

DEĞİŞKEN İNDİRGEME DÜZLEMLERİNDEN GÖÇ

Migration From Floating Datum

Ferudun KILIÇ* ve Turan KAYIRAN**

ÖZET

Düzensiz topoğrafyalı sahalardan elde edilen sismik hatların statik sorunlarından dolayı, göç öncesi veri işlemlerinde, yatay indirgeme düzlemi (İD) yerine değişken İD kullanılabilir. Diğer yandan, alışılagelen göç hesap teknikleri, sayısal işlemlerde etkinlik için yatay bir düzlemde veri gerektirir. Bu yüzden, veri göç öncesinde değişken İD'nden yatay İD'ne taşınır. Ama, hız bilgisi bu yatay düzlemde başlamaz. Üstelik, statikler bu defa göç için sorun olur.

Bu makalede, Beasley ve diğ. (1989, 1990) tarafından sunulan ve hesap yoğunluğu bakımından dalga denklemi ile indirgemeye göre daha ekonomik olan "sıfır hız katmanı" görüşü, değişken İD'lerinden göç üzerinde incelenmiştir.

Alışılagelen göç hesap teknikleri, eldeki hız alanına yapılacak küçük bir değişiklikle kullanılabilir. Hızdaki bu değişiklik, yatay İD ile değişken İD arasındaki hızı sıfırlayarak gerçekleştirilir. Böylece, bu kısımda yayılmanın yanal yönde geri alınmasına izin verilmez ve göç işlemi yaklaştırma derinliği, değişken İD'ne eriştiğinde başlar. Sıfır hızı, yüksekliğe bağlı statiklerin değişken İD'ne kadar olan etkisini kaldırdığından sıfır hız katmanı (SHK) yöntemi, SHK indirgemesi olarak isimlendirilebilir.

Yapay ve gerçek arazi verileri için sunulan kesitler, SHK görüşünü kullanarak gerçekleştirilen "değişken İD'lerinden göç" yönteminin yeterince iyi çalıştığını ispatlamaktadır.

ABSTRACT

Because of static problems, a floating datum that changes as a smoothed surface instead of a flat datum throughout the seismic line may be used at processes before migration when the data are acquired on earth's surfaces with irregular topography.

On the other hand, for numerically efficient performance, the conventional migration algorithms require data from a flat datum. Therefore, data are taken from floating datum to the flat one before migration. But the final datum is not the datum where velocity information starts. Furthermore, statics cause problem for migration in this case.

In this paper, zero velocity layer concept presented by Beasley and et. al. (1989, 1990), which is computationally less costly method than wave equation datuming, is studied on migration from floating datum.

The conventional migration algorithms can be used with a simple well defined modification to the present velocity field. The modification only consists of ensuring zero velocity between the flat and the floating datums. Therefore, lateral depropagation is not allowed in this part and migration begins where the extrapolation depth reaches the floating datum. Because ensuring zero velocity removes the effect of elevation statics until floating datum ZVL method may be named "ZVL datuming".

Sections presented for both synthetic and real field data prove that the method of "migration from floating" using ZVL concept works satisfactorily.

GİRİŞ

Sismik veri üzerindeki topoğrafyanın ve düşük hız katmanının etkisini gidermek için kullanılan statik düzeltmeler, dalga alanının yeryüzüne çıkış açısına bakmadan sadece düşey yönde uygulanmaktadır. Bu yüzden düşey statik düzeltmeler, yeryüzüne dik olarak çıkan dalga alanları dışında dalga yayılımına aykırı olmaktadır.

Topoğrafyanın çok değişken olması ve statik değerlerinin artmasıyla ortaya veri-işlem sırasında gözardı edilemeyen sorunlar çıkmaktadır. Statiklerin değişken indirgeme düzlemi olarak uygulanmasıyla sorunlar göç öncesi gözardı edilebilecek düzeye indirilebilir.

Berryhill (1979, 1984), Kirchoff, tümlemesi kullanarak dalga denklemiyle bir verinin yatay bir indirgeme düzlemine

* TPAO, Arama Grubu, Veri İşlem Merkezi, Ankara.

** Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Ankara.

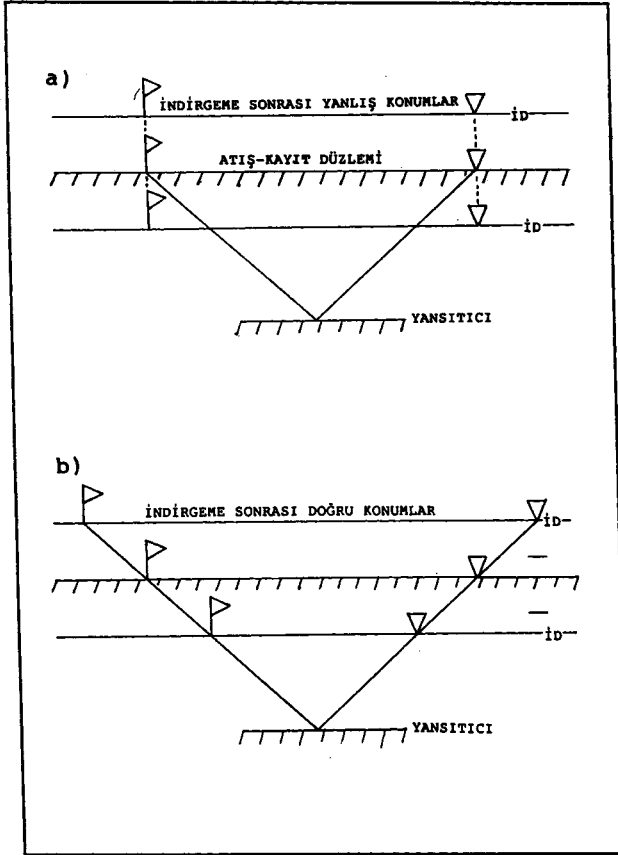
(İD) taşınabileceğini (wave equation datuming) gösterdi. Wiggins (1984), dalga alanının keyfi şekilli bir yüzeyden diğerine yaklaştırma olanağı veren Kirchhoff tümlemesinin matematik analizini yapmıştır. Sctivelman ve Canning (1988), statik düzeltmelerin sınırlarını incelediler ve daha doğru bir indirgeme (datuming) işlemi için dalga denklemini kullandılar. Bilgisayar zamanı bakımından etkili olması için, Green fonksiyonlarına işlem sayısını azaltacak asimtotik yaklaşımlar yaptılar.

Beasley ve Lynn (1989), pahalı yöntemler olan dalga denklemi ile indirgeme (datuming) yerine, statik düzeltmeli hatların göçü sırasında bu düzeltmelerin zaman tepkilerindeki bozucu etkilerini karşılayan "sıfır hız katmanı" (zero velocity layer) tekniğini sundular. Bu teknik, göç sırasında, sismik hatın tüm topoğrafyasını altında bırakan yükseklikteki yatay bir İD ile topoğrafya arasındaki hız kırınma denkleminde (diffraction equation) sıfır olarak, göç işleminin topoğrafyadan başlatılması ilkesine dayanır.

Sıfır hız katmanı, yatay indirgeme düzlemi ve değişken indirgeme düzlemlerinin geçtiği yuvarlatılmış yeryüzeyi arasında tanımlanabilir. Böylece yapılacak göç işlemini, gerçek

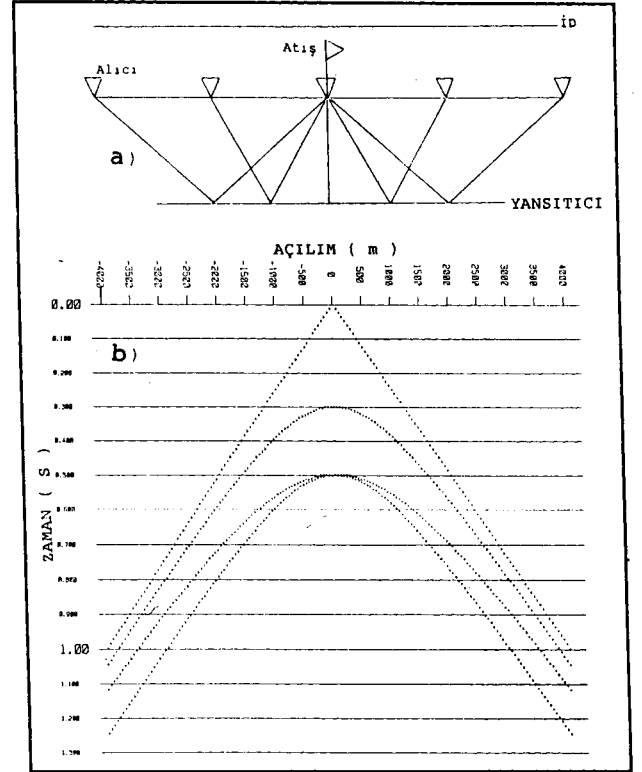
anlamda başladığı yeri gözönüne alarak, "değişken indirgeme düzlemlerinden göç" olarak isimlendirmek olasıdır. Sonuçta, statiklerin; değişken İD'li olarak uygulanmasıyla göç öncesinde ve sıfır hız katmanı tekniğinin kullanılmasıyla da göç işleminde yarattığı sorunlar gözardı edilebilecek düzeye gelir.

Yılmaz ve Lucas (1986), su katmanı ve su dibinin altındaki katman arasındaki büyük hız farkının neden olduğu, su dibindeki ışın bükülmeleri (ray bending) yüzünden daha derinlerdeki olayların zaman tepkilerinde oluşan bozulmaları gidermek için "katman değiştirme" (layer replacement) tekniğini sundular. Ancak, Berryhill'in (1979, 1984) dalga denklemi ile indirgeme (wave equation datuming) yönteminin bir uygulaması olan ve su katmanını su dibinin altındaki katmanın hızında eşdeğer bir katmanla dolduran "katman değiştirme" (layer replacement) tekniği, bütün dalga denklemi çözümlerinde olduğu gibi pahalı bir yöntemdir. Lynn, MacKay ve Beasley (1990), sıfır hız katmanı tekniğini, karalardaki değişken yükseltli yeryüzeyinden göç işlemine benzer olarak, denizlerdeki değişken yükseltli su dibinden göç işlemine benzer olarak, denizlerdeki değişken yükseltli su dibinden göç işlemine de



Şekil 1. Bir atış-alıcı çiftinin; a) dikey statiklerle indirgendiikten sonraki olası hatalı konumları, b) ışın izlemeyle indirgendiikten sonraki olası doğru konumları (İD: İndirgeme Düzlemi).

Fig. 1. For a shot-receiver pair; a) their probable false positions after datuming by vertical statics, b) their probable true positions after datuming by ray tracing (İD: datum).



Şekil 2. a) Tekdüze bir katman altındaki yatay yansıtıcı bir model ve yeryüzeyindeki kayıt düzlemi (İD: İndirgeme Düzlemi), b) Kaydedilecek hiperbol ile asimtotu, dikey statiklerle ve ışın izleme ile indirgenen hiperboller (İD: İndirgeme Düzlemi).

Fig. 2. a) A model with horizontal reflector beneath a homogeneous layer and the recording spread on the ground surface (İD: datum), b) The hyperbola to be recorded and its asymptote, hyperbolas datuming by both vertical statics and also ray tracing (İD: datum).

başarı ile uygulanırlar. Katman değiştirme (layer replacement) tekniğinin ardından uygulanacak olan göç işlemine oldukça yakın sonuçlar, çok daha ekonomik olan sıfır hız katmanı ile göç işleminden sonrada sağlanmıştır.

Sıfır hız katmanı tekniğinin en olumlu yanlarından biri, göç tekniklerinden en fazla başvurulanı olan ve yatay bir düzlemde veri gerektiren sonlu farklar göç hesap tekniklerine, hız alanında yapılacak ufak değişiklikten sonra aynen kullanılabilme olanağı vermesidir.

Ellis ve Kitchenside (1989), yığma sonrası yuvarlatılmış yeryüzeyindeki veriyi yatay indirgeme düzlemine taşımadan, X-F göç hesap tekniğinde yaptıkları bir değişiklikten sonra doğrudan göç işlemine sokmuşlardır. Reshef (1991), Beasley ve Lynn'in (1989) sıfır hız katmanı tekniğinde kullanılan sıfır hız tanımının fiziksel olmayan özelliğine (nonphysical characteristic) değindikten sonra benzeri uygulamayı yığma öncesi veriler üzerine yapmıştır. Derinlikte yaklaştırma (extrapolation) işlemi yapmak için, aşağı uzanım sırasında veriyi frekans, hız, iz aralığı ve derinlik adımının fonksiyonu olan uzaysal bir işleçle (operator) katlamalı çarpım işlemine (convolution) sokacak şekilde faz-kayması (phase-shift) tekniğini kullanmıştır. Bu süzgeç işlecinin (filter operator) kullanımı, yuvarlatılmış yeryüzeyinin üzerinde kalan yaklaşım sonuçlarını sıfırlayacak şekilde etkili olur.

Yapay ve gerçek veriler üzerinde yapılan uygulamalardan, dalga denklemi çözümlerine göre çok ekonomik olan sıfır hız katmanı tekniğinin sonuçlarının bu çözümlere çok yakın sonuçlar verdiği gözlenmiştir.

ALİŞİLAGELMİŞ STATİKLERİN SORUNLARI

Statik düzeltmeler verileri düşey olarak, yatay bir İD'ne taşımaktadır. Ancak bu düzeltmeler yeryüzüne dik olarak çıkan dalga alanları dışında dalga alanının yayılım doğrultusuna uygun değildir (Şekil 1).

Şekil 2a'da verilen modele uygun olarak, b'de; üstte, kayıt sonucu elde edilecek yansıma hiperbolünü ve onun asimtotunu görüyoruz. En alttaki hiperbol, statik düzeltmeler sonrası elde edilmiştir. Dikkat edilirse her iki hiperbol, zaman eksenini boyunca sabit bir kaydırma (shift) dışında aynıdır. Ortadaki hiperbol ise, atış-kayıt düzlemini İD'ne düşey olarak eğilde ışın yolları boyunca taşındığında elde edilmesi gereken hiperboldür ve en üstteki hiperbol ile aynı hıza sahip olduğu için asimtotları ortaktır. Bu iki hiperbolün zamanları arasındaki fark, açılım arttıkça veya yansıma açısı genişledikçe artmaktadır.

Atış-kayıt yüzeyinin modeldeki gibi düz değilde genellikle olduğu gibi değişken bir topoğrafyaya sahip olması durumunda, bu değişkenlik hiperbol eğrisi üzerine çeşitli dalgaboylarında dalgalanmalar (ondulation) şeklinde eklenir. Bu durumda düşey statiklerle indirgemenin getirdiği aynı sorunla açılıma göre sabit değilde değişen statik değerleri için karşılaşılır.

Ortak Orta Noktalar (OON, CMP), içindeki izlerin düşey statik miktarları, o izlerin kaydedildiği alıcı noktaları ile ait oldukları kaynak noktalarının İD'den olan yükseklik farklarına bağlı olarak birbirlerine göre, yani açılımdan açılıma değişim gösterirler. Bu değişken statik değerleri arttıkça OON'ler içindeki yansıma eğrilerinin, hiperbol denklemini sağladıkları varsayımını kullanarak birer hızla Dik Yola Kaydırma (DYK, NMO) düzeltmelerini sağlıklı bir biçimde gerçekleştirmek zor-

laşır. Bu arada İD'ne taşınmış olan hiperbollerin t_0 tepe (apex) zamanları gerçek yerlerinden uzaklaşacaktır. Bilindiği gibi DYK hızları t_0 'a bağlıdır. Bu durumda hız analizlerinden elde edilecek olan hız bilgisi de gerçekten uzaklaşacaktır.

DEĞİŞKEN İNDİRGEME DÜZLEMLİ STATİK DÜZELTMELER

Statiklerin söz konusu sorunlarını en aza indirmek için, sabit yerine değişken İD kullanılır. Statik değerlerinin sismik hat boyunca; biri yeryüzü yüksekliğinin genel gidişine uyan yavaş değişimli bileşen ve diğeri bunun üzerine binmiş olan hızlı değişimli bileşen olmak üzere iki bileşenli olarak düşünlmesi, değişken İD'li statik düzeltmelerin yapılmasına olanak verir. Bunlardan yavaş değişimli ve büyük genlikli bileşeni ortalama statik değeri (ORT), hızlı değişimli ve küçük genlikli bileşeni artık statik değeri (ART) olarak isimlendirilebilir.

ORT'leri; her istasyondaki alıcı statik değeri 2 ile çarpıp hat boyunca bir kayan ortalama işleminden geçirerek elde edebiliriz. Bir atış veya OON'ye ait herhangi bir izin toplam statik değeri (TOP), o izin ait olduğu atış statik değeri (ATŞ) ve alıcı statik değerinin (ALC) toplamı,

$$TOP = ATŞ + ALC \quad (1)$$

olduğunu biliyoruz. ART artık statik değerleri ise,

$$ART = TOP - ORT \quad (2)$$

olarak kabul edilebilir.

DYK öncesi yansıma verisine, TOP'lerin sadece ART bileşenlerinin uygulanmasıyla yuvarlatılmış yeryüzeyine (smoothing surface) indirgeme yapılmış olur. Bunun anlamı, yuvarlatılmış yeryüzeyinin herbir noktasından ait oldukları OON'ler için ayrı ayrı yatay İD'lerinin geçtiğinin kabul edilmesidir. İD, hat boyunca sabit bir yükseklikte olmayıp, OON'den OON'ye yuvarlatılmış yeryüzeyinin yüksekliği şeklinde değişim gösterdiğinden değişken İD (floating datum) olarak isimlendirilir.

OON'ler içindeki izlerin her birinin atış ve alıcısı diğerlerinden farklı olduğuna göre TOP'leri ve dolayısıyla (2) den hesaplanabilen ART'leri birbirinden farklıdır. Her OON için yuvarlatılmış yüzey ile düz İD arasındaki yüksekliğe karşılık gelen bir tane ORT vardır ve OON'ler içindeki bütün izler için sabittir.

TOP'lerin büyüklüğünün DYK'de yarattığı sorunları göz önüne alarak, TOP'lerin ORT'lere göre oldukça küçük olan ART bileşenlerinin uygulanmasıyla yuvarlatılmış yeryüzeyine indirgenmiş olan OON'lere daha başarılı DYK düzeltmesi yapılabilecektir. Daha sonra, yığma kalitesinde etkin olan, TOP'lerin ART bileşenleri olduğundan veri-işlem yığma kesiti elde edene kadar sürdürülür. DYK'nin başarısındaki artış, yığma kalitesinde daha iyi olmasına ve hız analizleri ile daha sağlıklı hız belirlenmesine yarayacaktır.

Yığma kesitini elde ettikten sonra, veriyi yuvarlatılmış yeryüzeyinden sabit İD'ne indirgemek ve böylece kesitteki yapıların üzerinde topoğrafyanın etkisinden tümüyle kurtarmak için ORT'ler uygulanır. Sonuçta, statik düzeltmelerin sorunlarından yığma öncesi işlemlerde önemsenmeyecek kadar etkilmiş bir yapısal kesit (structural section) elde edilmiş olur.

SIFIR HIZ KATMANI İLE İNDİRGEME VE GÖÇ İŞLEMİ

Yapısal kesitler, göç işleminin gerektirdiği gibi düz bir yüzeyden veri şartını sağlar. Ancak, statiklerin, kaynaktan çıkan ve yüzeye gelen tüm ışın yollarını dalga yayılımına aykırı olarak yüzeye dik bir biçimde bükerek (ray bending) gerçekleştirdikleri indirgeme (datuming) işlemi, bu kez, yığma sonrası yapıldıklarında göç gibi dalga denklemi yöntemleri içinde sorun yaratır. Aslında indirgeme işlemi (datuming) dalga yayılımına uygun bir biçimde dalga denklemini kullanarak yapmak olasıdır (Berryhill, 1979), ancak işlem yoğunluğu açısından pahalı ve zaman alıcıdır.

Beasley ve Lynn (1989), bilinen sonlu farklar göç hesap tekniklerini (algorithm) kullanarak, önce yatay düzlemdeki veriyi topoğrafyaya indirgeyip, statiklerin etkisinden kurtarıldıktan sonra göç işleminin yapılmasına olanak veren ve çok daha ekonomik olan Sıfır Hız Katmanı (Zero Velocity Layer) adlı yöntemi sundular. Bu yöntem, ışın bükülmelerinin uygunsuz olduğu statiklerle doldurulmuş kısımda, elde olduğu varsayılan yukarı giden (upgoing) dalga alanı verisinin, yatay ID'nden topoğrafyaya kadar olan yaklaştırma işleminde (depropagation) kırınma denkleminin hızını sıfır kullanarak korunması ilkesine dayanır.

Sonlu farklar derinlik göçü için kullanılacak olan 15 derece parabolik denklemini, hızdaki söz konusu bu ufak değişikliğe içerecek şekilde iki parçalı bir denklem sistemi olarak,

$$\frac{\partial P}{\partial z} = -i \frac{V_d(x,z)}{4\omega} \cdot \frac{\partial^2 P}{\partial x^2} \quad (3)$$

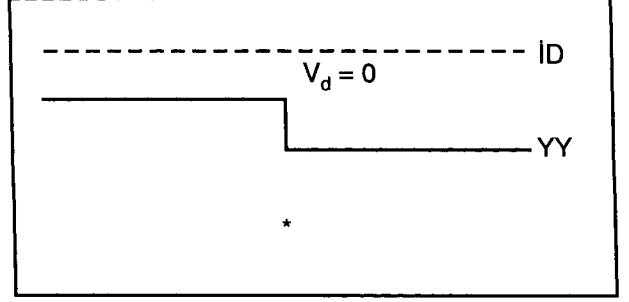
$$\frac{\partial P}{\partial z} = -i \frac{2\omega}{V(x,z)} \cdot P \quad (4)$$

şeklinde yazılabilir. Burada, P dalga alanı, ω açısal frekans, x ve z uzaysal değişkenler ve kırınma denklemi hızı,

$$V_d(x,z) = \begin{cases} 0 & \text{yeryüzeyinin yukarısında} \\ V(x,z) & \text{yeryüzeyinin aşağısında} \end{cases} \quad (5)$$

olarak tanımlanır. Bunlardan birincisi, kırınma denklemidir (diffraction equation) ve göç sırasında kırınma hiperbollerini tepelerine (apex) toplama görevini gerçekleştirir. Yani dalga alanını kaynağına yanal yönde taşıyan denklemdir. İkincisi, ince mercekleme denklemi (thin-lens equation) olarak bilinir. Yanal hız değişimlerinin kırınma hiperbollerinde yarattığı bozucu etkileri (time distortion) dalga alanına düşey yönde ilerleme sağlayarak kaldırır. Dolayısıyla, yanal hız değişimlerinin güçlü olmadığı kesitlere sadece kırınma denklemini kullanan zaman göçü uygulanmaktadır.

Sıfır hız katmanı kavramını, Şekil 3 ile verilen derinlik modelinin Şekil 4.a'daki sıfır açılım zaman tepkisi kesiti ile açıklayalım. Şekil 4.b'de, bu zaman kesiti, göç işleminin gerektirdiği gibi modeldeki yatay ID'ne (statiklerle) taşındıktan sonra görülmektedir. Dikkat edilirse, kesitteki zaman tepkisi bakışık (symmetric) olmayan bir hiperboldür. Statiklerle doldurulan kısım (kırınma noktasının sol tarafından 200 ms, sağ tarafından ise 400 ms) kesitte koyu olarak çizilmiştir. Burası, denklem (5)'teki tanıma göre, göç işleminde hızın sıfır alınacağı kısımdır.



Şekil 3. Tekdüze bir ortamdaki kırınma noktası (ID: İndirgeme düzlemi, YY: basamak şekilli yeryüzeyi, V_d: kırınma denkleminde kullanılacak hız, * ise kırınma noktası).

Fig. 3. The diffractor point in a homogeneous medium (ID: datum, YY: step formed ground surface, V_d: velocity to be used in diffraction equation, * denotes diffractor point).

Dalga yayılımına uygun olarak ışın yolları doğrultusunda taşıma yaparak elde edilen bakışık kırınma hiperbolü ise Şekil 4.c'deki kesitte görülmektedir. (3)'deki kırınma denklemini ve (5)'teki hız bilgisini kullanarak 400 ms'ye kadar sürdürülen zaman göçü ile elde edilen kesit Şekil 4.d'de görülmektedir. Gerçek anlamda göç işlemi, hızın sıfır olmadığı zamanlardan yani kesitin sol yarısı için 200 ms'den ve sağ yarısı için 400 ms'den başlayacaktır. Dolayısıyla, zaman tepkisinin sadece sol tarafında 200 ms den başlayan ve 400 ms'ye kadar süren adımlarda, dalga yayılımının kaynağına doğru kaldırılması (depropagation) yani hiperbolün sol kanadının tepesine toplanması işlemi gerçekleşebilmiştir. Sonuçta, tüm kesit sıfır hız katmanı ile basamak yeryüzeyinin sağındaki seviyeden geçen yatay düzleme indirgenmiştir (zero velocity layer datuming). Bu arada, düşey statik uygulamasının etkisinden kurtulmuş ve hiperbolde bakışık olmuştur. Zaman tepkisinin sol kanadındaki veri eksikliği, giriş verisinin yanal yönde sınırlı olmasındandır.

Göç işlemi 400 ms'de kesmeyip kesitin sonuna kadar sürdürerek elde edilen kesit Şekil 4.e'de verilmiştir. Kesitteki zaman tepkisi derinlik modelindeki gibi noktaya dönüşmüştür. Şekil 4.f'de ise göç işleminin alışlagelmiş uygulaması sonucu yani statiklerle doldurulan kısımda, sıfır hızı kullanılmayarak göç işleminin tüm kesit için modeldeki ID'ne karşılık gelen sıfır zamanından başlatılmasıyla elde edilen kesit verilmiştir. Doğal olarak, bu tür bir uygulama aşırı göçe (overmigration) neden olmuştur.

SIFIR HIZ KATMANI İLE DENİZ TABANINDAN GÖÇ

Bilindiği gibi yanal hız değişimlerinin olduğu yerlerin daha derinlerdeki olaylar üzerinde, kırınma hiperbollerinin tepelerinin yanal olarak yukarı eğim yönünde kaydırılması ve bakışıklığın bozulması şeklinde zaman tepkilerini bozucu etkileri (time distortion) vardır. Bu etkilerden kurtulmak için zaman göçü yerine, (4)'deki ince mercekleme denklemini de gözönüne alarak iki kat işlem yoğunluğu gerektiren derinlik göçü uygulamaları yapılır (Judson ve diğ. 1980).

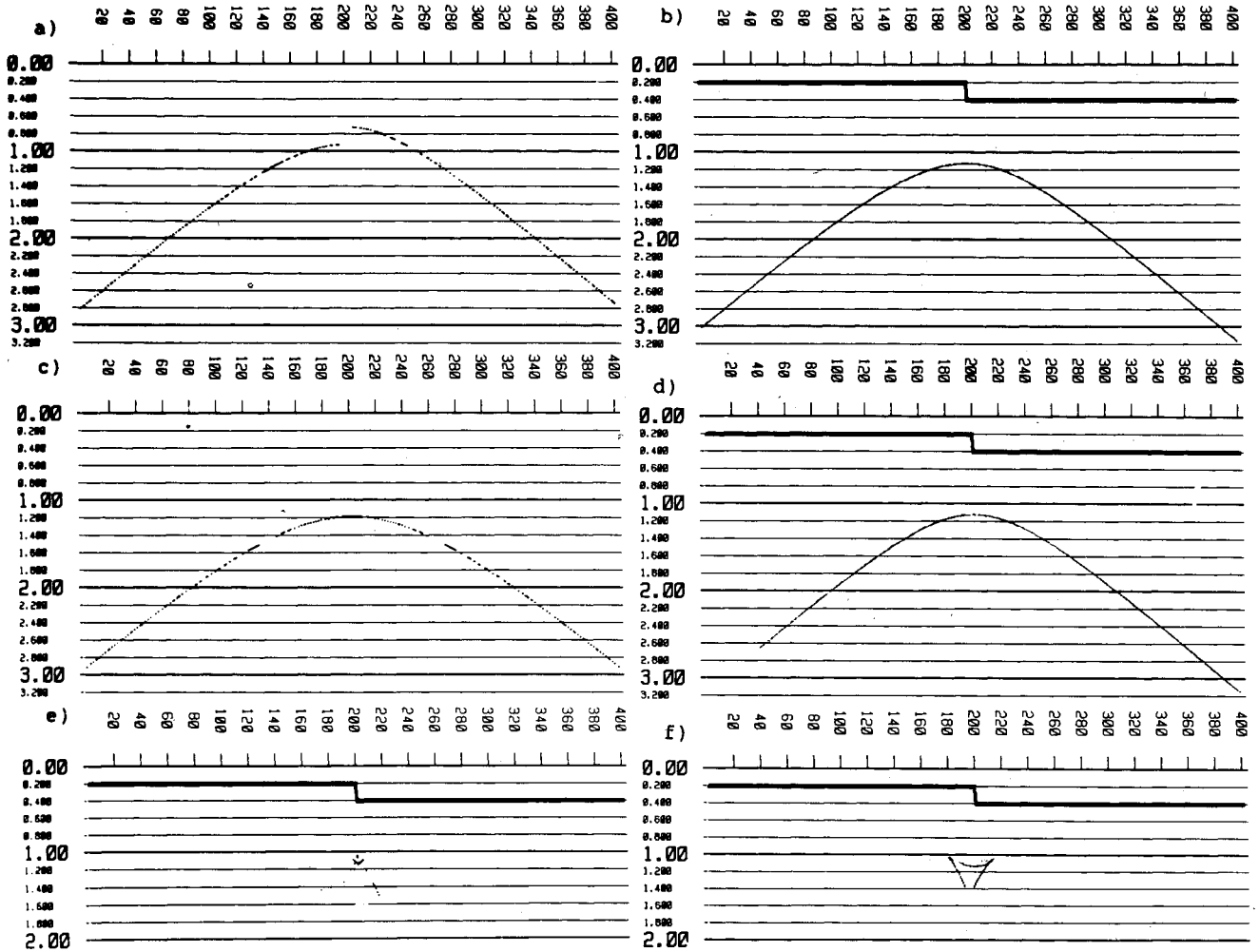
Çok değişken deniz tabanı topoğrafyasına sahip olan deniz kesitlerinde, deniz suyu ile deniz tabanı arasındaki büyük hız farkları sonucu bu arayüzdeki ışın yollarının bükülmesi deniz tabanının etkisini daha derinlerdeki yansıtıcılara zaman tepkilerinde bozulmalara neden olacak şekilde taşımaktadır. Bu sorun, kara çalışmalarındaki statiklerle yapay olarak yaratılan düşey doğrultudaki ışın bükülmelerinin yansıtıcılar üzerindeki bozucu etkilerinin yarattığı soruna benzer.

Lynn, MacKey ve Beasley (1990), bu bozucu etkiyi ortadan kaldıracak şekilde, sıfır hız katmanı kavramı ile indirgeme işlemine, denizlerde de ama bu kez iki aşamalı bir uygulama alanı buldular.

Tekniğin birinci aşamasını gerçekleştirmek için, su katmanında su hızı ve su dibinin aşağısında, en derin su dibinden geçen yatay düzleme kadar olan kısımda sıfır hızından oluşan bir hız alanı için zaman göçü gerçekleştirilir. Göç işlemi boyunca, dalga yaklaşırma işleci su katmanında iken, yansıma olayları eğim yönünde yukarı hareket ederler ve kırınma hiperboleri tepelerine (apex) toplanmayı sürdürürler. Yaklaşırma

(extrapolation) derinliği su dibini geçtiğinde sıfır hızından dolayı göç işlemindeki kırınma denklemi çalışmayacağından, yanal yönde yayılma giderilmesi (lateral depropagation) olmayacak ve göç işlemi ile veriye zamanda her aşağı uzanım adımından sonra sadece düşey kayma sağlanacaktır. En derin yatay su dibi seviyesine kadar sürdürülen bu göç aşaması sonunda, veriye, su dibi dışında hiç bir jeolojik olay olmamasına rağmen, su dibi ve deniz yüzeyi arasında tamamen ve su dibinin aşağısından gelen yansımaları kısmen göç işlemi uygulanmıştır. Sıfır hızı kullanımı sayesinde, kısmen uygulanan göç işlemi ile, su dibi ve deniz yüzeyi arasındaki dalga yayılımı etkileri kaldırılmıştır. Artık eldeki veri en derin su dibi seviyesine indirgenmiş durumdadır (zero velocity layer datuming). Bu ilk göç işleminden sonra kesitteki zamanlar t olsun. Bu kesiti, su dibine indirgenen yani su dibi sıfır zamanına getirilen bir kesit yapmak için, kesitteki yeni T zamanları,

$$T = t - 2(Z_w / V_w) \quad (6)$$



Şekil 4. Şekil 3'deki model için; a) sıfır açılım tepkisinden, b) statiklerle indirgeme, c) dalga denklemi ile indirgeme, d) sıfır hız katmanı ile indirgeme, e) sıfır hız katmanı ile göç, f) alışılagelen göç işlemlerinden sonra elde edilen kesitler.

Fig. 4. Section obtained for the model in Figure 3 after; a) zero source-receiver offset response, b) datuming by statics, c) datuming by wave equation, d) datuming by zero velocity layer, e) migration by zero velocity layer, and f) conventional migration.

olacak şekilde OON'lere zamanda dikey kaymalar verdirilir. Burada; z_w ' su derinliği ve V_w ' su hızıdır. Veri, yeni T zamanları ile sanki su dibinde kaydedilmiş gibidir.

Bu andan sonra veri düzensiz yüzeyler boyunca kaydedilmiş olan kara verisine benzer. Dolayısıyla, tekniğin ikinci aşamasında, sıfır hız katmanı artık önceki bölümdeki gibi kullanılacaktır. İlk önce, veriyi su yüzeyine veya en sığı su dibi seviyesinden daha küçük olmayan herhangi bir yatay seviyeye indirmek için, yüksekliğe bağlı statik düzeltmesi olan ikinci bir zaman kayması uygulanır. Bu zaman düzeltmesinde kullanılacak hız, su dibinin (water bottom) altındaki tabakanın hızı (subwater velocity) V_s 'dir. Yatay İD su yüzeyi olarak seçilirse, (6)'daki ilk zaman kaymasında gözönüne alınarak, sıfır hız katmanı tekniğinde kullanılacak giriş zamanları,

$$T = t - 2z_w \left(\frac{1}{V_w} - \frac{1}{V_s} \right) \quad (7)$$

olacaktır. Bu denklem, derinlik göçündeki ince mercek denkleminin her aşağı uzanım adımında uyguladığı statik zaman kaymasına karşılık gelmektedir. Her OON için (7) zaman kaymalarının (ince mercek düzeltmesinin) birer kez uygulanması yeterli olacağı için, derinlik göçüne göre bir etkinlik sağlanacaktır.

İnce mercek düzeltmesiyle su yüzeyine indirgenmiş verinin ikinci zaman göçü aşamasında, bu kez karalardaki sıfır hız katmanı uygulamasına benzer olarak; su katmanında sıfır hızı ve su dibinin aşağısında gerçek jeoloji hızları kullanılır. Su katmanının yeni hızı V_s olduğundan, göç işleminden sonra derinlik dönüştürmesi (depth conversion) yapılacaktır, bu hız kullanılmalıdır. Eğer bu teknikte elde edilen zaman göçlü kesit, zaman göçü uygulanmış diğer kesitlerle karşılaştırılacaksa, (7) ile uygulanan zaman kaymaları bu kesitten kaldırılmalıdır.

Şekil 5'de verilen hız-derinlik modeli için atış kayıt düzlemi deniz yüzeyi olacak şekilde elde edilen; sıfır açılım tepki, alışlagelen göç, katman değiştirmeli (layer replacement) göç ve sıfır hız katmanlı göç kesitleri Lynn ve diğ.'in (1990) çalışmasından alınarak Şekil 6'da sunulmuştur. Göçlü kesitler, zaman eksenleri derinliğe dönüştürülerek verilmiştir. Sıfır açılım zaman kesitindeki düz tabakalarda, su dibi derinliğindeki dolayısıyla yanal hız değişimindeki değişikliklerin neden olduğu zaman bozulmaları (time distortion) gözlenmektedir. Bu bozulmalar sığdaki düz tabakanın kırığını belirsizleştirmiştir. Bu durumda, tabakaların ikisi birden sürekli veya kırıklı olarak yorumlanabilir. İnce mercek denklemini içermeyen zaman göçü, deniz tabanındaki bu kuvvetli yanal hız değişimlerini karşılayamadığı ve uygunsuz taşımalar yaptığı için, zaman göçlü kesit derindeki tabakanın kırıklı olduğu şeklinde hatalı yorumu neden olabilecek bir sonuç vermiştir.

Sıfır hız katmanlı göç ile elde edilen kesitte ise modeldeki yapıların doğru yerlerinde görüntülendikleri (imaging) gözlenmektedir. Ayrıca pahalı bir dalga denklemini yöntemi olan katman değiştirmeli göç ile elde edilen kesite küçük farklılıklar dışında oldukça benzemektedir. Bu küçük farklılıklar ise, dalga alanı yaklaştırma işlecinin (operator) su dibini geçerken, işlecin ayrı yanlarına düşen sıfır ve sıfırdan farklı hızların neden olduğu hataları önemsemeyip gözardı etmekten kaynaklanmıştır.

SIFIR HIZ KATMANI İLE DEĞİŞKEN İNDİRGE ME DÜZLEMLERİNDEN GÖÇ

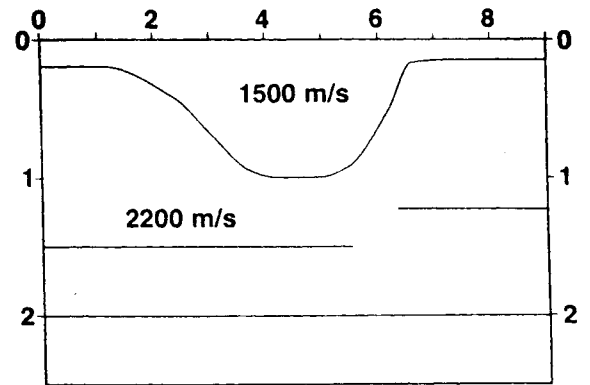
Yine sıfır hız katmanı kavramı ile ama bu kez daha önce (5) ile verilen hız bilgisi yerine,

$$V_d(x,z) = \begin{cases} 0 & \text{yuvarlatılmış y. yüzeyi yukarısında} \\ V(x,z) & \text{yuvarlatılmış y. yüzeyi aşağısında} \end{cases} \quad (8)$$

hız bilgisini kullanarak değişken İD'lerinden (floating datum) diğer bir deyişle yuvarlatılmış yeryüzeyinden göç işlemi gerçekleştirmek olasıdır. Zaten veri-işlemi değişken İD ile sürdürüp göç aşamasına getirilmiş bir kesit için hız analizlerinden sağlanmış olan eldeki hız bilgisi bu değişken İD'lerinden başlamaktadır. Şimdi, yapay ve gerçek veriler üzerinde uygulamalar izleyen şekildedir.

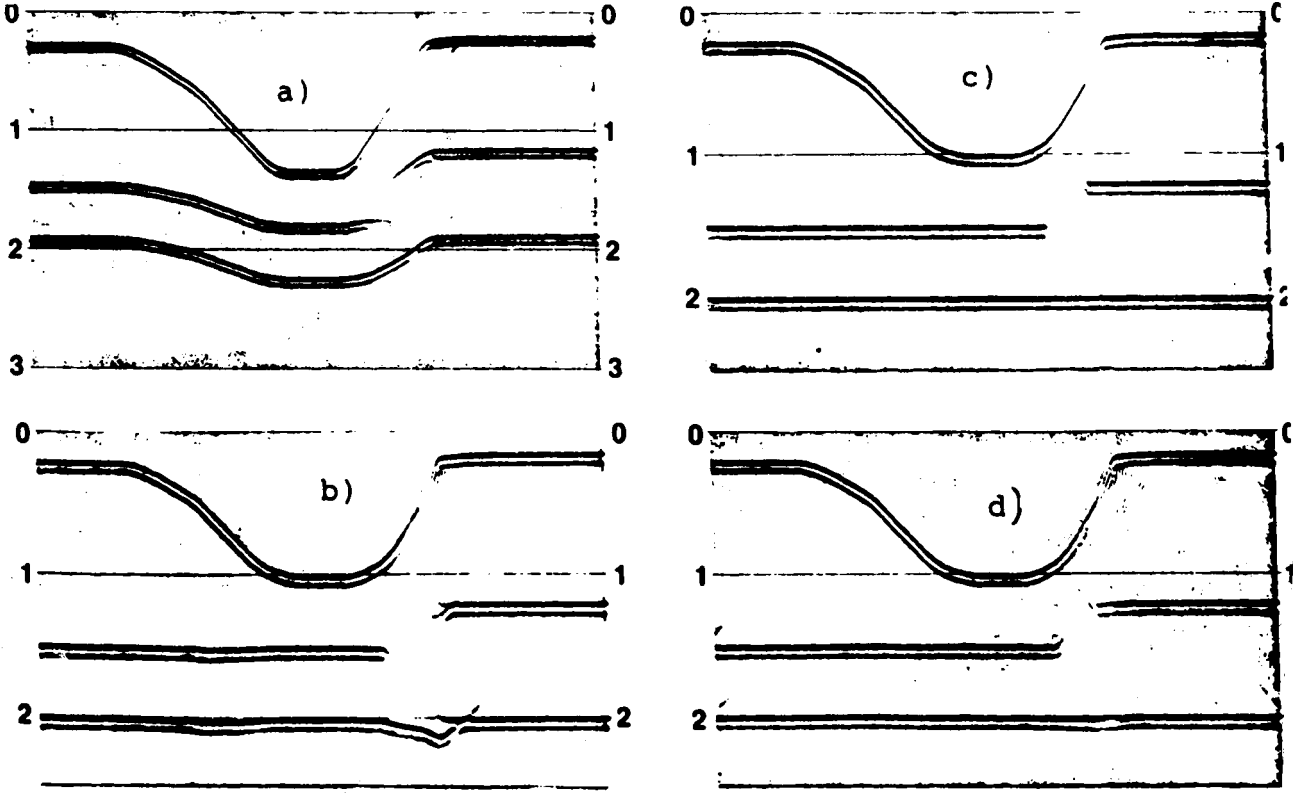
Şekil 7'de, değişken yükselteli bir yeryüzeyi ve antiklinal şeklinde yapı içeren bir derinlik modeli, 8'a da bu derinlik modelinin Kirchhoff yaklaşımından düz modelleme ile elde edilmiş olan sıfır açılım zaman kesiti görülmektedir. Bu kesiti, ART'li (yuvarlatılmış yeryüzeyindeki) yığıma kesiti olarak varsayabiliriz. Şekil 8b'de ise, bu kesit, göç işleminin gerektirdiği gibi yatay bir düzleme (modelin 0 m seviyesine) taşındıktan sonra verilmiştir. Taşıma işlemi, ORT değerleri olarak varsayabileceğimiz statiklerle gerçekleştirilmiş ve kesitte koyu renkli olarak belirtilmiştir. (8) hız tanımına göre, sıfır zamanı ile bu belirtilen zamanlar arasındaki göç hızı (3) kırınma denkleminde sıfır alınacaktır. Gerçek hız bilgisinde ise herhangi bir değişiklik yapılmayacaktır. Bu şekilde yapılan zaman göçü ile elde edilen ve derinlik modeli ile oldukça uyumlu olan zaman kesiti Şekil 8e'de, alışlagelen şekilde yapılan zaman göçü ile elde edilen ve aşırı taşınma (overmigration) gözlenen zaman kesiti ise Şekil 8d de verilmiştir.

Şekil 8 b'deki kesiti statiklerle değil de, dalga yayılımına uygun bir şekilde Kirchhoff yaklaşımı ile İD'ne (0 m seviyesine) taşındıktan sonra (wave equation datuming) elde edilen kesit Şekil 8c'de ve böylece başarılı bir alışlagelen göç işlemi sonucu elde edilen kesit Şekil 8f de verilmiştir. Bu kesitin, Şe-



Şekil 5. Deniz seviyesinden başlayan bir derinlik-hız modeli (Lynn ve diğ. 1990).

Fig. 5. A depth-velocity model from sea level (Lynn et.al. 1990).



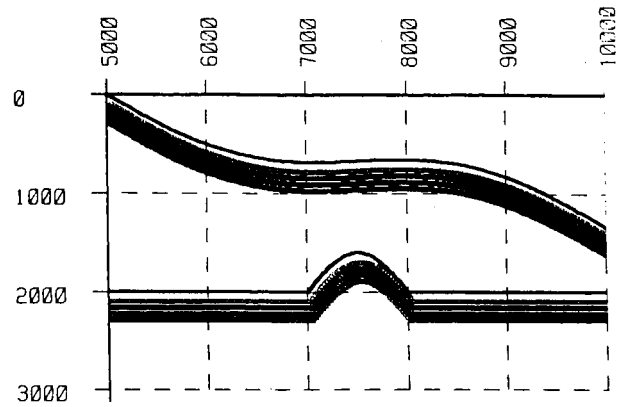
Şekil 6. Şekil 5'deki model için; a) sıfır açılım tepkisinden, b) alışlagelen göç, c) katman değiştirmeli göç, d) sıfır hız katmanlı göç işlemlerinden sonra elde edilen kesitler. Göçlü kesitler zamandan derinliğe dönüştürülmüştür (Lynn ve diğ. 1990).

Fig. 6. Section obtained for the model in Figure 5 after; a) zero source-receiver offset response, b) conventional migration, c) layer replacement+conventional migration, and d) migration by zero velocity layer. Migration sections are converted from time to depth (Lynn et.al. 1990).

kil 8.e'deki sıfır hız kavramıyla gerçekleştirilen göçlü kesit ile hemen hemen aynı olduğu gözlenmektedir.

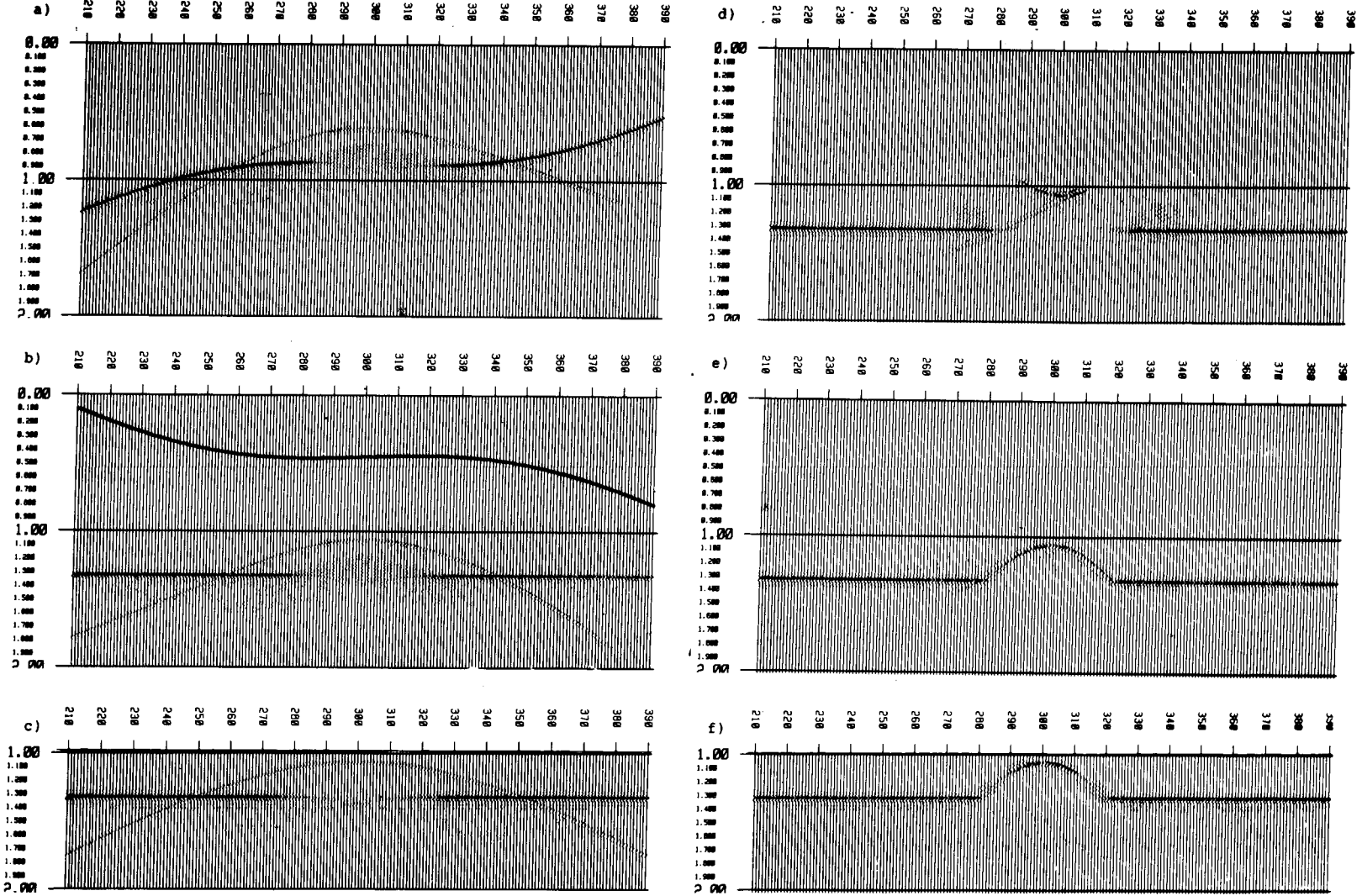
Şekil 9'da, farklı bir model için tekrarlanan uygulamaların aynı sonuçları verdiği gözlenebilir.

Şekil 10'da ise gerçek bir veri üzerine yapılan uygulamalar verilmiştir. Şekil 10a'da değişken İD'li veri-işlem sonucu elde edilmiş olan (ART'li) bir yığma kesiti, Şekil 10b'de bu verinin (ORT'ler uygulanarak) yatay İD'ne taşındıktan sonra elde edilen kesitini görüyoruz. Eldeki bilinen hız bilgisinin başladığı ORT değerleri kesitte koyu renkli olarak belirtilmiştir. Sıfır hız katmanı kavramını kullanarak göç işlemini gerçekleştirirken, daha önce söz edildiği gibi bu değerlerden daha küçük zaman değerlerinde (yatay İD ile değişken İD'lerinin geçtiği yuvarlatılmış yeryüzeyi arasında) kırınma denkleminde (3) hız sıfır alınacaktır. Şekil 10c'de, bu şekilde elde edilen zaman göçlü kesit, d'de ise alışlagelmiş göçlü kesit görülüyor. Antiklinallerdeki daralmalar, senklinaldeki genişleme ve fay aynasındaki savrulmaya bakarak, alışlagelmiş göçlü kesit, aşırı göç uygulanmış (overmigration) şeklinde yorumlanabilir.



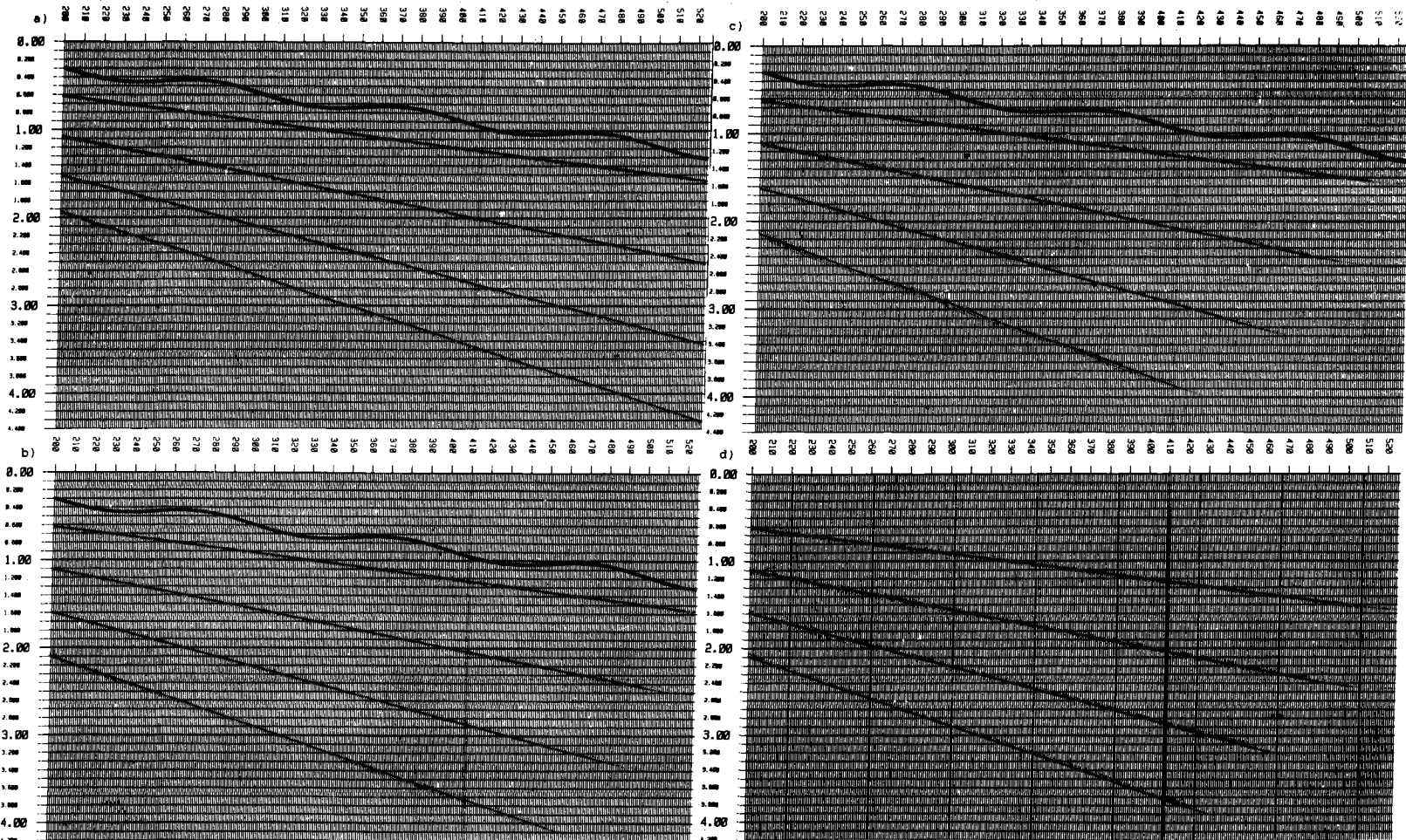
Şekil 7. Yatay olmayan yeryüzeyli bir derinlik modeli.

Fig. 7. A depth model with non-flat topography.



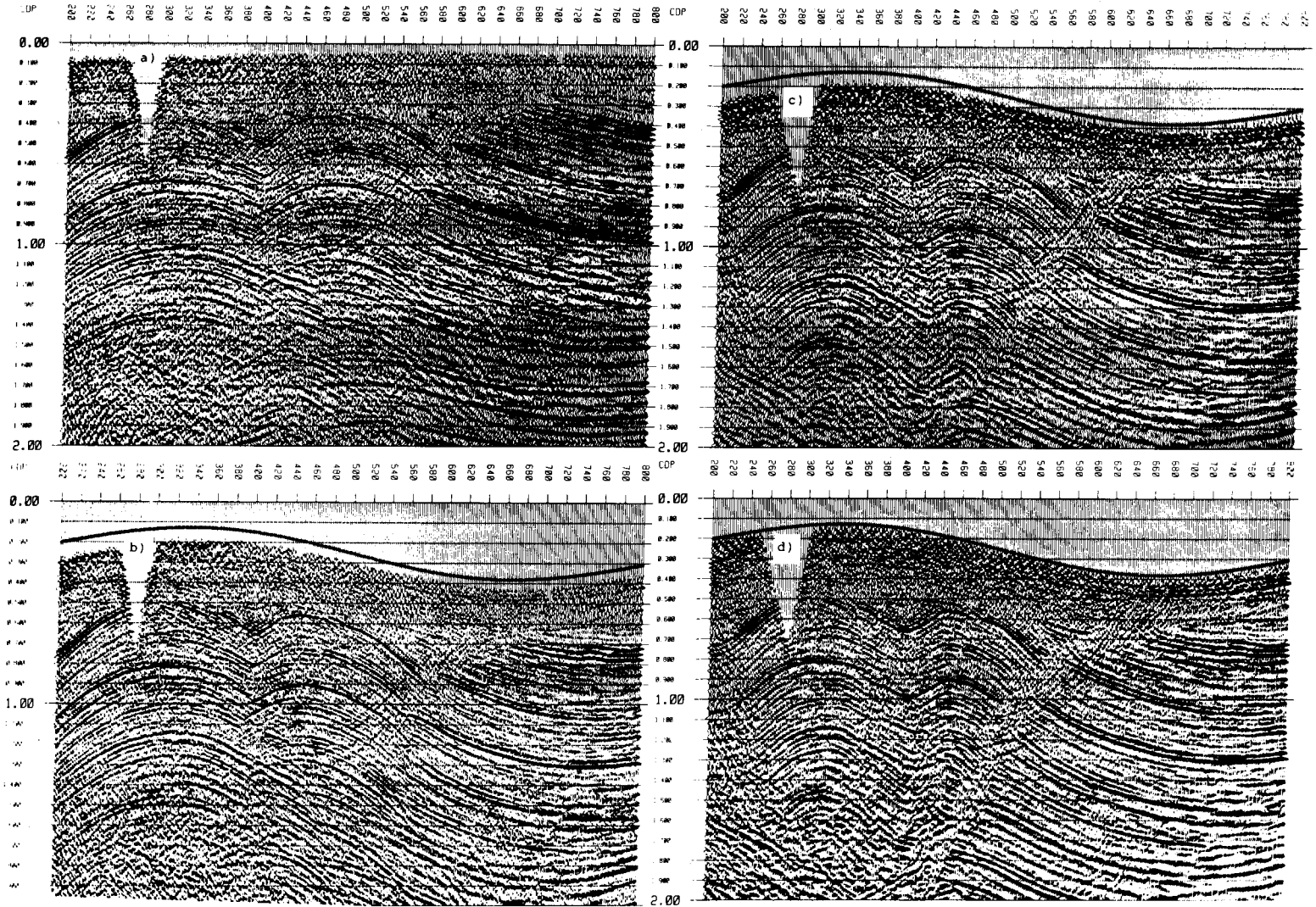
Şekil 8. Şekil 7'deki model için; a) sıfır açılım tepkisinden, b) statiklerle indirgeme, c) dalga denklemleri ile indirgeme, d) alışlagelen göç, e) sıfır hız katmanı ile göç, f) dalga denklemleri ile indirgeme+alışlagelen göç işlemlerinden sonra elde edilen kesitler.

Fig. 8. Sections obtained for the model in Figure 7 after; a) zero source-receiver offset response, b) datuming by statics, c) datuming by wave equation, d) conventional migration, e) migration by zero velocity layer, f) datuming by wave equation+conventional migration.



Şekil 9. Verilen bir derinlik modeli için; a) statiklerle indirgenmiş sıfır açılım tepkisi, b) sıfır hız katmanlı göç, c) alışılagelen göç, ve d) dalga denklemi ile indirgeme+alışılagelen göç işlemlerinden sonra elde edilen zaman kesitleri.

Fig. 9. Time sections from; a) zero source-receiver offset response after datuming by statics, b) migration by zero velocity layer, c) conventional migration, and d) datuming by wave equation+conventional migration for a given depth model.



Şekil 10. Trakya'dan bir arazi verisi için; a) değişken İD'nden yığma kesiti, b) yatay İD'nden yığma verisi, c) sıfır hız katmanı ile elde edilen göç kesiti, d) alışlagelen göç ile elde edilen göç kesiti.

Fig. 10. For a field data acquired from Thrace; a) stack section from floating datum, b) stack section from falt datum, c) migration section obtained by zero velocity layer, d) section obtained by conventional migration.

SONUÇLAR

Düşey yönde uygulanan statik düzeltmelerin dalga yayılımına aykırılığının veri-işlem boyunca neden olduğu sorunlar, çok değişken yükselteli sahalarda artmaktadır. Bu sorunlar, sismik hatların veri-işlemi, yuvarlatılmış yeryüzeyinden geçen değişken indirgeme düzlemlerinde sürdürülerek önemli ölçüde önlenir.

Göç öncesi, statiklerin büyük bileşenleri ile yuvarlatılmış yeryüzeyinden yatay indirgeme düzlemine taşınan yığılma kesitinin, alışlagelmiş göç hesap tekniklerinin gerektirdiği gibi aynı yatay düzlemden veri şartını sağlayan yapısal (structural) bir kesit olması sağlanır. Statiklerin, değişken indirgeme düzlemi olarak uygulanması ile, göç öncesi işlemlerde önemli ölçüde önlenen sorunlar bu kez göç işlemi için söz konusu olur.

Ancak, Beasley ve Lynn'in (1989), sundukları sıfır hız katmanı kavramı, statiklerin dalga yayılımında yarattıkları sorunları göç işleminde karşılayarak, değişken İD'lerinden başarı ile göç yapmamıza olanak sağlamıştır. Ayrıca, elde edilen sonuçlar, statik düzeltmelere göre daha pahalı bir yol olan dalga denklemiyle indirgenen verilerin göç işlemi sonuçlarına oldukça yakındır.

KAYNAKLAR

- Beasley, C.J., Lynn, W. 1989, Zero velocity layer: Expanded abstracts of the technical program of S.E.G. annual international meeting, 2, 1179-1183.
- Lynn, W., MacKey, S. and Beasley, C.J. 1990, Efficient migration through irregular water-bottom topography, Expanded abstracts

of the technical program of S.E.G. annual international meeting, 2, 1297-1300.

- Berryhill, R.T. 1979, Wave equation datuming, Geophysics 44, 1329-1344.
- Clearbout, J.F. 1985, Imaging the Earth's Interior, Blackwell Scientific Publ.
- Ellis, N. and Kitchenside, P. 1989, Recursive implementation of redatuming, imaging, and layer replacement for irregular topography: Expanded abstracts of the technical program of S.E.G. annual international meeting, 1, 482-483.
- Judson, D.R., Lin, J., Schultz, P.S. and Sherwood J.W.C. 1980, Depth migration after stack, Geophysics 45, 361-375.
- Hatton, L., Larner, K. and Gibson, B.S. 1981, Migration of seismic data from inhomogeneous media, Geophysics 46, 751-767.
- Lynn, W., MacKey, S. and Beasley, C.J. 1990, Efficient migration through irregular water-bottom topography: Expanded abstracts of the technical program of S.E.G. annual international meeting, 2, 1297-1300.
- Reshef, M. 1991, Depth migration from irregular surfaces with depth extrapolation methods, Geophysics 56, 119-122.
- Reshef, M. and Kosloff, D. 1986, Migration of common-shot gathers, Geophysics 51, 324-331.
- Shtivelman, V. and Canning, A. 1988, Datum correction by wave equation extrapolation, Geophysics 53, 1311-1322.
- Wiggins, J.W. 1984, Kirchhoff integral extrapolation and migration nonplanar data, Geophysics 49, 1239-1248.
- Yılmaz, Ö. 1987, Seismic Data Processing, Society of Exploration Geophysicists.
- Yılmaz, Ö. and Lucas, D. 1986, Prestack layer replacement, Geophysics 51, 1355-1369.