DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
DENİZ BİLİMLERİ VE TEKNOLOJİSİ ENSTİTÜSÜ
DENİZ JEOLOJİSİ VE JEOFİZİĞİ PROGRAMI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

YÖNETEN: Yrd.Doç.Dr. Mustafa ERGÜN

YANSIMA SİSMİĞİNDE MİGRASYON UYGULAMALARI VE ALİAĞA KÖRFEZİ AÇIKLARI DENİZEL SIĞ SİSMİK ÇALIŞMALARI

F. Erdeniz ÖZEL

İZMİR - 1985

İ Ç İ N D E K İ L E R

KATKI BELİRTME

Araştırmalarım süresince bana hertürlü olanakları sağlayarak değerli gerçek yardımlarıyla katkıda bulunan Sayın Prof.Dr. Erol İZDAR'a ve bu çalışmayı yöneten Sayın Yrd. Doç.Dr. Mustafa ERGÜN'e derin teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmalarımın yapılması esnasında yardımlarını esirgemeyen Sayın Doç.Dr. Y.Tosun KONUK'a, Dr. Atilla ULUĞ'a, Araş.Gör. Mehmet ŞENÖZ ile tezin son aşamasında yardımcı olan Araş.Gör. Mustafa EFTELİOĞLU'na ve ayrıca R/V K. Piri REİS Kaptanı ile tüm gemi adamlarına, değerli katkılarını gördüğüm mesai arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

I- GİRİŞ

Sismik Yöntemler yardımıyla yapılan çalışmada temel amaç, yerin yapısal konumunu ortaya koymaktır. İki yada üç boyutlu olarak yapılan sismik yansıma çalışmaları, düşey zaman kesidi olarak bölgenin doğasına uygun görüntüsünü vermeyi amaçlamaktadır. Sismik yansıma yönteminde, veriler üzerine sinyal/gürültü oranını iyileştirme, düşey ve yanal ayırımlılığı arttırma, bilgi çıkarma gibi uygulamalar yeralmaktadır. İletişim kuramındaki gelişmeler ve bilgisayar teknolojindeki ilerlemelerle koşut olarak sismik veri-işlem yöntemleri aşamalar göstermiştir.

Migrasyon (Göç), düşey zaman kesitlerindeki görünür yansıtıcı yüzeyleri gerçek konumuna taşıma işlemidir. Migrasyon'u yapılmamış sismik kesitler yeraltının bozuşmuş zaman kesitini verirler. Bu bozuşmuşluk yanal süreksizlikler (tabaka eğimlerinin artması, fay ve kırıklar vb.) arttıkça fazlalaşır. Migrasyon işlemleri bilgisayar devreye girmeden önce dalga cephesi ve/veya saçınım hiperbolleri kullanılarak yapılmıştır (Hagedorn, 1954). Yakın geçmişte ve bilgisayar olanaklarının gelişmesiyle dalga denklemleri migrasyonu uygulanmaya başlanmıştır (Cleartbout, 1970 ve Berkhout, 1980).

Bu çalışmadaki amacımız migrasyon kavramının genel bir irdelemesini yapmaktır. Konuyla ilgili fiziksel ve matematiksel kökenli yaklaşımlara değinilecektir. Yeni bir yöntem çözüm yolu önermek yerine, karmaşık olan bu konunun bir derlemesi verilecektir. Konunun kapsamında dalga denklemleri, migrasyon parametreleri, Rayleigh integralleri, evrişim, en küçük kareler ve sonlu farklar kuramları kullanılmakta ve bunlar hakkında kısa bilgiler verilmektedir.

Aliağa Körfezi'nde yapılan sığ sismik çalışmalarının kesitleri üzerinde, geometrik migrasyon uygulaması yapılmıştır. Kullanılan mühendislik sismik sistemine uygun saçınım hiperbolleri geliştirilerek uygulanmıştır. Kesitlerin yorumundan (migrasyonlu ve migrasyonsuz) yeraltının yapısı hakkında bilgiler ortaya konmuştur.

II- SİSMİK YANSIMA KAVRAMINDA MİGRASYON (GÖÇ)' UN YERİ

Sismik yansıma yöntemi, akustik (ses) görüntü tekniği yardımıyla yeryüzeyinde sismik kaynağa uygun ölçüm ve analizler yapılarak, yer katmanları hakkında gözlemsel bilgi edinme işlemidir.

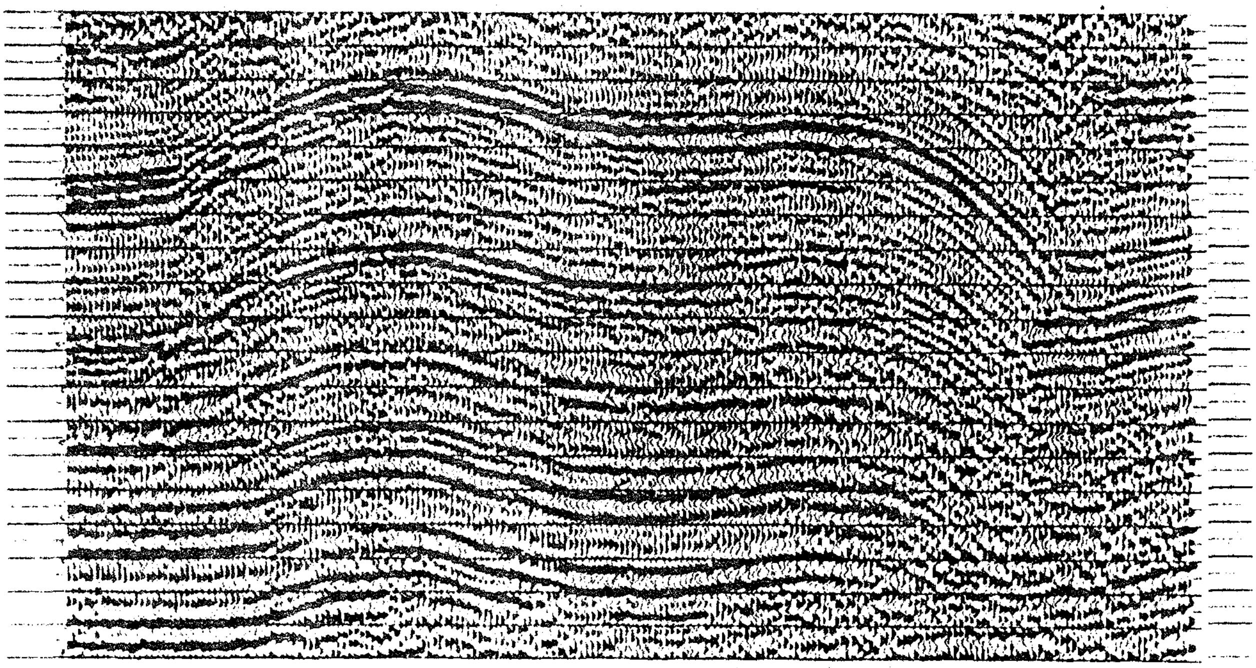
Yansıma yöntemleri ile yapılan çalışmalarda birçok fiziksel kavram ve bağıntıları ile matematik ve istatistiksel kuramlara gereksinme duyulmaktadır. Bunların yanısıra sismik yöntem çalışmalarında üç temel öğe'nin etkinliğini bilmemiz gerekir. Bunlar akustik (ses) enerji kaynağı, yeryüzü ve katmanları, kaynaktan yer içinde değişime uğrayarak gelen (yansıma, kırılma ve saçınım) sinyalleri alabilen alıcılardır. Sismik yansıma yönteminde temel olarak Huygens ve Snell yasalarına (Dobrin, 1976) uygun yansıyan dalgalarla ilgilenilmektedir.

Birçok hallerde yansımayı belirleyen sinyalleri bozucu istenmiyen etmenler (gürültü), yukarıda belirlemeye çalıştığımız üç öğede oluşabilir. Gerçek yansımaları ortaya çıkarabilmemiz ve doğasına uygun kesitler elde edebilmemiz için, bu bozucu etmenleri oluştukları ortamda düzeltme daha doğru bir değimle yok etme çalışmaları yapmamız gerekmektedir. Arazide ve kaynakta yapılabilecek düzeltmelere ek olarak sismik verilere de bazı işlemler uygulayarak da sağlayabiliriz.

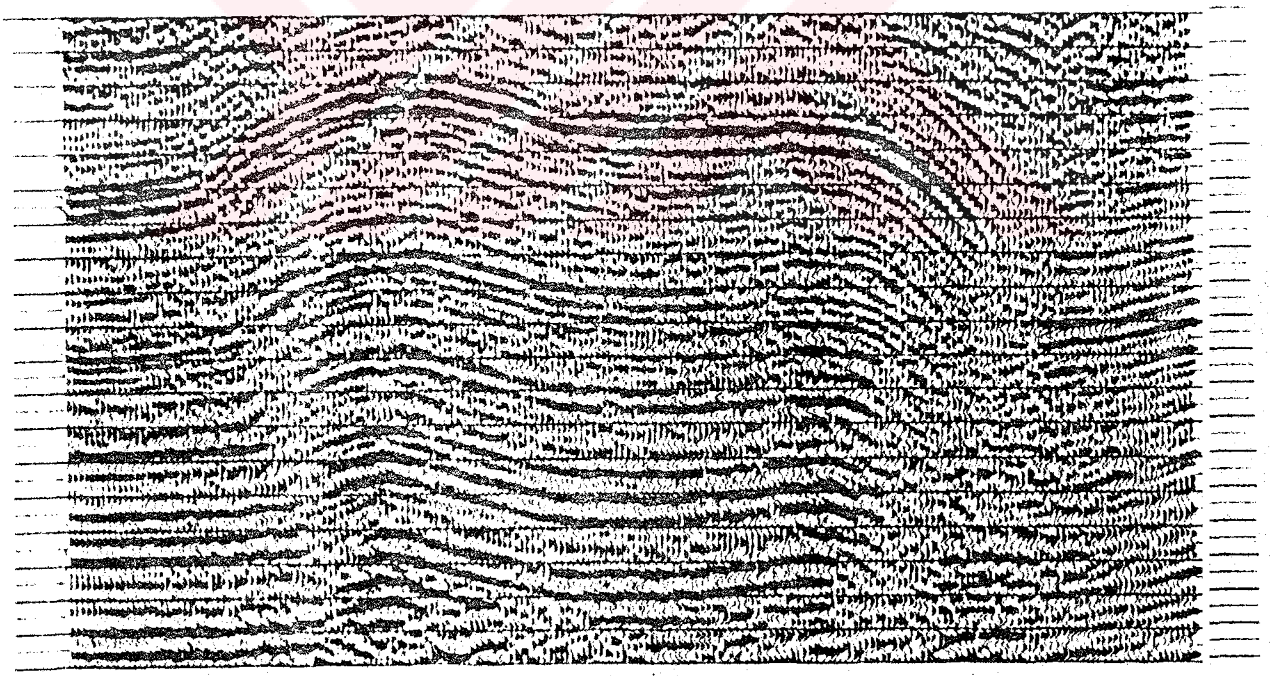
Bu düzeltme işlemlerinin en önemli olanlarından biri de migrasyondur. Yansıma yöntemi kullanılarak yerin akustik görüntüsünün elde edilmesinde yer içinde yansıtıcı yüzeylerin eğimli olması veya süreksizlik göstermesi ve bu süreksizliklerin oluşturduğu saçınım odakları nedeniyle sismik kesit üzerindeki geometrik bozulmaların gerçek yerlerine taşınması gerekmektedir.

Kısaca migrasyon, sismik kesitler üzerinde izlenen görünür yansımaların gerçek yerlerine taşınması işlemidir (Dobrin, 1978) (Şekil 1). Sismik çalışmaların amacı yeraltı katmanlarının gerçek yapılarını doğruya yakın bir şekilde vermek olduğundan migrasyon kavramının önemi de ortaya çıkmaktadır.

Sismik kesitler üzerinde yöntemin uygulanabilirliğini sağlamamız için bizim geometri ve hız bilgilerine sahip olmamız gerekmektedir. Ayrıca CDP birleşimi veya % 100'lük sonuç bölümüne, görünür yansımaları izleyebilmemiz ve matematik bağıntıları kurabilmemiz için gereksinimiz vardır. Buradan da anlaşılacağı gibi migrasyon düşey yansıma olayı ile ilgili



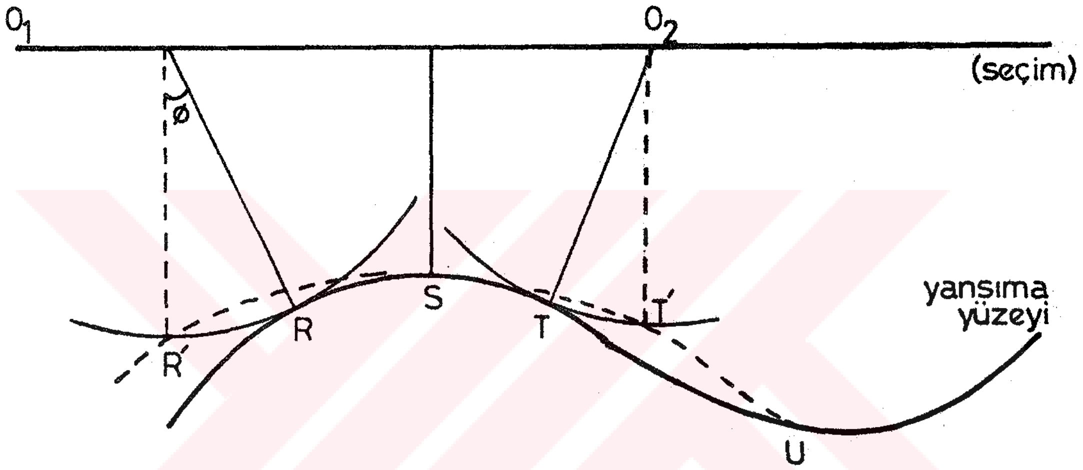
Migrasyon'dan Önce Harmanlanmış Kesit.



Dalga Denklemleri Migrasyonundan Sonra Harmanlanmış Kesit.

(Şekil 1)

olmaktadır. Kavramın daha iyi anlaşılabilmesi için oluşumu basit bir şekilde izleyelim (Şekil 2). Kaynak ve alıcının aynı yerde olduğu, hızın sabit ve yatay değişimlerin olmadığı eğimli tabaka yüzeylerine sahip olan iki tabakalı bir ortam düşünelim (Telford, vd., 1976). Huygens kuramına göre, tekdüze bir ortamda bir odak noktasından oluşan dalgalar, bu noktadan dışarı doğru yayılırlar. Merkezi odak noktasında bulunan iç içe (konsantrik) küreler dalga cephesini oluştururlar.



(Şekil 2)

Dalga cephesi üzerinde her titreşen nokta yeni bir odak noktası olarak alınır ve yeni dalga cephesi bu odak noktasının oluşturduğu konsantrik kürelere kavrayan olacaktır. Dalga cephesi hız sabit olduğundan hız ile varış zamanlarının yarısının çarpımına eşdeğer bir yarıçapa sahip daireden oluşacaktır.

Örneğin (Şekil 2)' deki gibi O_1 Kaynak/Alıcı noktasından doğan O_1R' çapındaki dalga cephesi sismik kayıt üzerindeki görünür yansıma yüzeyini (R'S T') kestiği nokta R' dür. Oysaki gerçek yansıma R de oluşmaktadır. O açısı ise tabakanın eğimi ile ilgilidir. Yani migrasyonda basit olarak dalga cephesi ve tabaka eğiminden yararlanılarak taşıma işlemi yapılmakta ve (R'S T') yansıtıcısı RST yansıtıcısına dönüştürülmektedir.

Anlaşılacağı gibi pürüzsüz ve yatay yansıtıcı yüzeylerde migrasyon işlemine gerek olmadığı gibi eğimli veya süreksizlik gösteren yansıtıcı yüzeyler için oldukça gerekli düzeltme yöntemidir.

Şimdi olaya başka bir açıdan bakalım. Yeraltı jeolojik yapısında tabaka yüzeylerinde meydana gelebilecek süreksizlikler (Örneğin; fay, kırıklar vb.) saçınım odakları oluşturacaklardır. Böylesi noktalardan meydana gelen saçınım (difraksiyon) sinyalleri noktaya göre daha derinde oluşan yansıma sinyallerini örtecekler ve kayıtçılara daha önce ulaşacaklardır. Sismik kesitlerde izlenen bu durum yansıtıcı yüzeylerde sapma ve süreksizlik oluşturmaktadır. Bu durumların düzeltilmesinde yani migrasyon yapılmasında dalga cephesi ve saçınım hiperbolleri kullanıldığı gibi, direkt olarak dalga denklemlerinden de yararlanılmaktadır. Burada amaç yeryüzeyinde ölçülen nokta kaynağın oluşturduğu basınç alanını kaynağa doğru belirli z derinlikleri için işleme sokmak ve sonuçta yansıma veya saçınımın kaynaklandığı noktanın görüntüsünü oluşturmaktır. Başka bir değişle yüzeyde ölçülen verilerden yeraltındaki bir nokta kaynaktan yayılan dalganın yayılım matrisinin tersini kullanarak, kaynağı elde etmeyi amaçlar. Yani migrasyon bir ters çözüm işlemidir.

Sismik veriler, migrasyon gibi birçok değerlendirme işlemlerine sokulmaktadır. Bunları ana başlıkları ile aşağıdaki izlencedeki gibi verebiliriz.

A) Sinyal/gürültü oranını iyileştirme yöntemleri ;
- Karıştırma (Mixing)
- Harmanlama (Stacking)
- Uzun periyotlu salınımlar (reverberation) ve tekrarlı yansımaların (multiple) azaltılması
- Bant geçirimli süzgeçler, hız süzgeçleri

B) Düşey ayırımlılığı arttırma teknikleri ;
- En küçük kareler ters süzgeçlemesi (whitening)
- En küçük kareler ön kestirme-hata (grapped deconvolution)
- Dalga ters evrişimi

C) Yanal ayırımlılığı arttırma teknikleri
- Doğrusal düzeneklerin kullanımı (uzak-alan görüntüsü)
- MİGRASYON (yakın alan görüntüsü)

D) Sismik veriden açıklayıcı bilgi edinme teknikleri
- Akustik empedans
- Trend hızı, ara hız
- Yapı ve litoloji için beklenen eğriler

III- MİGRASYON (GÖÇ) KAVRAMI

Migrasyon (Göç), sismik kesitlerde yansıtıcı yüzeylerde meydana gelen bozulmaların, süreksizliklerin düzeltilmesi ve tabaka eğiminden oluşan, ışın geometrisine bağlı görünür yansıma yüzeylerinin gerçek yansıma yüzeylerine dönüştürülmesi yani taşınması olayıdır. Bu işlemin yapılmasında şimdiye kadar birçok yaklaşım getirilmiş ve getirilmektedir. Biz migrasyon işlemine iki yönde fakat işlem açısından birbirinden farklı yaklaşım getireceğiz. Bunlardan ilki ışın geometrisine bağlı yaklaşımlar, ikincisi ise dalga denklemlerine bağlı dalga alanları dışsal kestirim (extrapolation) yaklaşımları olacaktır.

Geometri ve hız bilgileri elde edildiğinde örtülü saçınım noktalarının yüzey cevabını hesaplamak, gerçek yansımaların yerlerini saptamak olasıdır. Işın yolu geometrisindeki sapma olayını kısaca Bölüm II'de anlatmıştık. Oluşan bu görünür yansıma noktalarının migrasyonunu ileride Grafik veya Geometrik Migrasyon adı altında açıklayacağız. Şimdi ise dalga denklemleri yardımıyla yapılan migrasyonun oluşum sistemine ve amacına kısaca değinelim.

$$\nabla^2 P - (1/c^2)\ dP/dt^2 = 0$$

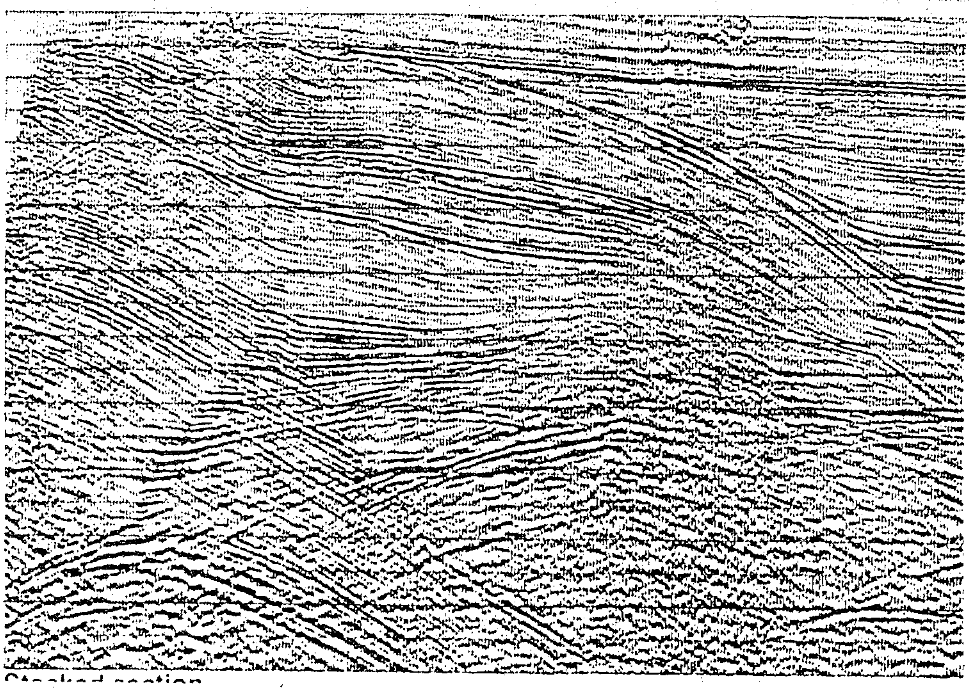
bağıntısı iki boyutlu skalar dalga denklemini gösterir.

c (x, z) = Ortam hızı

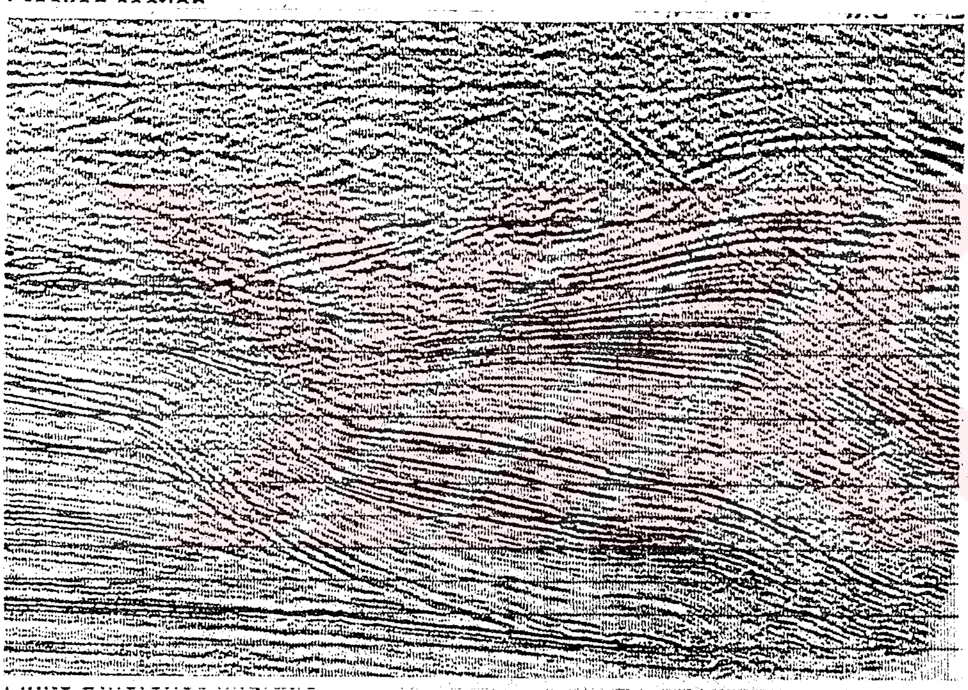
P (x, z, t) = Basınç cinsinden dalga alanını gösteren fonksiyon.

Uygun bir koordinat dönüşümü ile iki boyutlu dalga denklemi aşağı giden ve yukarı gelen olmak üzere iki birleşene ayırt edilebilinir (Yılmaz, 1978). Yukarı gelen dalga alanı P(x, z, t) gibi bir fonksiyonla tanımlanabilinir. Burada x yatay eksen, z derinlik ekseni ve t gözlem zamanıdır.

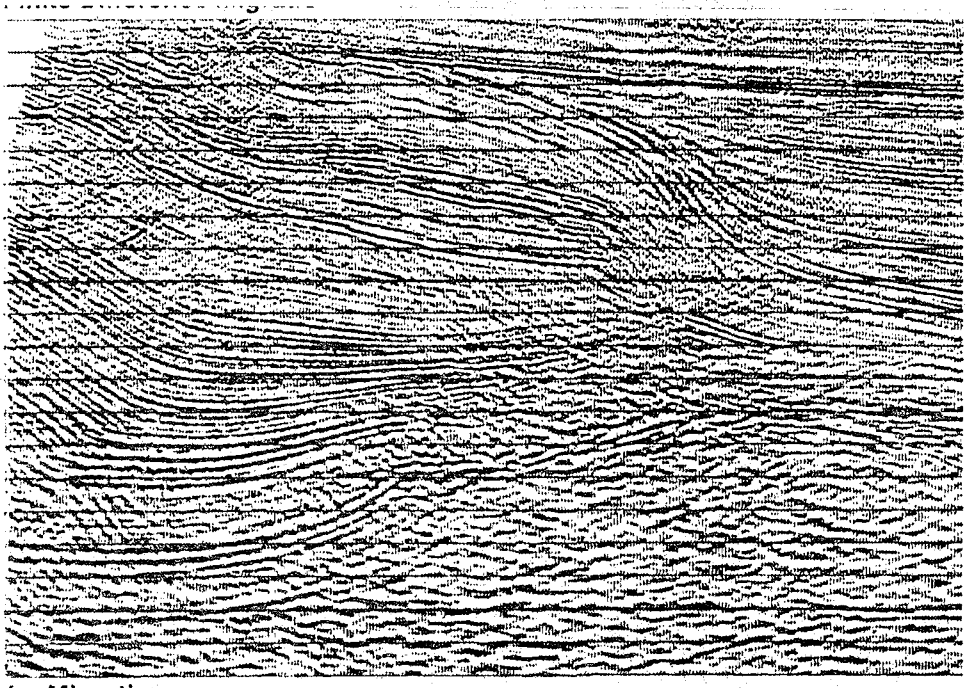
Birbirine karşıt iki durum düşünebiliriz. İlki (x, z) ortamında verilen bir noktadaki dalga alanını yüzeye doğru zaman değişkenine göre dışsal kestirimini yaparsak, z=0 çözümleri bize yer kürenin aşağı-giden bir kaynak dalga alanına olan tepkisinin yüzeyde ölçümlenmesini verecektir. Yani kaynak dalga alanının yüzeydeki modellenmesini elde etmiş oluruz. İkinci durum ise (x, t) ortamında verilen bir dalga alanını z



Harmanlanmış
Kesit



Sonlu Farklar
Migrasyonu



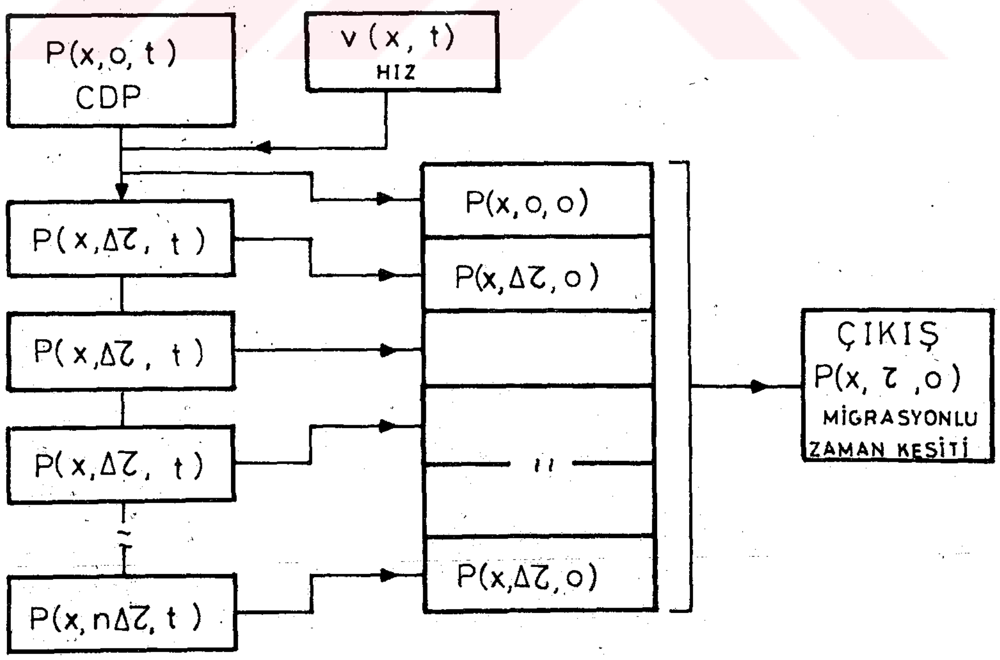
f, k Migrasyonu

(Şekil 3)

değişkeninde dışsal kestiriminin yapılmasıdır. Ters yöndeki bu problemin çözümü ise $P(x, z, o)$ dalga alanıdır. Sonuç ise yüzeyde ölçülmüş dalga alanının kaynağa taşınmasıdır. Yani Migrasyonudur (Şekil 3).

Bu olayı biraz daha açacak olursak, yansımalı sismikte iki tür kavramın çözümü ile ilgilenilmektedir. İlki verilen bir jeolojik modelden onun karşıtı olan CDP birleşimini elde etmektir. Bu ileri yöndeki problemdir. $P(x, z, o)$ da tanımlanan jeolojik modelde derinlik değişkeni z yerine $\tau = 2z / v(x, z)$ düşey gidiş-geliş zamanı kullanarak (v= ortam hızı) elde edilen $P(x, \tau, o)$ dalga alanı, sıfır açılımlı yansıma zaman serilerini belirtir. $t=0$ da bilinen bu dalga alanını zamanda dış kestirimini yaparsak $P(x, \tau, \Delta t)$, $P(x, \tau, 2\Delta t)$, ..., $P(x, \tau, n\Delta t)$ (Δt = sabit zaman aralığı) ve her adımda $\tau = 0$ yaparak yüzeyde ($z = \tau = o$) ile tanımlanan CDP birleşimini elde ederiz.

İkinci olay verilen bir CDP birleşiminden jeolojik karşıtını çıkarmaktır. Bu ise problemin tersidir. Başlangıç olarak $P(x, o, t)$ alınarak z değişkenine göre dışsal kestirimli yaparız, böylece $P(x, \Delta\tau, t)$, $P(x, 2\Delta\tau, t)$, ..., $P(x, n\Delta\tau, t)$ seri dalga alanlarını elde ederiz. Sonuçta yukarı gelen dalgaların aşağı doğru kaynağa uzanımı sağlanmış olur. Dalga alanlarında t değişkenini 0' a eşitleyerek görüntülerini elde ederiz. Bu işlemi migrasyon olarak adlandırırız (Şekil 4).



(Şekil 4)

Dalga denklemleri migrasyonunun amacı direkt olarak nokta kaynağı (yansıma veya saçınım noktası) bulmaktır. Dolayısıyla yansımanın oluşturduğu odak ayrıca bir işleme sokulmadan saptanmış olacaktır. Çözümün sağlanmasında hız bilgilerinin, yanal değişimlerin sağlıklı olarak elde edilmesi ve kullanılması yöntemin duyarlılığını arttırmaktadır.

IV- MİGRASYON YÖNTEMLERİ

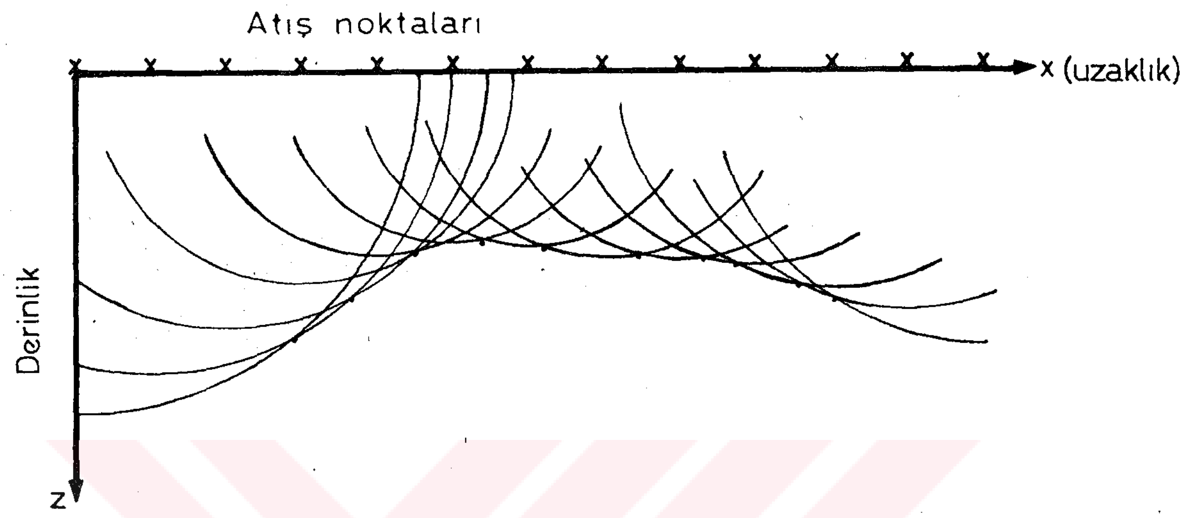
Bugüne kadar migrasyon işlemi üzerinde birçok yaklaşımlar getirilmiştir. Biz burada iki tip çalışmayı kısa bir şekilde göstereceğiz. Bunlardan ilki ışın yolu geometrisi ile ilgili grafik veya geometrik yaklaşımlar, diğeri ise dalga denklemleri yardımıyla dışsal kestirim (extrapolasyon) kavramıyla yapılan migrasyon yaklaşımlarıdır. Bu çalışmalar aynı amaçlı olmalarına rağmen yöntem açısından tamamen farklılık göstermektedirler. Örneğin geometrik migrasyon çeşidi olan saçınım migrasyonu istatistiksel yaklaşım iken, dalga denklemleri migrasyonu kesin bir yaklaşım ortaya koyar. Sismik verilerin küçük bölümleri için el ile yapılan migrasyon işlemi; büyük boyutlu çalışmalarda bilgisayara gereksinim duymaktadır. Bu konuda açıklayacağımız yaklaşımları da temel alan birçok program geliştirilmiştir.

4.1. Grafik veya Geometrik Migrasyon

Grafik veya geometrik migrasyon işleminde sıfır açılımlı sismogramlar kullanılır. Işın yolu geometrisi ile ilgili olan grafik veya geometrik migrasyon fiziksel kural ve kavramlara uygunluk gösterecektir. Örneğin Optik kurallar, Snell, Huygens - Fresnel kavramları gibi (Dobrin, 1978).

Bu yaklaşımlarda kullanılan Huygens kuramından kaynaklanan dalga cephesi ve derinlik ortamında gerçek yansımaların bu dalga cephesine teğet olmalarıdır. Hızın sabit olduğu bir ortamda her kayıt noktasından yeraltına doğru çeşitli derinlikler için $r = \alpha t / 2$ olan yarım daireler çizersek (r = daire çapı (burada derinliği belirtir), α = Ortam hızı, t = Gidiş - geliş zamanı) yansımalar bu yarım dairelere teğet olarak oluşacaklardır. Böylece birbirine yakın ve sık olarak çizilecek dalga cephelerine teğet olan yansımaların birleştirilmesiyle migrasyonu yapılmış yansıma yüzeyleri elde edilebilinir (Şekil 5).

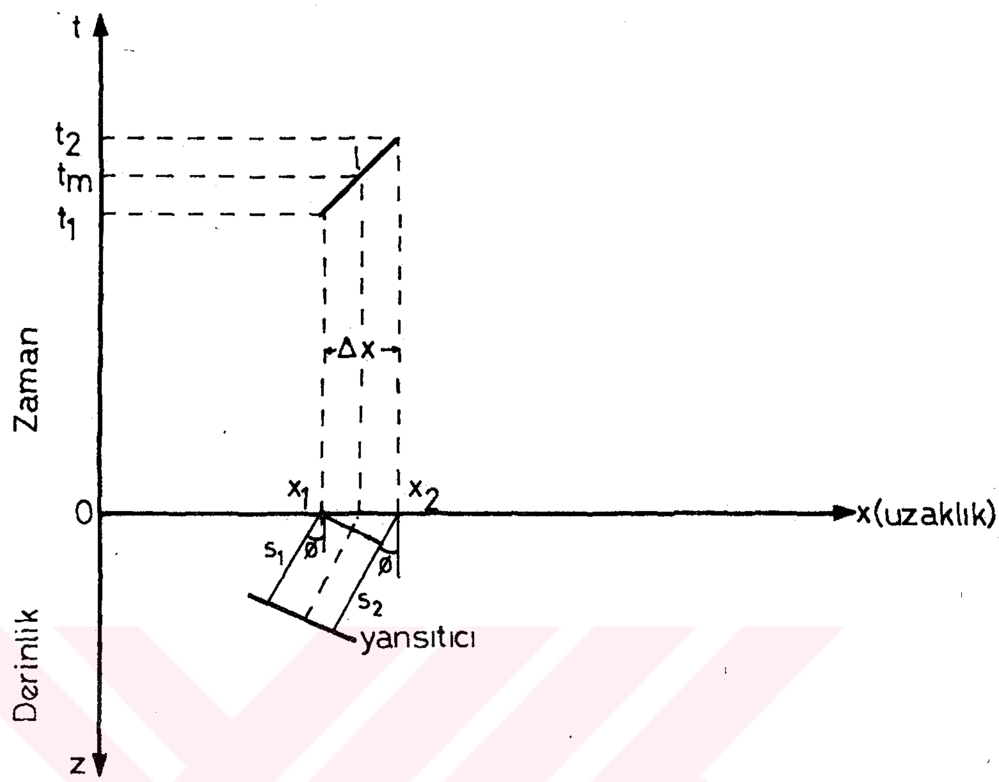
Hız fonksiyonlarının değişimi halinde örneğin hızda derinlikle orantılı bir değişim sözkonusu ise aynı zaman dilimi için iç içe olan yarım dairelerde dışa doğru bir artış izlenecektir.



(Şekil 5)

4.1.1. Işın Kuramı Yardımıyla Migrasyon

Işın yolundan yararlanılarak yapılan migrasyon çalışmalarında yol-zaman kesidi üzerinde eğimli görünür yansıtıcı yüzey parçasının yol-derinlik kesidinde gerçek yansıtıcı parçalara dönüştürülmesi gerçekleştirilmektedir (Şekil 6).



(Şekil 6)

x = Serim noktaları

l = Yol - Zaman sisteminde yansıtıcı eğimli yüzey parçası

t = Gidiş - Geliş zamanı

s = Yansıma noktasına olan mesafe

α = Ortam hızı

İşlemin gelişimi şöyledir; Hızın sabit olduğunu varsayarsak yol - aman ortamında l kadar küçük bir eğimli yansıtıcı yüzey parçasını alalım e bu parçacığın yol - derinlik ortamında meydana getireceği görümcel ğimi bulmaya çalışalım.

$$S_1 = t_1 \cdot \alpha / 2 \tag{1}$$

$$S_2 = t_2 \cdot \alpha / 2 \tag{2}$$

$$S_2 - S_1 = S = (t_2 - t_1) /2 = \Delta t . \alpha/2 \qquad (3)$$

$$\Delta x = x_2 - x_1 \qquad (4)$$

$$\text{Sin } \emptyset = \Delta S / \Delta x = t . \alpha / 2 . \Delta x \qquad (5)$$

$$\emptyset = \text{Arc Sin} \Delta t . \alpha / 2 . \Delta x \qquad (6)$$

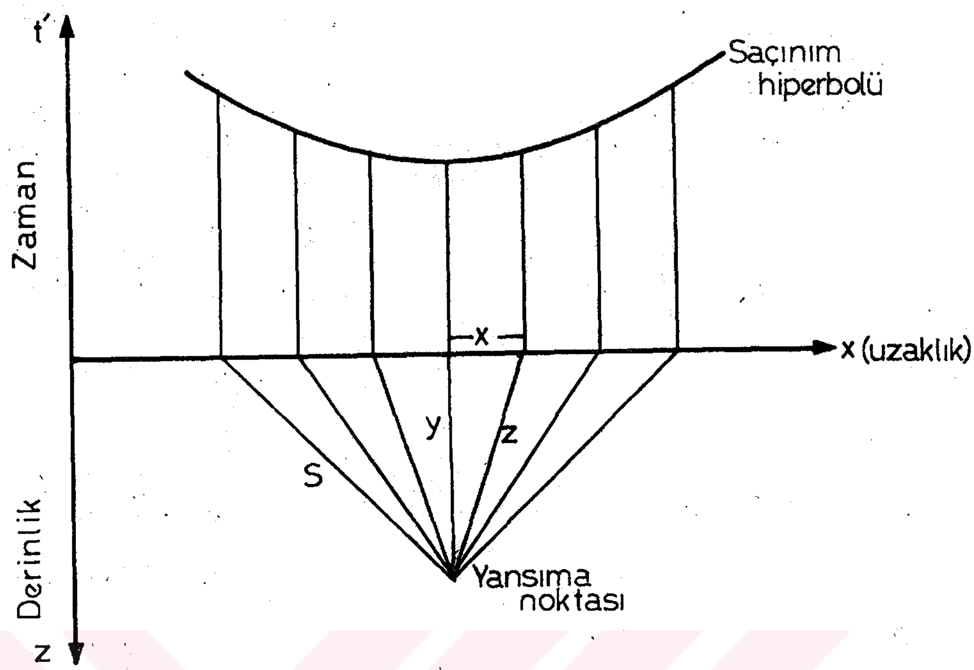
olacaktır. x_1 ve x_2 serim noktalarının düşeyi ile $\emptyset$ kadar açı yapacak şekilde çizilecek S_1 ve S_2 doğru parçalarını birleştiren eğimli yüzey gerçek yansıma yüzeyini verecektir. S_m ile belirtilen uzaklık ise daha doğru bir yaklaşım sağlamak için ortalama işlemidir. Yöntemin ardaşık bir şekilde uygulanması ile küçük bölümlerin birleştirilmesi sağlanır. Böylece migrasyon işlemi yapılmış yansıma yüzeyi elde edilmiş olur.

4.1.2. Dalga Cephesi ve Saçınım Hiperbolleri Yardımıyla Migrasyon

Dalga cephesi ve saçınım hiperbolleri yardımıyla yapılan migrasyon işlemi Huygens - Fresnel saçınım kuramını temel olarak almıştır (Hagedorn, 1952).

Huygens kuramına göre bir noktadan kaynaklanarak ilerleyen bir dalga yüzeyinin her noktası etrafına dalgacıklar yayan yeni dalga merkezleri olarak düşünülebilinir. Herhangibir anda bu dalgacıkların kavrayanı (zarfı) olan yüzey yeni dalga yüzeyidir. Ve bu yüzey dalga cephesini oluşturmaktadır. Eğer yer katmanlarında hız dağılımını sabit sayarsak iki boyutlu ortamda belirli zaman aralıkları için dalga cepheleri kaynak noktasından yayılan iç içe dairelerden oluşacaktır. Yansıma yüzeyleri bu dalga cephelerine teğet olacaktır.

Şimdi saçınım hiperbolleri veya maksimum dış bükey yüzeyler diye adlandırılan ve dalga cephesine karşıt gelen durumu inceleyelim. Kavram belirli derinlikteki bir düşey yansıma veya saçınım noktasından yayılan ışın yoluyla ilgilidir (Şekil 7).



(Şekil 7)

Düşey yansımanın her iki tarafında eşit mesafelerdeki alıcılara yansıma noktasının uzaklıkları bir hiperbol denklemi ile sağlanmaktadır.

$$z^2 - x^2 = y^2 \qquad (1)$$

x = yansıma noktasından kaynak / alıcı'ya olan uzaklık z ile değişim göstermektedir.

y = yansıma noktasının derinliği (sabit)

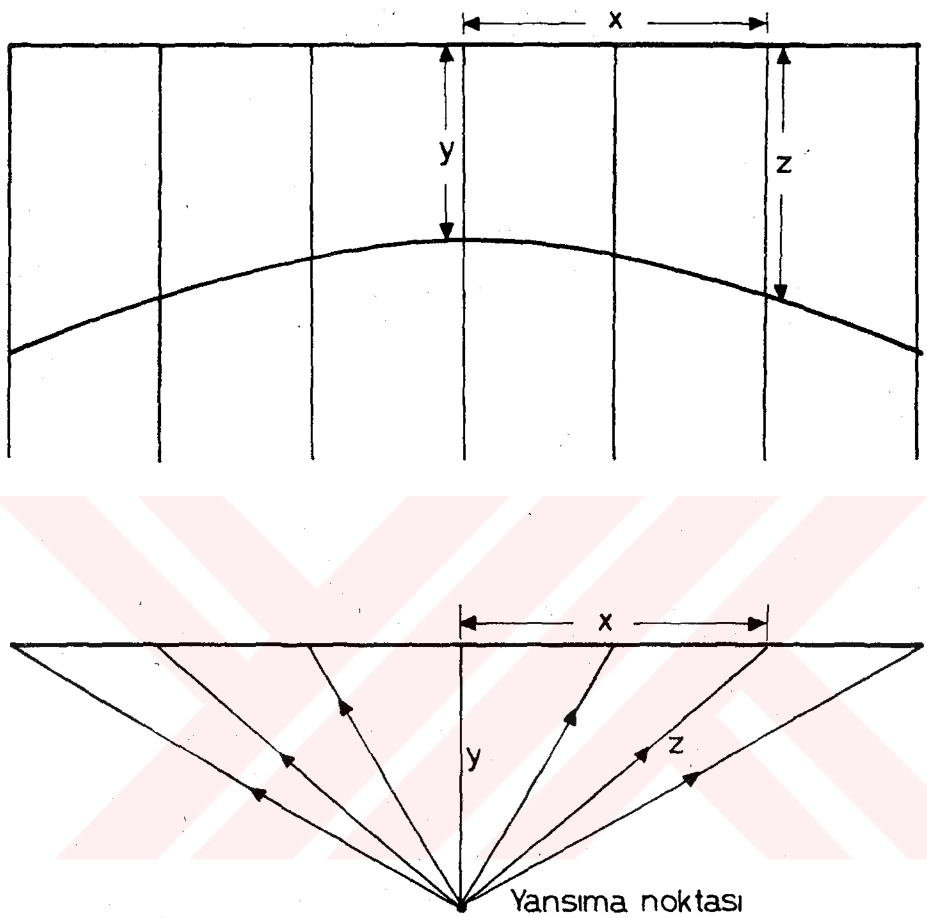
z = yansıma noktasından her kaynak / alıcı yerine olan uzaklık x ile değişmektedir.

Dalga cephesi ise daire denklemini sağlamaktadır.

$$x^2 + y^2 = z^2 \qquad (2)$$

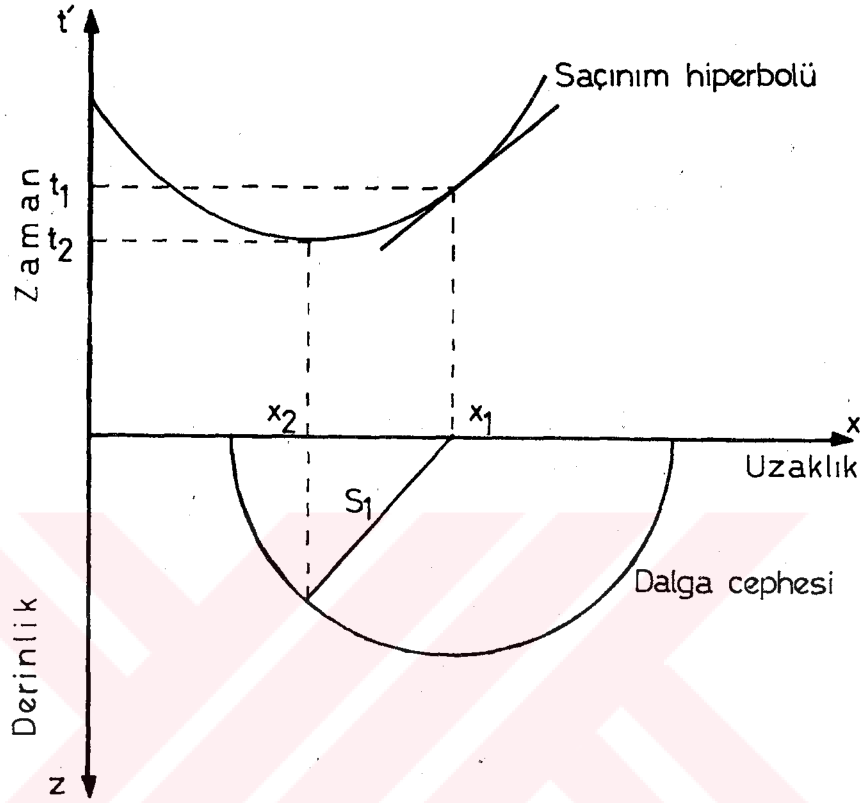
z sabit x ve y değişkendir.

Derinlik ortamında maksimum dışbükey eğri x'e karşı z lerin değişmesiyle elde edilir (Şekil 8).



(Şekil 8)

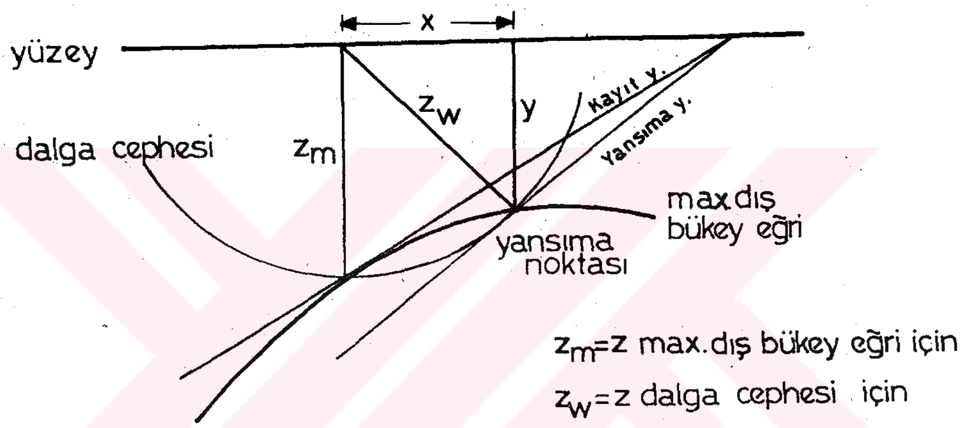
Maksimum dışbükey eğriler ve dalga cephesi ile migrasyon işleminin yapılması şöyle oluşmaktadır. Sıfır açılımlı çalışmalarda ilk önce derinlik ortamında belirli seviyeler için nokta yansıma kaynaklarının oluşturacağı maksimum dışbükey eğriler (saçınım hiperbolleri); zaman ortamında hiperbol denkleminden yararlanılarak x'e karşı gelen z/v değerleri cinsinden bulunur (v = ortam hızı). Yansıma noktasından yüzeye doğru ışın yoluyla ilgilenildiğinden zaman olarak gidiş - geliş zamanı değil de yarısı alınacaktır. Ayrıca bir kaynak noktasından yayılan dalga cephelerini de çeşitli derinlikler için oluşturmamız gerekir. Şimdi bu iki tip eğri sisteminden yararlanılarak migrasyon işlemini yapabiliriz (Şekil 9).



(Şekil 9)

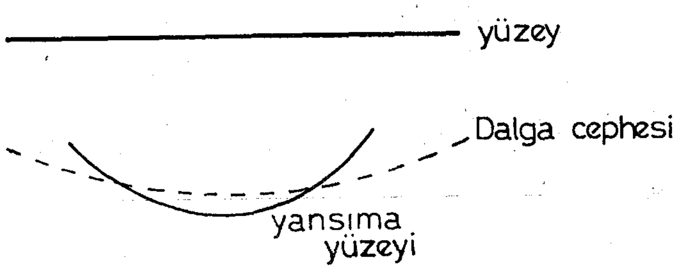
(x - t') yol - zaman kesidi üzerinde (t' = t / 2) görünür eğimli yansıtıcı yüzeye teğet olacak şekilde, daha önceden hazırladığımız maksimum dışbükey eğri sistemini, konumunu bozmadan x ekseni üzerinde kaydırarak uygun olan eğri ile teğet olacak şekilde çakıştırırız. Bu teğet noktasından x ve t' eksenlerine indirilecek dikmeleri x_1 ve t_1 ile gösterelim. x_1 noktasını kaynak noktası olarak alırsak daha önce çeşitli derinlikler için hazırlayacağımız dalga cephesi eğrilerini noktaya yerleştirdiğimizde $S_1 = t_1 . \alpha$ olacaktır (α= ortam hızı). Maksimum dışbükey eğrinin dönüm noktasından x ve t' eksenlerine indirilen dikmeler ise t_2 ve x_2 noktalarında eksenleri keseceklerdir. Yol - derinlik kesidinde x_2 ye indirilen dikmenin uzantısının S_1 çaplı dalga cephesini kestiği noktadan dalga cephesine çizilen teğet yansıma yüzeyi parçasını verecektir. Böylece migrasyon işlemi tamamlanmış olacaktır.

Şimdi dalga cephesi ile maksimum dışbükey eğriler arasındaki ilişkiyi kısaca belirtelim. Hızın sabit olduğu bir ortamda, düşey ışın yoluyla ilgilenirsek kayıt zamanları ile hız çarpımının yarısı derinlikleri göstermektedir. Böylesi bir işlemin yapılması ile elde edilen yüzeye kayıt yüzeyi ve yansıma noktalarının gerçek yerlerinin oluşturduğu yüzeye ise yansıtıcı yüzey adını veririz. Derinlik ortamında yapılacak bir uygulamada görülen yansıma yüzeyi (veya yansıtıcı yüzey), dalga cephesine teğet iken kayıt yüzeyi maksimum dışbükey eğriye teğet olmaktadır (Şekil 10). Bu ilişki iki eğri sisteminin özünü oluşturmaktadır.



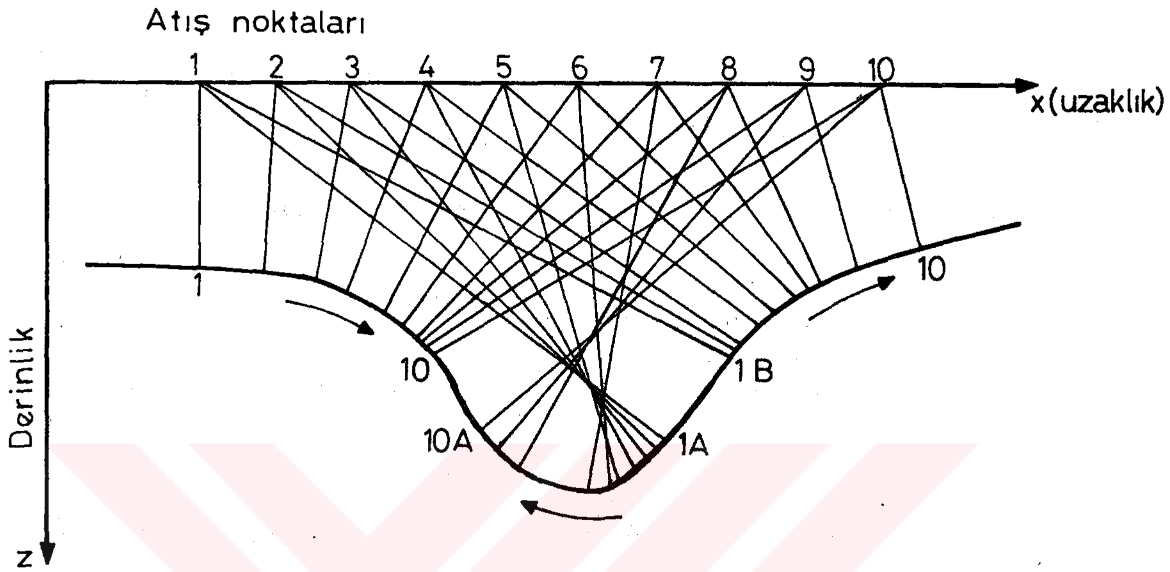
(Şekil 10)

Ayrıca eğer yansıtıcı tabaka senklinal şeklinde bir yapı oluşturuyor ve senklinalin oluşturduğu yansıma yüzeyinin içbükeyliği dalga cephesinden daha fazla değilse (Şekil 11), o zaman yansımalarda girişimler

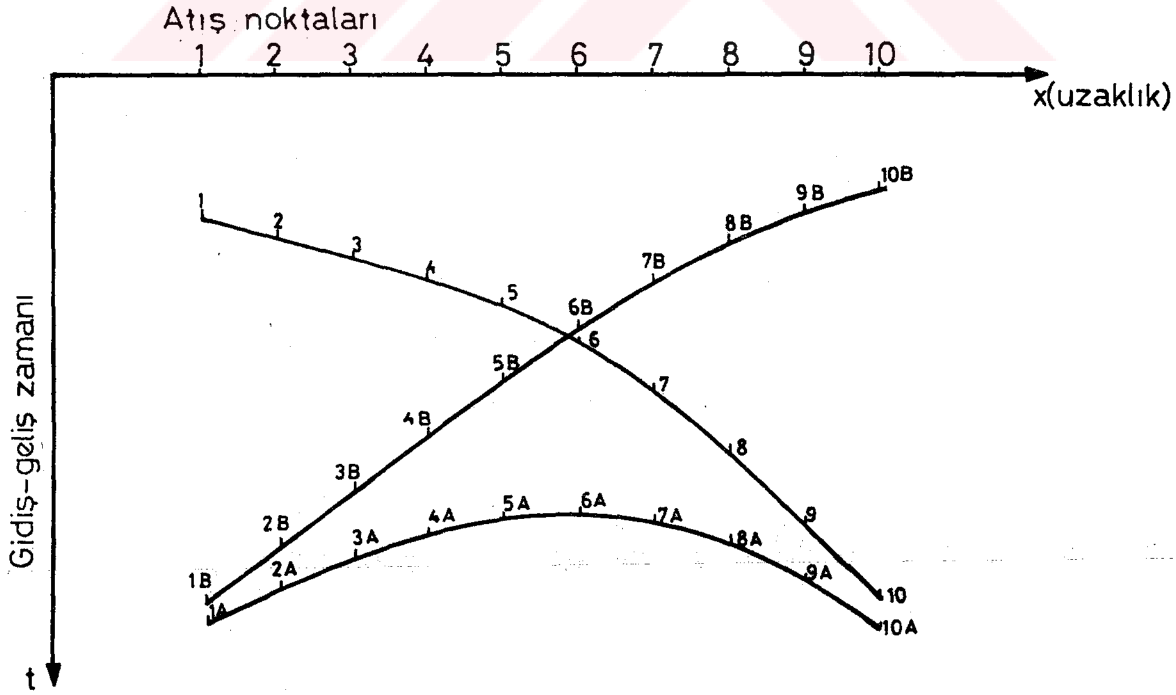


(Şekil 11)

oluşacaktır (Şekil 12b). Böylesi durumlarda yansımalar üç farklı noktadan olmaktadır. 1, 10 - 1A, 10A - 1B, 10B şeklinde belirlenen yansıma noktalarından oluşan eğriler zaman kesidinde karmaşık bir düzen göstereceklerdir. Bu bölümlerin migrasyonu ise her yansıtıcı yüzey için ayrı ayrı yapılarak gerçekleştirilir (Şekil 12a).



(Şekil 12a)



(Şekil 12b)

4.2. Dalga Denklemleri Yardımıyla Migrasyon ve Dışsal Kestirim (Extrapolasyon)

Newton Çekim ve Hooke Yasalarını kullanarak sismik cisim dalgalarının yayılımını tanımlayan skalar dalga denklemini elde etmekteyiz (Ek 1).

$$\Delta^2 P - (1 / c^2)\, dP / dt^2 = 0 \qquad (1)$$

buradan iki boyutlu ortamda zaman bağımlı dalgaların yayılımını ise,

$$P_{xx} + P_{zz} - (1 / c^2)\, P_{tt} = 0 \qquad (2)$$

şeklinde tanımlayabiliriz.

x = yatay uzay ekseni
z = derinlik
t = gözlem zamanı
c = c(x, z) ortam hızı
Alt terimlerde türevleri göstermektedir.
P = P(x, z, t) basınç cinsinden dalga alanını gösteren fonksiyondur.

Şimdi cisim dalgaları için dalga denklemlerinden yararlanılarak ileri doğru dışsal kestirim (extrapolasyon) kavramını ve migrasyon işlemindeki kullanımını kısaca açıklayalım. Dışsal kestirim, bilinen bir noktanın yardımıyla (burada kaynak / alıcı) dışında kalan noktaların etkilerini saptamayı amaçlar. Biz çalışmalarımızda dalga alanları ile dışsal kestirim işlemlerini yapacağız. Dışsal kestirim için matris bağıntılarını içeren bazı alogaritmalar türetebiliriz. Ve derinlik seviyesi $z > z_n$ için tepki cevabını aşağıdaki gibi yazabiliriz (Berkhout, 1980).

$$H(z_o) - W(z_o, z_n)\, H(z_n)\; W(z_n, z_o) \qquad (3)$$

$$P(z_o) = S(z_o)\; H(z_o)\; D(z_o)$$

$$W(z_o, z_n) = W(z_o, z_1)\; W(z_1, z_2) \;\ldots\ldots\; W(z_{n-1}, z_n)$$

P (z_o) matrisinin bir satırı kaynak düzeninin cevabını, $P(z_o)$ matrisinin bir kolonu ise bir alıcıda ölçülen tüm kaynak cevabını belirtir. Ayrıca H (z_n) derinlik seviyesi z_n deki matris cevabıdır. Burada kaynak matrisi S ve alıcı matrisi D birim matrise eşit sayılır. W ise yayılım matrisini göstermektedir.

(3) bağıntıları evrişim (konvolüsyon) bağıntıları yardımıyla açıklanabilinir. Bu evrişim bağıntılarının kurulması ile verilen derinlik seviyesinden yüzeye kadar yayılım etkileri kaynak toplamına katılır. Evrişim bağıntılarının ikinci şeklinde ise yüzeyden verilen derinliğe kadar yayılım etkilerini alıcı toplamından çıkarmaktır. Bu durum ters problemi göstermektedir. Yani yayılım matrisi W lerin elemine edilmesi işlemidir. Ve ters evrişim (dekonvolüsyon) bağıntıları ile açıklanır. Ters evrişim işleci her eşit frekans birimi için uygun gelen, uzaysal bant genişliğine bağlı olmaktadır. Bu durum ise en küçük kareler ölçeci ile saptanabilmektedir. Böylece ters evrişim işlemini bir süzgeç olarak kabul edebiliriz.

Ters işlem genelde migrasyonu oluşturmaktadır. Kısaca yayılım matrisinin etkilerinin kaldırılması, yayılım matrisinin tersinin alınması ile gerçekleştirilebilmektedir. Bu durum aşağı doğru dışsal kestirim problemi genel bağıntılarında açıklanmaktadır. Migrasyonun birinci adımı dışsal kestirim iken ikinci adımı ise görüntüleme (imaging) işlemidir.

Özde migrasyon ;

a-) Aşağı doğru dışsal kestirim: Verilen derinlik seviyesi z_n ve yüzey arasındaki yayılım etkilerinin giderilmesi.

b-) Görüntüleme: Aşağı doğru dışsal kestirim sonucundan derinlik seviyesi z_n de yansıma özelliğinin (reflectivitiy) saptanması

Şimdi verilen bir noktadan evrişim bağıntıları yardımıyla dışsal kestirim işlemini yapacak olursak genelde bunu yukarı doğru dışsal kestirim olarak adlandırırız.

$$Q(z_i) = W(z_i, z_{i+1}) * Q(z_{i+1}) \qquad (4)$$

$$Q(z_i) = W(z_i, z_{i+1}) * Q(z_{i+1}) + N(z_i)$$

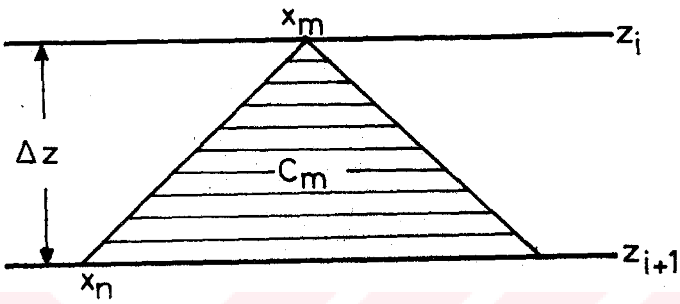
Burada Q kaynak veya alıcı toplamını açıklamaktadır.

$N(z_i)$ = Serbest yer gürültüsü

W = yayılım matrisi

Eğer $\Delta z = z_{i+1} - z_i$ aralığı çok küçük ve uzaysal dalgacık boyu içinde yanal değişim hızını sabit varsayarsak dalgacık (yayılım matrisi) direkt olarak Rayleigh II İntegralinden çıkarılır (Berkhout, 1980).

$$W_{mn}(z_i, z_{i+1}) = - jk/2 \cos \phi_{mn} \; H_1^{(2)}(k\, r_{mn}) \Delta Lx$$



(Şekil 13)

bağıntıda,

$$r_{mn} = \left[z^2 + (x_m - x_n)^2 \right]^{1/2}$$

$k = W/cm$

c = hız

H_1 = Hankel fonksiyonu (2. dereceden)

Aşağı doğru dışsal kestirim diye adlandıracağımız dışsal kestirim işlemi ise ters bir süzgeçleme işlemi ile gerçekleştirilebilinir. Yani ters evrişim işleci F nin uygulanması z_{i+1} seviyesindeki toplam dalga alanını z_i derinlik seviyesindeki toplam dalga alanına azaltması nedeni ile ters bir süzgeç gibi görünür. Böylece eğer biz bir doğrusal işleç (F) yi düzenler ve (z_i) seviyesindeki toplama tatbik edersek, daha düşük (z_{i+1}) seviyesindeki toplam dalga alanını (basınç cinsinden) elde edebiliriz. Ve bağıntıyı aşağıdaki gibi gösterebiliriz (Berkhout, 1980).

$$\langle Q(z_{i+1}) \rangle = F(z_{i+1}, z_i) * Q(z_i) \qquad (6)$$

buna (4) bağıntısını uygularsak;

$$\langle Q(z_{i+1}) \rangle = F(z_{i+1}, z_i) * \left[W(z_i, z_{i+1}) * Q(z_{i+1}) + N(z_i) \right]$$

veya,

$$<Q(z_{i+1})> = W'(z_{i+1}) * Q(z_{i+1}) + N'(z_{i+1}) \quad (7)$$

$< \; >$ = sınırlı alanı belirtmektedir.

Yukarıdaki aşağı doğru dışsal kestirim bağıntılarında $W' = F$ ters süzgecine eşdeğer olmaktadır. Çok küçük hallerde N' ihmal edinebilinir. Ters süzgecin çıkarılmasında en iyi yaklaşım en küçük kareler ölçecinin kullanılması ile elde edilebilinir.

$$E = \iint_A \left[F * Q(z_i) - Q(z_{i+1}) \right]^2 dx\, dy \quad \text{en küçüktür.} \quad (8)$$

burada A çalışma alanını açıklamaktadır. Akılda tutulması gereken önemli özellik; uzaysal dalgacık (yayılım matrisi) $W(z_i, z_{i+1})$ 'in uygulanması ile (z_i, z_{i+1}) tabakasının yayılım etkilerini veriye katmasıdır. Uzaysal süzgeç (z_{i+1}, z_i) 'nin amacı ise (z_i, z_{i+1}) tabakasının yayılım etkileri-ni veriden çıkarmaktır.

Şimdi aşağı doğru dışsal kestirim işlemine Kırchhoff-Toplam yaklaşımı ve UYUM (Matched) süzgeci ile açıklama getirelim.

Gürültülü olaylarda $<Q> = Q$ alınabilinir; ve aşağıdaki varsayımı kabul edersek,

$$W'(x, y, w) = \delta(x)\delta(y) \quad (9)$$

$$F(x, y, w) * W(x, y, w) = \delta(x)\delta(y)$$

$< \; >$ = sınırlı alan

δ = delta işleci

W = sabit dışsal kestirim uzaklığı z ve sabit yayılım hızı c için uzaysal dalgacığı (yayılım matrisini) belirtir.

Eşitlik (9) dalga sayısı - frekans ortamında çarpım olarak işlem görür (Fourier dönüşümleri alınarak)

$$\tilde{F}(k_x, k_y, w)\ \tilde{W}(k_x, k_y, w) = 1$$

$(\sim)$ = işaret dalga sayısı ortamını belirtir.

$$\tilde{F}(k_x, k_y, w) = 1 / \tilde{W}(k_x, k_y, w) \text{ olur.}$$

$$\tilde{W}(k_x, k_y, w) = \exp -j\left[(k^2 - (k_x^2 + k_y^2)^{1/2} \Delta z\right] \quad (10)$$

$$k_x^2 + k_y^2 \quad k^2 \leqslant \text{ için.}$$

veya

$$\tilde{W}(k_x, k_y, w) = \exp\left[-((k_x^2 + k_y^2) - k^2)^{1/2} \Delta z\right] \quad (11)$$

$$k_x^2 + k_y^2 \leqslant k \quad \text{için.}$$

$$\tilde{F}(k_x, k_y, w) = \exp\left[j(k^2 - (k_x^2 + k_y^2))^{1/2} \Delta z\right] \quad (12)$$

$$k_x^2 + k_y^2 \leqslant k^2 \quad \text{için.}$$

$$\tilde{F}(k_x, k_y, w) = \exp\left[((k_x^2 + k_y^2) - k^2)^{1/2} \Delta z\right] \quad (13)$$

$$k_x^2 + k_y^2 > k^2$$

Biz burada $k_x^2 + k_y^2 > k^2$ seçersek; bu ters işleç (F) uyumlu süzgeç (matched filter) olarak adlandırılabilinir.

$$\tilde{F}(k_x, k_y, w) = \exp\left[-((k_x^2 + k_y^2) - k^2)^{1/2} \Delta z\right] \quad (14)$$

$$\tilde{F}(k_x, k_y, w) = \tilde{W}^{*}(k_x, k_y, w) \quad (15)$$

ters fourier dönüşümünü alırsak frekans ortamına döneriz ve aşağı doğru dışsal kestirim işleci

$$F\,(x,\,y,\,w) \;=\; W^{*}\,(x,\,y,\,w) \qquad (16)$$

olur. ($*$ = Karmaşık eşlenik)
veya

$$F\,(x,\,y,\,w) = \frac{z}{2}\,\frac{1 - jkr_o}{r_o^3}\,e^{jkr_o} \qquad \text{(üç boyutlu)} \qquad (17)$$

$$F\,(x,\,y,\,w) = z\,\left(-\frac{jk}{2}\right)\,\frac{e^{jkr_o}}{r_o^{2}} \qquad \text{(üç boyutlu)}$$

$$kr_o \gg 1$$

$$F(x,\,w) = \Delta z\,\left(\frac{jk}{2}\right)\,\frac{H_1^{\,1}\,(kr_o)}{r_o} \qquad \text{(iki boyutlu)}$$

$$F\,(x,\,w) = z\,\left(-\frac{jk}{2}\right)^{1/2}\,\frac{e^{jkr_o}}{r_o} \qquad \text{(iki boyutlu)}$$

$$kr_o \gg 1$$

yukarıdaki bağıntıları kullanarak aşağı doğru dış kestirim işlecini şöyle yazabiliriz.

$$Q\,(x,\,y,\,z_{i+1},\,w) = \frac{\Delta z}{2}\iint_A Q(\xi,\eta,z,\,w)\,\frac{1 - jkr}{r^3}\,e^{jkr}\,d\xi\,d\eta \qquad (18)$$

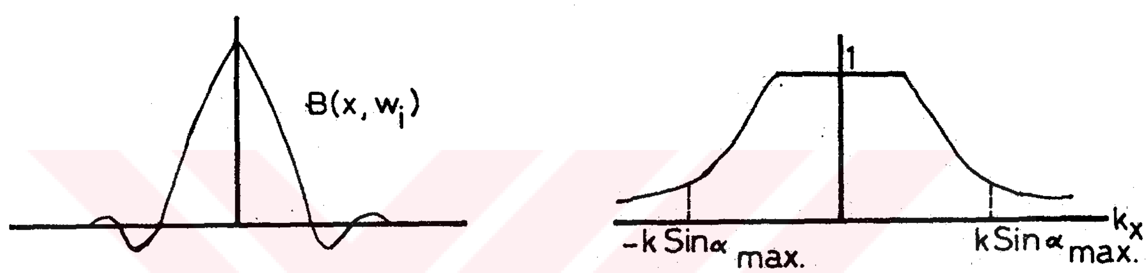
burada $r = \left((x-\xi)^2 + (y-\eta)^2 + \Delta z^2\right)^{1/2}$ dir.

görülüyorki aşağı doğru dışsal kestirim işleci yukarı doğru dışsal kestirim işlecinin tersi (inversi) olarak çıkarılmaktadır. Bu işlecin oluşturulması en basit haliyle dalga sayısı - frekans ortamındadır. Daha karmaşık durumlarda yani sınırlandırılmış işleçler veya yanal hız değişimleri olduğunda daha başka bağıntılara başvurulur. Örneğin en küçük kareler ters süzgeci gibi (Ek 4).

W' nin en küçük kareler ters süzgecini aşağıdaki bağıntı yardımıyla gösterebiliriz.

$$\sum_{m} \left[\sum_{n=-1} F_n \; W_{m-n} \; - \; B_m \right]^2 \quad \text{en küçük (minimum)} \qquad (19)$$

(B) = O evreli bant sınırlı dalgacığı göstermektedir (Şekil 14).



(Şekil 14)

İşleç boyu L ve z adımları için en küçük kareler hatası dışsal kestirimin doğruluğunun ölçüsü olmaktadır. W dalgacığının öz ilişkisi Δz adımlarının küçük seçilmesinde delta işlecine yaklaşım gösterir. Bu nedenle küçük dışsal kestirim adımlarında en küçük kareler aşağı doğru dışsal kestirime işleci için aşağıdaki bağıntıyı kurabiliriz (Berkhout, 1980).

$$F_n = \sum_{m} W^{*}_{m-n} \quad B_m \quad (n = -L, -L+1, \ldots\ldots L)$$

(+) = karmaşık eşlenik

veya

$$F\,(x,\, w_i) \;=\; W^{*}\,(x,\, w_i) \;*\; B\,(x,\, w_i)$$

Sonuç olarak, matris bağıntılarını kullanarak her Δz adımı içindeki yanal değişimleri işleme katarsak aşağı doğru dışsal kestirimin bant sınırlı en küçük kareler ters süzgecini elde ederiz.

$$F(z_{i+1}, z_i) = \left[W^*(z_i, z_{i+1})\, W(z_{i+1}, z_i)\right]^{-1} W^*(z_i, z_{i+1}) B(z_{i+1})$$

bu bağıntıyı aşağı doğru dışsal kestirim için ters işleç olarak uygulayabiliriz.

4.2.1. <u>Migrasyon'a Dalga Sayısı-Frekans Ortamında Yaklaşım</u>

Dalga alanları dış kestirimini genelde evrişim bağıntılarıyla sağlayabiliriz. Kısaca frekans ortamında yukarı doğru dışsal kestirim için,

$$P_m(z_i) = W_2(z_i, z_{i+1}) * P_m(z_{i+1}) \qquad (1)$$

aşağı doğru dışsal kestirim için de,

$$P_m(z_{i+1}) = F_2(z_{i+1}) * P_m(z_i) \qquad (2)$$

F_2, iki yollu (geliş-gidiş) W_2 süzgecinin bant sınırlı tersini göstermektedir. Burada P_m, x_m deki bir kaynak toplamı veya alıcı toplamını belirtmektedir. Ve tepki cevabı bir tabaka içinde sabit olmaktadır. (1) ve (2) bağıntılarını dalga sayısı ortamına dönüştürürsek; yukarı doğru dış kestirim,

$$\tilde{P}_m(z_i) = \tilde{W}_2(z_i, z_{i+1})\, \tilde{P}_m(z_{i+1}) \qquad (3)$$

Aşağı doğru dışsal kestirim,

$$\langle \tilde{P}_m(z_{i+1}) \rangle = \tilde{F}_2(z_{i+1}, z_i)\, \tilde{P}_m(z_i) \qquad (4)$$

Burada W_2 süzgecini (Bölüm 4.2) de W olarak tek yönlü tanımlamıştık. Aynı şekilde iki yollu olarak açıklarsak;

$$\tilde{W}_2 (z_i, z_{i+1}) = \exp\left[-j (k^2 - (k_x^2 + k_y^2))^{1/2} \Delta z\right]$$

$$k_x^2 + k_y^2 \leqslant k^2 \quad \text{için}$$

$$= \exp\left[- ((k_x^2 + k_y^2) - k^2)^{1/2} \Delta z\right]$$

$$k_x^2 + k_y^2 > k^2$$

$k = 2w/c$ ve $\Delta z = z_{i+1} - z_i$ olmaktadır. Buradan ters süzgeç işleci karmaşık eşleniği için,

$$F_2 (z_{i+1}, z_i) = W_2^* (z_i, z_{i+1}) \tag{6}$$

yazabiliriz.

Dalga sayısı-frekans ortamında yapılan çalışmalarda tekrarlayan (recursive) aşağı doğru dışsal kestirim izlenceleri önerilebilinir. Görüntüleme işlemi ters fourier dönüşümleri ile sağlanmaktadır. Örneğin $k_x - k_z$ ortamında ara yüzeylerde hız yayılımını sabit kabul edersek ve bir kaynak veya alıcı toplamı için aşağı doğru dışsal kestirim işlecini aşağıdaki gibi verebiliriz.

$$\tilde{P}_m (k_x, z, w) = \tilde{P}_m (k_x, o, w)\, e^{j\sqrt{k^2 - kx^2}\, z} \tag{7}$$

$z \geqslant 0$ için $k = 2w/c$ dir.

biz kaybolan alanlarla ilgilenmediğimiz için $k_x < \hat{k}$ alabiliriz. Şimdi görüntüleme işleminin zaman ortamında olmasını ve bütün derinlik seviyeleri için $t = 0$ da aşağı doğru dışsal kestirim işlemini yapmak istersek,

$$p_m\,(x,\,z,\,t=o) = 1/2 \int_w P\,(x,\,z,\,w)\,dw \qquad (8)$$

yazabiliriz ve (7) bağıntısını yerine koyarsak;

$$p_m\,(x,\,z,\,t=o) = (1/2\,)^2 \int_w dw \int_{kx} \left[P\,(k_x,\,o,\,w)\, e^{j\sqrt{k^2 - k_x^2}\,z} \right] e^{-jk_x x}\, dk_x$$

Stolt, (1978)' e göre yeni bir integrasyon değişkeni tanımlarsak

$$k_z = \left(\frac{4w^2}{c^2} - k_x^2 \right)^{1/2} \qquad (10)$$

Ara bağıntılardan,

$$p_m\,(x,\,y,\,t=o) = (1/2\,)^2 \int_{kz} e^{jk_z z}\, dk_z \int_{kx} \frac{k_z}{(k_z^2 + k_x^2)^{1/2}}\, \tilde{P}'(k_x,\,o,\,k_z)\, e^{-jk_x x}\, dk_x \qquad (11)$$

veya,

$$p_m\,(x,\,z,\,t=o) = (1/2\,)^2 \int_{kz} e^{jk_z z}\, dk_z \int_{kx} \tilde{P}''(k_x,\,o,\,k_z)\, e^{-jk_x x}\, dk_x \qquad (12)$$

Burada,

$$\tilde{P}'\,(k_x,\,o,\,k_z) = c/2\, \tilde{P}\left(k_x,\,o,\,c/2\,(k_z^2 + k_x^2)^{1/2}\right) \qquad (13)$$

$$\tilde{P}''\,(k_x,\,0,\,k_z) = \frac{k_z}{(k_z^2 + k_x^2)^{1/2}}\, \tilde{P}'\,(k_x,\,o,\,k_z) \text{ dir.}$$

Dalga sayısı-frekans ortamında görüntüleme özetlediğimiz bağıntılar yardımıyla yapılabilir. Eğer kısaca görüntüleme işlemi için yapılacakları sıralarsak,

1) Kaynak veya alıcı toplamının fourier dönüşümü

2) $(k_x - k_z)$ ortamında haritalama

(10) bağıntısı kullanılarak $(k_x - w)$ ortamındaki tüm karmaşık genlikler $(k_x - k_z)$ ortamına dönüştürünebilinirler. Bu tür haritalama yöntemi $(k_x - w)$ ortamındaki dış kestirim işlecine gereksinim gösterir.

3) $(k_x - k_z)$ ortamı içindeki tüm örneklerin ağırlık katsayısı ile çarpımıdır.

$$(k_z / (k_z^2 + k_x^2)^{1/2})$$

4) Tersfourier dönüşümü

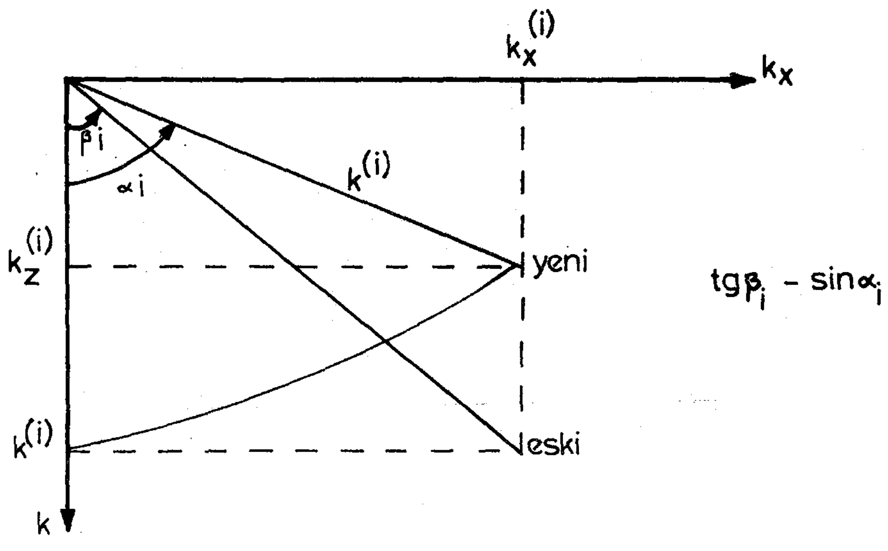
olduğunu söyleyebiliriz.

Sonuç olarak $(k_x - k)$ dan $(k_x - k_z)$ ortamına haritalama yöntemini geometrik olarak açıklayacak olursak,

$(k_x^{(i)}, k^{(i)})$ de bir örnek alalım. Eğer bu örnek k eksenine paralel değişmekte ise, (burada orjine olan uzaklık $k^{(i)}$ olmaktadır) yeni ordinat,

$$((k^{(i)})^2 - (k_x^{(i)})^2)^{1/2}$$

olarak verilebilir (Şekil 15).



(Şekil 15)

(k_x-k) ortamında tekrarlı migrasyon;

Yöntemde (3) bağıntıları kullanılabilinir. Bunun için sabit hız dağılımı ve ara yüzeyler oldukça düzgün seçilmektedir. Kaynak toplamının altındaki yüzeylerin yatay stratigrafi gösterdiğini düşünürsek, bu tür model için aşağıdaki izlenceyi kullanabiliriz.

1) Yüzeyden derinliği z_1 olan tekdüze ortam için birinci tabakanın görüntüsünün elde edilmesi değindiğimiz matematiksel bağıntılarla sağlanır.

2) Derinlik seviyesi z_1' e aşağı doğru dışsal kestirim, kaynak veya alıcı toplamı ile exp $\left[jkz\ (z_1-z_o)\right]$ nın çift fourier dönüşümünün çarpımı ile elde edilir. Burada,

$$k_z^{\,2} = (2w/c_1)^2 - k_x^{\,2} \quad \text{dir.}$$

3) İkinci adımın çıkışı tekrar temel bağıntılar kullanılarak ikinci tabakanın görüntüsü elde edilir.

4.2.2. <u>Migrasyon'a Toplam Yaklaşımı</u>

Rayleigh II integralinin karmaşık eşleniğinden toplam (summation) işleci elde edilmektedir. Bu işleç yardımıyla dışsal kestirimin tekrarlı ve tekrarlamayan teknikleri frekans ve zaman ortamı için geliştirilebilmektedir.

Frekans ortamında toplam yaklaşımı;
Biz aşağı doğru dışsal kestirimi evrişim bağıntıları yardımıyla gösterebilmekteyiz.

$$F\ (z_{i+1},\ z_i) \ + \ P_m(z_i) = Q_m\ (z_i) \qquad m= 1,\ 2,\ \ldots\ldots \text{için} \qquad (1)$$

$$\langle P_n\ (z_{i+1}) \rangle = F(z_{i+1},\ z_i) \ + \ Q_n\ (z_i)$$

Burada $P_m\ (z_i)$, derinlik seviyesi z_i de (m) inci kaynak toplamı, $P_n\ (z_{i+1})$ ise derinlik seviyesi z_{i+1} de (n) nci alıcı toplamını belirtmektedir. Bağıntılar ise x ve y eksenleri boyunca ters filtrenin evrişimini göstermektedir.

$$F(z_{i+1}, z_i) = 1/2 \frac{1 - jkr_o}{r_o^2} \, \mathrm{Cos}\, \emptyset \; e^{jkr_o} \qquad (2)$$

eşitliğinde F ters filtrenin bant genişliğini frekans ortamı için belirtmektedir. $F = W^*$ (Karmaşık eşlenik) dir. Ayrıca kaynak ve alıcı toplamları dışsal kestirim adımları için eşdeğer alınabilinir. $\overline{Q}_m = Q_m$ bu nedenle iki yollu ters işlec kullanılabilinir (F_2).

$$\langle P_m (z_{i+1}) \rangle = F_2 (z_{i+1}, z_i) * P_m (z_i) \qquad (3)$$

$$F_2 (z_{i+1}, z_i) = F (z_i, z_{i+1}) * F (z_{i+1}, z_i)$$

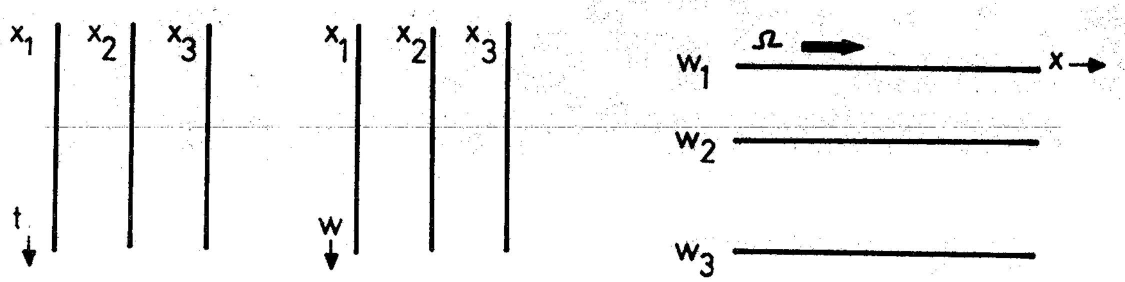
$$= 1/2 \frac{1 - 2jkr_o}{r_o^2} \, \mathrm{Cos}\, \emptyset \; e^{2jkr_o}$$

iki boyutlu durumda kısaca

$$F (z_{i+1}, z_i) = 2\, k/2 \, \mathrm{Cos}\, \emptyset \;\; H_1^{(1)} \; (kr_o) \qquad (4)$$

burada $r_o = (x^2 + \Delta z^2)^{1/2}$ $\qquad \Delta z = z_{i+1} - z_i$

olarak ters süzgeç işlecini tanımlayabiliriz.



(Şekil 16)

Her dönüşümlü frekans parçasına, x ekseni boyunca (F) nin bir boyutlu evrişimi ile dış kestirim sağlanır (Şekil 16). Kısaca migrasyon için yapılacak işlemleri gözden geçirirsek,

1) Her sismik izin frekans ortamına dönüştürülümü,

$$p\ (x_j,\ z,\ t)\quad p(x_j,\ z_i,\ w) \qquad j = 1,\ 2,\ \ldots\ldots.$$

2) Verilerin düzenlenmesi

$$P(x_j,\ z,\ w)\quad P\ (x,\ z_i,\ w_j) \qquad j = 1,\ 2,\ \ldots\ldots.$$

3) Veri ile ters süzgeç (aşağı doğru dışsal kestirim işleci) nin her dönüşümlü frekans parçası w_j için x ekseni boyunca evrişimi,

$$P(x,\ z_i,\ w_j)\quad P(x,\ z_{i+1},\ w_j) \qquad j = 1,\ 2,\ \ldots\ldots.$$

4) Aşağı doğru dışsal kestirimi yapılmış sonuçların görüntüsü,

$$P(x,\ z_{i+1},\ t=o) = 1/2 \sum P\ (x,\ z_{i+1},\ w_j)\ \Delta w$$

bağıntısı ile elde edilir.

Tekrarlamayan yöntem için;
Yüzey verileri her aşağı doğru dışsal kestirim adımı için giriş olarak verilir.

$$\langle P\ (z_i) \rangle = F\ (z_i,\ z_o) * P\ (z_o) \qquad i = 1,\ 2,\ \ldots\ldots.. \qquad (5)$$

Tekrarlayan yöntem için;
Her aşağı doğru dışsal kestirim adımı için bir önceki çıkış, giriş olarak verilir.

$$\langle P\ (z_i) \rangle = F(z_i,\ z_{i-1}) * P(z_{i-1}) \qquad i = 1,\ 2,\ \ldots\ldots. \qquad (6)$$

Zaman Ortamında Toplam (Summation) Yöntemi :

Zaman ortamında çıkarılan Rayleigh II integralinin yardımıyla aşağı doğru dışsal kestirim bağıntılarını elde edebiliriz.

$$f(z_{i+1}, z_i) * p_m(z_i) = q_m(z_i) \qquad m = 1, 2, \ldots\ldots \qquad (7)$$

$$\langle p_n(z_{i+1}) \rangle = f(z_{i+1}, z_i) + q_n(z_i) \qquad n = 1, 2, \ldots\ldots$$

Burada p_m ve p_n şimdi zaman ortamı için toplamlar olmaktadır.

$$p_m(z_i) = p_m(x, y, z_i, t) \qquad (8)$$

$$p_n(z_{i+1}) = p_n(x, y, z_{i+1}, t)$$

(*) işaretinin anlamı x,y ve zaman eksenleri boyunca (t) evrişimleri göstermektedir. Zaman ortamında tepki cevabını biz aşağıdaki gibi yazabiliriz.

$k\, r_o \gg 1$ için

$$f(z_{i+1}, z_i) = \frac{\cos \phi}{2\pi r_o}\, d_{-1}\left(t + \frac{r_o}{c}\right) \qquad (9)$$

d_{-1} (t) nin fourier dönüşümü (w) max. için -jk dır. Ve burada $\cos \phi = (z_{i+1} - z_i) / r_o$ İki boyutlu şekli ise

$$f(z_{i+1}, z_i) = \frac{\cos \phi}{2\, r_o}\, d_{-\frac{1}{2}}\left(t + \frac{r_o}{c}\right) \qquad (10)$$

$d_{-\frac{1}{2}}$ (t) nin fourier dönüşümü $|w| \leqslant v_{max}$ için $\sqrt{-jk}$ dır. Görüldüğü gibi zaman ortamında dışsal kestirim frekans ortamındakinden daha güç olmaktadır. x ekseni boyunca bir boyutlu evrişimler şimdi x ve t eksenleri boyunca iki boyutlu evrişimlerle yer değiştirmektedir.

4.2.3. Migrasyon'a Sonlu Farklar Yaklaşımı

Sonlu farklar tekniği kullanılarak dalga alanları dışsal kestirimi daha iyi bir şekilde yapılabilmektedir (Ek 5). Sonlu farklar ile migrasyona yaklaşım daha çok tekrarlı (recursive) işlemlere gereksinim duyar. Tekrarlı dışsal kestirim sonucunda derinlik seviyesi $z_i = i\Delta z$ değerleri bir önceki dışsal kestirim sonucundan elde edilmektedir. Tekrarlamayan yöntemle yapılan aşağı doğru dışsal kestirim sonucu ise her derinlik seviyesi $z_i = i\Delta z$ değeri $z = o$ da kaydedilmiş asıl sismik veriden hesaplanmaktadır. Sonlu farklar tekniğinin daha iyi sonuç vermesinin nedeni yanal hız değişimlerini de değerlendirmesinden ötürüdür. Fakat tekrarlamayan dışsal kestirim çalışmalarında yanal hız değişimlerini işleme katmak zor olmaktadır. Bu tür çalışmalar saçınım harmanlaması ve Krichoff toplam yaklaşımında kullanılmaktadır.

Sonlu farklar tekniğindeki hatalar derinlik ve her dışsal kestirim adımlarında Δz artmakta olup frekans bağımlı durum göstermekte yöntem yardımıyla hata miktarları saptanabilmektedir. Sonlu farklar dışsal kestirimini daha iyi anlayabilmek için yöntemi iki bölümde irdeleyebiliriz.

1) Dalga denklemlerini temel alarak kullanılan alogaritmalar yardımıyla veriden, $P(x, y, z_i, t), \dfrac{dP}{dz_i}, \dfrac{d^2P}{dz_i^2}$ lerin elde edilmesi.

2) Taylor serileri ile kestirim.

Bu nedenle sonlu farklar migrasyonunda her dışsal kestirim adımındaki toplam hata iki farklı ara hatadan kaynaklanmaktadır.

1) Türevlerin oluşturduğu hatalar

2) Taylor serisinin sınırlandırılmasından doğan hatalar

Sonlu farklar uygulamaları frekans ortamında daha iyi sonuç vermektedir. Bu nedenle farklı bant genişlikleri için değişik izlenceler kullanılmaktadır (Eğim açılarının farklı olmasından dolayı). Ve sonuçta da hata analizleri verileri verilebilmektedir (Berkhout, 1980).
Taylor serileri ile dalga alanları dışsal kestirimi :

İki boyutlu dalga denklemini aşağıdaki gibi verebiliriz.

$$\frac{d^2P}{dx^2} + \frac{d^2P}{dz^2} + k^2P = 0 \qquad (1)$$

$$P = P\ (x,\ z,\ w) \quad \text{ve} \quad k = k(x,\ z,\ w) = w\ /\ c(x,\ z)$$

tekdüze olmayan ortamda,

$$|\nabla \ln \rho|\lambda \ll 2\pi \tag{2}$$

ρ = yoğunluk

Bir dalga boyu içinde yoğunluk değişimleri küçük olmak zorundadır.

$$\left|\frac{d}{dz}\right| \ln c \lambda \ll \frac{\pi}{m} \tag{3}$$

dalga sayısı için (1) eşitliğinin çift fourier dönüşümünü (z yönünde) alırsak,

$$k_z = \pm\ (k^2 - k_x^2)^{1/2} \tag{4}$$

Karmaşık genlik $\tilde{P}\ (k_x,\ z,\ w)$ ile gösterirsek türev işleci d/dz Fourier dönüşümünden sonra jk_z ile çarpım halinde görülür.

$$\frac{d\tilde{P}}{dz} = jk_z\ \tilde{P} \quad \text{olur.} \tag{5}$$

$$\frac{d\tilde{P}}{dz} = j\ (k^2 - k_x^2)\ \tilde{P} = (jk)\ \tilde{G}_1\ (k_x,\ w)\ \tilde{P}\ (k_x,\ z,\ w) \tag{6}$$

Frekans ortamına dönersek çarpım x ekseni boyunca evrişim işlemine dönüşür.

$$\frac{dP}{dz} = (jk)\ G_1\ (x,\ w) * P\ (x,\ z,\ w) \tag{7}$$

$|k_x| > k$ olursa $G_1\ (k_x,\ w) = 0$ dır.

$$\frac{d^2P}{dz^2} = (jk)^2 \; G_1 \; (x, w) \; * \; G_1 \; (x, w) \; * \; P \; (x, z, w) \qquad (8)$$

$$= (jk)^2 \; G_2 \; (x, w) * P \; (x, z, w)$$

Frekans ortamında Taylor serisine uygularsak,

$$P \; (z_{i+1}) = P \; (z_i) + \frac{\Delta z}{1!} \; \frac{dP}{dz_i} + \frac{\Delta z^2}{2!} \; \frac{d^2P}{dz_i^{\,2}} + \ldots\ldots\ldots \qquad (9)$$

Seri açılımana yukarıdaki bağıntıları etki ettirelim.

$$P(z_{i+1}) = G_o * P(z_i) + \frac{(jk\Delta z)}{1!} G_1 * P(z_i) + \frac{(jk\Delta z)^2}{2!} G_2 * P(z_i) + \ldots (10)$$

$$= \left[G_o + \frac{(jk\Delta z)}{1!} \; G_1 + \frac{(jk\Delta z)^2}{2!} \; G_2 + \ldots\ldots \right] * P(z_i)$$

veya,

$$P \; (z_{i+1}) = F \; (z_{i+1}, \; z_i) \; * P(z_i) \qquad (11)$$

Burada,

$$F(z_{i+1}, \; z_i) = G_o \; (x, w) + \frac{(jk\Delta z)}{1!} \; G_1 \; (x, w) \ldots\ldots\ldots \qquad (12)$$

$$\tilde{G}_n \; (k_x, w) = \left[1 - (kx^2 / \; k^2) \right]^{1/2} \qquad |k_x| \leqslant k \text{ için} \qquad (13)$$

$$|k_x| \leqslant k \text{ için}$$

Kısaca (F) ters süzgecini frekans ortamında aşağıdaki gibi gösterebiliriz.

$$F(z_{i+1}, z_i) = \sum_{n=o}^{N} a_n G_n (x, w) \qquad (14)$$

$$a_n = \frac{(jk\Delta z)^n}{n!}$$

$$\tilde{G}(k_x, w) = (1 - k_x^2 / k^2)^{n/2}$$

$|k_x| < k$ için

$|k_x| \geqslant 0$ için

Yanal hız değişimleri a_n katsayıları ve fonksiyon değişimiyle temsil edilmektedir (G_n (x, w)).

Sonlu farklar migrasyonu içinde oluşabilecek hataları da başlık halinde şöyle verebiliriz.

a) Küpkök yaklaşımı için göreceli zaman hataları exp $(jk_z \Delta z)$ sonsuz sayıda terim kullanıldığından oluşur.

b) Sonlu farklar dış kestirim işleci $\Delta z = 1/4\lambda$, $1/3\lambda$, $1/2\lambda$ için genlik hatası.

Migrasyona sonlu farklar yaklaşımıyla yapılan çalışmalar belirttiğimiz gibi frekans ortamında elverişli olmaktadır. Ve genelde aşağıdaki adımları kapsamaktadır.

1) Aşağı doğru dışsal kestirim işleci, her frekans dilimi için x ekseni boyunca bir boyutlu süzgeçler yardımıyla yapılır.

2) Yanal hızların etkileri ağırlık katsayıları ve bant geçişli süzgeçlere aktarılır. Bu süzgeçlerin uygulanması ise k_x dalgasayısı ortamında basit çarpım işlemiyle gerçekleştirilir.

3) Her devinimli frekans parçası için en büyük bant genişliği seçilebilinir. Bu seçim, hata analizleri veya sinyal / gürültü oranı elemanlarına bağlı olan en fazla eğim açısı α_{max} dan elde edilebilinir.

4) Her devinimli frekans parçası için en büyük dışsal kestirim

adımı Δz, sonlu farklar migrasyonundaki hata w'ye bağlı olarak seçilmektedir.

5) Frekans ortamında her derinlik seviyesi için görüntüleme aşağıdaki bağıntı yardımıyla elde edilmektedir.

$$P'\left(x,\ z,\ t'=\frac{2z}{c}\right)=\frac{1}{\pi}\int_{w_{min}(z)}^{w_{max}(2)} P'(x,\ z,\ w)\ e^{jw(2z/c)}\ dw$$

c = ortam hızı

Böylece migrasyon işlemi önceden saptayabileceğimiz hata sınırları içinde gerçekleştirilmiş olmaktadır.

V- DERLEMENİN ÖZETİ VE SONUÇLAR

Şimdiye kadar yaptığımız derlemeyi özetleyecek olursak sismik verilerin işlenmesinde önemli bir yeri olan migrasyonun uygulanması için ışın yolu ve geometrisine bağlı çalışmaların bilgisayarlar devreye girmeden önce yapıldığını izledik. Bu tür çalışmalar hızlandırmak için saçınım hiperbol eğrileri geliştirilebilmektedir. Fakat hızlı migrasyon uygulamaları için bizim dalga denklemlerine dayalı bilgisayar çalışmaları yapmamız gerekmektedir. Biz bu derlemede dışsal kestirime dayalı migrasyon yaklaşımları üzerinde durduk. Oldukça karmaşık olan dışsal kestirim yöntemlerinden bizim kullandığımız aşağı doğru dışsal kestirimi bir izlence halinde çok basit olarak şu şekilde açıklayabiliriz (Şekil 17), ilk önce frekans ortamında bir toplam işleç tanımlamamız gerekecektir.

$$F\,(x,\,w) = (jk\,/\,2)\,\mathrm{Cos}\,\emptyset\;H_1^{(1)}\,(kr) \qquad (1a)$$

$$F\,(x,\,w) = (-jk\,/\,2)\,\mathrm{Cos}\,\emptyset\;\frac{e^{-jkr_o}}{(r_o)^{1/2}} \qquad (1b)$$

$k\Delta z \gg 1$ için

$$F(x,\,w) = k\,/\,\pi\,j_o\,(kx) + jk\Delta z\,/\,1!\;(k\,/\,2)\;j_1\,(kx)/kx \qquad (1c)$$

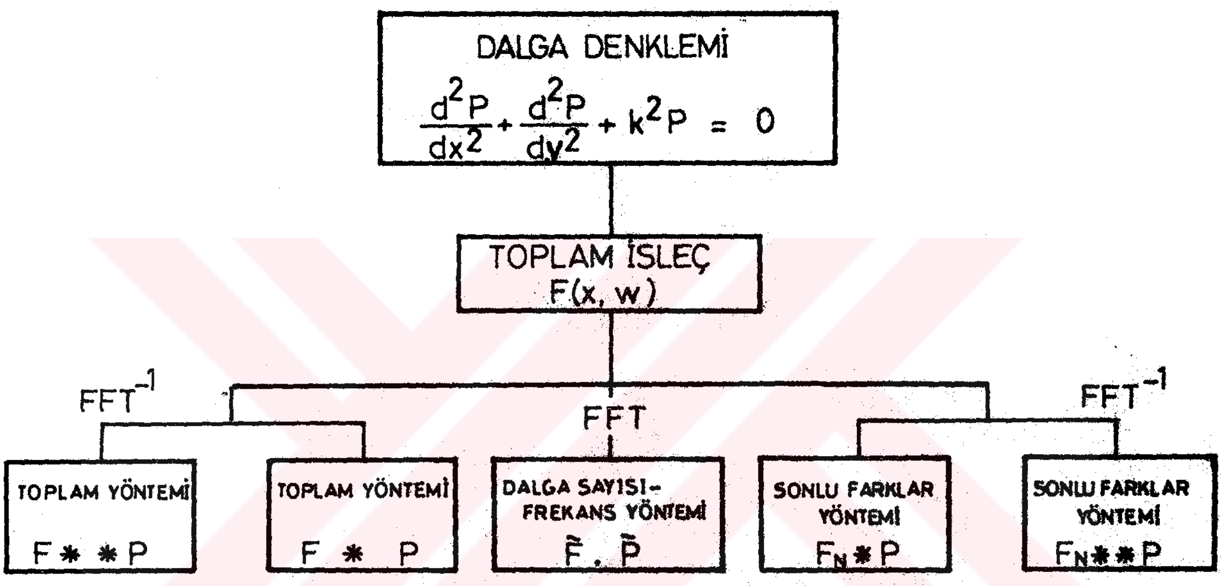
$k\Delta z \ll 1$ için

(1a) bağıntısı ters evrişim geniş bant süzgecini göstermektedir (uyum süzgeci). Süzgeç x ekseni boyunca her frekans parçası için ayırımı arttırmaktadır (yanal ayırımlılık).

(1b) bağıntısında $\tilde{F}\,(k_x,\,o) \approx o$ $\quad k_x^2 \gg k^2$ için
(Dalga sayısı - frekans ortamında)

(1c) bağıntısında $F (k_x, w) = o$ $\quad k_x{}^2 \gg k^2$ için
(Dalga sayısı - frekans ortamında)

olmaktadır.



(Şekil 17)

1-a) Frekans ortamında toplam (summation) yöntemi; x ekseni boyunca bir boyutlu evrişim işlemini kapsar.

$$P (x, z_I, w) = F (x, w_i) * P (x, z_o, w_i)$$

$F\ (x,\ w_i)$ Bölüm 4.2.2. de verildiği gibi.

b) Zaman ortamında toplam (summation) yöntemi ; $(x - t)$ ortamında iki boyutlu evrişim işlemlerini kapsar.

$$p\ (x,\ z_1,\ t) = f\ (x,\ t) * * p\ (x,\ z_o,\ t)$$

Burada $f(x,\ t)$: (1) denleminin ters fourier dönüşümüdür.

2) Dalga sayısı - frekans yöntemi ; $(k_x,- w)$ ortamında çarpım işlemini kapsamaktadır.

$$\tilde{P}\ (k_x,\ z_1,\ w) = \tilde{F}\ (k_x,\ w)\ \tilde{P}\ (k_x,\ z_o,\ w)$$

$\tilde{F}\ (k_x,\ w)$ (1) bağıntısının fourier dönüşümüdür.

3-a) Frekans ortamında sonlu farklar yöntemi x ekseni boyunca bir boyutlu evrişim yöntemini kapsar.

$$P\ (x,\ z_i,\ w_i) = F_N\ (x,\ w_i) * P\ (x,\ z_o,\ w_i)$$

$F_N\ (x,\ w_i)$ (1) bağıntısının N+1 terime seri açılımı olmaktadır.

b) Zaman ortamında sonlu farklar yöntemi ; $(x - t)$ ortamında iki boyutlu evrişimleri kapsamaktadır.

$$p\ (x,\ z,\ t) = f_N\ (x,\ t) * * p\ (x,\ z_o,\ t)$$

$f_N\ (x,\ t)$ (1) bağıntısının N+1 terim için seri açılımının ters fourier dönüşümüdür.

Kısaca toplam işlecinin kuramsal yaklaşımından yararlanılarak dalgasayısı - frekans, toplam, ve sonlu farklar yöntemleri çok kapalı bir şekilde gösterilmektedir.

Aşağı doğru dışsal kestirim işlecinden faydalanılarak elde edilen sismik izden kaynağa doğru yayılım etkilerini çıkartarak kaynağın yeri ve daha sonra da görüntüsü elde edilebilmektedir. Böylece migrasyon işlemi tamamlanmaktadır. Dalga denklemleri ile yapılan çalışmaların özelliği yansımaya neden olan nokta yüzeyde elde edilen izden direkt olarak saptanmakta ve daha sağlıklı olmaktadır.

VI- ALİAĞA BÖLGESİ DENİZSEL SIĞ SİSMİK ÇALIŞMALARI VE MİGRASYON UYGULAMALARI

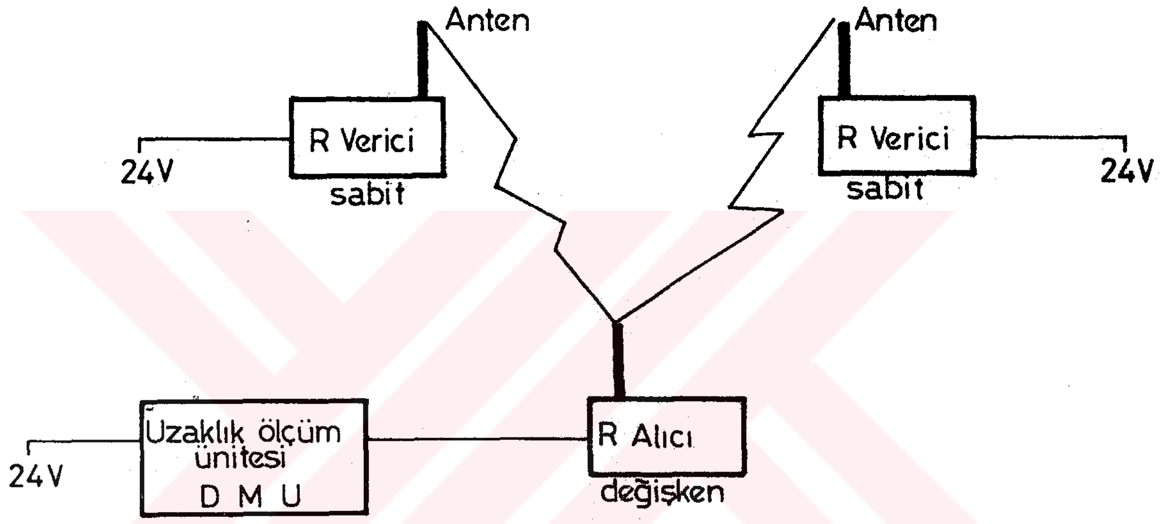
1982 yılında Aliağa Körfezi'nde iskele yapımı için en ideal yerin zeminini saptamak amacıyla T.P.A.O. İzmir Rafinerisi Yeni Hampetrol Boşaltma İskelesi'ne ait mühendislik sismiği çalışmaları yapılmıştır. Bu nedenle temel yapıyı ortaya çıkarmak için körfez ağzında W - E, E - W ve N - S, S - N yönlerinde toplam 2243 metre uzunluğunda dört adet sismik hat atılmıştır.(Şekil 18). Denizsel çalışmalarda enstitümüze bağlı R/V K. Piri REİS gemisi görev almıştır. Yer saptama (navigasyon) trisponder sistemi (Autocarta I, DECCA) ile gerçekleştirilmiştir. Ayrıca yapı hakkında veri elde etmek için aynı yıl bölgede 12 adet sondaj yapılmıştır.(Şekil 19). Bunlardan dördü değerlendirmeye alınmıştır (Sondaj No. 2, 3, 5 ve 6). Sığ sismik çalışmalarında ise denizsel çalışmalara uygun olarak hazırlanmış O.R.E. Mühendislik Aracı kullanılmış ve dört hata ait sismik kesitler elde edilmiştir.

Sismik çalışmalarda kullanılan aletler :

Trisponder (Autocarta I, DECCA); konum saptama işlemini oldukça sağlıklı yapabilen bu sistem yerleri belli olan kara istasyonlarına (U.T.M. Koordinat işaret noktaları vd.) yerleştirilen iki veya daha fazla mikrodalga vericisi ve gemiyle hareket edebilen alıcılardan oluşmaktadır. Alıcı sistem kontrol ünitesindeki özel yapımlı bilgisayara bağlıdır. İstasyonlardan gelen sinyaller bu ünitede işleme girerek alıcı - istasyon vericileri arası uzaklıklar kaydedilmektedir (Şekil 20).

Özellikleri ;

- Etki sahası : Minimum 100 m. - Maksimum 80 km.
- Frekans : 9300 - 9500 MHz lik radyo sinyali
- Normal geçiş frekansları : Değişken istasyon 9480 MHz
  Sabit istasyonlar 9325 MHz
- Antenlerin etkin sahası : Değişken istasyon düşey 30^{o}, yatay 360^{o}
  Sabit istasyonlar düşey 5^{o}, yatay 87.5^{o}


Anten
Anten
R Verici
sabit
24V
R Verici
sabit
24V
Uzaklık ölçüm
ünitesi
D M U
24V
R Alıcı
değişken

(Şekil 20)

O.R.E. Mühendislik Sismiği Aleti; Bu araç çalışma prensibi olarak, elektrik enerjisini yüksek frekanslı ses enerjisine dönüştürerek yayar. Yansıtıcılardan gelen ses enerjisini toplar ve tekrar elektrik enerjisine dönüştürür. Sonuçta elde edilen veriler çizgisel ve sayısal olarak kaydedilir. Genelde sığ sismik çalışmalarına uygun olarak düzenlenen aletin yayılım derinliği az, ayırımlılığı ise oldukça fazladır. Sistem temel olarak birbirine bağlı üç ana üniteden oluşmaktadır.(Şekil 21).

(Şekil 21)

A- Alıcı - Verici Kazanç Ünitesi
B- Dönüştürücü Ünitesi
C- Kayıtçı Ünitesi

A- Alıcı - Verici Kazanç Ünitesi (Model 140);
Verici:

Çıkış gücü	:	10 KW
Çıkış empedansı	:	5-10 ohm
Frekans	:	1-12 kHz
Çıkış güç ayarı	:	0-10 KW ayarlanabilir.
Çalışma devri	:	10 KW da % 25
Pulse genişliği	:	max. 2 ms
Anahtar Sinyal	:	DTL / TTL uygun pulse ($_{\mp}$ değişimli)

Alıcı:

Giriş empedansı	:	10 K
Frekans	:	1-12 kHz
Bant geçişli süzgeç	:	1-12 kHz ayarlanabilir.
Çıkış empedansı	:	100 ohm'dan küçük.
Duyarlılık	:	30 mikrovolt RMS giriş (20 db sinyal/gürültü oranı için).

TVG Kazanç Bölümü:

TVG Dinamik Sınırı	:	30 db
TVG Oranı	:	(-20 Log R'den ← 40 Log R) ye kadar su için yayılma kaybı düzeltilebilir.
TVG Gecikme	:	1 ms den 1 dakikaya kadar değiştirilebilir.
TVG Bulucu	:	TVG bölümü başlangıcında bulunan dıştaki anahtar kullanılarak alıcı çıktısı (blip) kayıt kağıdında görünür.

B- Dönüştürücü Ünitesi;

Dört adet birbiri ile bağlantılı alıcı - verici ile ayarlanabilinen birimlerden (transduser) oluşmuştur. Seyirde geminin yan tarafına yerleştirilir.

C- Kayıtçı Ünitesi (Model 3200)

Çok amaçlı taşınabilir ve deniz koşullarında kullanılmak için tasarlanmıştır. Oksitlenmeye dirençli materyallerden üretilir, tüm silikon entegre devre ve transistörlerden oluşmuştur. 32 K hafızaya sahiptir. Tek ve çok kanallı kayıt yapabilir. Ayrıca gecikmeli olarak kullanılabilme özelliğine sahiptir.

Görüntü işlevi:

1) 19.2 inch'e karşı gelen tek kanal
2) Çift kanallı çalışmalarda her kanal 9.6 inch
3) Gecikmeli kullanımında (A gecikme B) görüntü oranı 1/64, 1/32, 1/16, 1/8, 1/4, 1/2, 1, 2, 4, 8 saniye, bu ise 37 feet'den

19200 feet derinliklere karşı gelmektedir.

Görüntü yönleri: Soldan sağa ve sağdan soladır.

Zaman başlangıcı : Her kanal için bağımsız zaman başlangıcına sahiptir.

Çizelge özelliği : 75, 100, 150, 200 satır / inch

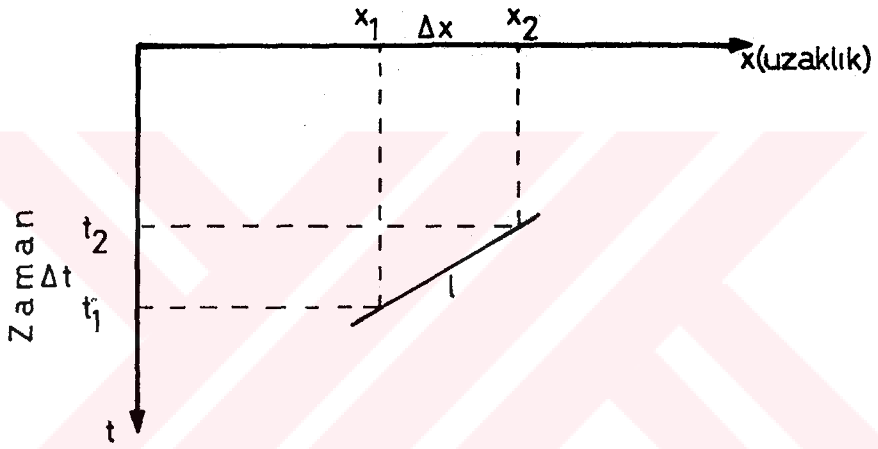
Grid çizgisi : 10 / Sinyal kazanç kontrollü.

Yukarıda özelliklerine kısaca değindiğimiz alet, düşey olarak ses dalgası üretmekte ve yeraltındaki yansıtıcılardan gelen sinyalleri alarak kayıtçı üzerinde çizgisel olarak renk farklılaşması şeklinde zaman bağımlı kesitler halinde göstermektedirler (40, 41, 42, 43 zaman kesitleri).

Bu durum sinyallerin gidiş ve dönüş zamanı ile ilgili olmaktadır. Biz sinyali gidiş - dönüş zamanını alet yardımıyla kontrol altında tutabilme, böylece yansıma noktalarının oluşturduğu zaman derinliklerini saptayabilmekteyiz.

Migrasyon İşlemi :

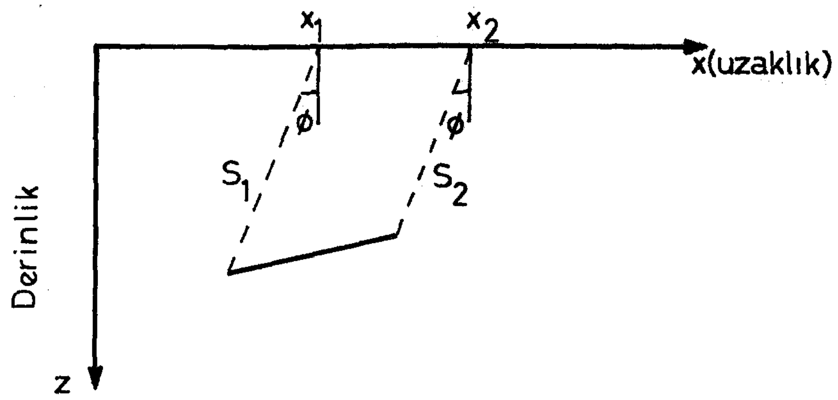
Çalışma alanımızdaki sismik kesitler üzerine uygulamaya çalıştığımız grafik veya geometrik migrasyon işlemi Bölüm 4.1 de yöntemini açıkladığımız şekle uygun olarak aşağıdaki gibi yapılmıştır. Işın kuramı yardımıyla migrasyon işlemi; Düşey yansımalı çalışmalarda zaman kesidi üzerinde eğimli bir yansıtıcı yüzey parçacığı (l) alınarak uç noktalarından (x) uzaklık ekseni̇ne ve (t) zaman eksenine dikler çıkarız Bu diklerin yatay uzaklık eksenini kestiği noktaları (x_1, x_2 ve aralarındaki mesafeyi Δx, düşey zaman eksenini kestiği noktalarda t_1, t_2 ve aralarındaki farkı Δt olarak gösteririz (Şekil 22).



(Şekil 22)

Şimdi zaman ortamında görünen eğimli yansıtıcı (l) parçacığının derinlik ortamında oluşturduğu görümcel eğimi ($\emptyset$) bulmaya çalışalım. Derinlik kesidinde yatay (uzaklık) ekseni değişmediğinden derinlik ortamındaki l parçacığının uçlarından x_1 ve x_2 noktalarına olan mesafeye S_1, S_2 ve mesafe farkınada ΔS dersek;

$\Delta S = \Delta t.\alpha/2$ (α= ortam hızı) karşı gelmekte ve görümcel eğim $\sin\emptyset = \Delta S/\Delta x$ olmaktadır (Bölüm 4.1.1.). Kolayca elde edilebilen görümcel eğim (Şekil 23) deki gibi derinlik ortamında x_1 ve x_2 de düşeye göre alınarak S_1 ve S_2 mesafeleri çizilir.



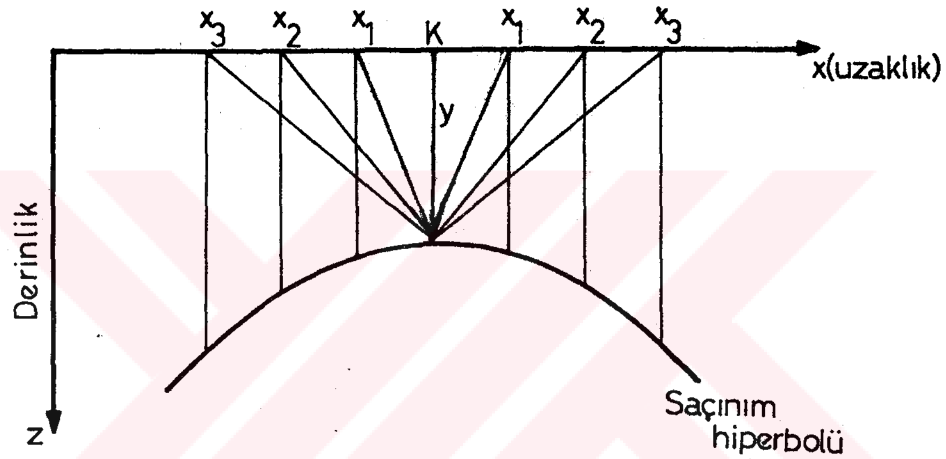
(Şekil 23)

S_1 ve S_2 nin uç noktalarını birleştiren doğru parçacığı bize migrasyonu yapılmış (1) yüzey parçacığını verecektir. İşlemler yinelenerek eğimli yansıtıcı yüzeyler elde edilir. Aliağa Körfezi sığ sismik kesitlerinde ışın kuramı ile migrasyon uygulamasında, x uzaklık ekseni üzerinde 50 m. de bir kontrol noktalarına ayrılmıştır (40, 41, 42, 43 No'lu kesitler) ve kesitlerdeki (1, 2, ..., Noktaları). Onlarda işlemleri daha kolaylaştırmak içindaha küçük dört eşit aralığa ayrılmıştır. Bunları x_1, x_2, ..., x_n noktaları olarak düşünürsek aralarındaki mesafe Δx olmaktadır (Şekil 22). Buradan hareketle her Δx'in düşeyinde kalan eğimli yansıtıcı parçacıkları (1)'ler için zaman eksenindeki Δt zamanları ve derinlik ekseninde ΔS mesafeleri hesaplanmıştır.

Görümcel eğimler $\sin \phi = \Delta S / \Delta x$ bağıntılarından elde edilmiş ve ilgili her x_1, x_2,.....,x_n noktası için alınarak üzerinde (Şekil 23) deki gibi S uzaklıkları çizilmiştir. Bu S mesafelerinin uç noktalarını birleştiren eğri bize migrasyonu yapılmış yansıma yüzeyini vermektedir. 40, 41, 42, 43 derinlik kesitlerinde migrasyonu yapılmış yüzeyler kesikli çizgi ile gösterilmiştir.

Saçınım Hiperbolleri Migrasyonu :

Saçınım hiperbolleri (maksimum dışbükey eğriler) düşey yansımalı çalışmalarda, zaman ve derinlik kesitlerinde kullanılmak üzere hazırlanmaktadır. Uygulamamızda daha kullanışlı olduğundan derinlik kesidi için saçınım hiperbolleri geliştirilmeye çalışılmıştır. Bunun için K kontrol noktası düşeyinde, y derinliğinde bir yansıma noktası alınır. (Şekil 24). Daha sonra K noktasına göre simetrik ve K ya göre uzaklıkları x_1, x_2,.....,x_n olan noktalar işaretlenir.



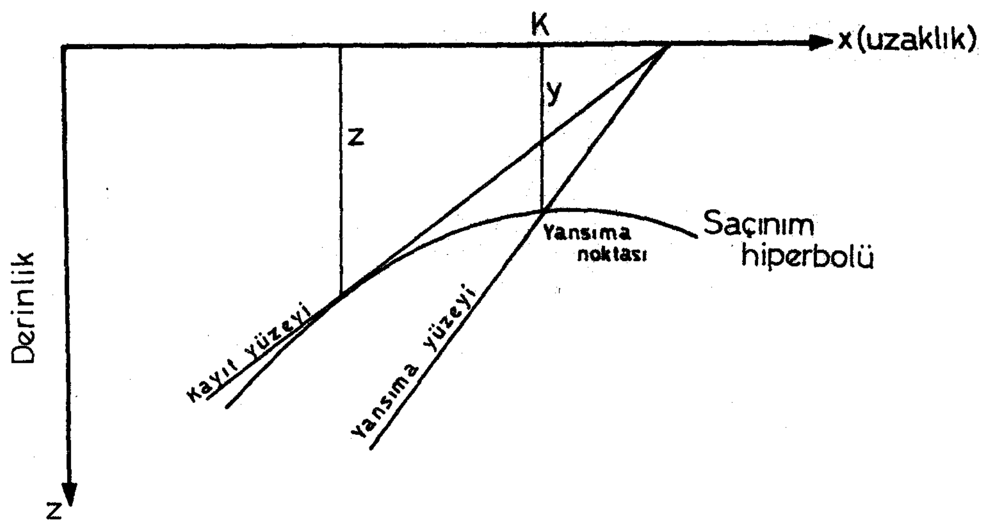
(Şekil 24)

Genelde x noktaları arası mesafe sabittir. Yansıma noktasının x_1, x_2,....,x_n 'e olan uzaklıkları z_1, z_2,.....,z_n olarak Bölüm 4.1.2' de verilen (1) No'lu bağıntı yardımıyla hesaplanabilinir. Saptanan bu z_1, z_2,.....,z_n uzaklıkları x_1, x_2,....,x_n noktalarının düşeyinde işaretlenerek çizilir. Bunların uç noktalarını birleştiren eğri, (y) noktasında değeri maksimum olan saçınım hiperbol eğrisini verecektir. Bu işlem değişik (y) değerleri için yinelendiğinde bir dizi eğri sistemi elde edilir. K noktasını, x ekseni boyunca eğrilerden biri yansıtıcı tabakaya teğet olacak şekilde kaydırılır. Teğet olan saçınım hiperbol eğrisinin dönüm noktası bize teğet noktasındaki yansımanın gerçek yerini verecektir (Şekil 25).

Kontrol noktalarının düşeyindeki eğimli tabakaların yansıma noktaları için tüm bu işlemler yinelenerek bulunan dönüm noktaları birleştirilir. Sonuçta migrasyonu yapılmış yüzeyler elde edilir.

Aliağa Bölgesi denizel sığ sismik çalışmalarında 42 No'lu kesidin 4-5 kontrol noktaları arasında kalan bölge için saçınım hiperbolleri geliştirilmiştir (Şekil 26). Bunun için 42-2 derinlik kesidinde x ekseni birer metrelik aralıklara bölünmüştür. Bunlardan herhangibirine K noktası diyerek bu noktanın sağında ve solundaki noktalar x_1, x_2, ...,x_n olarak (Şekil 24) deki gibi düşünülmüştür. K noktasının düşeyinde birer metrelik seviyeler için 30 m. derinliğe kadar z_1, z_2, ...,z_n değerleri saptanmıştır. y derinliğine bağlı olarak her x noktasının düşeyindeki z mesafeleri K' nın her iki yanında çizilerek, uç noktaları birleştirilmiş ve saçınım eğri sistemi elde edilmiştir.

Daha sonra saçınım eğri sistemi 42-2 derinlik kesidindeki eğimli yansıma yüzeylerine uygulanmıştır. Bunun için saçınım hiperbolleri sistemi derinlik kesidinde K noktası x uzaklık ekseni üzerinde olmak koşuluyla bir yansıtıcı yüzeye eğrilerden herhangibiri teğet olacak şekilde (Şekil 26) daki gibi çakıştırılır. Çakıştırılan eğrinin tepe noktası işaretlendiğindebu nokta teğet noktasındaki yansımanıngerçek yerini vermektedir. İşlem çeşitli eğimliyansıma yüzeyleri için yeterince tekrarlanmış ve tepe noktaları birleştirilmiştir. Böylece 42-2 derinlik kesidinde kesikli çizgi ile belirlenmiş olduğumuz migrasyonlu yansıma yüzeyleri elde edilmiştir.



(Şekil 25)

Çalışma Bölgesi Jeolojisi ;

Bölge Neojen yaşlı birimlerle kaplıdır. Bu birimler karasal olup yer yer röliyeflerin yükseldiği kaba bir platform üzerinde istiflenmiştir. Yayılımların büyüklüğüne ve birkaç yüz metreye varan kalınlıklarına rağmen yanal devamsızlıktan dolayı stratigrafinin saptanması zordur.

Paleosen'de oluşan erozyon, faylar boyunca meydana gelen yükselme ve çökmelere neden olan volkanizma, büyük göllerin oluşmasına elverişli topoğrafyanın hazırlanmasını sağlamıştır. Bu nedenle volkanik fasiyes, gölsel fasiyesle birlikte bulunur. Gölsel sedimanlar denize yaklaştıklarına dair herhangibir belirti göstermeden Ege Denizi'ne ulaşırlar. Bu durum Pleistosen'de göçme sonucunda Ege Denizi'nin oluşumu nedeniyledir.

Volkanik fasiyes kayaları genellikle bazalt, andezit, dasit ve bu kayaların birleşiminde olan tüfitlerdir. Bunlar beyaz renkli tabakalı tüfitler, gri-siyah renkli bazalt ve volkanik materyal katkılı silt ve kil taşları (tüfitler) olmaktadır. Tüf ve volkanik katkılı çökel kayalar (tüfit) genellikle zayıf çimentolu ve çoğunlukla ayrışmış durumdadır. Bazaltın genel görünümü gri renkli düzensiz çatlaklı sık eklemli, genellikle çok az ayrışmış yer yer cürufumsudur.

Tüfler beyaz renkli, ince-orta tabakalı ayrışmış plejiyoklas kristalli, seyrek kuvarslı, yer yer camsı hamurlu olup serttir. Tüfler genellikle Kuzeybatı doğrultulu olup 19° - 26° NW eğimlidirler. Hafif kıvrımlanma gösterirler. Arazide tektonik veya stratigrafik bir devamsızlı belirgin olarak gözlenmemektedir.

Aliağa yeni hampetrol iskelesi çalışmaları için sismik hatlar civarında ve kıyıya doğru S-N yönünde sondaj çalışmaları yapılmıştır (Şekil 18). Yapılan 12 adet sondajdan dördü değerlendirmeye katılmıştır (Şekil 18), (S2, S3, S5 ve S6 No'lu sondajlar). Sondajlardan elde edilen bulgular kısaca aşağıdaki gibi gözlemlenmektedir.

S2 No'lu Sondaj; Kıyıya yakın olan bu sondaj'da deniz altındaki ilk zon tipik kıyı işlecinin oluşturduğu kumlardır. Sırasıyla siltli orta kum, siltli kumlu iri çakıl ve killi bloklu kumlardır. Yaklaşık 5 m. lik kalınlık göstermektedirler. Daha sonra gelen zon güncel sedimentlerin oluşturduğu zondur. İnce bir kalınlık gösterirler. Üçüncü seviye ise temel kayaç olarak izlediğimiz volkanik özellikli tüfitlerdir.

S3 No'lu Sondaj ; Denizaltında üç zon izlenmektedir. Kabuklu siltli kil, ince çakıllı kum ve temel kayaç tüfitlerdir.

S6 No'lu Sondaj ; Güncel sedimentler az kabuklu siltli kil, siltli ince çakıllı iri kum, siltli killer halinde ince tabakalanmalar göstermektedir. Daha sonra tüfitler gelmektedir. Kil ve kum ardalanmaları bize bölgede deniz ilerlemesini belirtmektedir.

S5 No'lu Sondaj ; Güncel sedimentlerdeki kil, kum katmanlarının ardalanmaları daha iyi izlenmektedir. Bunlar siltli kil, siltli ince çakıllı iri kum, siltli kil ince çakıllı siltli orta kum, daha sonra da temel kayaç tüfitler gelmektedir.

Sismik Kesitlerin Değerlendirilmesi ve Migrasyon ;

Denizel sığ sismik mühendislik çalışmalarında kullanılan gereçlerin genel olarak yayılım derinliğiaz fakat ayırımlılığı güçlüdür. Bu nedenle deniz tabanına uygun yapı hakkında veri elde edilebilinmektedir. Kayıtçılardan elde edilen zaman bağımlı çizgisel (analog) kayıtların değerlendirilmesinde bizim sismik zonları ayırtlamamız ve zonlarla ilgili sesin tortullarda yayılma hızı bilgisine gereksinimimiz olmaktadır.

Sesin tortullar içindeki yayılma hızları sismik kesitlerin alındığı bölgede yapılan sondajlar üzerinde o bölgedeki tortulların granülometrik (tane boyu parametreleri) ve jeotektonik (porozite, yoğunluk, elastik parametreleri) özelliklerinin saptanması ile elde edilebilinir. Ayrıca diğer sismik yöntemler ve hız analizleri, deneme ile hazırlanmış tablolar bize yardımcı olmaktadır.

Sismik zon ayırımı yöntemi ise; Tortulların değişik ses hızlarını emme (absorbe etme) özelliğinden yararlanılarak çizgisel kayıtta beyaz zemin üzerindeki renk değişiklerinden yansıma zonlarının saptanmasıdır (EFTELİOĞLU, 1983). Bu yöntem bugün yaygın bir kullanıma sahiptir. Sismik kesitlerde ayırt edilen yansıma zonlarının beyaz zemin üzerindeki koyuluk ve açıklık derecelenmeleri belli tortul özelliklerini göstermektedir. Tane boyu, su içeriği, birim hacım ağırlığı, porozite, ve permeabilite bunlardan bazılarıdır. Örneğin yoğunluğun azalması, tane boyunun küçülmesi, porozitenin artması sesin tortullardaki eminimini arttıtır ve kayıtta renk koyulaşır, aksine durumda renk açılır. Genel olarak tortullarda ses dalgasının eminimi arttıkça çizgisel kayıtta renk koyulaşmakta, eminim azaldıkça renk açılmaktadır.

Eğer yansıtıcı zonların renk ayırımından yararlanarak sedimentolojik özelliklerini belirtmek istersek zonları analog kayıtta,,

1) Çok koyu renkli
2) Orta koyu renkli
3) Açık renkli
4) Beyaz renkli

olarak belirtebiliriz.

Kesit NO	KOORDINATLAR X(Doğu)	KOORDINATLAR Y(Kuzey)	Kesit YÖNÜ	Hat Uzunluğu	Çalışma Frekansı	Kayıt HIZI	Süp. Zamanı
40	494530	4298983	90° W-E	880 m	3.5 kHz	200 l/in.	1/8s.
	495404	4298999					
41	495339	4298980	270° E-W	797 m	3.5 kHz	200 l/in.	1/16
	494552	4298955					
42	494768	4299081	180° N-S	228 m	3.5 kHz	200 l/in	1/16
	494782	4298859					
43	495067	4298923	360° S-N	338 m	3.5 kHz	200 l/in	1/16
	495061	4299253					

(Tablo 1)

1) Çok koyu renkli kayıt veren zonlar, çok ince taneli tortullar olup genelde kil ve siltli killeri kapsarlar ve ses dalgalarını çok fazla emerler. Burada sesin yayılma hızı 1500 - 1580 m/sn. dir (HAMILTON, 1956, EFTELİOĞLU, 1983).

2) Orta koyu renkli kayıt veren zonlar, ince taneli yarı koheziv tortullar olup genelde çok az kum, az kum veya killi silt, siltlerdir. Ses dalgalarını (1) e göre daha az emerler. Sesin yayılma hızı 1523-1664 m/sn arasındadır.

3) Açık renkli kayıt veren zonlar, orta-iri taneli tortullar olup genelde çok az ve az çamurlu kum veya kum -çakıllardır. Ses dalga hızı (1) ve (2) ye göre çok fazladır ve 1836-1850 m/sn arasında değişmektedir.

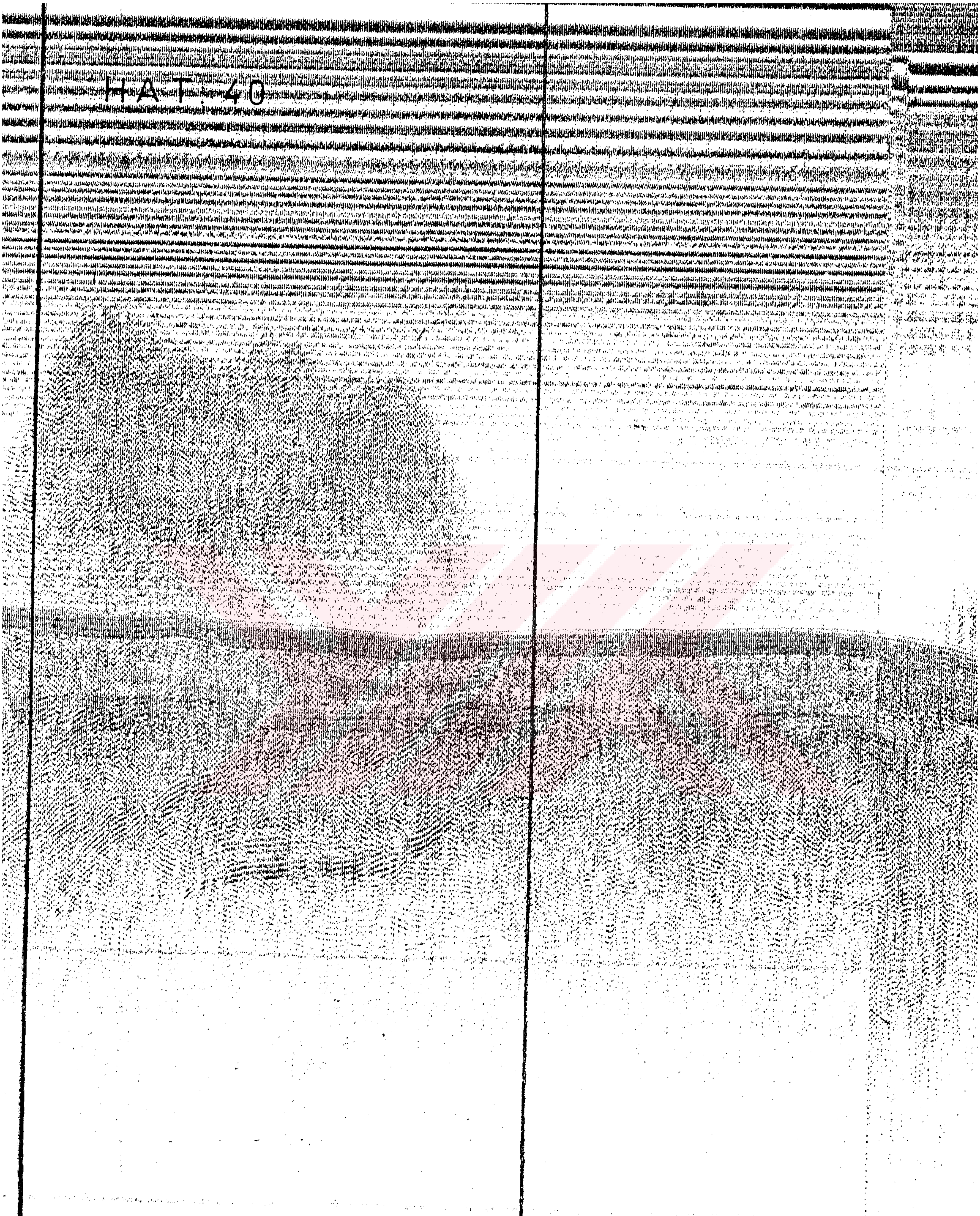
4) Beyaz renkli kayıt veren zonlar, bunlar genelde yüksek sismik hıza sahip kumtaşları, kireçtaşları olmaktadır. Hızlar 1850 m.nin üzerindedir.

Sismik zonların kayıtçılarda ayırımlılığı tortulların yapısal özelliğinden kaynaklanan akustik empedanslarına da bağlıdır. Empedansları birbirine yakın tabakaların kayıtçıdaki ayırımlılığı az olacak bazen tek bir tabaka olarak izlenecektir.

Aliağa Körfezi dışındaki çalışma alanında (Şekil 18), dört sismik hattın (40, 41, 42, 43 No'lu zaman kesitleri) (Tablo 1) deki özelliklerle elde edilmiştir. Uzaklık ekseni üzerinde yaklaşık 50 m. de bir kontrol noktaları alınmıştır. Sesin deniz suyundaki yayılma hızı 1500 m/sn. ve deniz tabanının altındaki sedimentler için hız ortalama olarak 1600 m/sn. alınmıştır.

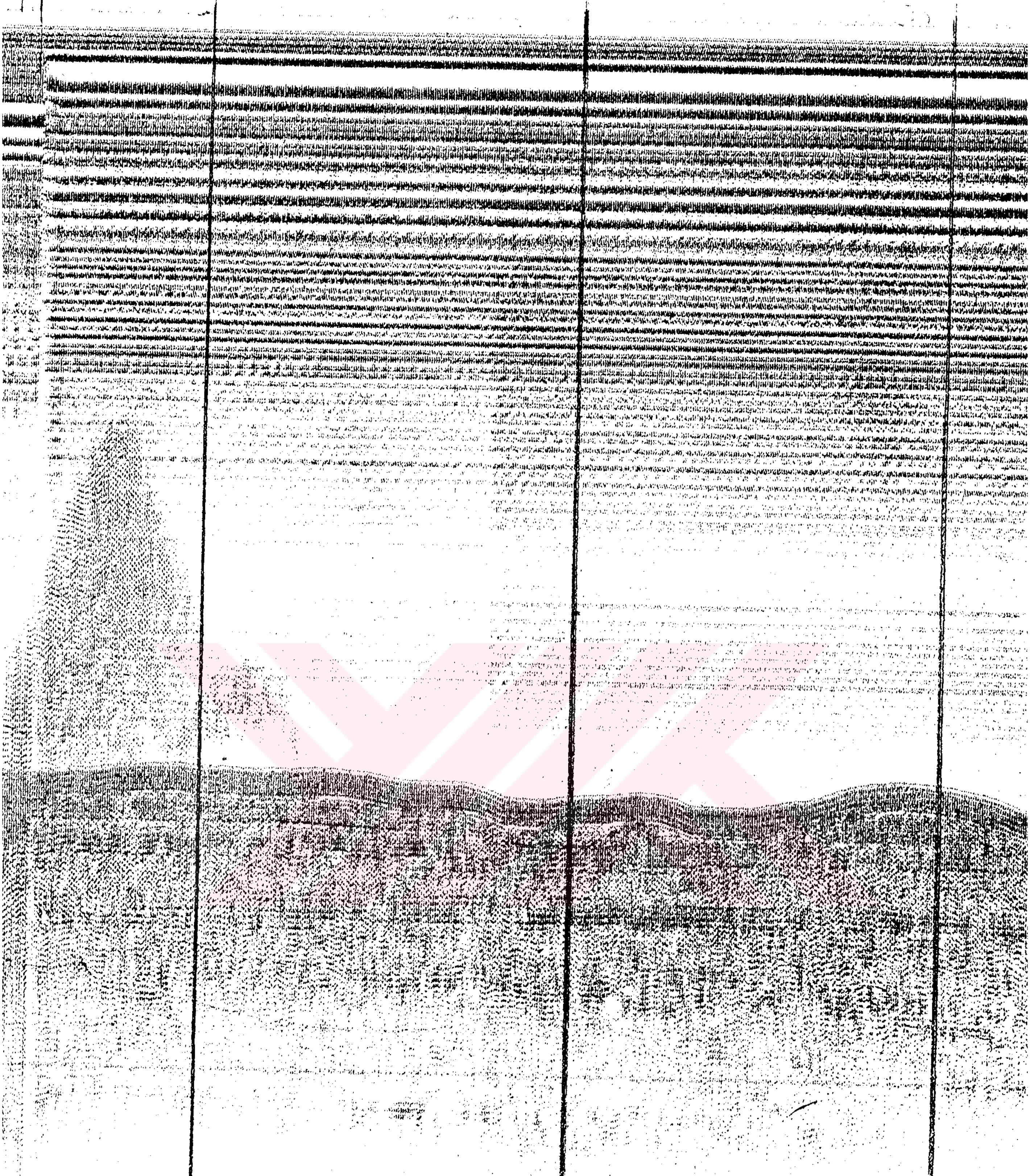
Kayıtlarda renk ayırımlılığından elde edilen katmanların (zonların) zaman derinlikleri, hızlarla işleme sokularak (ortam hızı x zaman /2) buradan yatay eksen üzerindeki kontrol noktaları düşeyindeki yansıma derinlikleri bulunmuştur. Ve aynı tabakaların yansımalarını gösteren noktalar birleştirilerek zaman kesitleri yardımıyla derinlik kesitleri elde edilmiştir (40, 41, 42, 43 No'lu derinlik kesitleri).

Kesitlerden elde ettiğimiz bulgularla, bölgedeki sondajlar karşılaştırıldığında uyum izlenmektedir. Örneğin 40 No'lu kesitin 8-9 kontrol noktalarının arasında ve sismik hattın her iki yanında S5 ve S6 No'lu sondajlar bulunmaktadır. (Şekil 18). Biz sondaj ve sismik derinlik



Kesit NO 40 BCDE

Zaman k.

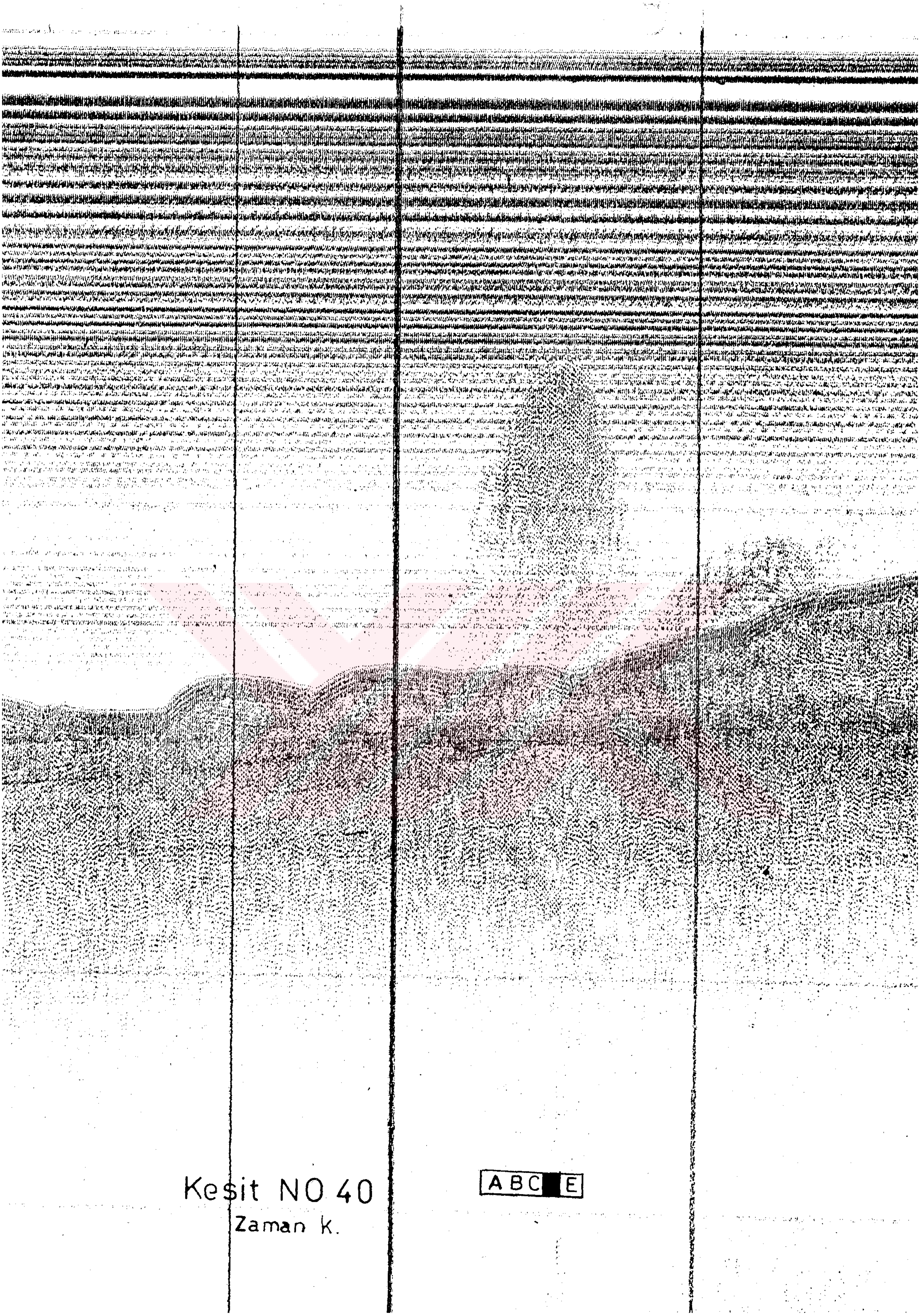


Kesit NO 40

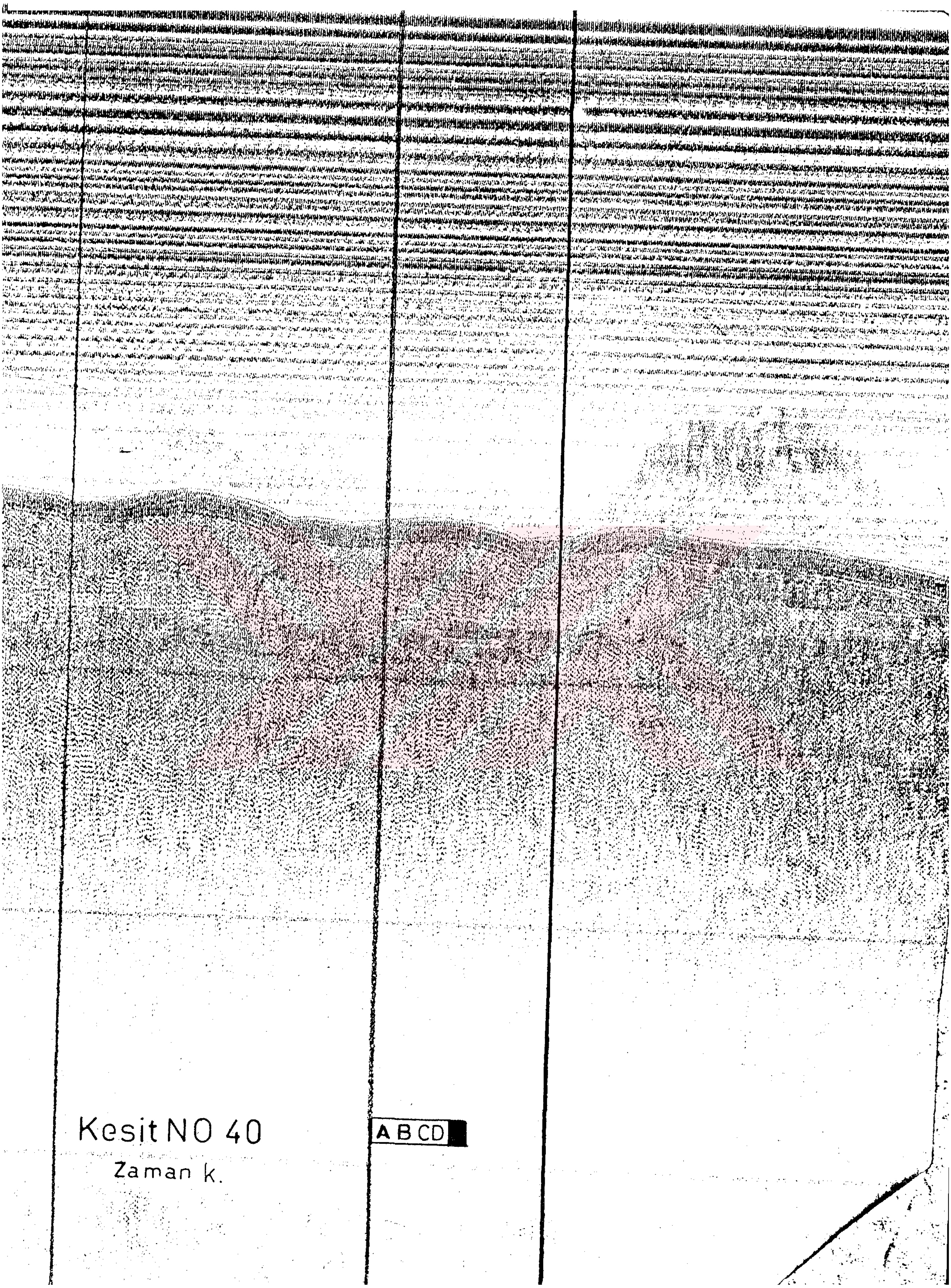
| A | | C | D | E |

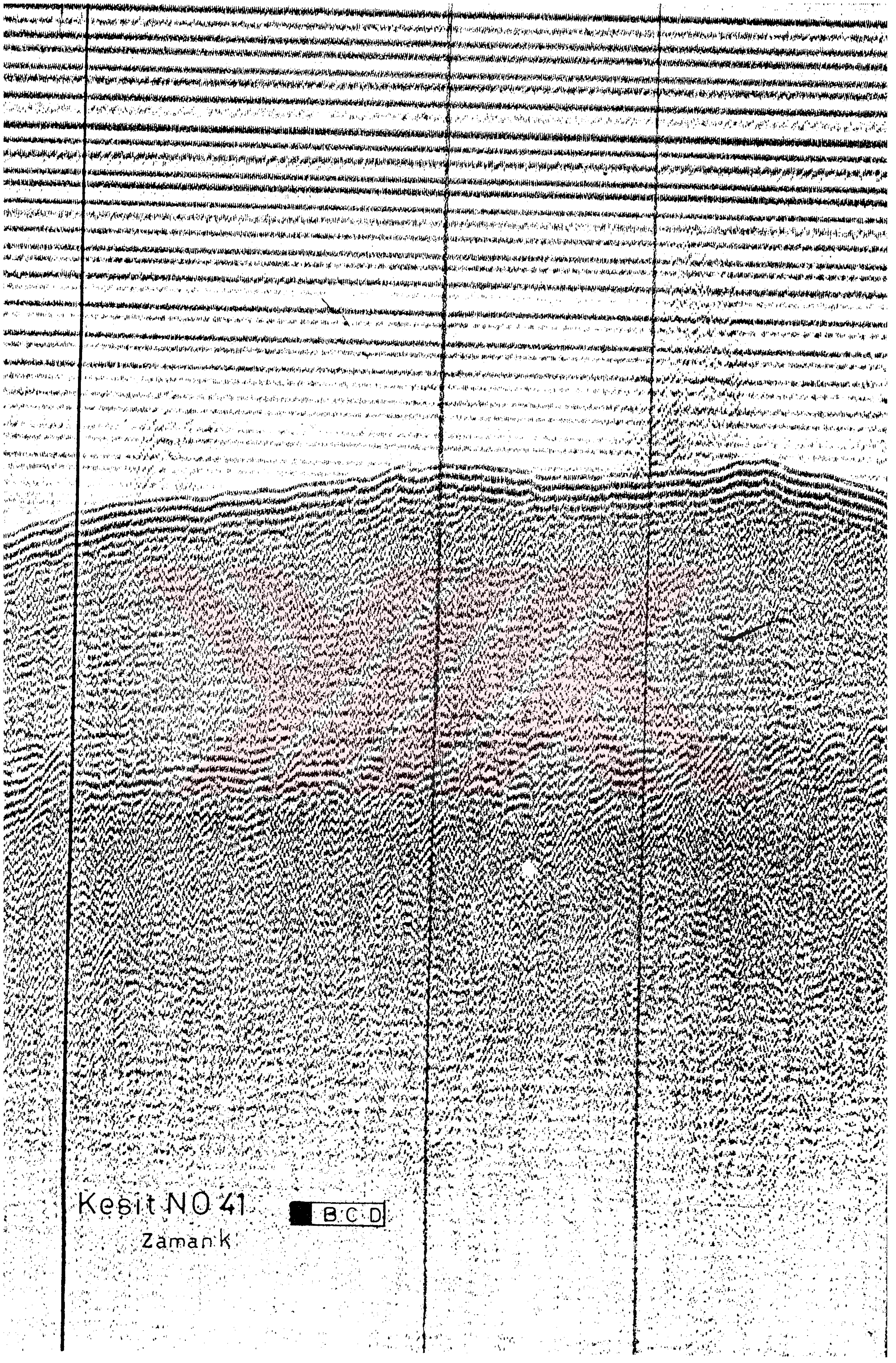
Zaman k.

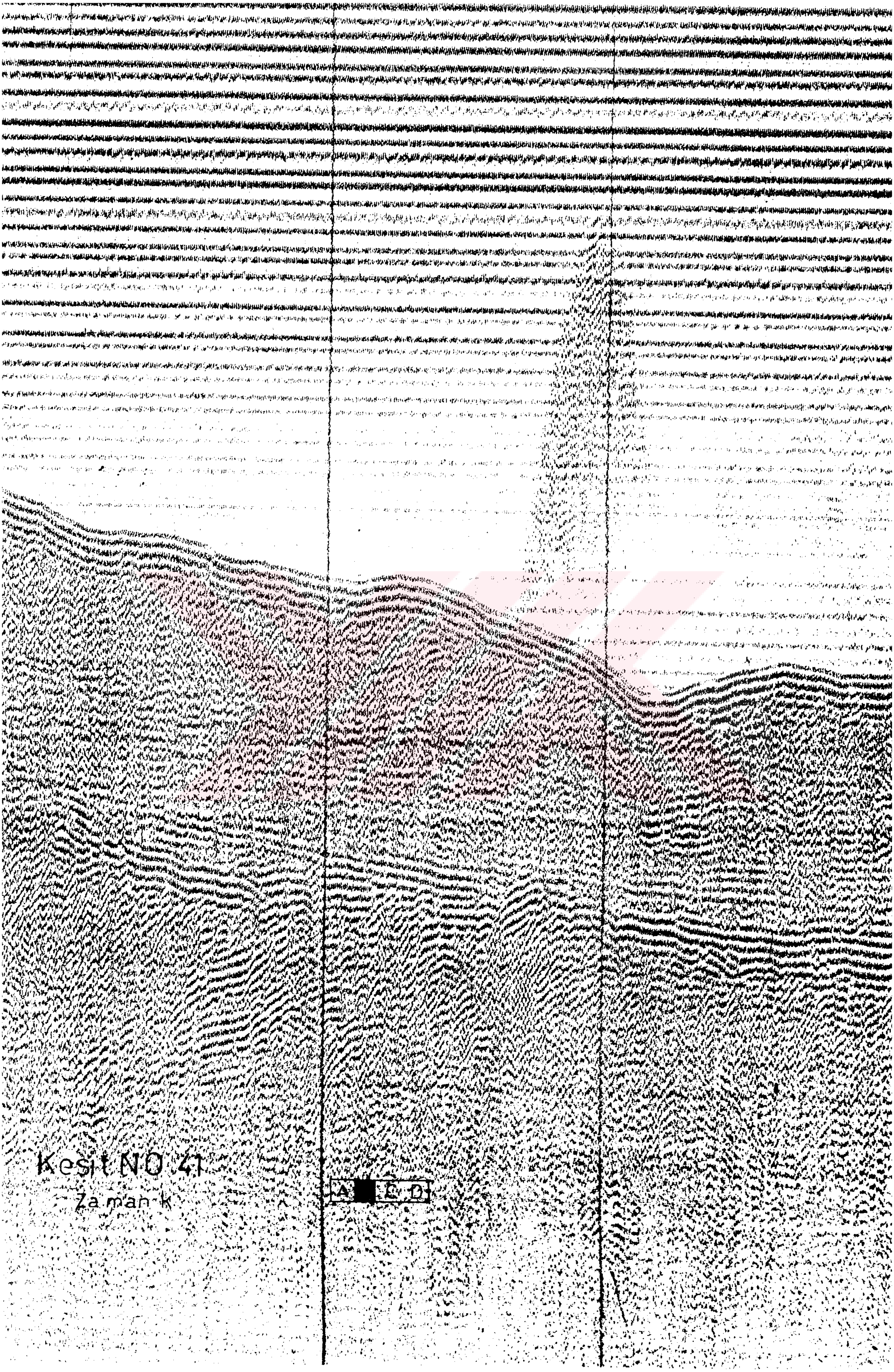
Kesit NO 40
Zaman k.

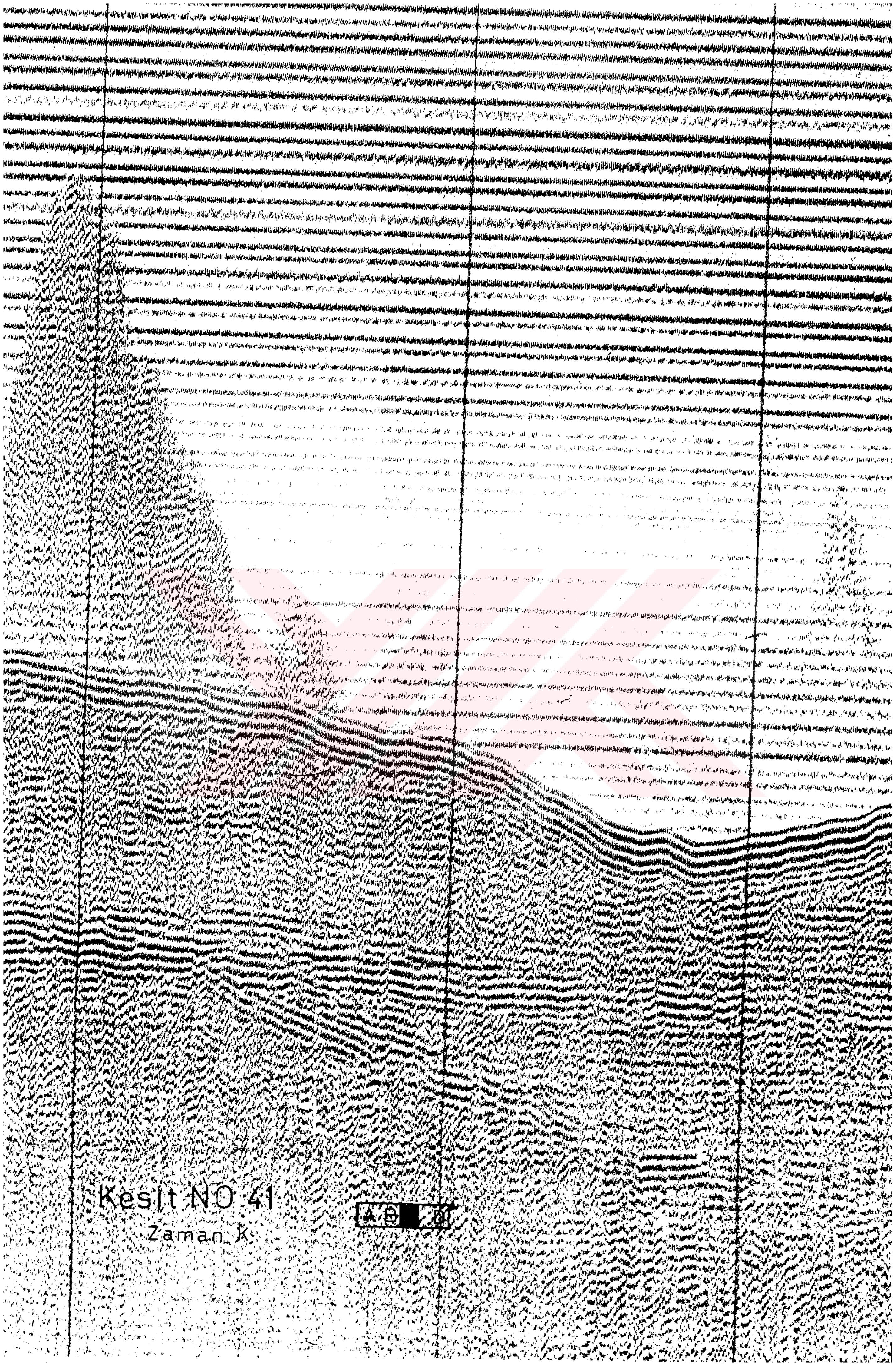


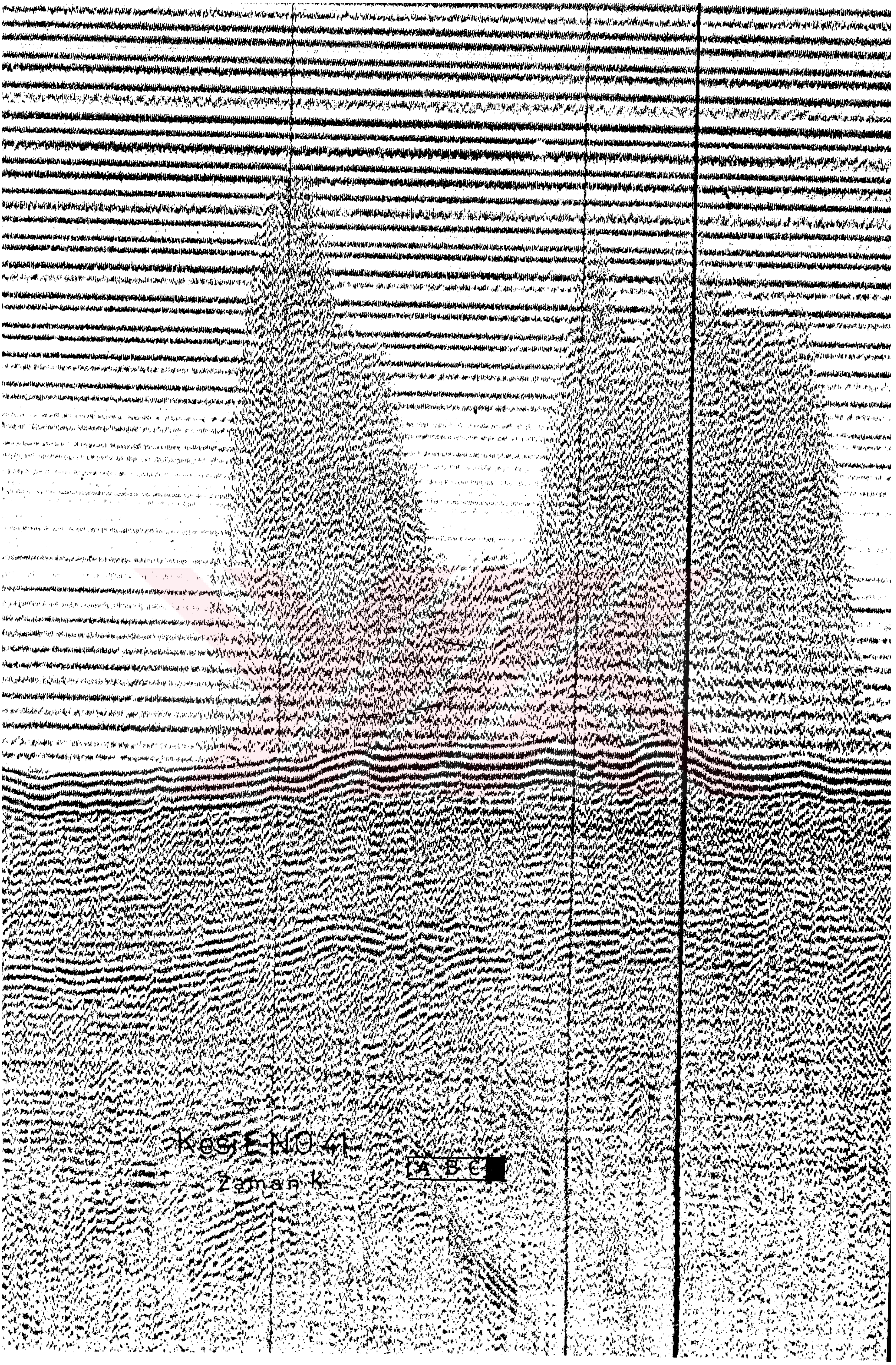
Kesit NO 40
Zaman k.


Kesit NO 40
ABCD
Zaman k.

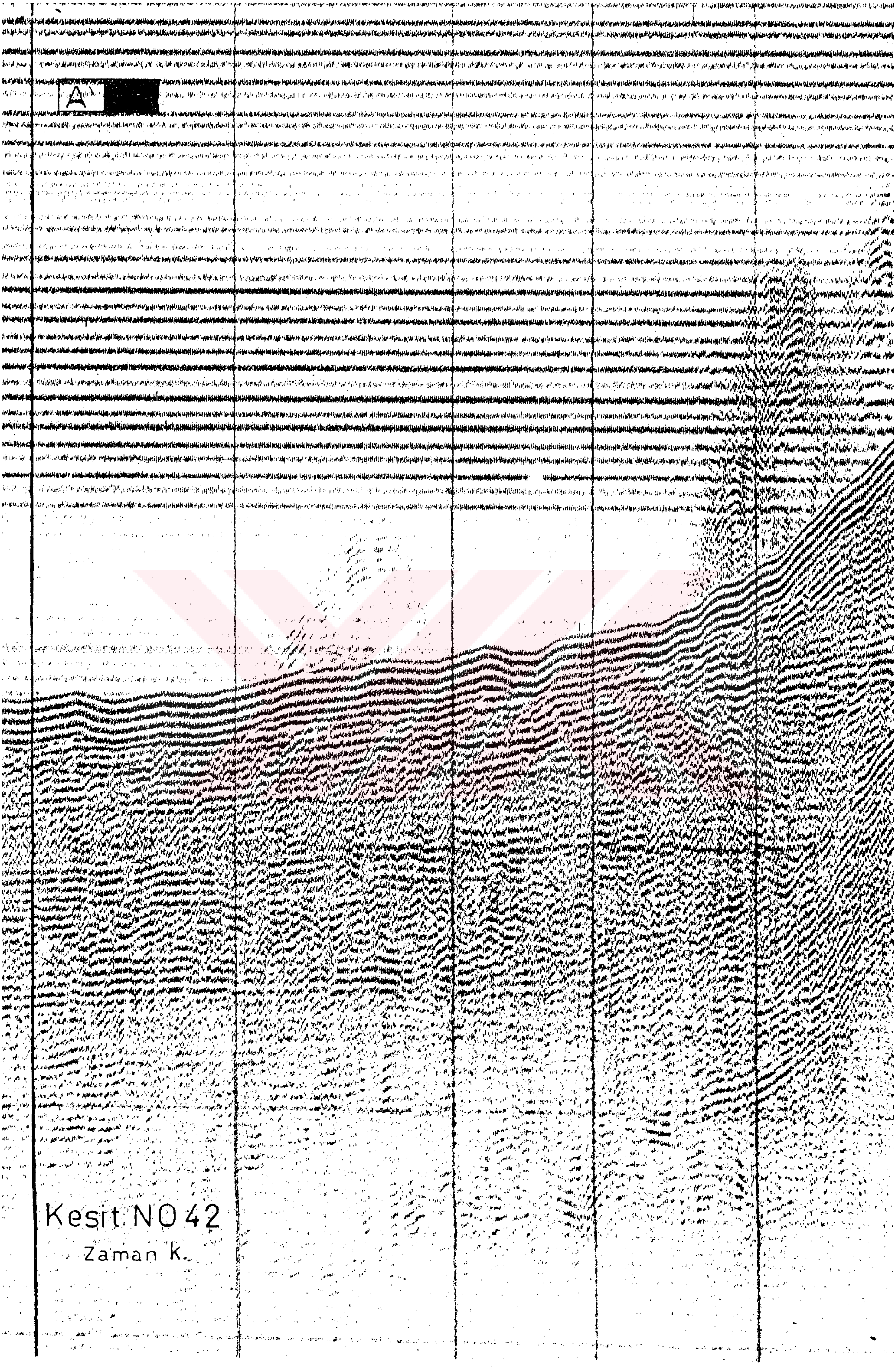

Kesit NO 41
BCD
Zaman K

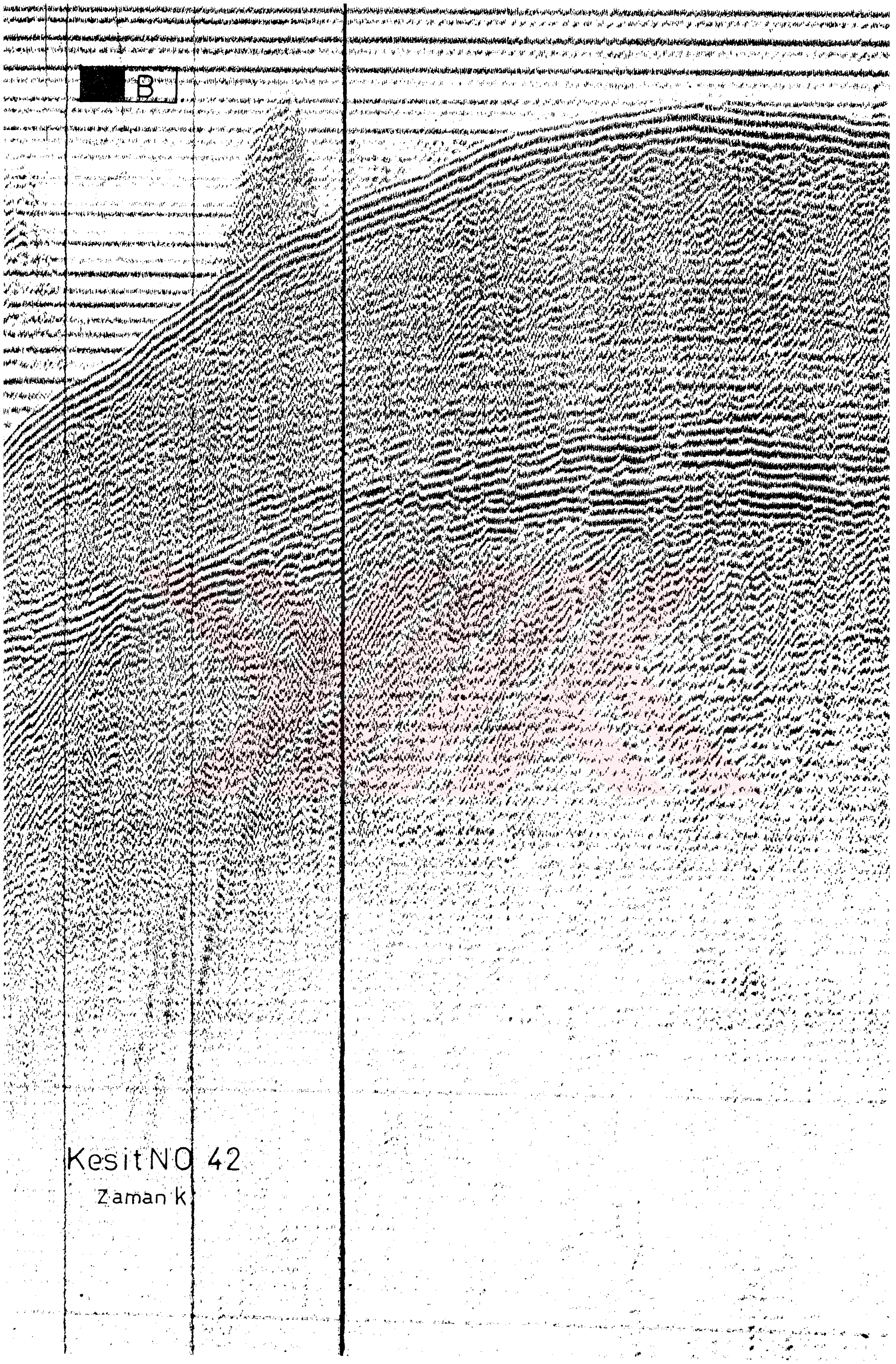

Kesit NO 41
Zaman K
A C D

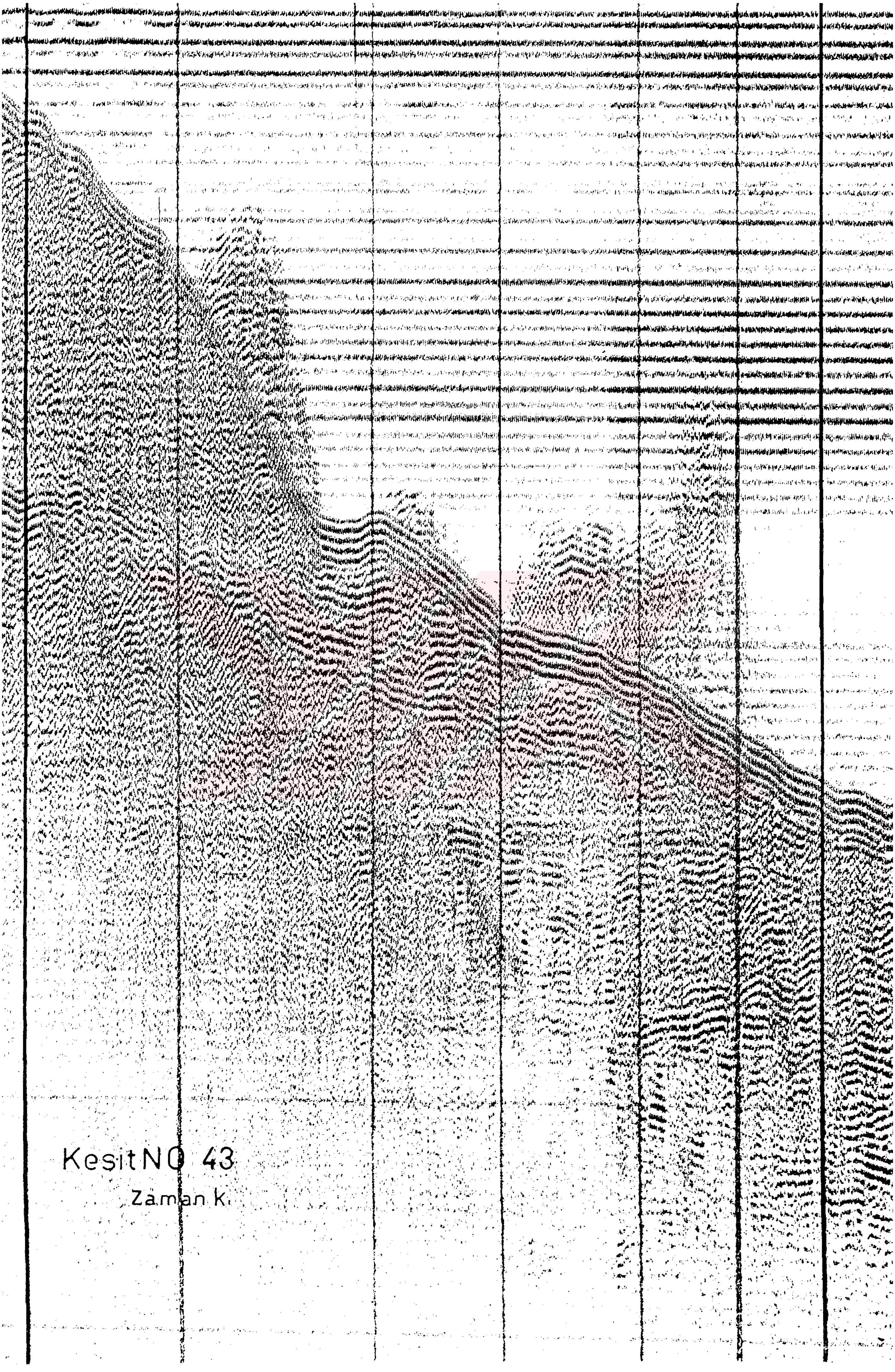

Kesit NO 41
Zaman K
AB

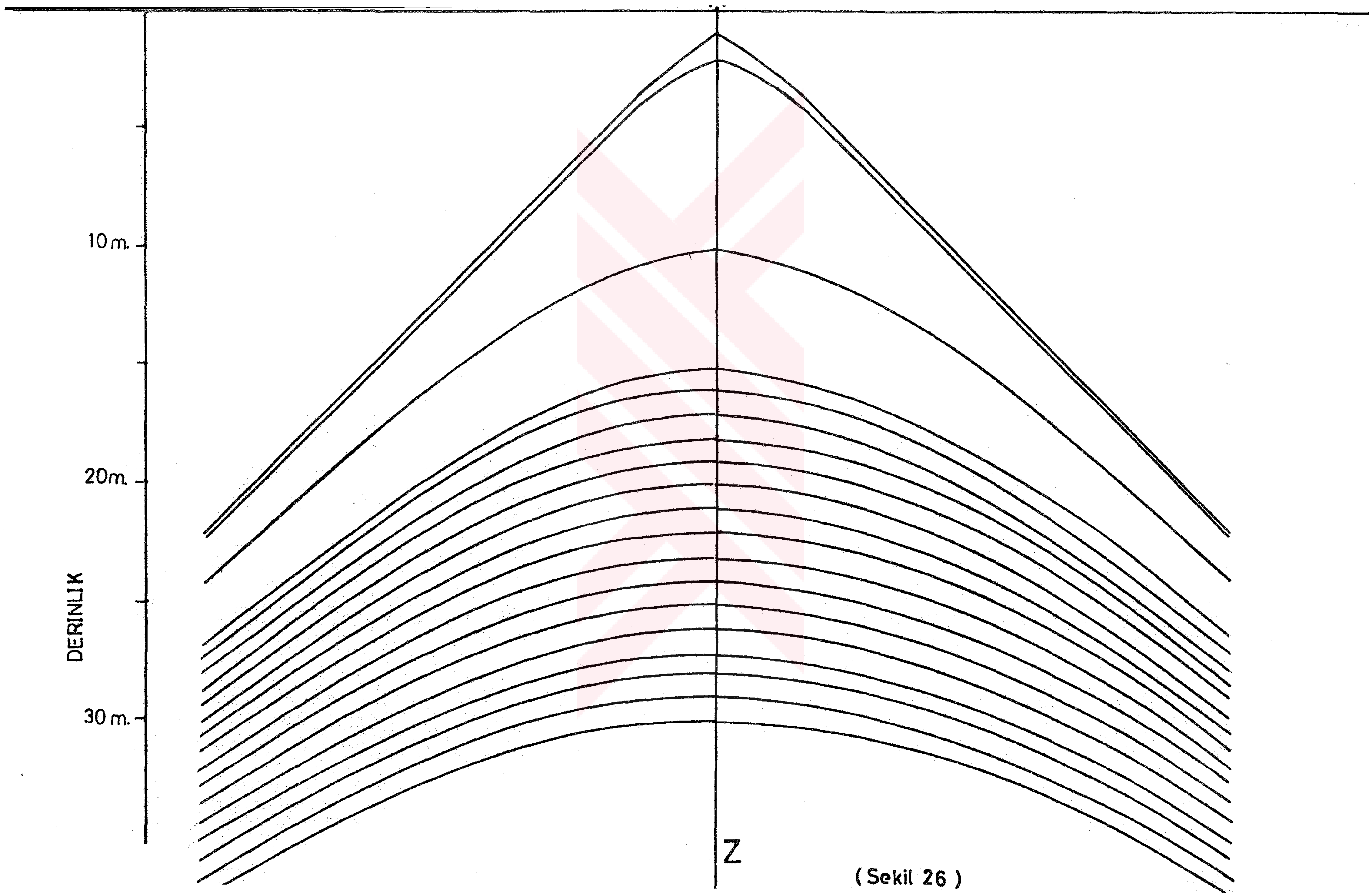


Kesit NO 41
Zaman K
A B C


A
Kesit NO 42
Zaman K.

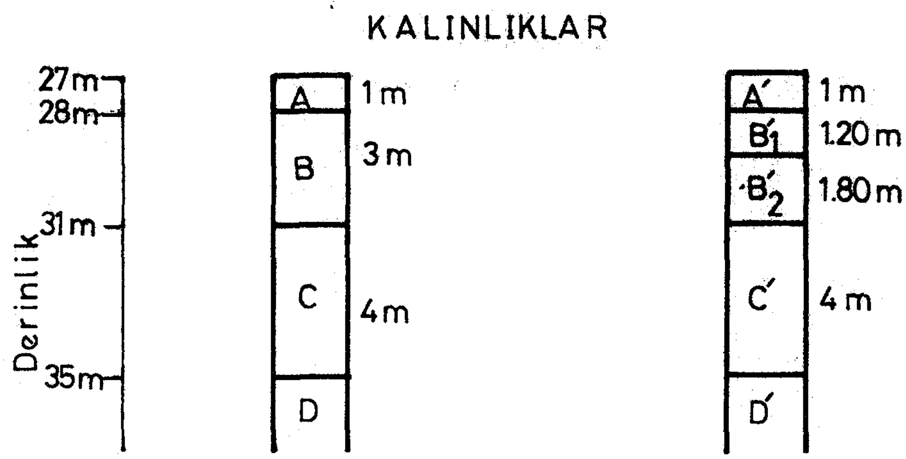

B
Kesit NO 42
Zaman k


Kesit NO 43
Zaman K.



(Sekil 26)

kesitini çakıştırdığımızda bu nokta için aşağıdaki derinlik verileri izlenmektedir (Şekil 27).



(Şekil. 27)

A Zonu; olarak belirlediğimiz zonun sismik kesitteki kalınlığı yaklaşık bir metredir. Bu zon sondaj kesidinde (A') siltli kil seviyesine karşılık gelmektedir.

B Zonu; sismik kesitte yaklaşık üç metre kalınlık göstermektedir. Bu ise sondaj kesidinde B_1' siltli ince çakıllı iri kum ve B_2' siltli kil seviyelerine karşı gelmektedir. Bu durum bize B_1' ve B_2' zonlarının empedanslarının birbirine yakın olduğunu ve kayıtçıda tek bir zon olarak gözlenebildiğini göstermektedir.

C Zonu; sismik kesitte yaklaşık dört metrelik bir kalınlık göstermektedir ve sondaj kesidinde C' ile gösterdiğimiz az ince çakıllı siltli orta kum'a karşı gelmektedir.

D Zonu; ise her iki kesitte de yaklaşık 35 m. derinlikle başlamakta ve temel kayaç (tüfit)'i oluşturmaktadır.

Aliağa bölgesi denizel sığ sismik kesitlerinden elde ettiğimiz yansıma yüzeylerine uyguladığımız geometrik migrasyon çalışmalarında aşağıdaki bulgular gözlenmiştir.

40 No'lu Derinlik Kesiti:

Kesit yönü W - E olup x ekseni boyunca 50 m. aralıklı 19 kontrol noktasına ayrılmıştır. Derinlik kesidinde ışın kuramı yardımıyla migrasyon kontrol noktaları ve yeterince yardımcı kontrol noktası kullanılarak bu noktaların düşeyindeki görünür yansıma yüzeyleri için uygulanmıştır.

Deniz tabanını oluşturan siltli kil'e sahip yumuşak sedimentte kesitin ortasına doğru hafif bir çanaklaşma izlenmektedir. Çanaklaşmayı oluşturan yüzeylerin eğimlerinin oldukça az olduğu izlenmektedir. Işın kuramı migrasyonunda $\emptyset$ açısı yaklaşık 2^{o} dir. Kesitin Batısında kum ve kil ardalanması şeklinde düşünebileceğimiz güncel tortulların eğimleri daha fazladır ve $\emptyset$ açıları 5^{o} civarındadır.

Işın kuramı ile migrasyon çalışmalarında $\emptyset$ açıları 1.4^{o} nin altında olan yansıma yüzeyleri değerlendirmeye katılmamıştır. Bu açılar çok küçük olduklarından kesitte yansıma yüzeylerinde değişime neden olmamaktadırlar. Migrasyonu yapılmış yüzeyler kesitte kesikli çizgi ile gösterilmektedir.

41 No'lu Derinlik Kesiti :

Kesit E - W yönünde 50 m. lik 17 kontrol noktasına ayrılmıştır. Güncel sedimentlerin konumu genelde Batı'ya eğimli olarak izlenmektedir. Deniz tabanını oluşturan siltli killi yumuşak sedimentin yansıtıcı yüzeyinin migrasyonu için elde ettiğimiz $\emptyset$ açısı yaklaşık 1.5^{o} dir. Daha derindeki kumlu tabakanın $\emptyset$ açısı da aynı şekilde 1.5^{o} civarında gözlenmektedir. Kesitin Doğu'suna doğru yataya yakın tabakalanma izlenmektedir. Temel kayacın aşınma yüzeyinin eğimi daha fazladır. Burada $\emptyset$ açısı 2.5^{o} ye ulaşmaktadır. Migrasyon sonucu yansıtıcı yüzeylerdeki değişim çok büyük boyutta olmamaktadır.

42 No'lu Derinlik Kesiti :

N - S doğrultulu kesit 5 kontrol noktasına ayrılmıştır. Kesitin Güney'ine doğru kıyıya yaklaşılmakta ve Kuzey eğimli tabakaların eğimleri artmaktadır. Bu kesimde ışın kuramı migrasyonunda eğimli yansıma yüzeyleri için elde ettiğimiz Ø açısı 5^{o} nin üzerindedir. 4-5 kontrol noktaları arasında eğimli yansıtıcılara uygulanmak üzere geliştirdiğimiz saçınım hiperbolleri eğrileri kullanılmıştır. Sonuç olarak bu bölümde tabaka yüzeylerindeki değişimin oldukça fazla olduğu izlenmektedir.

43 No'lu Derinlik Kesiti :

S - N doğrultulu olan kesit 8 kontrol noktasına ayrılmıştır. Burada kıyıdan açığa doğru genel olarak Kuzey'e eğimli tabakalar izlenmektedir. Işın kuramı ile yapılan migrasyonda Ø açıları 3.5^{o} ile 5^{o} arasında değişmektedir. Kesit sonuna doğru tabaka eğimleri azalmaktadır. Migrasyon sonucu tabaka yüzeylerinin konumundaki değişim açıların büyük olduğu yerlerde falza olmaktadır.

Sonuçlar;

Aliağa Körfezi açıklarında yapılan denizel sığ sismik çalışmaları kesitlerinden ve araştırma alanı sondaj verilerinden deniz altında genel olarak üç katmanın varlığı izlenmektedir. Bunlardan ilki sismik kayıtçıda beyaz zemin üzerinde oldukça koyu renk veren ve bölge sondajlarından siltli kil seviyesi olarak gözlemlediğimiz kalınlığı en fazla 5 m. olan yumuşak tortuldur. Genelde ikinci tabaka olarak nitelendireceğimiz seviye ise bir önceki tabakaya göre kayıtta orta koyu renkli izlenmektedir. Ayrıca bu zon içinde birbirine çok yakın renk farklılığı gösteren seviyeler yer yer gözlenmektedir. Sondajlardan genel olarak siltli kum diye adlandıracağımız bu tortul içinde bazen killi ve kumlu tabaka ardalanmaları oluşmuştur. Bunlar birbirine yakın empedans gösterdiklerinden bazen tek bir tabaka bazende hafif renk farklılığı vererek ayrılmaktadırlar. Ve kalınlığı en fazla 8 m. civarındadır. Son olarak izlediğimiz tabaka sondaj verilerinden tüfit olarak adlandıracağımız temel kayaçtır.

Araştırma bölgesinin jeolojik açıdan durağan olduğu ve deniz altındaki tabakaların eğimlerinin az, büyük bir bölümünün ise oldukça yatay ve düzenli olduğunu söyleyebiliriz. Saçınıma neden olan ortamlar (fay, kırık, vb.) izlenmemektedir. Kesitlerdeki eğimli yansıma yüzeylerine uyguladığımız geometrik migrasyon sonucu gerçek jeolojik yapıya yaklaşım getirmeye çalışılmıştır. Bu taşıma olayında değişim gösteren eğimli yüzeyler bile bize sismik verileri işlenmesi çalışmalarında migrasyon kavramının nedenli önemli olduğunu ortaya koymaktadır.

VII- KAYNAKÇA

Abramowitz, M., ve Stegun, I. A., 1970, Handbook of mathematical functions: New York, Dover Publications Inc.

Aktaş, Z., Öncül, H., ve Ural, S., 1981, Sayısal çözümleme: Ankara, O.D.T.Ü., Bilgisayar Müh. Böl.

Berkhout, A. J., 1980, Seismic migration-imaging of acoustic energy by wave field ektrapolation: Delft, Elsvier Scientific Publishing Comp.

Claerbout, J. F., 1976, Fundamentals of geophysical data processing: New York, Mc Graw Hill Book Comp.

Dobrin, M. B., 1976-1980, Introduction to geophysical prospecting: New York, Mc Graw Hill Book Comp.

Ergin, K., 1973, Uygulamalı jeofizik: İstanbul, İ.T.Ü. Kütüphanesi.

Eftelioğlu, M., 1983, Gülbahçe körfezi sedimentolojisi ve dinamiği: İzmir, Dokuz Eylül Ü. D.B.T.E. Y.lisans Tezi.

Finn, G. W., Migration: Tulsa, Seismograph Service Corporation.

Garland, G. D., 1971, Introduction to geophysics: Toranto, W. B Saunders Comp.

Hagedorn, J. G., 1954, A process of seismic reflection interpretation: Geophysics Prospecting V.21, pp 85-127.

Konuk, T., 1982, T.P.A.O. Yeni hampetrol boşaltma iskelesine ait mühendislik sismiği kesitlerinin etüdü: İzmir, Dokuz Eylül Ü. D.B.T.E., Proje No.025.

Mc Quillin, R., Bacon, M., ve Barclay, W., 1980, An introductuion to seismic interpretation: Houston, Gulf Publishing.

Özdemir, H., 1982, Sismik yansıma katsayılarının en büyük olabilirlik ve en küçük kareler kestirimi: İstanbul, İ.T.Ü., Maden Fak.

Prakla-Seismos Information, 1981, 2D/3D Wave equation migration: Hannover, Nd. 31.

Prakla-Seismos Digest, 1971-1978, Data processing and display: Hannover, V.4.

Ristow, D., 1982, Grundlagen und methoden der migration in der exploration seismik: Hannover, Prakla-Seismos.

Telford, W. M., Gedart, L. P., Sheriff, R. E., ve Keys, D. A., 1978, Applied geophysics: Cambridge, Cambridge University Press.

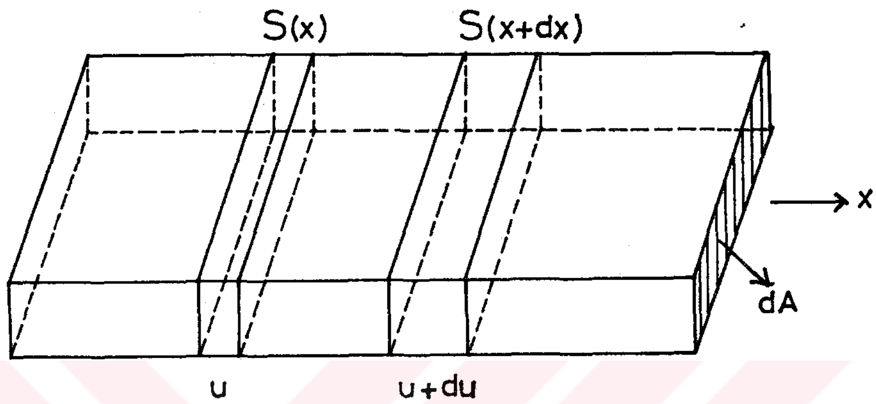
Yılmaz, Ö., 1978, Dalga denklemi modelleme ve migrasyonu: Jeofizik 7, No. 1.

Yılmaz, Ö., ve Claerbout, J. F., 1980, Prestack partial migration: Geophysics, V.45, No. 12.

EK - BAZI TEMEL KAVRAMLAR

Ek 1. Dalga Denklemleri

Dalga hareketi ; Sismik dalga yayılımı üç yönlü deformasyondur. Fakat burada tek yönlü deformasyon olarak incelersek (Şekil Ek/1).



(Şekil Ek/1)

$$F(x) = S\ (x)\ .\ dA \qquad (1)$$

Net kuvvet anlık deformasyon olarak bildiğimiz u parçacığının yerdeğiştirmesidir.

$$S\ (x + dx) - S\ (x) \qquad (2)$$

Net elastik kuvvet anlık u deformasyonuna sahip bir parçacığın ivmesinin kütlesi ile çarpımına eşit olacaktır.

$$F = \underbrace{\rho.dx\ dA}_{m}\ .\ \underbrace{\frac{d^2u}{dt^2}}_{a} \qquad \rho = \text{cismin yoğunluğu} \qquad (3)$$

$$F = m.a \qquad \text{(Newton yasası)} \qquad (4)$$

$$F = S(x).dA \tag{5}$$

$$dF = F(x + dx) - F(x) \tag{6}$$

$$dF = \underbrace{\left[S(x + dx) - S(x)\right]}_{dS} dA = \rho\, dx\, dA \frac{d^2u}{dt^2} \tag{7}$$

$$\frac{ds}{dx} = \rho \frac{d^2u}{dt^2} \tag{8}$$

(x) yönündeki gerilim,

$$S = E \frac{du}{dx}$$

E = Young modülü

S = Gerilim (stress)

$\frac{du}{dx}$ = Deformasyon (strain)

türevini alırsak

$$\frac{dS}{dx} = E \frac{d^2u}{dx^2} \tag{9}$$

(8) bağıntısında yerine koyarsak

$$E \frac{d^2u}{dx^2} = \rho \frac{d^2u}{dt^2} \quad \text{olur.} \tag{10}$$

Katı cisimlerde sismik cisim dalgasının yayılma hızı

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \tag{11}$$

ile verilmektedir.

buradan,

$$c^2 = \frac{E}{\rho} \qquad (12)$$

$$1 / c^2 = \rho / E \qquad (13)$$

olarak bulunur. ve (10) denkleminde yerine konulursa

$$\frac{d^2u}{dx^2} = \frac{\rho}{E} \frac{d^2u}{dt^2} \qquad (14)$$

$$\frac{d^2u}{dx^2} = \frac{1}{c^2} \frac{d^2u}{dt^2} \qquad c = \text{hareket hızı} \qquad (15)$$

Genel olarak gösterirsek

$$\frac{d^2P}{dx^2} = \frac{1}{c^2} \frac{d^2P}{dt^2} \qquad \text{Bir boyutlu dalga denklemi} \qquad (16)$$

ve çözümü,

$$P = A \text{ Sin } k\ (ct - x) \quad \text{olacaktır.} \qquad (17)$$

üç boyutlu skalar dalga denklemini yazacak olursak ,

$$\nabla^2 P - (1/ c^2) \frac{d^2P}{dt^2} = 0 \qquad (18)$$

şeklinde gösterebiliriz. Buradan iki boyutlu ortamda zaman bağımlı dalgaların yayılımını ise

$$P_{xx} + P_{zz} - (1/c^2)\ P_{tt} = 0 \quad \text{şeklinde gösterebiliriz.} \qquad (19)$$

x yatay ekseni, z derinlik ve t de gözlem zamanını tanımlamaktadır. c = c (x, z) ise ortam hısını ve alt terimlerde türevleri belirtmektedir. P (x, z, t) de basınç cinsinden dalga alanını gösteren fonksiyondur. (16) ile tanımlanan dalga denklemini (x, z, t) koordinatlarından (x', z', t') koordinatlarına dönüştürelim. İki koordinat sistemi arasındaki ilişki (clearbout, 1976) ya göre

$$x' = x \tag{20}$$

$$z' = z + ct$$

$$t' = t \quad \text{dir.}$$

Dalga alanları koordinat sistemine göre değişmediğinden,

$$P\,(x,\ z,\ t) = P'\,(x',\ z',\ t') \tag{21}$$

ve (20) eşitlikleri kullanılarak (19) denkleminin türevlerini yeni koordinat sisteminde zincir kuralı ile elde edebiliriz. Koordinat sistemini dönüştürmekteki amaç skalar dalga denkleminden yukarı-gelen dalgalar için çözüm elde etmektir. Bu denklemle tanımlanan dalga alanını yukarı-gelen ve aşağı-giden olmak üzere iki birleşene ayırırız. Böylece aşağı-giden dalganın etkisini yok ederek, derinlik ekseni z yönünde yukarı-gelen dalga için tek çözüm sağlama olanağını dalga denkleminin koordinat dönüşümü ile elde edebiliriz Yeni koordinat sistemi için;

$$P_{xx} = P'_{x'x'} \tag{22}$$

$$P_{zz} = P'_{z'z'}$$

$$P_{tt} = c^2\,P'_{z'z'} + 2c\,P'_{t'z'} + P'_{t't'}$$

dalga denkleminde yerine koyarak yeni koordinat sistemindeki dalga denklemini elde ederiz.

$$P'_{x'x'} - (2/c)\,P'_{t'z'} - (1/c^2)\,P'_{t't'} = 0 \tag{23}$$

$P'_{t't'}$ terimi yukarı-gelen dalgalar için önemsenmeyebilinir. Eşitlik;

$$P'_{t'z'} = (c / 2)\ P'_{x'x'} \qquad \text{dönüşür.} \qquad (24)$$

(19) denklemi hiperbolik iken (24) denklemi paraboliktir. Ve z' ekseni boyunca yalnızca bir çözüm verir. Bu ise yukarı-gelen dalga alınını tanımlayan bir denklemdir. (24) eşitliğine dalga denklemlerinin parabolik yaklaşımı adı verilir. Bu yaklaşımı dalga sayısı-frekans ortamında incelersek, birim genlikli düzlem dalga için;

$$P(x, z, t) = \text{ekp}\ \ i\ (k_x x + k_z z - wt) \qquad (25)$$

burada k_x ve k_z , x ve z yönündeki dalga numaraları w ise dalganın frekansıdır. Gerekli türevler alınıp, dalga denklemine uyarlanırsa sonuçta;

$$(2\ w/\ c)\ k_z = -\ k_x^{\ 2} + 2\ w^2/\ c^2 \qquad (26)$$

bağıntısı elde edilir. Bu ifade (k_z, k_x) düzleminde bir parabolün denklemidir. Fiziksel anlam olarak parabolik yaklaşım, düşeye yakın yayılan dalgaların dışındakiler sönümlenecek demektir (Fresnel yaklaşımı).

Ek 2. Fourier Dönüşümü

Periyodik veya periyodik olmayan fonksiyonları bir ortamdan diğerine dönüştürebilen işleçtir. Kısaca;

$F(w) \longleftrightarrow f(t)$ şeklinde gösterebiliriz.

$$F(w) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)\, e^{-jwt}\, dt \quad \text{(Fourier dönüşümü)}$$

$$F(t) = 1/\,2\int_{-\infty}^{\infty} F(w)\, e^{jwt}\, dw \quad \text{(Ters Forier dönüşümü)}$$

Ek 3. Evrişim

$f_1(t)$ ve $f_2(t)$ gibi iki zaman fonksiyonu düşünelim. Bu iki fonksiyonun,

$f(t) = \int_{-\infty}^{\infty} f_1(x) \cdot f_2(t-x)\, dx$ integraline evrişim integrali denir.

$f(t) = f_1(t) * f_2(t)$ ile simgesel olarak gösterilir. Zaman evrişimi;

$$f_1(t) \longleftrightarrow F_1(w) \qquad f_2(t) \longleftrightarrow F_2(w)$$

fourier dönüşüm çifti iseler, zaman ortamındaki evrişim frekans ortamında bir çarpıma karşılık gelir.

$$F\big(f_1(t) + f_2(t)\big) = F_1(w) \cdot F_2(w)$$

Frekans evrişimi,

$$F\big(F_1(w) + F_2(w)\big) = 2\pi f_1(t) \cdot f_2(t)$$

Frekans ortamındaki evrişim zaman ortamında yukarıdaki çarpıma eşittir.

Ek 4. E n K ü ç ü k K a r e l e r Y ö n t e m i

Fonksiyon $f(x)$ ile yaklaşık fonksiyon $F(x)$ arasında $x_o, x_1, \ldots\ldots, x_n$ olarak verilen $(n+1)$ tane ayrık noktadaki farklar yani yaklaşımın yanlışı,

$r_i = F(x_i) - f(x_i)$ $i = 0, 1, \ldots\ldots, n$ olarak gösterilebilinir. Verilen $(n+1)$ tane noktada farkların kareleri toplamı

$$M = \sum_{i=o}^{n} (F(x_i) - f(x_i))^2 \quad \text{yazılabilir.}$$

yaklaşık fonksiyon $F(x)$, bilinen ve daha basit olan $g_1(x)$, $g_2(x), \ldots$ $g_m(x)$ gibi m tane fonksiyonun lineer olarak birleşiminden oluştuğunu varsayarsak,

$$F(x) = c_1 g_1(x) + c_2 g_2(x) + \ldots\ldots + c_m g_m(x) = \sum_{k=1}^{m} c_k g_k(x)$$

olarak tanımlanabilinir. Böylece denklem M parametresinin $c_1, c_2, \ldots, c_m$ gibi m tane katsayının fonksiyonu olduğu anlaşılır. Yaklaşım yanlışlarının karelerinin toplamı olan M değerinin en az yani (minimum) olması koşulu,

$$\frac{dM}{dc_1} = \frac{dM}{dc_2} = , \ldots\ldots = \frac{dM}{dc_m} = 0 \quad \text{ile sağlanır.}$$

Ek 5. Sonlu Farklar

Bir fonksiyon sadece bir takım ayrık noktalarda belirlenmiş olabilir. O zaman sonlu farklar matemetiği kullanılarak bilinmeyen noktadaki fonksiyonun değeri için iyi bir tahmin yapılabilinir.

Sonlu farklar ve ilgili işleçler,

Bir f (x) fonksiyonu ve adım uzunluğu h kullanılarak x noktası için birinci mertebe ileri fark

$$\Delta f(x) = f(x + h) - f(x)$$

bağıntısı ile; birinci mertebe geri fark

$$\nabla f(x) = f(x) - f(x - h)$$

bağıntısı ile; ve birinci mertebe merkezi fark

$$df(x) = f\left(x + \frac{h}{2}\right) - f\left(x - \frac{h}{2}\right)$$

bağıntısı ile belirlenir. Burada , ve simgemeri sırası ile ileri, geri ve merkezi fark işleçleri olarak bilinirler. Ayrıca kaydırma işleci $E f(x) = f(x+h)$ ve türev işleci $D = d/dx$ kaydırma ve türev işleçleri arasındaki ilişkiyi yazabilmek için f (x) fonksiyonunun $x = x_i$ noktasında Taylor serisi açılımı yazılırsa

$$Ef(x_i) = e^{hD} f(x_i)$$ olduğu görülür.

Buradan da $E = e^{hD}$ bağıntısı kurulabilinir. Mertebesi r olan ileri fark için,

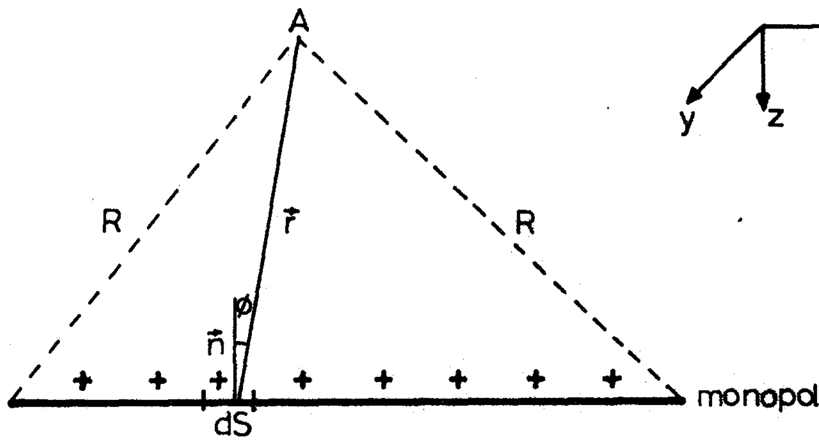
$$\Delta^r f_i = \Delta^{r-1} f_{i+1} - \Delta^{r-1} f_i$$

Mertebesi (r) olan geri farklar için $\nabla^r f_i = \nabla^{r-1} f_i - \nabla^{r-1} f_{i-1}$

Mertebesi (r) olan merkezi farklar için,

$$\nabla^r f_i = \nabla^{r-1} f_{i+1/2} - \nabla^{r-1} f_{i-1/2}$$

Ek 6. Rayleigh İntegral I



(Şekil Ek/2)

Bir monopol dışındaki A noktasında oluşacak basınç alanı, monopol yüzeyi üzerindeki dağılımın dalga alanında sentezlenerek elde edilir. İşlem için aşağıdaki bağıntıyı verebiliriz.

$$P_A = \frac{jw}{2\pi} o \int_{S_1} V_n \left(\frac{e^{-jkr}}{r} \right) dS_1$$

Bu işlem Huygens prensibinin bağıntılaştırılması olarak da düşünülebilinir. Rayleigh I İntegralinin iki boyutlu şeklinde V_n , (y) ekseninden bağımsızdır (V_n = partikül hızı).

$$P_A = \frac{jw}{2\pi} o \int_{Lx} V_n \, (x, z=o, w) \, H_o^{(2)} \, (kr) \, dx$$

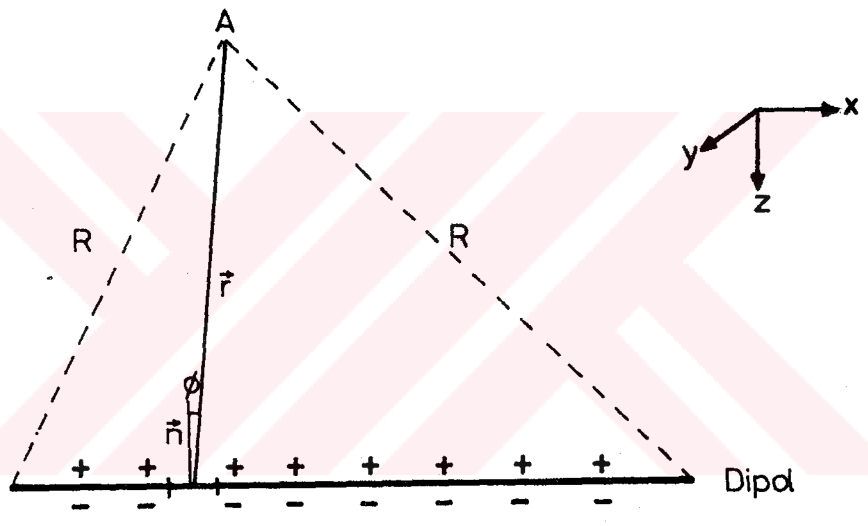
$H_o^{(2)}$ = sıfır düzenli ikinci çeşit Hankel Fonksiyonu

$r \quad = ((x_A - x)^2 + z_A^2)^{1/2}$

Abramowitz ve Stegun' lara göre $H_o^{(2)}$ $kr \gg 1$ için exponential olarak yaklaştırılabilinir. Eğer biz bu yaklaşımı uzak - alan bağıntısında kullanırsak ,

$$P_A = \rho_o\, c \sqrt{\frac{k}{2\pi}} \int_{Lx} V_n\,(x,\ z=o,\ w)\ \frac{e^{-j(kr-\ /4)}}{(r)^{1/2}}\, dx \qquad \text{olur.}$$

Ek 7. <u>Rayleigh İntegral II</u>



(Şekil Ek/3)

Kapalı bir S yüzeyi seçelim. z=o durumunda ve yarım dairenin üst kesiminde A noktasındaki basınç için,

$$P_A = \frac{1}{2\pi} \int_{S_1} P\ \frac{1+jkr}{r^2}\ \mathrm{Cos}\, \emptyset\ \ e^{-jkr}\ \ dS_1$$

$$\mathrm{Cos}\, \emptyset = z_A \,/\, r$$

bağıntısını yazabiliriz. S_1 üzerinde her basınç alanı dipolün sentezinden elde edilmektedir. Reyleigh II İntegralinin iki boyutlu şeklinde ise P, (y) ekseninden bağımsız olmaktadır (Berkhout, 1980).

Ek 8. Migrasyon Parametreleri

Migrasyon parametreleri iki bölümde toplanabilir.

a) Hız

b) Migrasyon işleç boyutu

İşleç boyu yatay uzanımla yani kaynak noktalarının taşınması çalışmalarında kullanılmaktadır. Diğer bir şekilde harmanlama (stack) içindeki iz sayısı ile ilgilidir. Bu yatay mesafe ise hıza, geometriye ve sismik kesit üzerinde bulunan eğim miktarına bağlıdır. Genellikle işleç boyutu derinde daha yüksek hızlar olması yüzünden sığ kesimde derin kesimden daha küçüktür. Yatay mesafe tüm saçınım düzenini örtecek kadar büyük olmalıdır.

Migrasyonun en önemli parametrelerinden biri de hızdır. Kayıtlardan ölçülen hız V_{meas}

$$V_{meas} = \left(\frac{x^2}{\Delta t^2 + 2\,(t_o + SC)\Delta t} \right)^{1/2} \qquad (1)$$

SC = Normal kaymadan (NMO) işleminden önce durağan düzeltme (static correction)

t_o = sıfır açılımlı iki yollu zaman kaydı

Δt = normal kayma

x = serim mesafesi

(1) bağıntısından elde edilen hız ölçümü kaynak noktalarını düzenlemektedir. Etkilerin belirli bir seviyeye taşınması ise,

$$V = \left(\frac{x^2}{\Delta t^2 + 2\,t_o \Delta t} \right)^{1/2}$$

bağıntısı ile sağlanır.

Eğim açısı olan görünür eğimli katmanların da düzeltilmesi ile elde edilen harmanlama hızı (V_{rms})

$$V_{rms} = V_{stack} + \mathrm{Cos}\,\alpha$$

Ortalama hız (Average velocity) ise Dix bağıntısından elde edilir.

$$V_{avg} = \frac{\sum V_i\, t_i}{\sum t_i} \quad \text{veya} \quad \frac{\sum z_i}{\sum t_i}$$

Burada,

$$V_i = \left(\frac{V_{n_{rms}}\, t_n - V_{n-1_{rms}}\, t_{n-1}}{t_n - t_{n-1}} \right)^{1/2}$$

2 D migrasyon da sağlıklı hız değerine yaklaşım için gerçek eğim açısının kullanılması ile migrasyon hızı (V_{mig})

$$V_{mig} = \frac{V_{avg}}{\mathrm{Cos}\,\Theta}$$ bağıntısı ile sağlanabilinir.