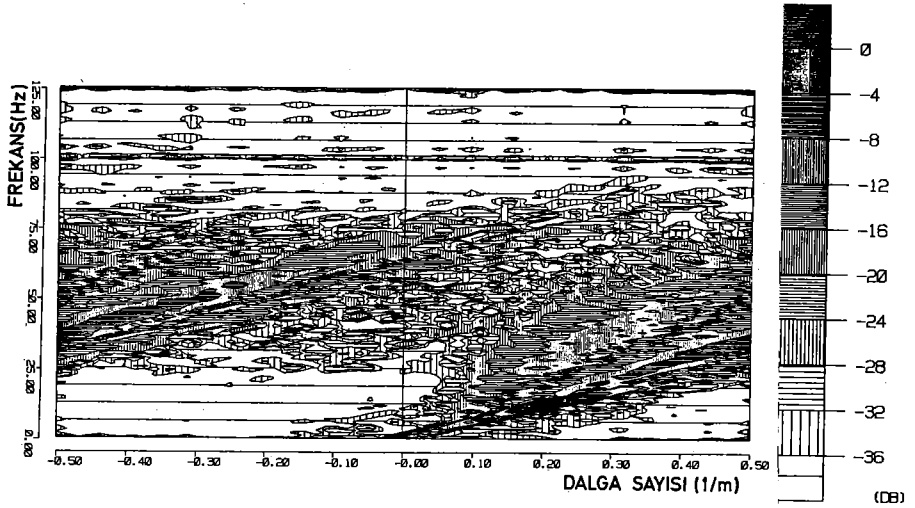
Şekil 4.22 VERİ-3 ün (p, f) ortamı görünümü

ğişiklikler oluyor mu? gibi sorulara yanıt aramak için VERİ-1 in 25 inci izinin 600-2000ms deki zaman penceresi örnek olarak ele alınmıştır. Özellikle VERİ-1 in seçilmesinin herhangi bir nedeni yoktur.

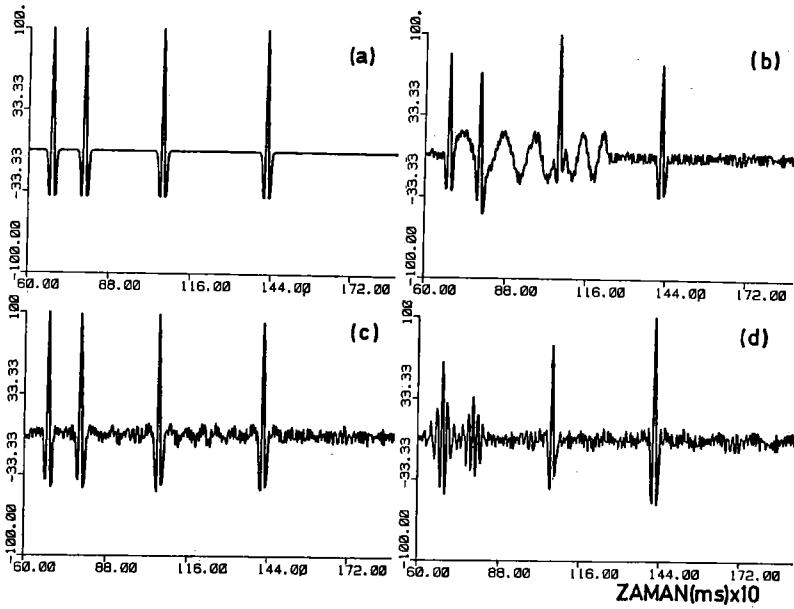
Seçilen zaman penceresi içindeki 40 Hz lik Ricker dalgacıklarının hiçbir gürültü eklenmemiş durumu Şekil 4.24a da, Ricker dalgacığına 5-15Hz frekans penceresinde kanal dalgası

ve gelişigüzel gürültü eklenmiş durum Şekil 4.24b de, bu verinin DFMUS ile süzölmüş çıktısı Şekil 4.24c de ve FANFLT ile süzölmüş çıktısı ise Şekil 4.24d de görölmektedir. Şekil 4.24c ile 4.24d karşılaştırıldığı zaman DFMUS çıktısının Ricker dalgacıklarını daha iyi açığa çıkardığı izlenmektedir. Şekil 4.24 deki verilerin genlik spektrumları sırasıyla Şekil 4.25a, 4.25b, 4.25c ve 4.25d de görölmektedir. Süzgeçlenmemiş veriye ait Şekil 4.25b deki genlik spektrumu ile 4.25c deki DFMUS ile süzölmüş verinin genlik spektrumlarına bakıldığında ; DFMUS sadece kanal dalgalarının ilgilenilen frekans penceresinde etkili olmuş, diğer frekanslardaki enerjilerde bir değişiklik yapmamıştır.

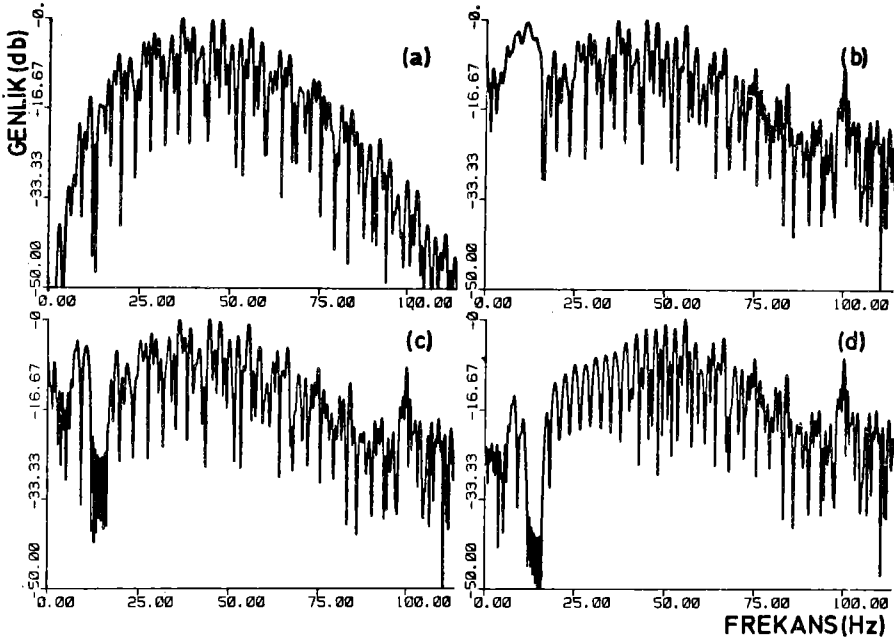
Şekil 4.24 deki veriye ait faz spektrumları da sırasıyla Şekil 4.26a, 4.26b, 4.26c ve 4.26d de verilmiştir. Fazlar sürekli faz eğrisi olarak hesaplanmıştır. Şekil 4.26c deki DFMUS ile süzgeçlenmiş çıktıya ait faz spektrumunun Şekil 4.26a daki yalın Ricker dalgacığının faz spektrumuna çok yakın olduğu gözlenmektedir. Dolayısıyla DFMUS süzgeçleme sonucunda dalgacık fazını bozmamıştır. Şekil 4.26d deki FANFLT'li çıktıya ait faz spektrumunun ise dalgacığıya ait faz spektrumundan çok ayrıldığı izlenmektedir. Yani FANFLT dalgacığının fazını bozmuştur.



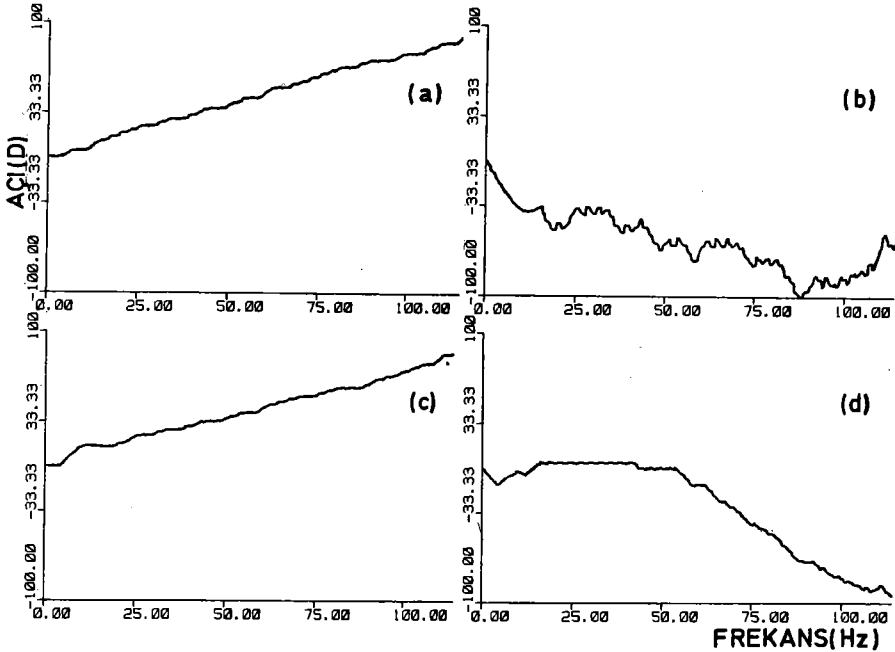
Şekil 4.23 VERİ-2 nin (f, k) ortamındaki görünümü. Kanal dalgası 'K' ile gösterilmiştir.



Şekil 4.24 VERİ-1 in 25 inci izine süzgeç uygulamaları. (a) 40 Hz Ricker dalgacıkları, (b) Ricker dalgacıklarının üzerine eklenmiş kanal dalgaları ve gelişigüzel gürültüler, (c) b verisinin DFMS ile süzölmüş çıktısı, (d) b verisinin FANFLT ile süzölmüş çıktısı.



Şekil 4.25 Şekil 4.24 deki verilerin karşılıklı olarak genlik spektrumları.

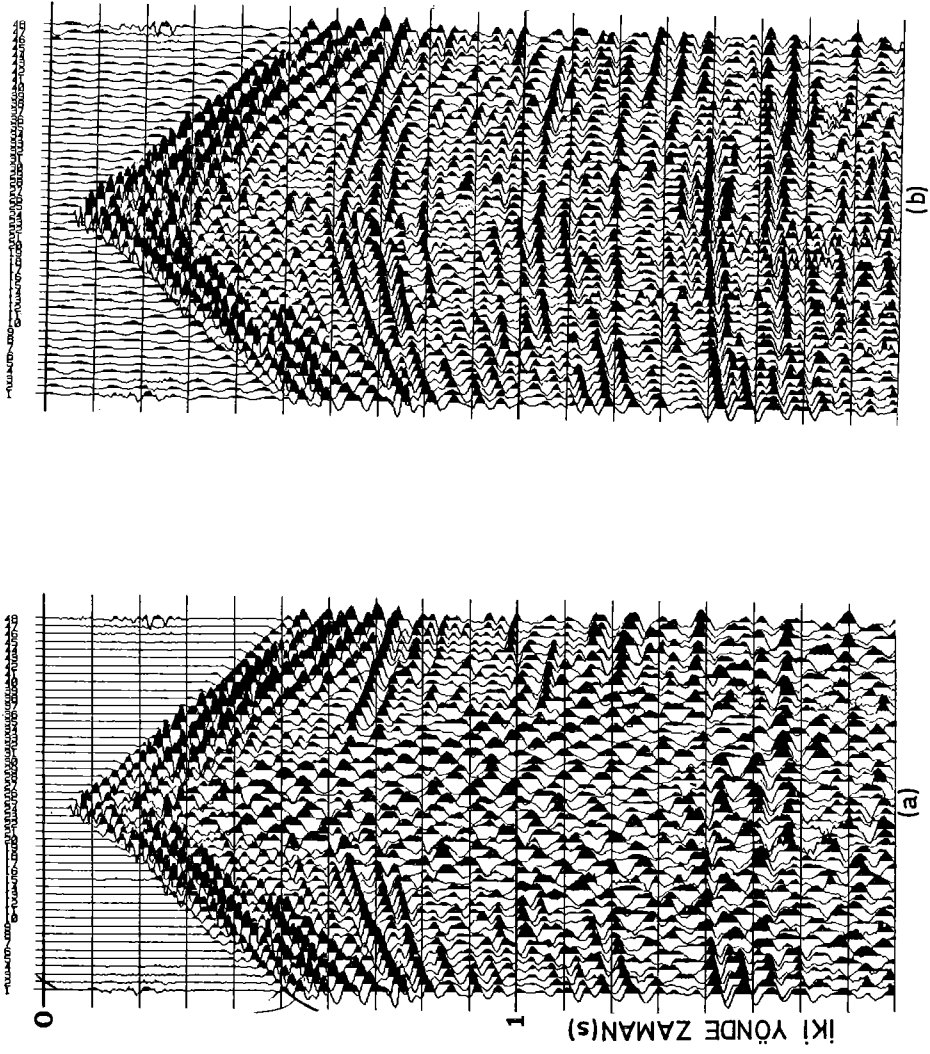


Şekil 4.26 Şekil 4.24 deki verilerin karşılıklı olarak sürekli faz spektrumları.

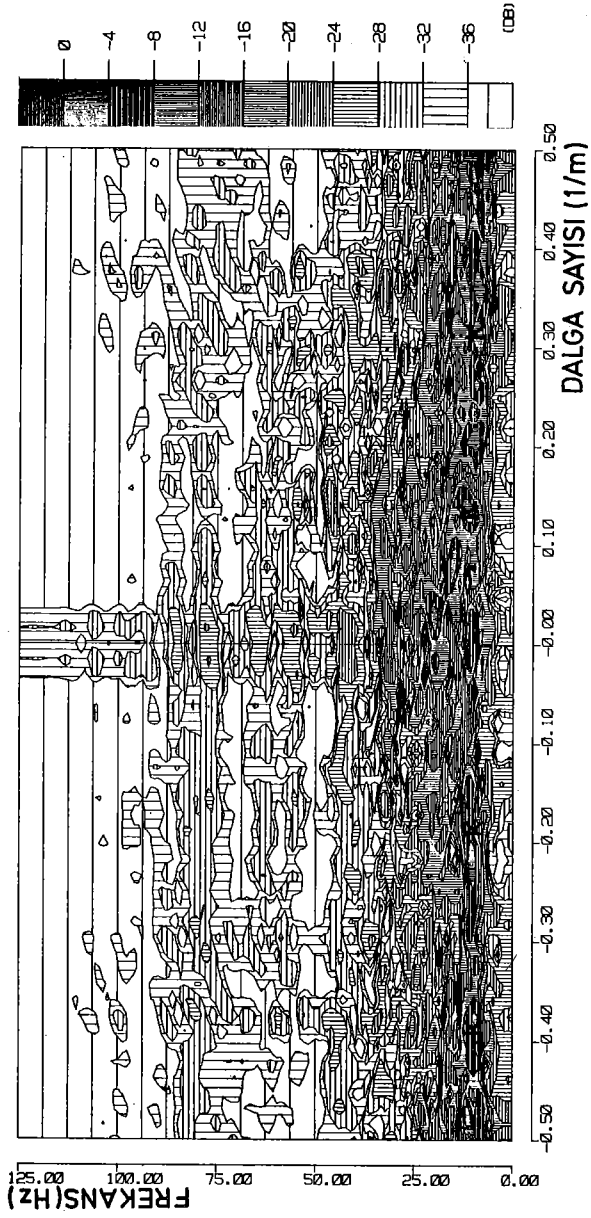
4.3 GERÇEK VERİ UYGULAMALARI

Sismik yansıma verilerinde varlığı istenmeyen kanal dalgaları pekçok bölgelerde sorun yaratmaktadırlar. Bu sorunlu bölgelerden birisi de Günyedoğu Anadolu Bölgesidir. Petrol potansiyeli bakımından önemli olan bu bölge kanal dalgaları için de güzel örnekler verdiği için DFMUS'un sınanmasında bu bölge verileri kullanılmıştır. Bu amaçla Siirt yöresinde 1981 yılında algılanmış S-1 sismik doğrultu verileri üzerinde çalışılmıştır. Kayıt aygıtı 48 kanallı DFS IV olup, enerji kaynağı olarak dinamit kullanılmış ve algılayıcılar arası 50m alınmıştır. Kanal dalgalarının etkinliğinden kurtulmak için 2.2 alt bölümünde sözü edilen paralelkenar algılayıcı düzeni 4X12 tek kaymalı küme şeklinde düzenlenmiştir. Düşük hız katmanının yer yer inceliyor kalınlaşması nedeniyle birçok atış verilerinde kanal dalgaları sorunuyla karşılaşmıştır.

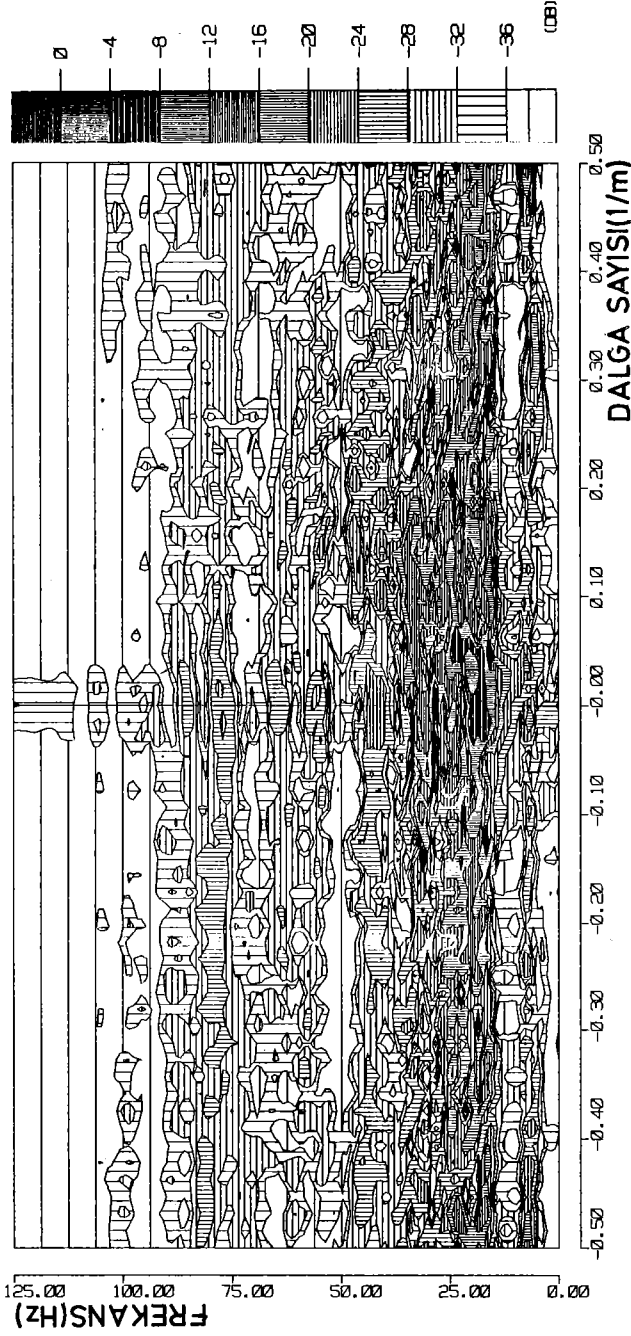
DFMUS'un gerçek verilere uygulanması için ilk örnek olarak Şekil 4.27a'daki atış verisi (sismogram-1) seçilmiştir. Verinin (p, f) ortamına dönüşümü yapılarak kanal dalgası frekans penceresinin 6-15Hz olduğu saptanmıştır. Bu frekans penceresi DFMUS düzenlemede kullanılmıştır. DFMUS için D sıkıştırma oranı 50 alınmış ve süzgecin uyumlanacağı t_1 m-ödüle olmuş dalganın zaman uzunluğu ise veriden 300ms olarak seçilmiştir. Bu değiştirgenlerle düzenlenen DFMUS veriye uygulanmış ve süzgeçlenmiş çıkış Şekil 4.27'de verilmiştir. Sismogram-1'in süzgeçlenmeden önceki (f, k) dönüşümü Şekil 4.28'de ve DFMUS uygulandıktan sonraki (f, k) dönüşümü ise Şekil 4.29'da görülmektedir. Bu dönüşüm için verinin 600-1500 ms zaman penceresi kullanılmıştır. Süzgeçlenmeden önceki



Şekil 4.27 (a) S-1 sismik doğrultusundan alınmış örnek sismogram-1, (b) sismogram-1 in DFMS ile süzgeçlenmiş çıktısı.



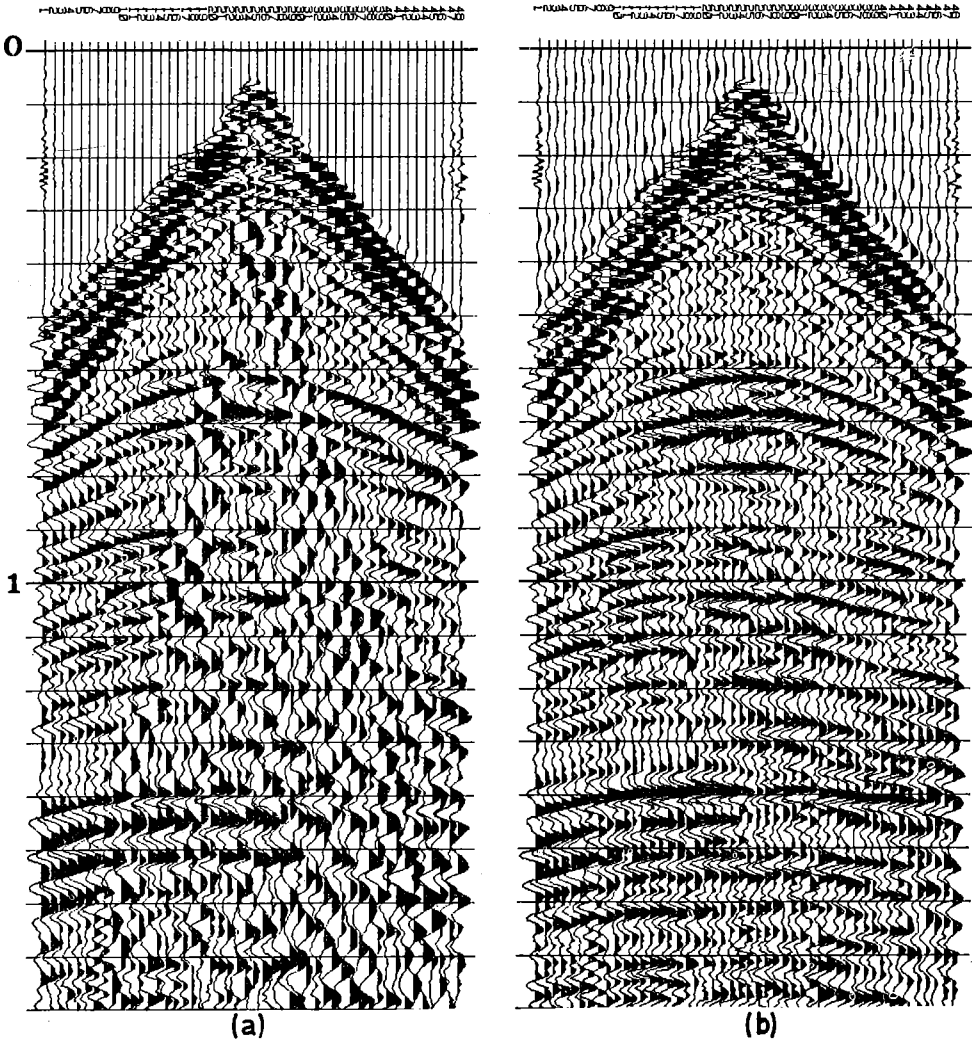
Sekil 4.28 Sismogram-1 in süzgeçlenmeden önceki (f, k) ortamı görünümünü. Kanal dalgası 'K' ile gösterilmiştir.



Şekil 4.29 Sismogram-1 in DFMUS uygulandıktan sonraki çıktısının (f, k) ortamı görünümü. Şekil 4.28 de var olan kanal dalgaları süzgeçlenmeden dolayı burada görülmemektedir.

ve sonraki (f,k) ortamı görünümleri incelendiğinde Şekil 4.28 de var olan kanal dalgası enerjisi (şekilde K ile gösterilen olay) süzgeçlemeden sonra Şekil 4.29 da görünmemektedir.

Bir başka DFMUS uygulaması için Şekil 4.30a daki (sismogram-2) veri kullanılmıştır. Burada da verinin 1000-1800 ms zaman penceresinde kanal dalgalarının etkin olduğu ve arayüzlerden gelen yansıma verilerini büyük ölçüde örttükleri



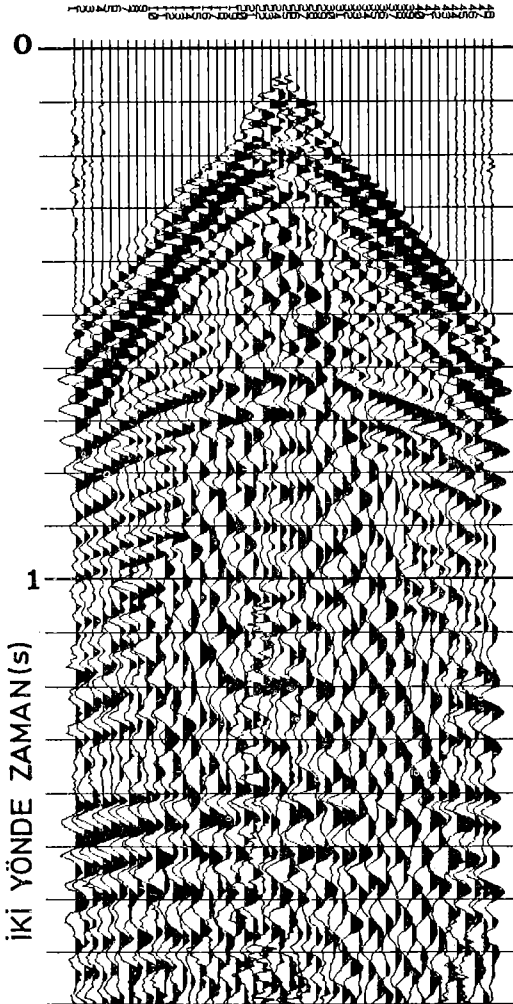
Şekil 4.30 (a) S-1 sismik doğrultusundan alınmış örnek sismogram-2, (b) sismogram-2 nin DFMUS ile süzgeçlenmiş çıktısı.

izlenmektedir. Önceki uygulamada kullanılan DFMUS değiştirgenleri burada da aynı değerle kullanılmış, ancak süzgecin uyumlanacağı t_1 modüle olmuş dalğanın zaman uzunluğu olarak 200ms seçilmiştir. Süzgeçleme sonucunda DFMUS un kanal dalgalarını bastırarak yansıma verilerini açığa çıkardığı izlenmiştir. Süzgeçleme sonucundaki görüntü Şekil 4.30b de verilmiştir.

Sismogram-1 ve sismogram-2 örneklerindeki kanal dalgaları, örneğin bir frekans süzgeciyle de bastırılabilir. Verilerdeki kanal dalgalarının frekans penceresinin 6-15Hz olduğu gözönüne alınırsa, bir frekans süzgeci kullanılarak bu frekans penceresindeki enerjilerin tümü söndürülebilir. Bunun sonucunda 2.3 alt bölümünde de açıklandığı gibi kanal dalgası bastırılmasının yanında aynı frekans penceresi içindeki sinyal enerjisi de bastırılmış olur. Bu durumda ise sismik dalgacığın düşey seçilebilirliği azalmıştır. Kuşkusuz bu azalma, dalgacığın frekans penceresinde yapılacak kesmenin (daraltmanın) büyüklüğüyle orantılı olarak değişir. DFMUS sismik dalgacığın enerjisine dokunmayıp, sadece kanal dalgası enerjisini ortadan kaldıracığı için düşey seçilebilirlik yönünden bir sorun yaratmaz.

Kanal dalgalarını bastırmak için, çok izli süzgeç kullanılması da verinin yüksek frekanslarının yitirilmesine ve daha düşük frekanslı sismik dalgacık elde edilmesine neden olur. Çünkü çok izli süzgeçler bir ağırlıklı yığıma yaparlar. Yığımanın S/G oranını artırmasının yanında yüksek frekanslı olayları söndürmesi bilinen bir gerçektir. Bu amaçla çok izli süzgeçler kullanılırken iz sayısının az tutulmasına özen gösterilmelidir [32] .

Buraya değin anlatılanlar izleyen uygulama sonuçlarında kendisini daha iyi göstermiştir. Bu amaçla S-1 sismik doğrultusu üzerinden kanal dalgası içeren iki ayrı atış verisi seçilmiş ve bunlara DFMUS, frekans süzgeci, çok izli süzgeç uygulanmış ve sonuçlar karşılaştırılarak irdelenmiştir.



Şekil 4.31 S-1 sismik doğrultusundan alınmış örnek sismogram-3.

Uygulama için seçilen verilerden birisi Şekil 4.31 de (sismogram-3) verilmiştir. Sismogram-3, veri özelliği yönünden sismogram-1 ve sismogram-2 ye benzemektedir.

Sismogram-3 ün (p,f) dönüşümünden saptanan kanal dalgası frekans penceresi 5-15Hz dir. DFMUS bu frekans penceresinde düzenlenmiştir. DFMUS için diğer değiştirgenler daha önceki örnekte kullanıldığı gibi alınmıştır. Sismogram-3 ün DFMUS uygulanmış çıktısı Şekil 4.32a da verilmiştir. Aynı verinin 0-15Hz alçak frekans penceresindeki olaylarını bastırarak şekilde bir yüksek geçirim frekans süzgeci kullanılmıştır. Bu süzgeçlenmiş çıkış Şekil 4.32b de verilmiştir.

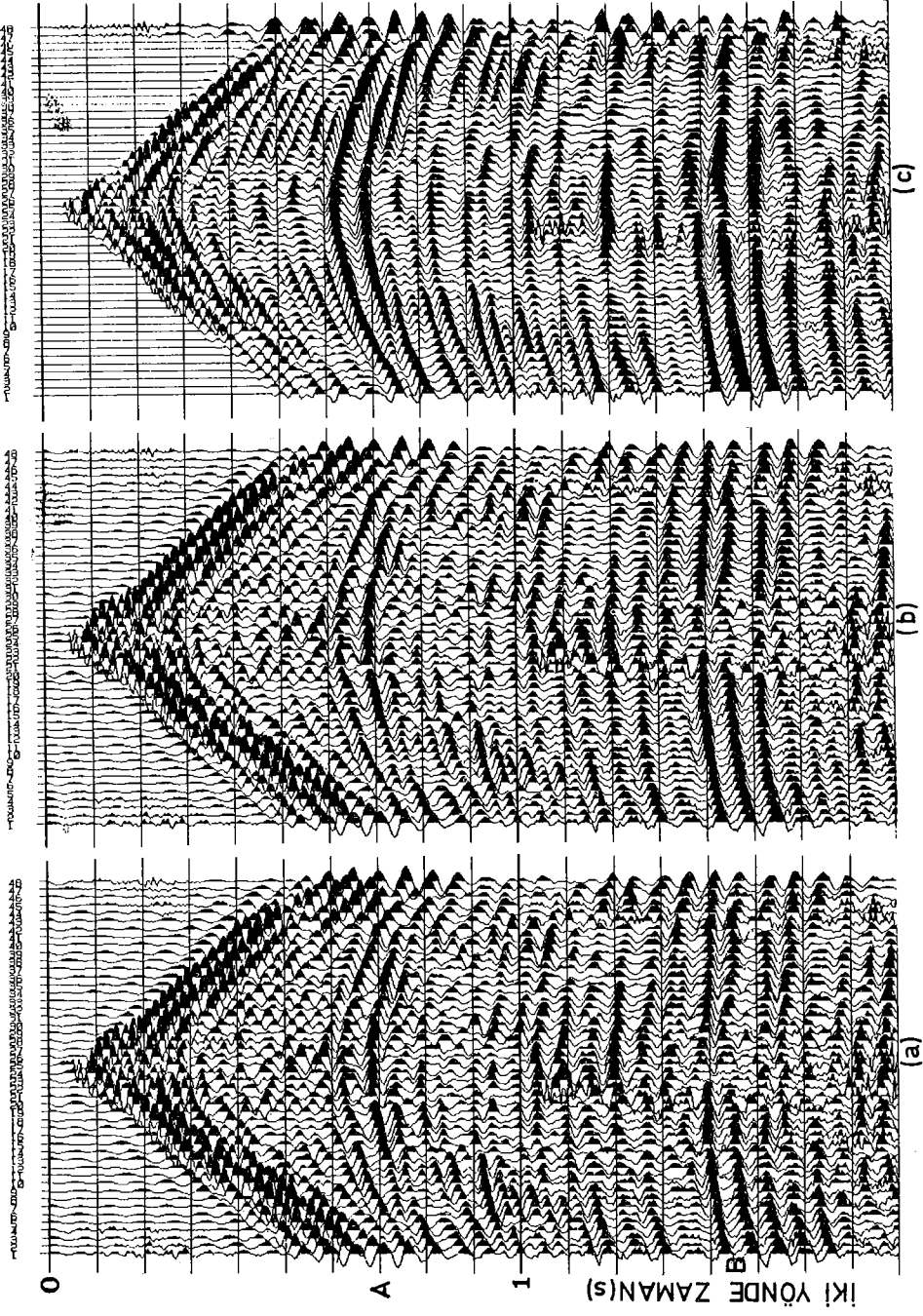
Çok izli süzgeç uygulaması için bu kez TPAO Veri İşlem Merkezindeki ve endüstri adı COHERE olan bir başka hazır program kullanılmıştır.

Sismogram-3 de kanal dalgalarının izden ize kayma zamanı ≈ 32 ms/iz olarak ölçülmüştür. Bu eğimdeki gürültüleri bastırmak amacı ile ± 7 ms/iz geçirim penceresi olan COHERE 5X31 boyutlarında düzenlenmiştir. Sismogram-3 ün COHERE ile süzgeçlenmiş çıktısı Şekil 4.32c de verilmiştir.

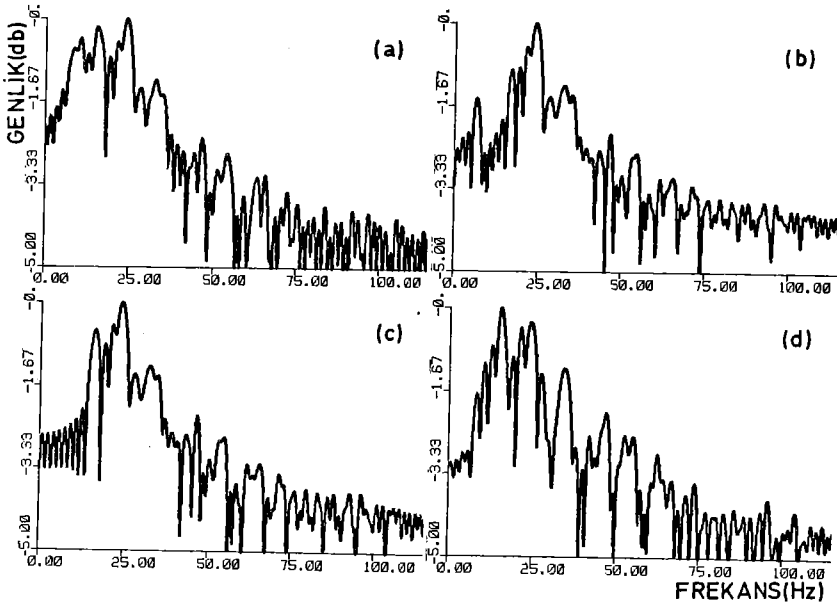
Verilen atış verisi örneklerinde bir yansıma olayı gözönüne alındığında izden ize kayma zamanlarının her yerde aynı olmadığı yani, doğrusallık göstermediği izlenir. Bu nedenle yansıma olaylarına doğrusallık kazandırıp daha sonra çok izli süzgeç uygulamak yararlıdır. Bu tür çok izli süzgeç uygulamaları daha başarılı sonuçlar vermektedir [32] . Buradaki uygulamalarda veriye normal kayma zamanı düzeltilmesi (NKZ) uygulanıp yansıma olaylarına doğrusallık kazandırılmış ve daha sonra çok izli süzgeç uygulanmıştır. Süzgeçlemeden sonra NKZ düzeltilmesi tekrar geri alınmıştır.

Şekil 4.32a, 4.32b ve 4.32c karşılaştırıldığında DFMUS uygulanmış çıktıda sismik dalgacığın diğer süzgeçlenmiş çıktılara göre daha yüksek frekanslı olduğu görülmektedir. Özellikle bu durum A ve B ile gösterilen olaylarda daha belirgindir. COHERE uygulanmış çıktıda genel olarak sismik dalgacığın düşük frekanslı bir şekil aldığı izlenmektedir.

Süzgeçleme sonuçları spektral açıdan da incelenmiştir. Bu amaçla sismogram-3 ün 40 ıncı izinin 600-1500ms zaman penceresi içindeki kısmı gözönüne alınmıştır. Bu verinin genlik spektrumu Şekil 4.33a da verilmiştir. Aynı verinin

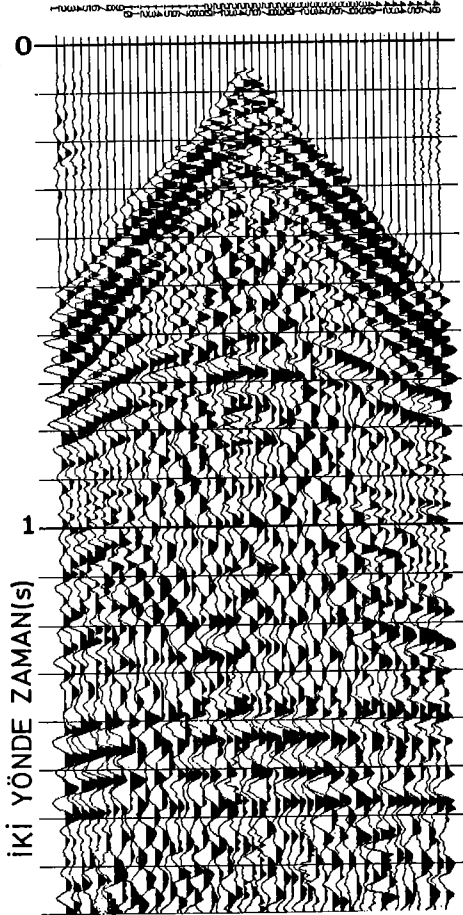


Şekil 4.32 Sismogram-3 ün (a) DFMS uygulanmış, (b) frekans süzgeci uygulanmış, (c) COHERE uygulanmış çıktıları.



Şekil 4.33 (a) Sismogram-3 ün 40 ıncı izinin 600-1500 ms penceresindeki genlik spektrumu, (b) DFMUS uygulanmışın genlik spektrumu, (c) frekans süzgeci uygulanmışın genlik spektrumu, (d) COHERE uygulanmışın genlik spektrumu.

DFMUS ile süzgeçlenmiş çıktısının genlik spektrumu Şekil 4.33b de frekans süzgeci ile süzgeçlenmiş çıktısının genlik spektrumu 4.33c de ve COHERE ile süzgeçlenmiş çıkıntısının genlik spektrumu 4.33d de görülmektedir. DFMUS uygulanmış çıktıya ait genlik spektrumu, süzgeç uygulanmamış verinin genlik spektrumu ile karşılaştırıldığında, DFMUS un sadece kanal dalgaları ile ilgilenilen frekans penceresinde etkili olduğu ve diğer frekanslardaki enerjilere dokunmadığı gözlenmiştir.



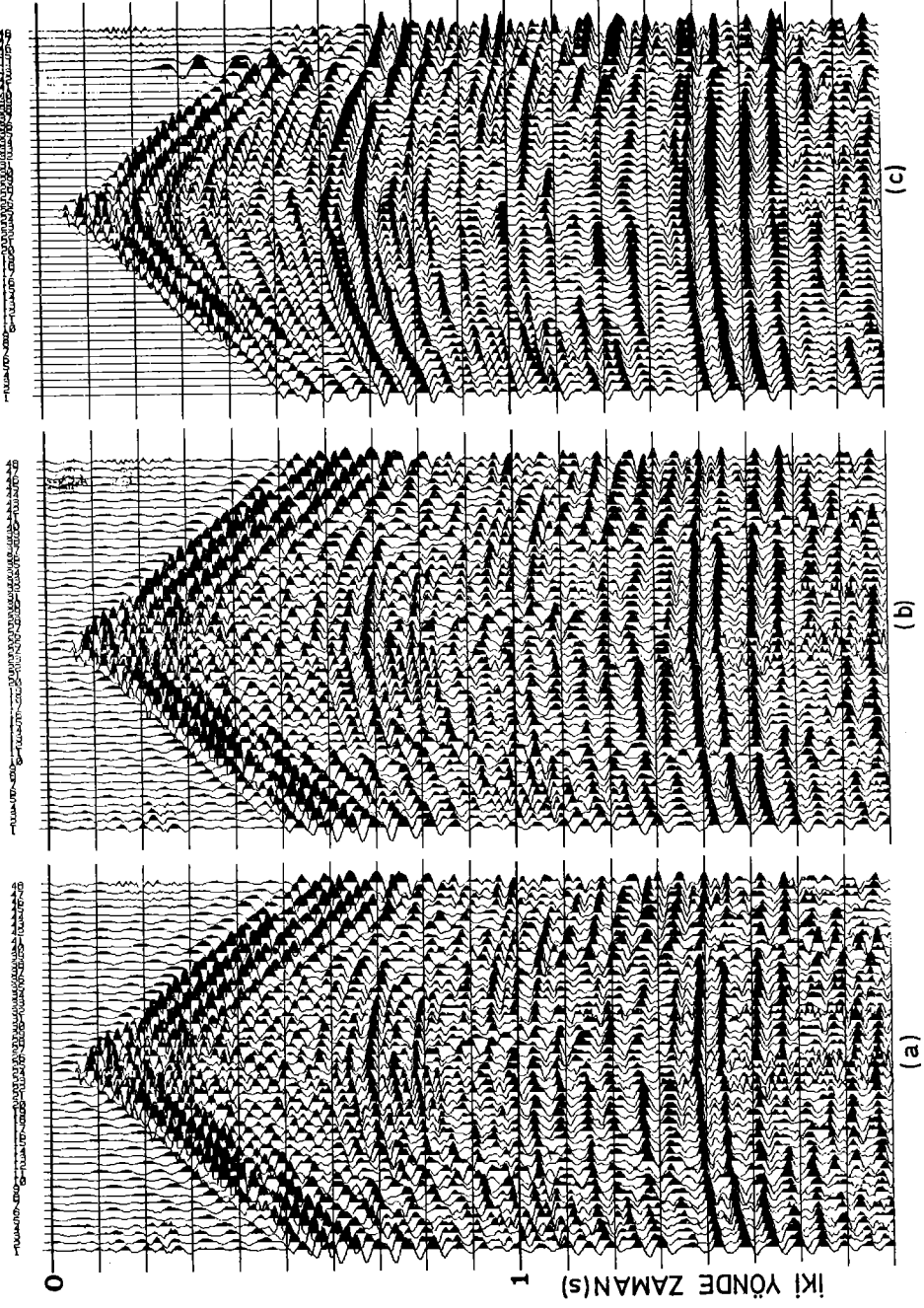
Şekil 4.34 S-1 sismik doğrultusundan alınmış örnek sismogram-4.

Bir başka gerçek veri uygulaması için Şekil 4.34 de görülen veri (sismogram-4) kullanılmıştır. Bu veriye önceki uygulamada olduğu gibi DFMUS, frekans süzgeci ve COHERE uygulanmıştır. Süzgeçleme sonuçları sırasıyla Şekil 4.35a, 4.35b ve 4.35c de verilmiştir. Sonuçlar karşılaştırıldığı zaman sismogram-3 uygulamalarında olduğu gibi sismik dalgacığın seçilebilirliğinin azalması burada da aynı şekilde frekans süzgeci ve COHERE çıktılarında gözlenmiştir. Oysa DFMUS kanal dalgalarını bastırmış ancak sismik dalgacığın seçilebilirliğini azaltmamıştır.

Sismogram-4'ün 40. izinin 600-1500ms zaman penceresi içindeki genlik spektrumu Şekil 4.36a da görülmektedir.

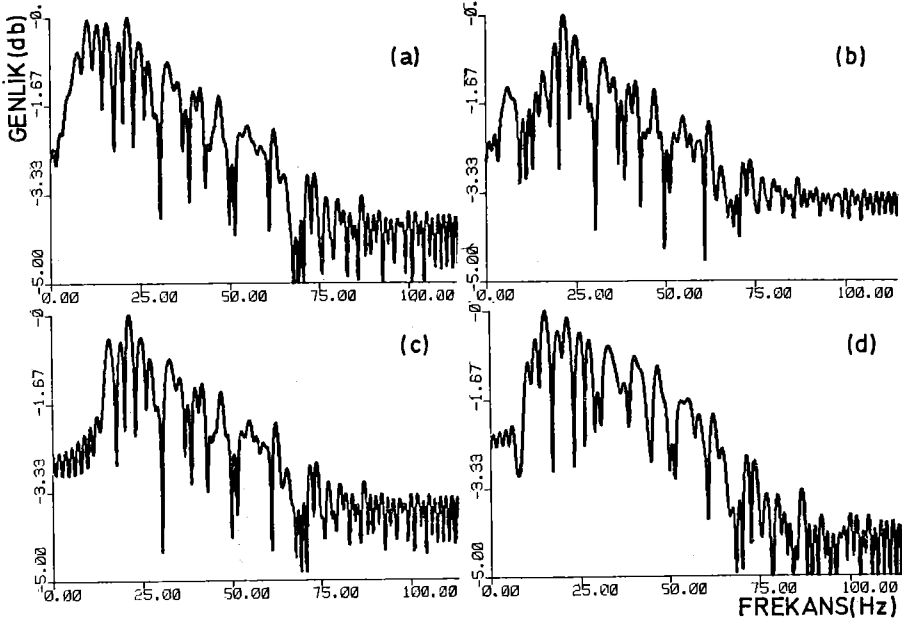
Aynı verinin DFMUS, frekans süzgeci ve COHERE uygulanmış

çıktılarına ait genlik spektrumları ise sırasıyla Şekil 4.36b, 4.36c ve 4.36d de verilmiştir. Şekil 4.36a ile 4.36b karşılaştırıldığında DFMUS'un ilgilenilen frekans pencere-



Şekil 4.35 Sismogram-4 ün (a) DFMS uygulanmış, (b) frekans süzgeci uygulanmış, (c) COHERE uygulanmış çıktıları.

sinde sadece kanal dalgalarını bastırıldığı ve bu pencere dışında herhangi bir değişiklik yapmadığı izlenmektedir.

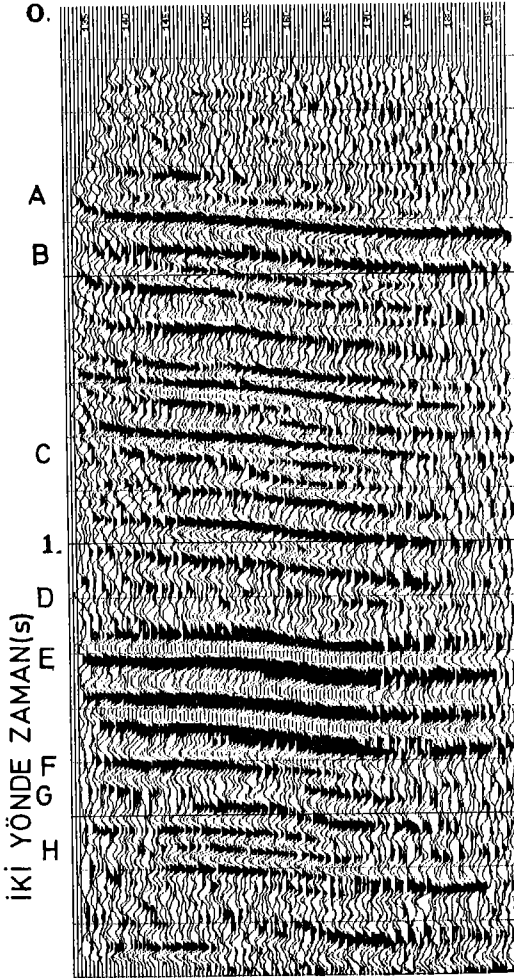


Şekil 4.36 (a) Sismogram-4 ün 40 ıncı izinin 600-1500 ms penceresindeki genlik spektrumu, (b) DFMUS uygulanmışın genlik spektrumu, (c) frekans süzgeci uygulanmışın genlik spektrumu, (d) COHERE uygulanmışın genlik spektrumu.

Buraya değin, DFMUS un ve diğer süzgeçlerin sonuçları atış verileri üzerinde dolayısıyla yığma (stack) öncesinde izlenmiştir. Yığma öncesinde yapılan süzgeçlemelerin etkinliklerini yığmadan sonra gözlemek süzgeçleme sonuçlarını karşılaştırmada daha yararlı olur. Bu düşünceden hareketle, S-1 sismik doğrultusunun bir bölümü uygulama için seçilmiştir. Seçilen bölüm yirmi atış verisi içermekte olup, toplam üç kilometre uzunluğundadır.

Sismogramlara herhangi bir süzgeç uygulanmadan, veri ortak yansıma noktalarına göre sınıflandırılmış, saha statik

düzeltilmesi ve NKZ düzeltilmesi yapıldıktan sonra yağma uygulanmıştır. Eniyi NKZ düzeltilmesi için ayrıca hız analizi yapılmıştır. Süzgeçlenmemiş yağma kesiti Şekil 4.37 de görülmektedir.



İzleyen tüm uygulamalarda saha statik düzeltilmesi yapılmıştır.

Sismogramlara DFMUS uygulanması için kanal dalgaları frekans penceresi 5-16Hz olarak alınmıştır. Bu pencere dört ayrı atış verisinin (p,f) ortamı dönüşümünden seçilmiştir. DFMUS için D sıkıştırma oranı 60 olarak kullanılmıştır. Süzgecin uyumlanacağı t_1 modüle olmuş dalga'nın zaman uzunluğu verilerden 250ms olarak saptanmıştır. Bu değiştirgenlerle düzenlenen DFMUS yirmi atış verisine uygulanmış, daha sonra NKZ düzeltilmesi uygulanıp yağma yapılmıştır. Eniyi NKZ düzeltilmesi hız analizinden seçilmiştir. DFMUS uygulanmış yağma kesiti Şekil

Şekil 4.37 Süzgeçlenmemiş yağma kesiti. 4.38 de görülmektedir.

Verilere frekans süzgeci uygulanmasında 0-16Hz frekans penceresindeki enerjiyi bastırmak için yüksek geçirimli frekans süzgeci kullanılmıştır. Hız analizinden seçilen eniyi NKZ düzeltilmesi uygulanarak yağma yapılmıştır. Frekans süzgeci

uygulanmış yığma kesiti Şekil 4.39 da verilmiştir.

Çok izli süzgeç uygulaması için COHERE kullanılmıştır. Süzgeç izden ize kayma zamanı ± 7 ms/iz olan olayları geçirecek şekilde ve 5X31 boyunda düzenlenmiştir. Yansıma olaylarının izden ize kayma zamanlarına doğrusallık kazandırmak amacı ile NKZ düzeltilmesi yapılmış, daha sonra COHERE uygulanmış ve tekrar NKZ düzeltilmesi geri alınmıştır. Bu şekilde kanal dalgalarını bastırmada ve S/G oranını artırmada COHERE den daha iyi yararlanılmıştır. COHERE uygulanmış bu veri tekrar hız analizi yapılarak analizden seçilen eniyi NKZ düzeltilmesiyle yığılmıştır. COHERE uygulanmış yığma kesiti Şekil 4.40 da verilmiştir.

Ters evrişim süzgeci kullanılarak kanal dalgalarının bastırılabilceği 2.3 alt bölümünde belirtilmişti. Bu amaçla eldeki atış verilerine içnecik terk evrişim süzgeci uygulanıp hız analizinden saptanan eniyi NKZ düzeltilmesiyle yığma yapılmıştır. İçnecik ters evrişim süzgeci uygulanmış yığma kesiti Şekil 4.41 de verilmiştir.

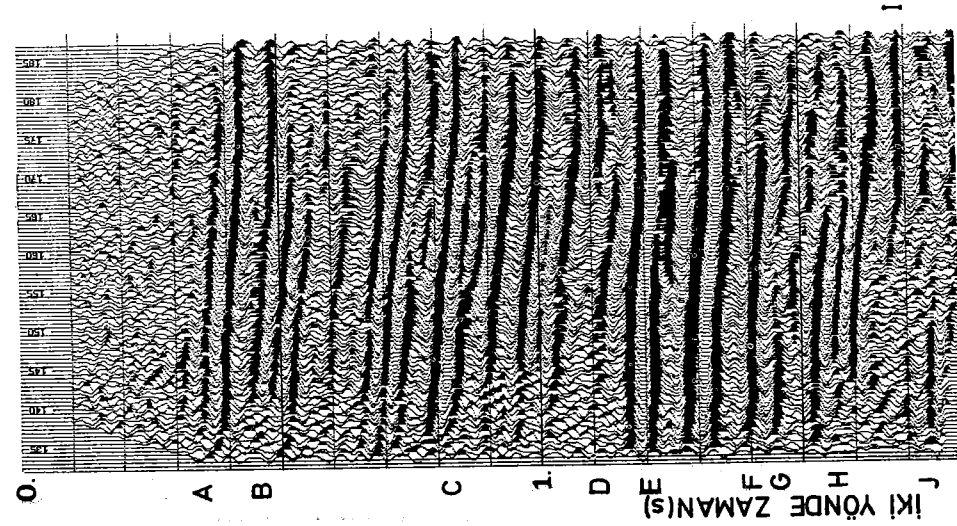
Şekil 4.37 süzgeç uygulanmamış yığma kesitinde yansıma olaylarının kanal dalgaları tarafından büyük ölçüde örtüldükleri izlenmektedir. Şekil 4.38 deki DFMUS uygulanmış yığma kesitinde Şekil 4.37 ye göre çok önemli gelişmeler olduğu görülmektedir. Örneğin Şekil 4.37 deki A,B,C gibi olaylar Şekil 4.38 de daha iyi izlenmektedir.

Şekil 4.39 da kullanılmış frekans süzgeci kanal dalgalarını bastırırken aynı frekans penceresi içindeki sinyal enerjisini de bastırdığı için D, E, G gibi olayların düşey seçilebilirliklerini de azaltmıştır. Oysa Şekil 4.38 de DFMUS çıktısındaki aynı D, E, G olaylarında düşey seçilebilirliğin daha yüksek olduğu görülmektedir.

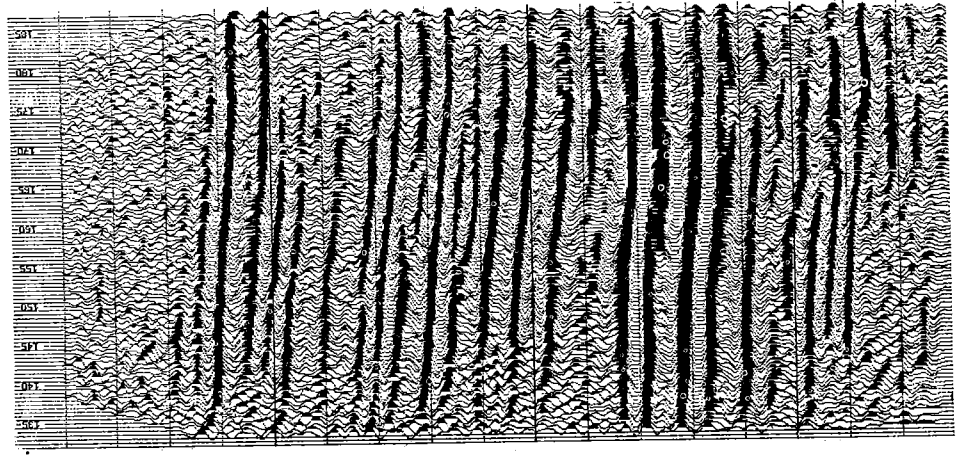
Şekil 4.40 daki COHERE çıktısında A, C, D, E gibi olayların daha düşük frekanslı dalgacık durumunu aldıkları ve düşey seçilebilirliğin azaldığı izlenmektedir. Aynı olayların Şekil 4.38 de daha seçilebilirlikli oldukları görülmektedir.

Şekil 4.41 deki iğnecik ters evrişim süzgeci uygulanmış yığma kesitinde E olayının düşey seçilebilirliğinin fazlalaştığı A, B, C gibi olaylarda ise yanal sürekliliğin azaldığı izlenmektedir. Doğal olarak yanal sürekliliklerin izlenemesinde iğnecik ters evrişim süzgeçlemesinden kaynaklanan yüksek frekansların etkisi unutulmamalıdır.

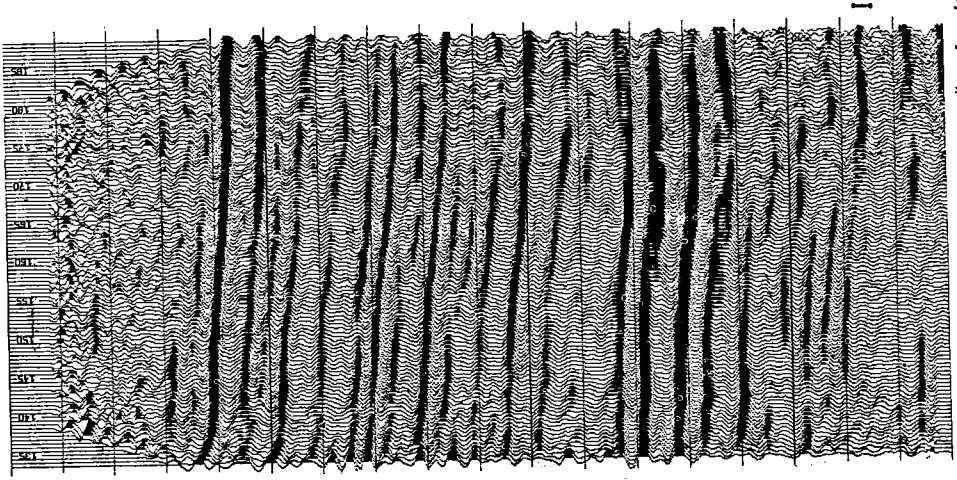
4.2 alt bölümünde DFMUS un sismik dalgacığının fazını bozmadığı gösterilmiştir. Buna göre kanal dalgaları önce DFMUS tarafından bastırılıp, sonra sismik veriye iğnecik ters evrişim süzgeci uygulanırsa dalgacık iyi sıkıştırılır. Çünkü iğnecik ters evrişim süzgeci düzenlenirken sismik izden dalgacık kestirimi yapılır. Sismik iz ilişkili gürültülerden ne kadar fazla temizlenirse, dalgacık kestirimi de o kadar doğru olur. Bu düşünceden hareketle atış verilerine önce DFMUS ve daha sonra iğnecik ters evrişim süzgeci uygulanıp, NKZ düzeltilmesi yapılarak yığılmıştır (Şekil 4.42).



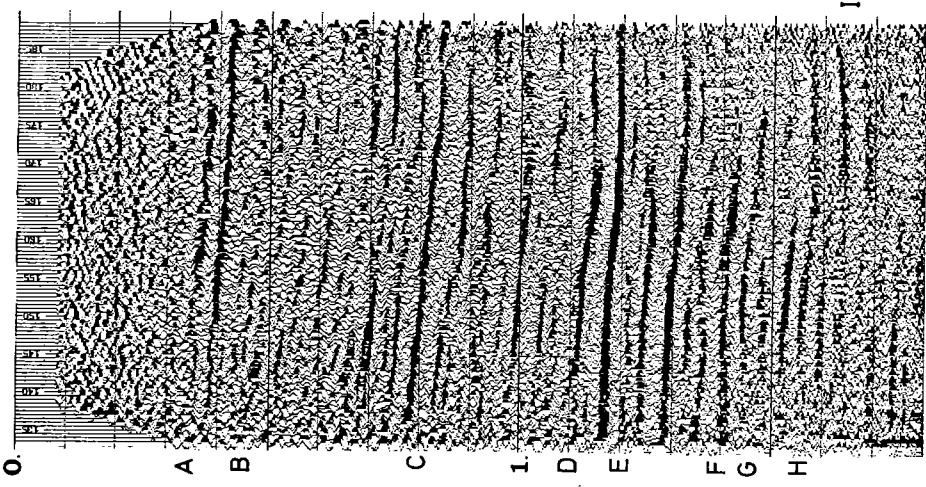
Şekil 4.38 DRFMS uygulanmış yığma kesiti.



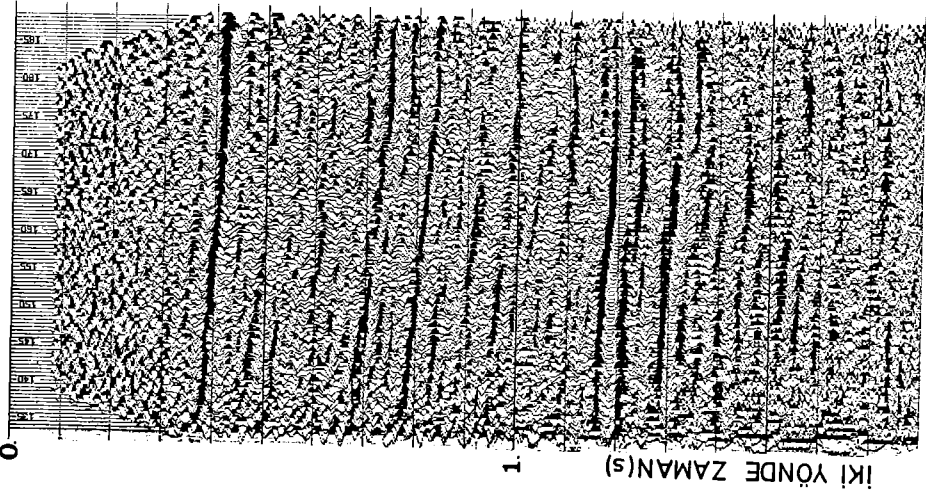
Şekil 4.39 Frekans süzgeci uygulanmış yığma kesiti.



Şekil 4.40 COHERE uygulanmış yığma kesiti.



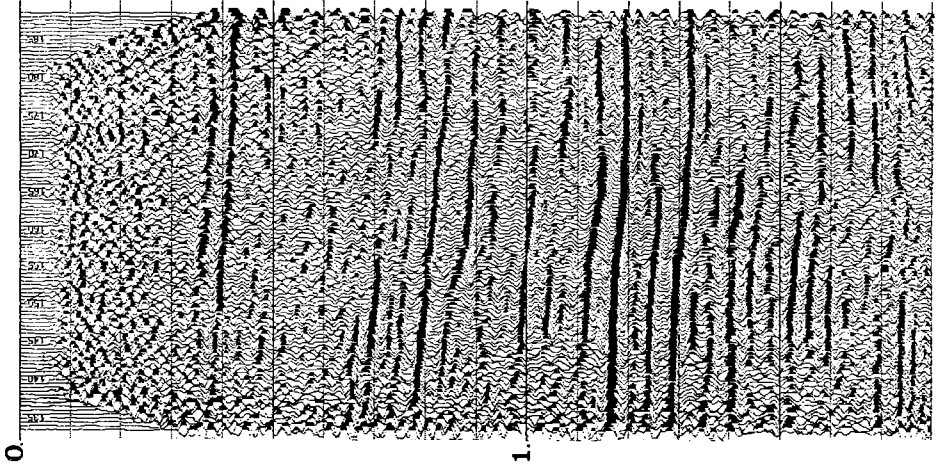
Şekil 4.42 DFMS ve daha sonra iğnecik ters evrişim süzgeci uygulanmış yığma kesiti.



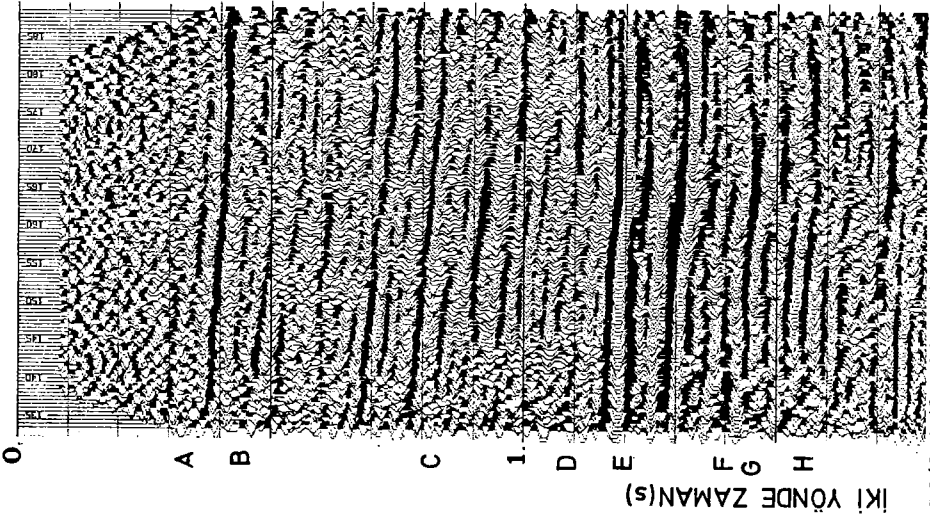
Şekil 4.41 iğnecik ters evrişim süzgeci uygulanmış yığma kesiti.

Şekil 4.41 ve 4.42 karşılaştırıldığında; örneğin A,C,D,E gibi olayların Şekil 4.42 de daha fazla düzey seçilebilirlik kazandığı görülmektedir. Özellikle Şekil 4.41 deki A olayına bakıldığında sismik dalgacıklar ters evrişim süzgeci tarafından fazla sıkıştırılamamıştır. Şekil 4.43 deki aynı A olayındaki sismik dalgacıklar ters evrişim süzgeci ile daha çok sıkıştırılabilmektedir. Sismik dalgacığın burada daha iyi sıkıştırılabilmesindeki en büyük etken ters evrişim süzgeçlemesinden önce DFMUS un uygulanması olmuştur.

Şekil 4.41 ve 4.42 deki yığma kesitlerinde iğnecik ters evrişim süzgeçlenmesinden kaynaklanan çok yüksek frekanslı olaylar, yansıma olaylarını biraz izlenemez duruma sokmuşlardır. Bu nedenle her iki yığma kesitine de yüksek frekanslı olayları bastırmak amacı ile 7-60 Hz frekans penceresinde 'bant geçirimli frekans süzgeci' uygulanmıştır. Şekil 4.41 ve 4.42 nin frekans süzgeci uygulanmış çıktıları sırasıyla Şekil 4.43 ve 4.44 de verilmiştir. Şekil 4.43 de genel olarak etkin olan düşük frekanslı sismik dalgacıklar izlenmiş ve A,E,F gibi olaylarda iğnecik ters evrişim süzgecinin sismik dalgacığı yeterince sıkıştıramadığı açıkça görülmüştür. Şekil 4.44 de ise aynı olaylardaki sismik dalgacığın iğnecik ters evrişim süzgeci tarafından daha iyi sıkıştırıldığı izlenmiştir.



Şekil 4.44 Şekil 4.42'deki yağma verisinin frekans süzgeci uygulanmış çıktısı. Süzgeç geçirim bandı 7-60 Hz dir.



Şekil 4.43 Şekil 4.41'deki yağma verisinin frekans süzgeci uygulanmış çıktısı. Süzgeç geçirim bandı 7-60 Hz dir.

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada doğrusal veya doğrusala yakın frekans modülasyonlu kanal dalgalarının 'doğrusal frekans modülasyonlu uyumlanmış süzgeç' (DFMUS) yardımıyla bastırılabilceği gösterilmiştir.

Kanal dalgaları sismik yansıma dalgacığının (sinyal) frekans penceresi içinde kaldığı durumlarda, frekans süzgeçleri kullanılarak bastırılmalarının sismik dalgacığın düşey seçilebilirliği yönünden zararlı olacağı bilinmektedir. DFMUS bu durumlarda sismik dalgacığı etkilemeden kanal dalgalarını bastırdığı için frekans süzgeçlerine göre yeğlenmelidir.

Çok izli süzgeçler de kanal dalgalarını bastırırlar. Fakat, bu süzgeçler bir ağırlıklı yığma yaptıkları için yığmanın yaratacağı bazı sorunları da beraberlerinde getirirler. Oysa DFMUS kanal dalgalarının bastırılmasında çok izli süzgeçlerin yaptığı işi bir boyutlu süzgeç olarak yapmaktadır.

Bir bölgenin sismik verilerinde doğrusal veya doğrusala yakın frekans modülasyonlu kanal dalgaları etkin ise ve bu bölgenin sismik kesitlerinde düşey seçilebilirlik önemli ise yığma öncesinde kanal dalgalarının DFMUS uygulanarak bastırılmasında yarar vardır. Kanal dalgaları veya genel olarak ilişkili gürültülerin yığma öncesinde bastırılması göç, dalgacık kestirimi ve tersevrişim uygulamalarında daha

başarılı sonuçlar verirler. Bu düşünceden hareketle, sismik verilerdeki doğrusal frekans modülasyonlu kanal dalgalarının DFMUS ile bastırılması sismik dalgacığın fazını da bozmaya-çağı için dalgacık kestiriminin daha doğru yapılmasını sağlar. Bu sonuçlar uygulamalarda açıkça izlenmiştir.

DFMUS un tüm kanal dalgalarını bastırmada etkin olmadığı, sadece doğrusal veya doğrusala yakın frekans modülasyonlu kanal dalgalarını bastırmada etkili olduğu, bu süzgecin sismik veri işleminde dar bir alanda uygulanmasına neden olmuştur.

Kanal dalgaları veya genel olarak ilişkili gürültülerin bastırılmasında çok izli süzgeçlerden eniyi yararlanabilmek için süzgeçlemenin yığma öncesinde özellikle atış verilerine uygulanması yeğlenmelidir. Atış verilerinde yansımaların izden ize daha sürekli olabilmesi için saha statik düzeltmelerinin hatta artık statiklerin uygulanması yapıldıktan sonra çok izli süzgeçlemenin yapılması daha başarılı sonuçlar verir. Ayrıca süzgeç boyutunda iz sayısının az tutulmasına da özen gösterilmelidir.

Kanal dalgaları P ve SV türündeki dalgaların yapıcı girişimleri sonucunda meydana geldiklerinden bu girişimlerin giderilerek P dalgalarının açığa çıkarılması için 2.3 alt bölümünde anlatılan 'frekans bükme' yönteminin arama sismine de uygulanabileceği gözönüne alınarak araştırılması faydalı olacaktır.

EK

DÖNÜŞÜM VE HARİTALAMA YÖNTEMLERİ

Bir ortamda bulunan veri gurubunu bir başka ortama götüreme dönüşüm ve haritalama yöntemleriyle yapılır. Örneğin $f(t,x)$ ortamında bulunan bir atış verisinin t yönünde

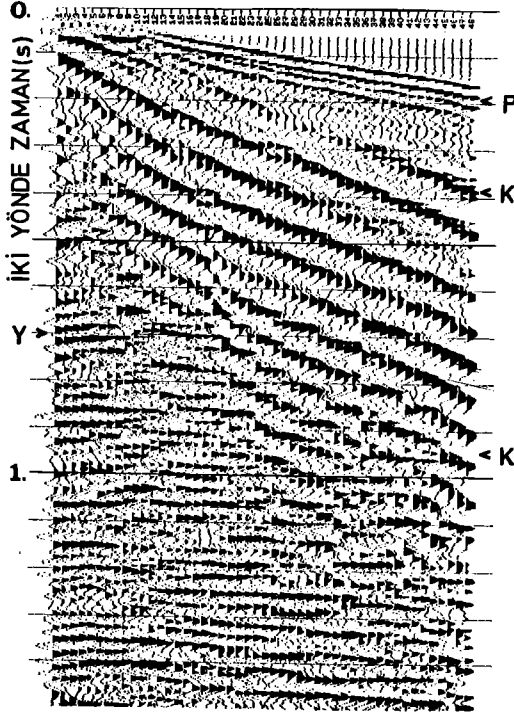
$$F(\omega, x) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t, x) e^{-i\omega t} dt \quad (E1.1)$$

Fourier dönüşümü alınıp ve daha sonra x yönünde

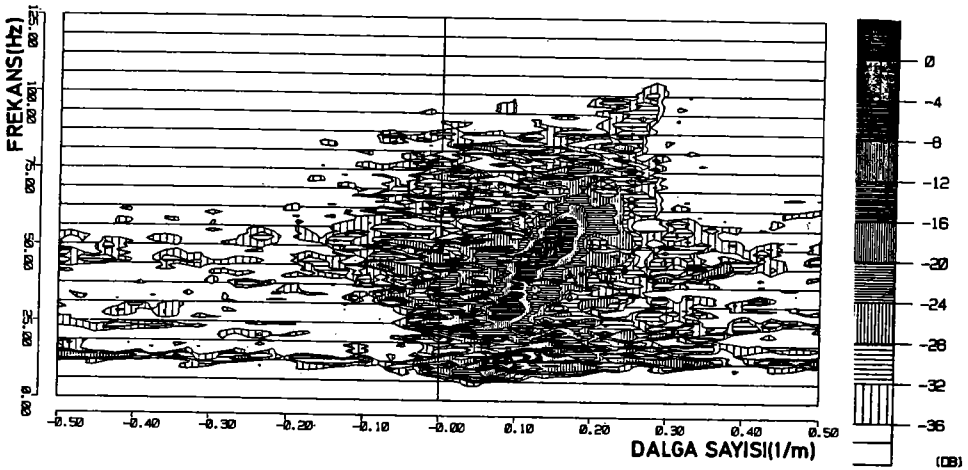
$$F(\omega, k_x) = \int_{-\infty}^{\infty} F(\omega, x) e^{-ik_x x} dx \quad (E1.2)$$

Fourier dönüşümü alınarak (f, k) ortamına dönüşüm yapılmış olur.

(t, x) ortamında izden ize kayma zamanları farklı olaylar (f, k) ortamına dönüşümleriyapıldığında farklı frekans dalga sayısı pencereleri içinde yer alırlar. Şekil E1.1 deki atış verisinde P , kanal dalgaları ve yansımalar görülmektedir. Bunların izden. ize kayma zamanları ve frekans özellikleri bakımından birbirlerinden farklı oldukları izlenmektedir. Bu atış verisinin (f, k) ortamı görünümü Şekil E1.2 de verilmiştir.



Şekil E1.1 P dalgaları, kanal dalgaları (K) ve yansımalar (Y) içeren bir atış verisi.



Şekil E1.2 Şekil E1.1 deki atış verisinin (f,k) ortamı görünümü. 'y' yansımalar, 'P' P dalgaları ve 'K' kanal dalgalarıdır.

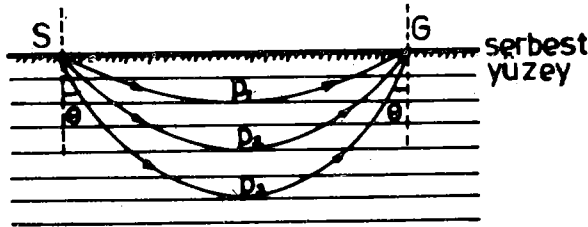
Şekilde P dalgaları, kanal dalgaları ve yansımaların farklı frekans dalgasayısı pencereleri içine düştükleri görülmektedir.

Belirli bir θ_1 açısı ile bir arayüze gelen ışın ikinci ortamda θ_2 açısı ile kırıldığında

$$\frac{\sin \theta_1}{V_1} = \frac{\sin \theta_2}{V_2} = \text{sabit} = p \quad (\text{El.3})$$

eşitliğini sağlar (Snell yasası). Burada V_1 , V_2 ortamların hızlarıdır.

Yatay çok tabakalanmış tekdüze ve yönbağımsız bir ortam olsun. Serbest yüzeyde oluşturulacak bir S enerji kaynağından (dinamit, darbe, v.b) θ açısıyla çıkan bir sismik ışın x uzaklığındaki G algılayıcısına bir p sabit değerini izleyen yörünge boyunca gelir (Şekil El.3). Başka bir θ açısıyla çıkan ışın ise başka bir p sabit değerini ve yörüngesini izleyerek aynı G algılayıcısına ulaşır. Böylece $0^\circ - 90^\circ$ arasında değişecek θ çıkış açıları için farklı p değerleri



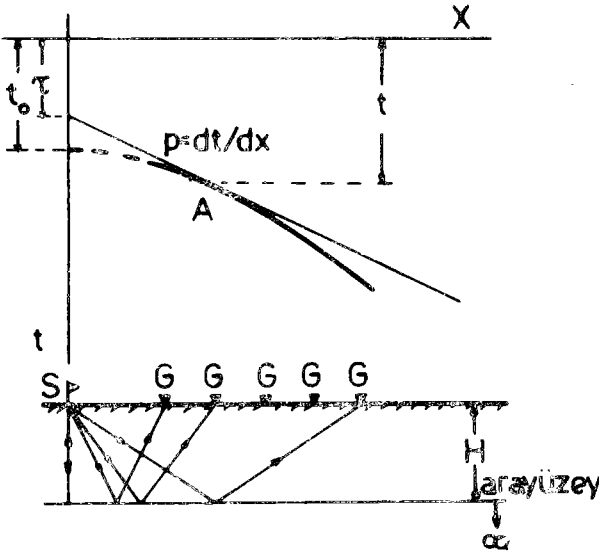
Şekil El.3 Değişik p Snell değiştirgenleriyle sismik ışınların izlediği yollar.

(El.3) eşitliği daha genel yazılırsa

$$p = \frac{\sin \theta(z)}{V(z)} = \frac{I}{V_H} = \text{sabit} \quad (\text{El.4})$$

olur [52]. Burada V_H yayınan dalganın yatay fay hızı $v(z)$ derinliğe bağlı hız, $\theta(z)$ derinliğe bağlı kırılma açısıdır. p ise 'Snell değıştiren' veya 'ışın değıştiren' dir.

Yatay iki tabakalı, tekdüze ve yönbağımsız bir ortamın serbest yüzeyinde Δx aralıklarıyla dizilmiş G algılayıcıları olsun (Şekil E1.4). S kaynağında oluşturulacak bir enerji ile kaynaktan çıkıp arayüzeyden yansıyarak G algılayıcılarına ulaşan dalgalar (t, x) ortamında bir hiperbol oluştururlar. Dolayısıyla bu hiperbolün oluşumunda değışik p ışın değıştir-



Şekil E1.4 Yatay iki tabakalı tekdüze yönbağımsız bir ortamda kaynak-algılayıcı konumuna göre (t, x) düzlemindeki yansıma olayının hiperbol şeklindeki görünümü.

genlerinin etkisi vardır. Örneğin Şekil E1.4 deki yansıma olayını gösteren hiperbol üzerinde bir A noktası alınsın. Bu noktadan hiperbole çizilecek teğetin eğimi $p=dt/dx$ ve teğetin t eksenini kestiği yer ise bu p değeri için τ kesiş zamanıdır. Bu işlem hiperbol üzerindeki A noktası gibi birçok konumlarda uygulandığında bir dizi (p, τ) değerleri elde edilir. Bu değerlerin p ve τ eksenlerine göre yerleştirilmesiyle hiperbol (p, τ) ortamına haritalanmış olur. Hiperbolün bu ortamdaki görünümü geometrik olarak elips ile ifade edi-

genlerinin etkisi vardır. Örneğin Şekil E1.4 deki yansıma olayını gösteren hiperbol üzerinde bir A noktası alınsın. Bu noktadan hiperbole çizilecek teğetin eğimi $p=dt/dx$ ve teğetin t eksenini kestiği yer ise bu p değeri için τ kesiş zamanıdır. Bu işlem hiperbol üzerindeki A noktası gibi birçok konumlarda uygulandığında bir dizi (p, τ) değerleri elde

lır [52] . (p, τ) ortamına yapılan haritalama işlemine 'eğimli yığma' denir.

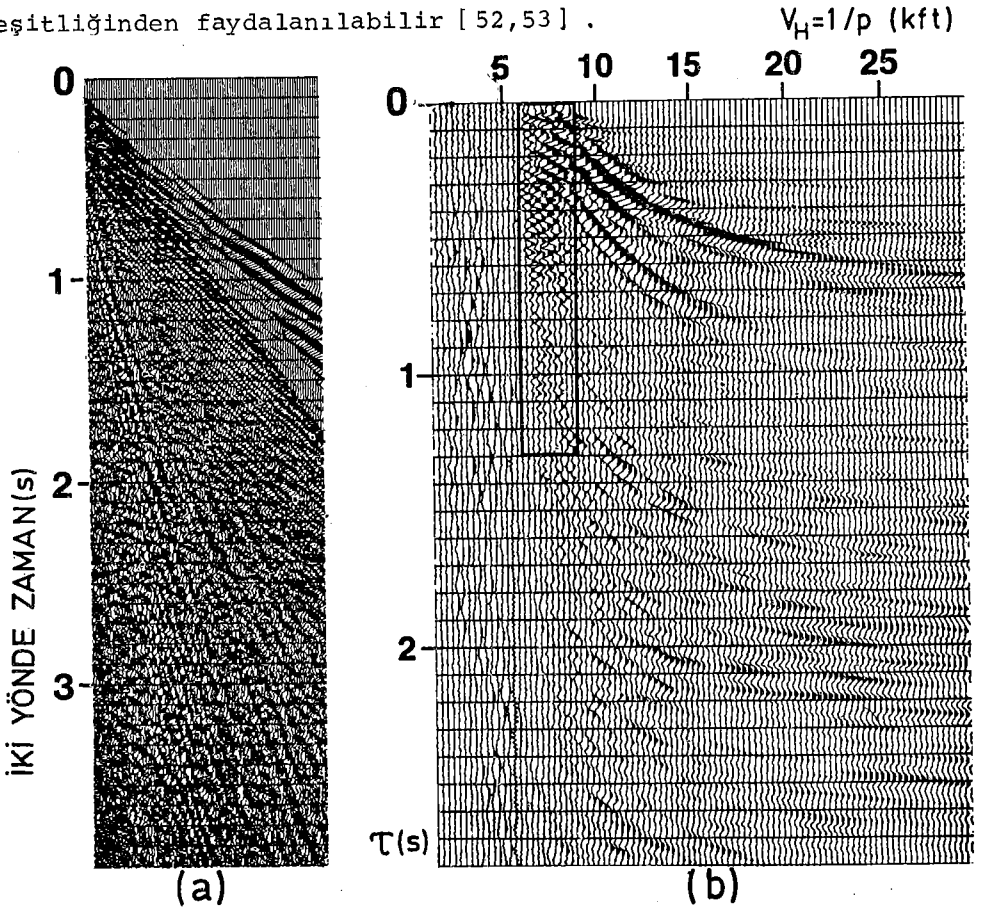
Şekil El.4 den de görüleceği üzere τ ile p arasında

$$\tau = t - px \quad (\text{El.5})$$

ilişkisi vardır. Genel anlamda $f(t, x)$ ortamındaki veriyi $s(p, \tau)$ ortamına haritalamak için

$$s(p, \tau) = \sum_{i=1}^n f(\tau + px_i, x_i) \quad (\text{El.6})$$

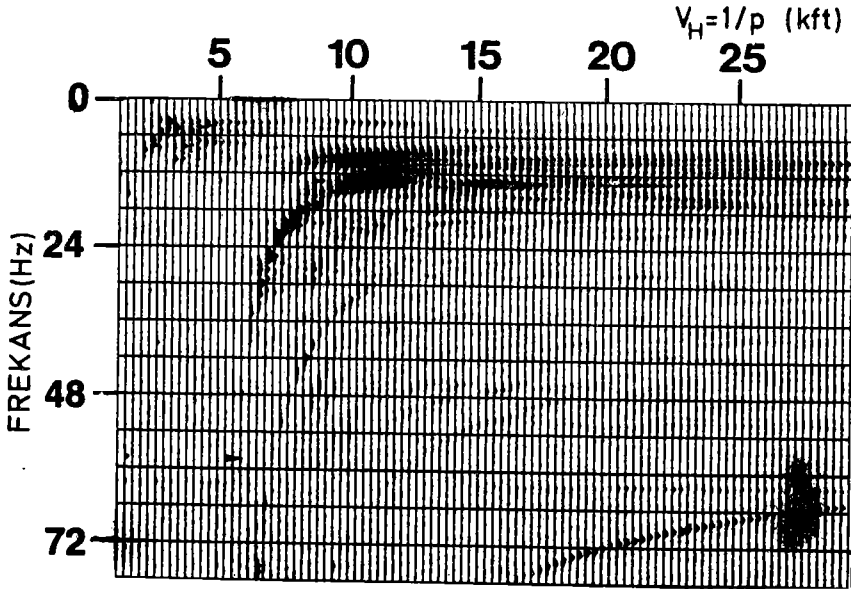
eşitliğinden faydalanılabilir [52,53] .



Şekil El.5 (a) Bir deniz sismik verisi, (b) a'nın (p, τ) ortamı görünümü [46] .

4.2 alt bölümünde yapay sismik verilerin (p, τ) ortamı görünüşleri Şekil 4.20 ve 4.22 de verilmişti. Bu haritalamalar (El.6) bağıntısı yardımıyla hesaplanmıştır. (p, τ) ortamı haritalanması için güzel bir örnek oluşturduğundan [45] den alınan bir başka sismik veri örneği Şekil El.5a da görülmektedir. Denizde algılanmış bu sismik verinin (p, τ) ortamı görünümü Şekil El.5b de verilmiştir. (t, x) ortamındaki farklı dalga gurupları (p, τ) ortamına haritalandıklarında farklı hız pencereleri $(p=1/v_H)$ olduğu hatırlanarak içinde yer alırlar. Şekil El.5b de dikdörtgen içine alınmış enerji kanal dalgası enerjisidir.

(p, τ) ortamına haritalanmış verinin τ yönünde Fourier dönüşümü alınarak (p, f) ortamına dönüşüm yapılmış olur. (p, f) dönüşümüne örnek olarak 4.2 alt bölümündeki Şekil 4.21 ve 4.22 verilebilir. Ayrıca Şekil El.5 de görülen verinin (p, f) ortamındaki görünümü Şekil El.6 da verilmiştir.



Şekil El.6 Şekil El.5 deki verinin (p, f) ortamındaki görünümü.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- [1] - McKay, A.E. Review of pattern shooting. Geophysics, 19, (1954), 420-437.
- [2] - Holzman, M. Chebyshev optimized geophone arrays. Geophysics, 28, (1963), 145-155.
- [3] - McCormack, M.D. and Shafer, D.L. Vari-Source generates source arrays in the recording unit. Oil and Gas Journal, 17, (1980), 92-103.
- [4] - Espey, H.R. Seismic field techniques. Geotran Inc., Houston, Texas, (1982).
- [5] - Embree, P. Burg, J.P. and Bacus, M.M. Wide band velocity filtering-the pie-slice process. Geophysics, 28, (1963), 948-974.
- [6] - Fail, J.P. and Grau, G. Les filters en eventail. Geophysical Prospecting, 11, (1963), 131-163.
- [7] - Sengbush, R.L. and Foster, M.R. Optimal multichannel velocity filters. Geophysics, 33, (1968), 11-35.
- [8] - Galbraith, J.N. and Wiggins, R.A.- Characteristics of optimum multichannel stacking filters. Geophysics, 33, (1968), 36-48.
- [9] - Robinson, E.A. and Treitel S. Principles of digital filtering. Geophysics, 29, (1964), 395-404.
- [10] - Robinson, E.A. and Treitel S. Principles of digital wiener filtering. Geophysical Prospecting, 15, (1967), 311-331.

- [11] - Robinson, E.A. Multichannel time series analysis with digital computer programs. Holden-Day Inc.
- [12] - Treitel, S. Principles of digital multichannel filters. *Geophysics*, 35, (1970), 785-811.
- [13] - Özdemir, H. Enküçük kareler sismik yığıma süzgeçleri düzenleme kuramı. *Jeofizik*, 7, (1978), 38-64.
- [14] - Özdemir, H. Optimum hyperbolic moveout filters with applications to seismic data. *Geophysical Prospecting*, 29, (1981), 702-714.
- [15] - Özdemir, H. A frequency domain mapping approximation of moveout filters with applications. *Geophysical Prospecting*, 30, (1982), 292-317.
- [16] - Robinson, E.A. Predictive decomposition of seismic traces. *Geophysics*, 22, (1957), 767-778.
- [17] - Treitel, S. and Robinson, E.A. Deconvolution of Geophysical Time Series in the Exploration for Oil and Natural Gas. Elsevier Scientific Publ. Co., (1979).
- [18] - Ewing, W.M. Jardetzky, W.S. Pres, F. *Elastic Waves in Layered Media*. McGraw-Hill Book Co. Inc., New York, (1957).
- [19] - North, D.O. Analysis of the factors which determine S/N discrimination in puls carrier systems. *IEEE*, 51, (1963), 1016-1025.
- [20] - Blinichikoff, H.R. Zverev, A.I. *Filtering in the Time and Frequency Domains*. A Wiley-Interscience Publ.
- [21] - Lawrence, R.R. Bernard, G. *Theory and Application of Digital Signal Processing*. Prentice-Hall Inc, (1975).

- [22] - Clay, C.S. Liang, W.L. Continuous seismic profiling with matched filter detector. *Geophysics*, 27, (1962), 786-795.
- [23] - Clay C.S. Greischar, L.L. Kan, T.K. Matched filters detection of electromagnetic transient reflections. *Geophysics*, 39, (1974), 683-691.
- [24] - Grant, F.S. West, F.F. Interpretation in Applied Geophysics. McGraw-Hill Book Co. Inc., New York, (1975).
- [25] - Canitez, N. Türkiye ve civarındaki depremlere ait fon-damantal moddan yüzey dalgaları üzerine incelemeler. TBTA, MAG-150, Teknik rapor, (1969).
- [26] - Telford, W.M. Geldart, L.P. Sherriff, R.E. Keys, D.A. Applied Geophysics Cambridge University Press. (1977).
- [27] - Openhaim, A.V. Shafer, R.W. Digital Signal Processign. Prentice-Hall Inc, (1975).
- [28] - Çoruh, C. Costain, J.K. Noise attenuation by Vibroseis Whitening (VSW) processing. *Geophysics*, 48, (1983), 543-554.
- [29] - Canitez, N. Ercan, A. Özdemir, H. Yaramancı, U. Eyidoğan, H. İlkışık, M. Sarıbudak, M. Kozlu Bölgesi Jeofizik çalışmaları. İ.T.Ü. Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Teşvikiye-İSTANBUL, (1983).
- [30] - Mason, I.M. Bunchanan, D.J. Borker, A.K. Channel wave mapping of coal seam in the United Kingdom. *Geophysics*, 45, (1980), 1131-1143.

- [31] - Wiggins, R.A. ω -k filter design. Geophysical Prospecting, 14, (1966), 427-440.
- [32] - Özdemir, H. Saatçılar, R. Sismik Verilere Çok İzli Süzgeç Uygulamaları. Çalışma Raporu. İTÜ YBYK-TPAO, 84/03. TPAO Arama Gurubu, Ankara, (1985).
- [33] - Tatham, R.H. Kenney, J.W. Noporen, I. Application of the Tau-p transform (slant-stack) in processing seismic reflection data. 52nd SEG presentation, (1982).
- [34] - Kennett, B.L.N. Harding, A.J. Guided low-frequency noise from airgun sources. Geophysical Prospecting, 32, (1984), 690-705.
- [35] - Herrin, E. Goforth, T. Phase-matched filters: Application to the study of Rayleigh waves. Bull. Seism. Soc. Amer., 67, (1977), 1259-1275.
- [36] - Goforth, T. Herrin, E. Phase-matched filters : Application to the study of love waves. Bull Seism. Soc. Amer., 69, (1979), 27-44.
- [37] - Saatçılar, R. Faz uyumlanmış filtreler ve jeofizikteki uygulamaları. İ.T.Ü. Maden Fakültesi jeofizik Mühendisliği Bölümü, Teşvikiye-İSTANBUL. Sunu (1983).
- [38] - Turin, G.L. An Introduction to matched filters. I.R.E. Trans. IT-6, 311-329. (1960).
- [39] - Papoulis, A. The Fourier Integral and its Applications. McGraw-Hill Book Co. Inc., New York (1962).
- [40] - Dziewonski, A., Bloch, S. Landisman, M. A technique for analysis of transient seismic signals. Bull. Seism. Soc. Amer., 59(1969), 427-444.

- [41] - Canitez, N. Ardişik filtre tekniği ile Asya, Avrupa ve Afrikada yüzey dalgalarının dispersiyonunun incelenmesi. TBTAk, MAG-301, Teknik rapor, (1975).
- [42] - Canitez, N. Optimum filter for surface wave group velocity determination. Bull. Seism. Soc. Amer., 67, (1977), 79-85.
- [43] - Schafer, R.W. Echo removal by discrete generalized linear filtering. Tech. Rep. No 466. MIT Res. Lab. of Electr. (1969).
- [44] - McMechan, G.A. Yedlin, M.J. Analysis of dispersive waves by wave field transformation. Geophysics, 46, (1981), 869-874.
- [45] - Yılmaz, Ö. Chambers, R.E. Modeling guided waves in a water layer. 51nd SEG presentation, (1981).
- [46] - Derin, H. Aşkar, H. İletişim Kuramı Modülasyon Yöntemleri. ODTÜ Mühendislik Fakültesi Yayını ANKARA, (1979).
- [47] - Schwartz, M. Information Transmission Modulation and Noise. McGraw-Hill Book Co. Inc., New York (1970), Chapter 4.
- [48] - Aki, K. Richards, P.G. Quantitative Seismology Theory and Methods. W.H. Freeman Co. Volume I, (1980).
- [49] - Capon, J. Greenfield, R.J. Locass, R.T. Long period signal processing results for the large aperture seismic array. Geophysics, 34, (1969), 305-326.
- [50] - Ricker, N.A. The form and laws of propagation of seismic wavelets. Geophysics, 18, (1953), 10-40.

- [51] - Özdemir, H. Design of multichannel nonrecursive digital filters with application to seismic reflection data. Phd thesis, London University, (1977).
- [52] - Shultz, P.S Clearbout, J.F. Velocity estimation and downward continuation by wavefront synthesis. Geophysics. 43, (1978), 691-714.
- [53] - McMechan, G.A Ottolini, R. Direct observation of a p- τ curve in a slant-stacked wave field. Bull. Seism. Soc. Amer., 70, (1980), 775-789.
- [54] - Ezen, Ü. Istanbul deprem istasyonunda kaydedilen sismik yüzey dalgalarında girişim olaylarının incelenmesi. Doktora tezi. İ.T.Ü. Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Teşvikiye-İSTANBUL (1979).
- [55] - Dorman, J. Period equation for waves of Rayleigh type on a layered liquid-solid half space. Bull. Seism. Soc. Amer., 52, (1962), 389-397.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı öneren, fikir ve eleştirileriyle beni yönlendiren hocam Prof.Dr.Nezihi Canitez'e minnettarım.

Çalışmalarım sırasında bilgi, görüş ve eleştirilerinden yararlandığım Sayın Doç.Dr.Hüseyin Özdemir'e ve Sayın Prof.Dr.Cahit Çoruh'a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamın gerçekleşmesinde çeşitli olanaklarından yararlandığım TPAO Genel Müdürlüğü'ne ve Arama Gurubu Başkanlığı'na teşekkür ederim.

TPAO Veri İşlem Merkezi'nin veri ve bilgisayar olanaklarından yararlanmamda anlayış gösteren Sayın Göksel Övül'e, yararlı tartışmaları için Sayın Katibe Aytun'a, bazı çizim programlarındaki katkıları için Sayın Levent Özben'e teşekkür ederim.

Zaman zaman çalışmamın konusuna tartıştığımız ve büyük yararlarını gördüğüm TPAO Veri İşlem Merkezi'ndeki çalışma arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

CHARLESTON-GÜNEY CALIFORNIA-YAKINLARINDAN DEPREM TEKRARLAMALARI
İLE İLGİLİ PALEOSİSMİK DELİLLER (X)

Praden TALWANI (XX)

ÇEVİRİ

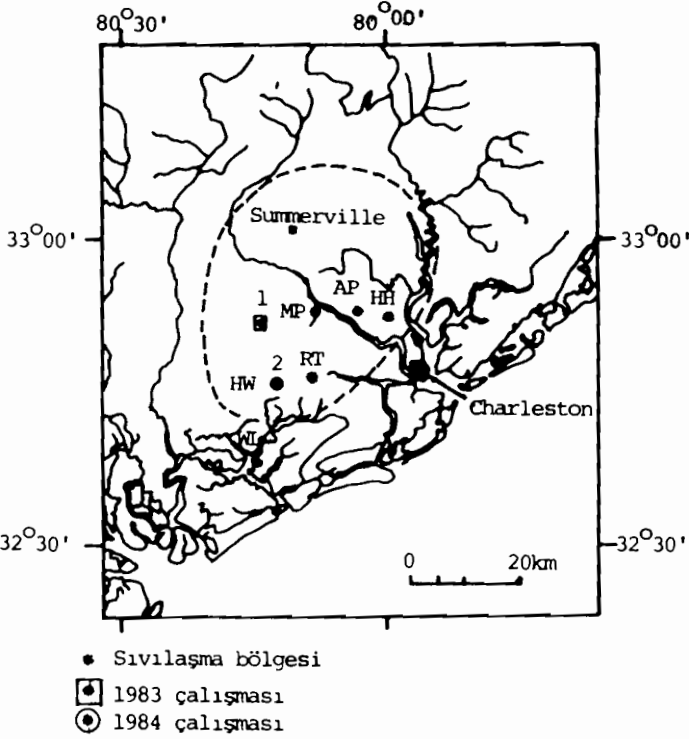
Jhon COX (XX)

Dr.Süleyman PAMPAL (XXX)

Ergun YİĞİT (XXXX)

ÖZET: 1886 da Charleston yakınlarında- Güney California- meydana gelen bir yıkıcı deprem, sığ kum yapılarındaki yaygın sıvılaşma ve bunların yüzeye doğru akışları ile ilişkilendirilmişti. Çalışmada, sismik nedenlerle oluşmuş ve 1886 depreminin merkez bölgesindeki sığ çökeller içerisinde korunmuş birkaç paleosıvılaşma yapısı belirlendi. Araziadaki deliller ve radyo-karbon metodu ile yapılan yaş tayini, 1886 depreminden önce 3000-3700 yıllık süre içerisinde 6,2 den daha büyük magnitüdü en az iki depremin varlığını göstermektedir. Deliller, Charleston bölgesindeki, plaka içi yıkıcı depremlerin maksimum tekrarlanmaları konusunda yaklaşık 1500-1800 yıllık süre için bir önfikir vermektedir.

- (x) P.TALWANI, J.COX, Paleoseismic Evidence for Recurrence of Earthquakes near Charleston, South Carolina, Science 26 July 1985, Vol:229, No:4711, S:379
- (xx) Department of Geology, University of South Carolina, Columbia 29208
- (xxx) Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi
- (xxxx) Afet İşleri Genel Müdürlüğü, ANKARA



Şekil 1. Hollywood- Güney Kaliforniya 1983 (1) ve 1984 (2) çalışma mevkilerini gösteren harita (HW). Kesikli çizgi 1886 depremi merkez bölgesini işaret etmektedir (2). Rotansiyel paleosivilleşme özelliklerine sahip diğer mevkiler Middleton places (MP), Rantowles (RT), Watmallow Island (WL), Ashley phosphate yolu yakınlarındaki bir çukurluk (AP) ve Hannahan (HH, muhtemelen 1886 yaşlı bir sand blow) dadır.

Birleşik devletlerin doğusundaki en büyük depremlerden birisi (düzenlenmiş Mercali, şiddet: X, tahmini magnitüd 6.6-6,9 arasında), Ağustos 1886 da Güney California'daki Charleston yakınlarında meydana gelmişti (1). Bu olay süresince ve onun hemen arkasından merkez bölgesi boyunca "kum püskürmesi (sand-blow)" ve beraberinde küçük kraterler biçiminde sıç sedimentlerindeki sivilleşme olayı gözlenmişti (2). Geçen on yıl içerisinde bu depremin ve bu bölgedeki sürüp giden sismistenin sebebinin belirlenmesi için yoğun gayret sarfedildi (3). Bununla birlikte bu sismistenin sebebi ve büyük depremlerin tekrarlanma süreleri hala önemli bir tartışma konusudur.

Herhangi bir bölgedeki sismik riskin tayini konusunda ele alınması gereken önemli konulardan birisi, büyük olayların tekrarlanma sürelerini belirlemektir. Charleston, nisbeten kısa bir süreye (300 yıl) ait tarihi kayıtlara göre görünüşte yüzey faylanmaları ile ilişkili olmayan büyük depremlerin nadiren olduğu bir plaka içi bölgede yer almaktadır. Tarihi kayıtların kısa bir süreye ait olmasına rağmen, önemli bir deprem, stratigrafik kayıtlara izini bırakmaktadır. Yeni bir teknikle, paleosismoloji veya prehistorik - tarih öncesi - depremler araştırması (5) ile tekrarlanma süreleri tahmin edilmeye başlanmıştır. Şimdi, Charleston bölgesindeki

paleosismik araştırmalara dayanarak, Birleşik devletlerin doğu-
sundaki deprem tekrarlanma süreleri hakkında tahminler ileri s-
rebiliyoruz. Jeolojik ve Jeomorfolojik zelliklerin çoğu paleo-
sismolojik bilgiler sağlayabilirken, yapılan bu çalışmada dikkat-
ler sismik nedenlerle oluşmuş ve sığ stratigrafik seviyelerde ko-
runmuş sivilaşma yapılarının (6) belirlenmesi, yorumlanması ve ana-
lizi konularına yöneltilmiştir.

1886 daki sivilaşmanın tarihi önemi, laboratuvar ve diğer ara-
zi verilerinin bir bölgede (7,8) sivilaşmanın tekrarlanabildiğini
gösterdiği görüşünden hareketle 1982 de merkez bölgesi içerisin-
deki "kum püskürmesi" (sand blow) ve diğer sivilaşma özellikleri
zerinde bir araştırmaya başlanıldı. İlerlemenin yoğun bitki örtü-
s, yeni yapılaşma ve iř alanları tarafından engellenmesine rağmen
1983 yazı boyunca 1886 depremi ile ilişkili bir "kum püskürmesi"
ile oluşmuş yapı (sand blow) kazıldı ve analiz edildi. Bu alış-
manın sonuçları, yeni tamamlanan arazi çalışmaları için bir ölçü
olmak üzere - 1984 de hizmete sunuldu.

Sismik nedenle oluşmuş sivilaşmaya ait delillerin keşfedil-
diği farklı yerler içinde (şek.1) en iyi sonuçlar, Hollywood, g-
ney Karolina yakınlarında bir drenaj kanalındaki (3 km uzunluğun-
da) birkaç mostradan elde edildi. Bu mostralardan ikisi burada mev-
ki 1 ve 2 olarak konu edilmektedir.

Son prehistorik dönem boyunca, 1886 depremi ile karşılaştı-
rılabilir boyutta enaz belirgin iki depremin olduğunu öneren de-
liller mevki 2 (şek.2) den elde edildi. Bozulmamış stratigrafik
dizilimin A, Bh (humusca zengin) ve C toprak seviyelerini kapsa-
dığı kanalın kuzeydoğu ve güneybatı uçlarından görülmektedir. Ka-
nalın merkez bölgesinin haritalanması ve analizi sivilaşmanın aşa-
ęıdaki olay sırasını izlediğini göstermektedir (Bak.şek.2). nce
"enine kesen oluk" (Cross-Cutting Conduit) görüntüsü veren sivi-
laşmış kuma ait bir besleyici dayk (1) C seviyesini aşağıdan yu-
kariya kesecek şekilde yerleşmiştir (Bak.şek.2).

Sivilaşma sonucu oluşan kraterleşmenin Bh seviyesine ait bol
miktarda parayıda beraberinde sürükleyen alttaki kumları fışkır-
tarak mevcut yüzeyi şiddetli bir şekilde parçalamış olduğu grn-
mektedir. Daha sonra Bh seviyesinden kopartılan parçaların birkis-
mi bloklar (4) halinde henüz açık durumdaki kraterin (2) içine kay-

mış yada geri düşmüştür. Bu krater kumun çıktığı kesimde muhtemelen daha önce mevcuttu ve içindeki kumun tabakalanma ve derecelenmesinden de anlaşıldığına göre daha sonra doldurulmuştu. Bu yapı 1983 te çalışılan dolmuş bir çıkış kraterine (9) ve Dutton (2) ile Meisling'in (11) belirledikleri kraterlere benzemektedir. Biz daha sonraki deprem nedeniyle sıvılaşan kumun yalnızca mevcut toprak dizilimini kesen bir oluk (3) içerisine değil aynı zamanda eski krater (6) içerisinde tabakalı yapı içerisinde enjekte olduğunu anlıyoruz. Bu yüzden tabakalı kum (2) sudan arınmış ve enine kesitte görülen ilişkileri (6) koruyabilecek ölçüde pekişmiş olmalıdır. Aynı zamanda oluk içerisindeki kum, homojen, masif ve krater içerisini dolduran kuma nazaran daha açık renklidir ki burada kum enjeksiyonunun iki ayrı kaynağa sahip olduğunu göstermektedir. Bu yapıların üzerini örten materyal için yapılan radiokarbon yaş tayinleri modern çağı (1950 sonrası) vermektedir.

Bu gözlemler kum intrüzyonunun iki farklı bölümünün oluşumu arasında birinci kraterdeki dolma ve konsolidasyona yetecek kadar bir zaman aralığı bulunduğunu göstermektedir. Kum intrüzyonunun iki bölümünün aynı zamanda oluştukları düşünülmemeli- Bir ana ve after şok sonucunda meydana gelmiş olaylar olarak-fakat farklı olaylar olarak kabul edilmelidir. Bununla birlikte mevki 2'de içinde yer aldığı birimi temsil eden ve radyometrik olarak yaşı tayin edilebilmiş hiçbir (yerli) materyal bulunmadı. Bundan dolayı yalnızca bağıl yaşlar gösterilebildi. Her ne kadar genç sıvılaşma olayının 1886 depremi ile ilişkili olduğu ihtimalini gözden uzak tutmasakda Bh seviyesi üzerinde kalın bir örtünün varlığı (oluşması için yüzlerce yıl gerekir) bu ihtimale şiddetle karşı çıkmaktadır.

Mevki 2'nin 50 Metre Güney Batısındaki Mevki 1, yıkanmış kum ve humusla (2) doldurulmuş bir korunmuş kraterden (1) oluşmaktadır (şekil 3). Kraterin kuzey doğusunda yer alan bir oluk (3), temiz, iyi boylanmış, tabakalanmamış kumdan oluşmuştur. Doldurulmuş bu krater mevki 2'dekine benzemektedir. Krater yapının tabanında çökelmiş Bh materyalinin en büyük parçaları ile belirgin yanal sınırlara sahiptir (4). Bu parçaların bulunduğu zonun en üst seviyesinin hemen üzerinde yapısız bir zon vardır. Onunda üzerinde farklı çökel seviyeleri halinde yerleşmiş daha ince taneli materyaller yer almaktadır.

Yaşı belirlenebilir çürümüş kökler ve püskürtülmüş kumlar arasındaki enine kesit ilişkilerine ait arazi delilleri, bu mevkideki sismik olaylar için yaş sınırlamaları oluşturmaya imkan vermiştir. Şekil 3'de 5'le gösterilen kesimde, oluk tarafından kesilmiş iki kökten elde edilen radyokarbon yaşlar, oluşun günümüzden 3060 ± 110 yıl öncesinden daha sonraki bir tarihte yerleştiğini göstermektedir. Doldurulmuş krateri enine kesen bir kökün yaşının tayini, bu zamandan önce meydana gelmiş bir büyük depremi işaret eden 1270 ± 90 yıllık bir süreyi vermektedir. Günümüzden 530 ± 150 (6) ve 380 ± 220 yıl öncesi olarak yaşı belirlenen iki kök, dolu krateri keserken, bu yapının 1886 öncesinde yerleştiğini de göstermektedir. Mevki 1'in kuzeydoğu sınırı boyunca yeralan iki küçük fay (F) günümüzden 3740 ± 111 yıl öncesi olarak yaşı belirlenmiş bir kökle hemen hemen aynı zamanda ve C seviyesine ait büyük blokların göreceli olarak kaymasıyla oluşmuş olmalıdır. Bu yüzden olayın günümüzden 3740 yıl öncesi ile 1270 yıl öncesi arasındaki bir süre içerisinde meydana gelen kraterin (1) oluşumu ile ilişkili olduğu sonucunu çıkartmaktayız.

Mevki 1'deki bu stratigrafik ilişkiler ve yaşlar, olayların sırası ve zamanlaması konusunda aşağıdaki ihtimalleri akla getirmektedir. Birinci ihtimal, günümüzden 1270 yıl öncesi ile 3060 yıl öncesi arasındaki süre içerisinde 1886 öncesi tek bir depremin olduğunu işaret eden oluk (3) oluşumu ile krater içerisine kum enjeksiyonun eş zamanlı olduğudur. İkinci olarak ise oluk 3 içerisindeki kumun 1886 depremi ile ilgili olduğu ihtimali akla gelmektedir. Ancak bu kesimde kalın Bh seviyesinin durumu ve kanal içerisindeki kumun diğer mostralarla karşılaştırılması söz konusu kum enjeksiyonu olayının 1886 öncesi bir depremlle ilişkili olduğunu göstermektedir. Üçüncü ihtimal, kanal kumunun, 1886 dan önce fakat 3060 yıl öncesinden sonra meydana gelmiş ve krateri (1) oluşturan depremden farklı bir depremlle ilgili olduğudur. Bu durum, günümüzden 1270 yıl öncesi ile 3740 yıl öncesi arasındaki süre içerisinde iki ayrı depremin oluştuğunu önermektedir. Mevki 1 ile mevki 2 nin karşılaştırılması stratigrafideki, kompozisyondaki ve sivilaşmış kumun davranışındaki benzerlikleri açığa çıkarmaktadır. Bu kumlardaki doku, renk ve sıkılık özelliklerinin karşılaştırılması, mevki 1 de iki farklı olayın olduğu varsayımına dayanmakta ve onların mevki 2 de gözükkenlerle aynı olduğunu önermektedir.

Bu mevkilerdeki depremlerin sayısı belirsiz olmakla birlikte, arazi delillerinin belirgin olanları Charleston yakınlarında günümüzden 3740 yıl öncesinden 1886 yılına kadar geçen süre içerisinde olduğu kuvvetle muhtemel olan 1886 öncesi orta veya büyük 2 depremin varlığını açıkça göstermektedir. (ihtimaller günümüzden yaklaşık 3000-1200 yıl öncesine aittir).

1886 depremi dahil edildiğinde Charleston sismojenik zonundaki depremlerin maximum tekrarlanma süreleri için bir ilk değer olmak üzere yaklaşık 1500-1800 yıllık bir süre önerilmektedir. Sonuçlarımız daha fazla araştırma çukuru açmak ve daha fazla radiokarbon metoduyla yaş tayini etmekle geçmişteki depremlerin zamanı ve sayısı konusundaki tahminlerle ilgili sıkıntılarını giderilebileceğini göstermektedir.

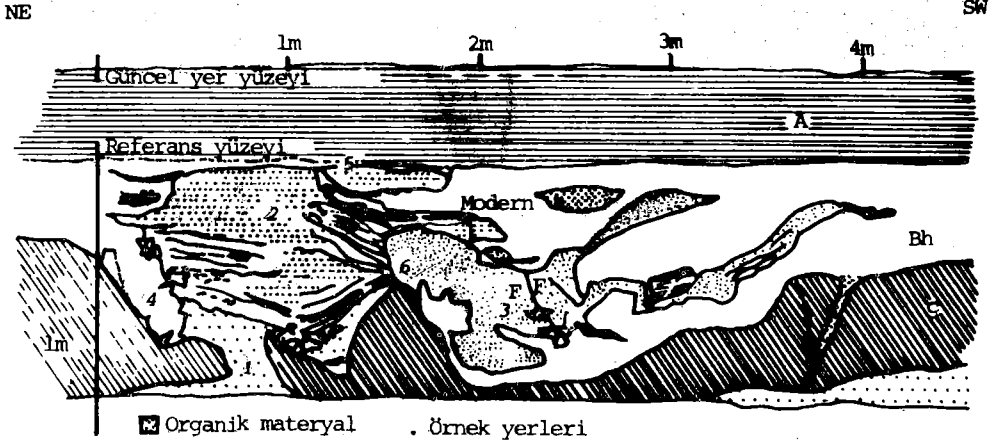
KAYNAK VE KONUYLA İLGİLİ NOTLAR

1. G.A. Bollinger, Bull. Seis. Soc. Am. 62,851 (1972); O.W. Nuttli et al., ibid. 69, 893 (1979)
2. C.E. Dutton, U.S. Geol. Surv. Annu. Rep. 9, 203 (1889)
3. D.W. Ranklin, Ed., Geol. Surv. Prof.Pap. 1018 (1977); G.S. Gohn, Ed., Geol. Surv. Prof.Pap. 1313 (1983)
4. L.Seeber and J.G.Armbruster, J.Geophys. Res. 86, 7874 (1981); P.Talwani, Geology 10, 654 (1982); C.M.Wentworth and M.Mergner-Keefer, Geol. Surv. Prof.Pap.1313 (1983), P.S1; J.C.Behrendt et al., ibid., p.J1.
5. Paleosismoloji bir terim olarak ilk Birleşik Devletlerde B.E. Wallace tarafından kullanıldı. In earthquake prediction; an International Review, D.W. Simpson and P.G. Richards, Eds. (American Geophysical Union, Washington D.C., 1982), PP. 290-216; daha geniş bilgi için bak: K.E. Sieh, in ibid PP. 181-207
Biz bu araştırmada sığ sedimentlerde korunmuş tarih öncesi depremlere ait deliller arıyoruz. Kanal yarmasında açığa çıkan uygun organik materyaller üzerinde yapılan yaş tayinleri ile zaman içerisinde geriye doğru gidilerek tarihi kayıtlar geliştirilebilir ve tekrarlanma süreleri daha sağlıklı olarak yeniden tahmin edilebilir. Paleosismik metod'lar Birleşik Devletlerin batısında yoğun olarak kullanılmaktadır. Bak K.E. Sieh,

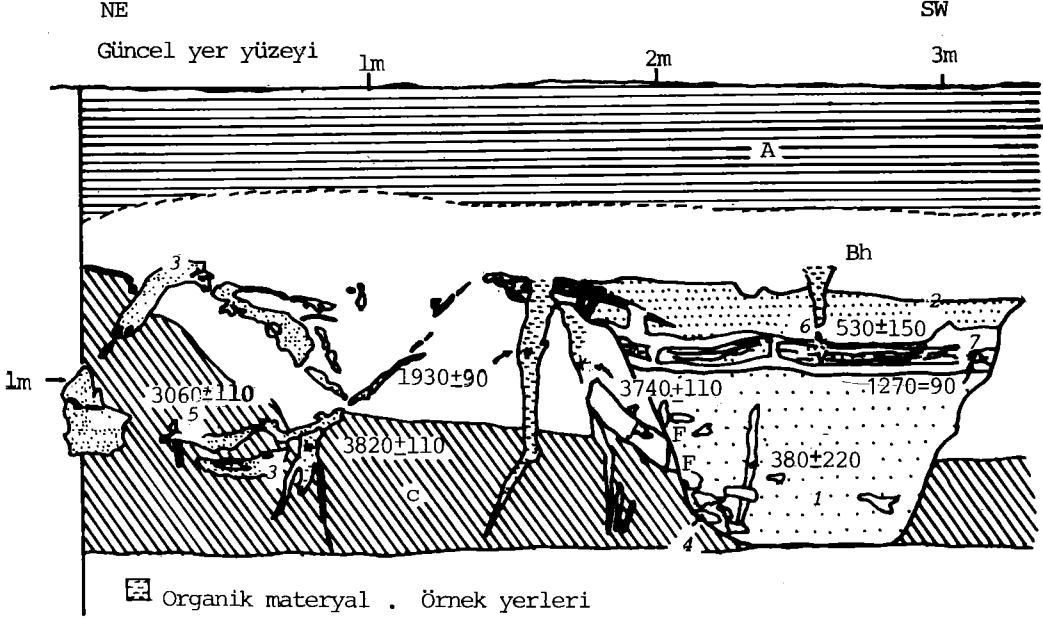
J. Geophys. Res. 83, 3907 (1978); F.H. Swan, D.P. Shwartz, L.S. Cluff. Bull. Seis. Soc. Am. 70, 4131 (1980) Birleşik Devletlerin orta bölgesinde bu tekniğin ilk uygulaması D.P. Russ tarafından yapılmıştır. Bull Geol. Soc. Am. 90, 1013 (1979) .

6. Sismisite ile oluşmuş sıvılaşma genellikle orta veya büyük depremlerle ilişkilidir ve kumla su enjeksiyonu, kum püskürmesi (sand blow) ve küçük krater oluşumu ile birlikte gerçekleşmektedir. Sıvılaşma, sismik shear dalgalarının geçiş süreci boyunca meydana gelen boşluk suyu basıncındaki yükselme ile olmaktadır. Eğer boşluk suyu basıncı toplam çevre gerilmesine eşit olacak bir noktaya kadar yükselirse efektif çevre gerilmesi sıfıra düşer ve zemin sıvılaşma durumuna girer (8). İyi boylanmış kohezyonsuz suya doygun kumlar sıvılaşmaya en yatkın olanlardır. Sıvılaşma mekanizmaları hakkında daha ayrıntılı bilgi için bak H.B. Seed and I.M. Idriss Ground motions an solid liquefaction During Earthquake (Earthquake Engineering Research Institute, Berkeley, Calif., (1982). D.P. Russ U.S.Geol, Surv, Prof.Pap. 1236 (1982), P. 95) New Madrid bölgesindeki sıvılaşma için gerekli yaklaşık $M_b \geq 6,2$ (M_b : magnitüd) olan eşik değer tartışılmaktadır. Biz Charleston bölgesi içinde benzer bir eşik değer kabul etmekteyiz.
7. R.F.Scott and K.A.Zuckerman, in the Great Alaska Earthquake of 1964 (National Academy of Sciences. Washington, D.C., 1973), vol.7,pp.179-189.
8. T.L. Youd in proceeding of the World Conference on Earthquake Engineering 8, San Francisco. 21-28 July 1984. Bu çalışmada, Japonya ve Birleşik Devletlerdeki belirli yerlerde sıvılaşma tekrarlanmalarına ait arazi delilleri tanımlanmaktadır.
- 9- J.M.Cox, theises, University of South Carolina, Columbia (1984).
10. Mevki 1 halen S.F. Obermayer tarafından araştırılmaktadır. Science 227.408 (1985) . Bizim çalıştığımız mostra onun çalıştığının otuz cm uzağındadır. Bizim detaylı olarak çalıştığımız dört noktadan ikisi yolun altındadır.

11. K.E. Meisling, in Geological Excursions in Southern California, P.L. Abbott, Ed. (San Diego State University, San Diego, 1980), pp 63-66
12. U.S.A. Geological Sürvey tarafından teşvik edilen bu araştırma Nuclear Regülatory Commision tarafından desteklendi. Çalışılan yarmaları ziyaret eden, değerli önerilerini esirgemeyen meslektaşlarımıza, özellikle K. Sieh, K, Coppesmith, B. Voight, B. Ehrlich, L.Gardner, ve D.Colquhoun'a teşekkür ederiz. Ayrıca bu yazıyla ilgili yapıcı eleştirileri için D.Shwartz, K. Coppersmith ve B. Ehrlich'e teşekkür ederiz.



Şekil 2. Kanal kesiti mevki 2'deki yapıları göstermektedir. Zemin profili iki sivilaşma olayı tarafından dağıtılmış A, Bh ve C seviyelerini içermektedir. Kuzeydoğudaki yapı dolu bir krater olarak yorumlanmaktadır. Kraterin hemen altındaki besleyici dayk (1) krater içindeki tabakalı yapıdan (2) önemli derecede farklıdır. Bh materyaline ait bir büyük blok (4) kraterin kuzeydoğu sınırı boyunca aşağıya kaymıştır. Kraterin yerleşmesinden sonra oluşan bir Bh tabakası (5) kraterin üzerini örtmekte ve maksimum kalınlığı 10-15 cm'ye ancak ulaşmaktadır. Bu mevkiye bozulmamış tipik bir Bh seviyesinin kalınlığı 60 cm yi bulmaktadır. Kraterin güney batısında başka bir korunmuş oluk vardır (3) Güney batı sınırı boyunca krater içi tabakalanmayı kestiği için (6) bu oluşun daha geç bir olayda oluştuğunu kabul etmekteyiz. İki küçük fay (F) bu oluşun içindedir.



Şekil 3. Mevki 2 nin yaklaşık 50 m güneybatısındaki mevki 1 de kanaldan bir enine kesit. Buradan alınan 7 örnek üzerinde C^{14} metoduyla radyometrik olarak yaş tayini yapılmıştır. Korunmuş krater (1) mevki 2 de ve 1983 çalışmasında incelenen kum püskürmesinde (Sand blow) olduğu gibi aynı derecelenme ve tabakalanmaya (2) ve Bh materyaline ait parçalara (4) sahiptir. Bir korunmuş oluk veya sand blow (3) kraterin kuzeydoğusunda yer almaktadır. Faylanma kraterin kuzeydoğusundaki yaşı günümüzden 3740±110 yıl öncesi olarak belirlenmiş köklerle dengelenecek biçimde krater oluşumu ile ilişkilendirilmiştir. Doldurulmuş krateri enine kesen köklerden elde edilen yaşlar. 530±150 (6), 380±220 ve 1270±90 (7) yıllarını vermektedir. En yaşlı kök harita alımı sırasında örtülü olduğu için gösterilmemiştir. Doldurulmuş kraterden elde edilen yaşlar onun günümüzden 3740±110 yıl öncesinden sonra fakat 1270±90 yıl öncesinden de önce yerleştiğini göstermektedir. Bir köke ait 1930±90 yıllık yaş olayların zamanlaması konusunda hiçbir fayda sağlamamıştır.

DEPREM ARASTIRMA BÜLTENİ
YAYIN KOŞULLARI

1. Bültene gönderilecek telif ve tercüme yazılarının :
 - a) Depremle doğrudan doğruya, ya da dolaylı yoldan ilgili olması,
 - b) Bilimsel ve teknik bir değer taşıması,
 - c) Yurt içinde daha önce başka bir yerde yayınlanmamış olması,
 - d) Daktilo ile ve kağıdın yalnız bir yüzüne en az iki nüsha olarak yazılmış bulunması,
 - e) Şekillerin aydıngeçer kağıdına çini mürekkebi ile çizilmiş olması,
 - f) Fotoğrafların net ve klişe alınmasına müsait bulunması gerekmektedir.
2. Telif araştırma yazılarının baş tarafına araştırmanın genel çerçevesini belirten en az 200 kelimelik İngilizce, Fransızca ya da Almanca bir özet konulmalıdır.
3. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı mensubu elemanlar tarafından hazırlanan ve telif ya da tercüme ücreti ödenerek yayınlanacak olan yazıların, mesai saatleri dışında hazırlanmış olduğu yazan derleyen, ya da çevirenin bağlı bulunduğu birim amiri tarafından (genel müdürlüklerde daire başkanı, müstakil birimlerde birim amiri) verilecek bir belge ile belgelendirilmesi zorunludur. Bu belge ile birlikte verilmeyen yazılar için ücret ödenmez.
4. Telif ve tercüme ücretleri ancak yazı bültende yayınlandıktan sonra tahakkuka bağlanır.
5. Bültende yayımlanacak yazılara, "Kamu Kurum ve Kuruluşlarınca Ödenecek Telif ve İşlenme Ücretleri Hakkında Yönetmelik" esaslarına göre ücret ödenir.
6. Yazılarda bulunan şekiller için, gerekli olan asgari alan içinde bulunabilecek kelime sayısına göre ücret taktir edilir.
7. Yazıların bültende yayınlanması Genel Müdürlüğümüz bünyesinde teşekkül eden Uzmanlar Kurulu'nun kararı ile olur.
8. Seçmeyi yapacak Uzmanlar Kurulu 5. maddede sözü edilen asgari alanları hesaplamaya, yazı sahiplerine gereksiz uzatmaların kısaltılmasını teklif etmeye, verilecek ücrete esas teşkil edecek kelime sayısını tesbit etmeye ve yazıların yayın sırasını tayine yetkilidir.
9. Kurulca incelenen yazıların bültende yayınlanıp yayınlanmayacağı yazı sahiplerine yazı ile duyurulur.

10. Yayınlanmayacak yazılar bu duyurudan sonra en geç bir ay içinde sahipleri tarafından geri alınabilir. Bu süre içinde alınmayan yazıların korunmasından Genel Müdürlüğümüz sorumlu değildir.
11. Yayımlanan yazılardaki fikir, görüş ve öneriler tamamen yazarlarına ait olup, Teknik Araştırma ve Uygulama Genel Müdürlüğünü bağlamaz ve Genel Müdürlüğümüzün resmi görüşünü yansıtmaz.
12. Diğer kuruluşlar ve Bakanlık mensupları tarafından bilgi, haber tanıtma vb. gibi nedenlerle gönderilecek not ve açıklamalar, ya da bu nitelikteki yazılar için ücret ödenmez.
13. Genel Müdürlüğümüz mensupları Genel Müdürlükçe kendilerine verilen görevlere ait çalışmalardan ötürü her hangi bir telif ya da tercüme ücreti talep edemezler.