

# KARMAŞIK ORTAMLARIN ALTINDA SÜREKLİLİK İÇİN DÜŞÜK FREKANSLARIN KULLANIMI

## Low Frequencies for Better Continuity Beneath Complex Media

M. Ali AK\*

### ÖZET

Jeolojik bir formasyon, mineraller, litolojik kırıntılar, inklüzyonlar, küçük faylar, çatlaklar boşluklar gibi çeşitli alt birimlerden oluşur. Sismik anlamda karmaşık bir formasyon, uzaysal boyutları sismik dalga boylarına eşit veya kıyaslanabilir olan alt birimlerin birleşimi olarak tanımlanabilir.

Karmaşık bir formasyon içinde yayılan bir sismik dalgacık, belirli bir dizi alt birim boyunca yol alır. Geleneksel Ortak Orta Nokta (Common Mid Point) kayıt geometrisinde, bir OON topluluğundaki sismik izlerin her biri, değişik alt birim dizileri boyunca yol almış dalgacıkların üst üste toplanmasıyla oluşmuştur. Bu durum, karmaşık bir formasyonun altındaki bir tabaka sınırından yansıyan değişik açılımlı dalgacıklar arasında düzensiz birtakım zaman kaymaları bulunmasına yol açar. Bu faz probleminin bilinen dinamik ve statik düzeltme yöntemleriyle, hatta karşı ilişki işlemlerine dayanan otomatik rezidüel statik programlarıyla bile çözülmesi olanaksızdır.

Yukarıda tanımlanan problemi, dalgacığın spektrumunu düşük frekanslara kaydırarak ve böylece zaman kaymalarının daha küçük faz farklarına tekabül etmelerini sağlayarak yenebiliriz. Bu amaçla, Hilbert transformuyla zarfları (envelope) hesaplanan sismik izleri gerekirse alçak geçişli bir süzgeçlemeden sonra yığılma işlemi için hazır hale getirebiliriz.

Problem bir modelle tanımlanmış ve algoritma modele uygulanmıştır.

### ABSTRACT

A geologic formation is composed of several sub-elements, such as minerals, lithologic fragments, inclusions, small faults, cavities etc. A seismically complex formation can be defined as being formed by sub-elements with spatial dimensions equal or comparable to the seismic wavelengths.

A seismic wavelet travelling through a complex formation, passes through a particular sequence of sub-elements. In conventional common mid-point recording geometry, all the traces that form a CMP gather, are simply the superpositions of individual wavelets which have travelled through different sequences of sub-elements of the complex formation. This fact introduces irregular time shifts among the wavelets reflected from the same horizon beneath the complex medium, that is, a problem of phase which cannot be solved by conventional dynamic and static correction methods, not even by cross-correlation based residual static correction algorithms.

We can overcome this problem by shifting the spectrum of the wavelet to lower frequencies and so making the time shifts correspond to smaller phase differences, resulting in a better stacking output. To achieve this goal, envelopes of traces of a CMP gather can be taken and after being debiased and further filtered if necessary, can be input to the stacking process.

The problem is described by a model and the algorithm is applied.

### GİRİŞ

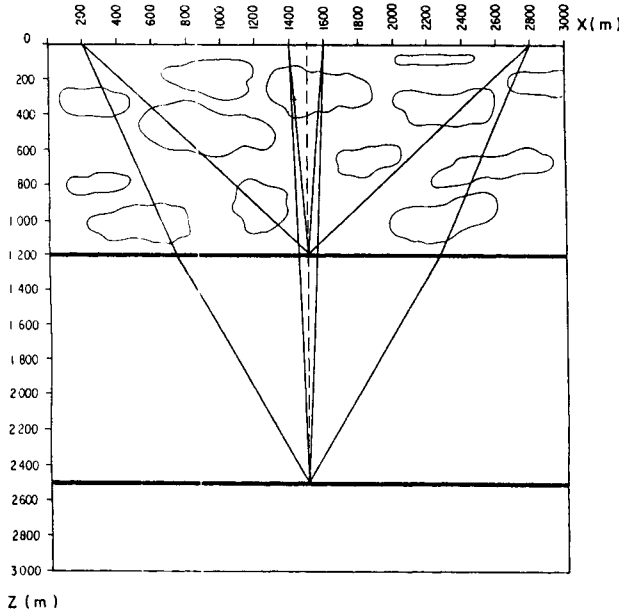
Jeolojik bir formasyon, mineraller, litolojik kırıntılar, inklüzyonlar, küçük faylar, çatlaklar, boşluklar gibi çeşitli alt birimlerden oluşur. Bu alt birimlerin boyutları sismik dalga boylarına göre çok küçükse, formasyon, sismik yansıma yöntemi açısından homojen kabul edilebilir.

Eğer alt birimlerin boyutları sismik dalga boylarına göre çok büyükse, bu kez de her alt birim, sismik dalgacıkla ayrı ayrı çözümlenebilir. Uzaysal boyutları sismik dalga boylarına eşit veya kıyaslanabilir alt birimlerin oluşturduğu bir formasyonu, karmaşık formasyon olarak tanımlayabiliriz (Shtivelman ve diğ. 1986). Böyle karmaşık formasyonların altında bulunan çökelme ortamlarından iyi

\* TPAO Arama Grubu, Ankara

kalitede yansımalar alabilmek, arama sismisinin en büyük sorunlarından birini oluşturmaktadır.

Karmaşık bir formasyon içinde yayılan bir sismik dalgacık, belirli bir dizi alt birim boyunca yol alır. Geleneksel Ortak Orta Nokta (Common Mid Point) kayıt geometrisinde, bir OON topluluğundaki sismik izlerin herbiri, değişik alt birim dizileri boyunca yol almış dalgacıkların üst üste toplanmasıyla oluşur. Şekil 1'deki basit jeolojik modelde, değişik derinlikte iki yatay yansıma yüzeyi üzerinde uzanan karmaşık bir formasyon bulunmaktadır. Yatay tabaka sınırlarından iki değişik açılımla yansıyan izler, aynı OON topluluğuna aittir. Karmaşık formasyonun alt birimlerinin neden olduğu zaman kaymalarının, açılım düzeltilmesinden sonra bir faz sorunu yaratacağı açıktır. Sığ reflektörden yansıyan iki dalgacık arasındaki kayma miktarı, derin reflektörden yansıyan iki dalgacık arasındaki kaymadan farklı olacağı için bu sorunun, karşıt ilişki işlemlerine dayanan otomatik rezidüel statik programlarıyla bile çözülmesi olanaksızdır.



Şekil 1. Karmaşık bir formasyondan geçerek aynı derinlik noktasından yansıyan değişik açılımlı izler.  
Fig. 1. Different offset traces passing through a complex formation and reflecting from the same depth point.

### ÖNERİLEN ÇÖZÜM YÖNTEMİ

Karmaşık formasyonun neden olduğu zaman kaymaları, sismik dalgacığın periyodunun dörtte birinden büyükse, yığma işlemi sonucunda dalgacık güçlenecek yerde sönmüştür. Bunu önlemek için dalgacığın spektrumunu düşük frekanslara kaydırabilir ve böylece zaman kaymalarının daha küçük faz kaymalarına tekabül etmesini sağlayabiliriz. Bir başka deyişle, dalgacığın boyunu uzatarak, zaman kaymalarını dalgacık periyodunun dörtte birinden küçük hale getirebiliriz.

Sismik dalgacığı daha düşük frekanslı, yani daha uzun boylu hale getirmenin en etkili yöntemi, zarfını (envelope) hesaplamaktır. Geleneksel süzgeçleme işlemlerinde, spektrumun bir bölümü bastırılır, o bölümdeki

bilgiler kaybedilir. Zarf işlemi ise, dalgacık spektrumunu olduğu gibi düşük frekanslara kaydırarak sıfır eksenine yaklaştırır. Bu farklılığın vurgulandığı Şekil 2'de, ortada bir saha atış kaydı görülmektedir. Solda bu kaydın 0-12 Hz.lik alçak geçişli bir süzgeç çıkışı, sağda ise aynı kayıttaki izlerin zarfları alınarak elde edilmiş hali sunulmuştur. Görüldüğü gibi alçak geçişli süzgeç, yüksek frekanslı bilgileri bastırarak geri plandaki yüzey dalgalarının ve düşük frekanslı diğer gürültülerin belirgin hale gelmesine yol açmıştır. Zarfı alınan izlerden oluşan monitörde ise, spektrum içindeki görece genlik ilişkileri değişmediğinden, düşük frekanslı gürültüler yine geri planda kalır, buna karşılık sinyal dalgacıklarının periyotları büyümüştür.

Bir sismik izin zarfı, Hilbert dönüşümünden yararlanarak hesaplanabilir. Sahada kaydedilen sismik izi ( $F(t)$ ), karmaşık analitik bir sinyalin ( $F_c(t)$ ) gerçel bileşeni olarak kabul edersek, sanal bileşeni ( $F^*(t)$ ) Hilbert dönüşümü ile hesaplayabiliriz.

$$F(t) = A(t) \cos \theta(t) \quad (1)$$

$$F^*(t) = A(t) \sin \theta(t) \quad (2)$$

$$F_c(t) = F(t) + jF^*(t) \quad (3)$$

$$F^*(t) = \frac{2}{\pi} \sum_{n=-\infty}^{\infty} F(t - n \Delta t) \frac{\sin^2(\pi n / 2)}{n} \quad (4)$$

Sismik izin zarfı ise, karmaşık izin mutlak değeri-ne, yani gerçel ve sanal bileşenlerin kareler toplamının kareköküne eşittir.

$$A(t) = |F_c(t)| = [F^2(t) + F^{*2}(t)]^{1/2} \quad (5)$$

Bu yöntem, yığma sonrası bir işlem olarak karmaşık sismik iz analizinde yıllardan beri kullanılmaktadır (Taner ve diğ. 1979). Bizim burada önerdiğimiz ise, işlemin yığma öncesinde, OON topluluklarına uygulanması ve böylece daha güçlü yığma tepkisi elde edilmesi temeline dayanmaktadır. Sonuçta, çözüm ile süreklilik arasında bir alışveriş yapılmaktadır. Yani, karmaşık yapılarla örtülü çökelme ortamlarından iyi kalitede sürekli yansımalar elde edebilmek için, yüksek frekanslardan, dolayısı ile de sismik çözümüden vazgeçilmektedir.

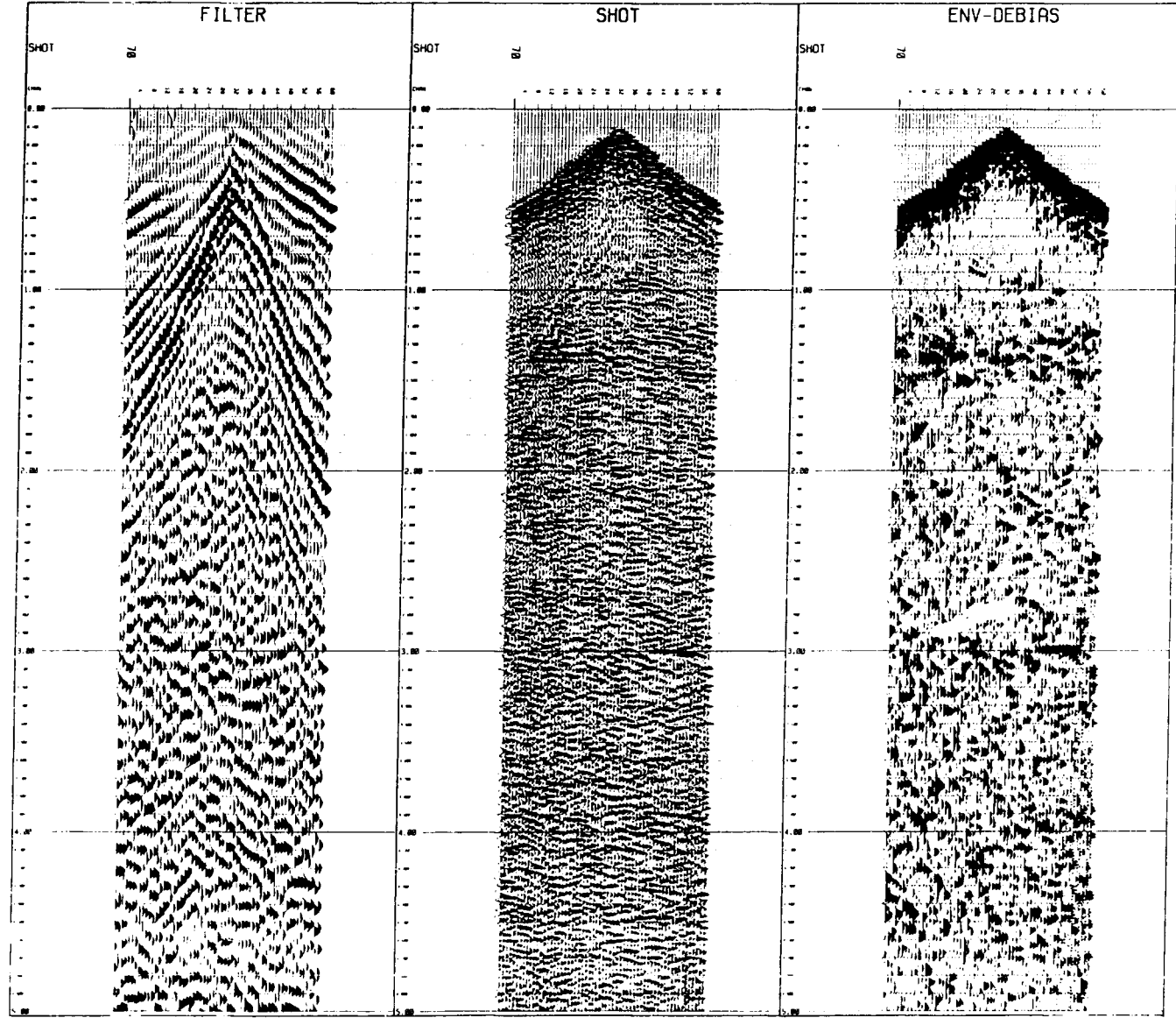
Yukarıda anlatıldığı şekilde elde edilen zarf fonksiyonu, yalnızca artı genlik değerlerinden oluşan pozitif bir fonksiyondur. Bu izlerin elde bulunan veri işlem yöntemlerine uyum sağlayabilmeleri için, salınımlı hale getirilmeleri gerekir. Bunun için de kayan bir pencere içinde genlik ortalamaları alınarak, izlerin çok düşük frekanslı bileşenleri ( $B(t)$ ) hesaplanır.

$$B(t) = \frac{1}{m \Delta t} \sum_{t-m \Delta t/2}^{t+m \Delta t/2} A(\gamma) \quad (6)$$

İz boyuna eşit bir pencere genişliği için  $B(t)$ 'nin, izin DC seviyesi haline geleceği açıktır.  $B(t)$ 'yi  $A(t)$ 'den çıkararak,

$$A_0(t) = A(t) - B(t) \quad (7)$$

salınımlı, yani artı ve eksi değerlerden oluşan zarf fonksiyonu  $A_0(t)$  elde edilir.



Şekil 2. Bir atış kaydı (ortada), aynı kaydın 0-12 Hz'lik alçak geçişli süzgeç çıkışı (solda), yine aynı kayıttaki izlerin zarfları alınmış hali (sağda).  
 Fig. 2. A shot record (middle), same record after applying a 0-12 Hz low-pass filter (left), and shot record after envelope process (right).

## MODEL ÇALIŞMA

Şekil 3'te, sismik modelleme programına giriş olarak tanımlanan model görülmektedir. Modelin üst kısmındaki formasyonun şekli ve hızı, aşağıdaki iki yatay reflektörden yansıyan dalgacıklar arasında, Şekil 1'de sunulan daha gerçekçi jeolojik modeldekine benzer zaman kaymaları elde edebilmek için seçilmiştir. Şekil 4'te, bu modelden, "ray-tracing" yöntemiyle elde edilen 30 katlamalı sentetik OON toplulukları, açılım düzeltmesinden sonra sunulmuştur. Açılım aralıkları 100 m, kullanılan Ricker dalgacığının tepe frekansı 30 Hz'dir. Şekilden görüldüğü gibi, yatay reflektörlerden yansıyan dalgacıklar arasındaki zaman kaymaları, dalgacık periyodlarına göre oldukça büyüktür. Bu durumda, bu seviyelerdeki yığma işleminin istenilen sonucu vermeyeceğini kestirmek güç değildir. Aynı şekilde, karşıt ilişki işlemlerine dayanan otomatik rezidüel statik programlarının da bir yansıtıcıya ait dalgacıkları sıralarken diğer yansıtıcıya ait dalgacıkları bozacağı açıktır.

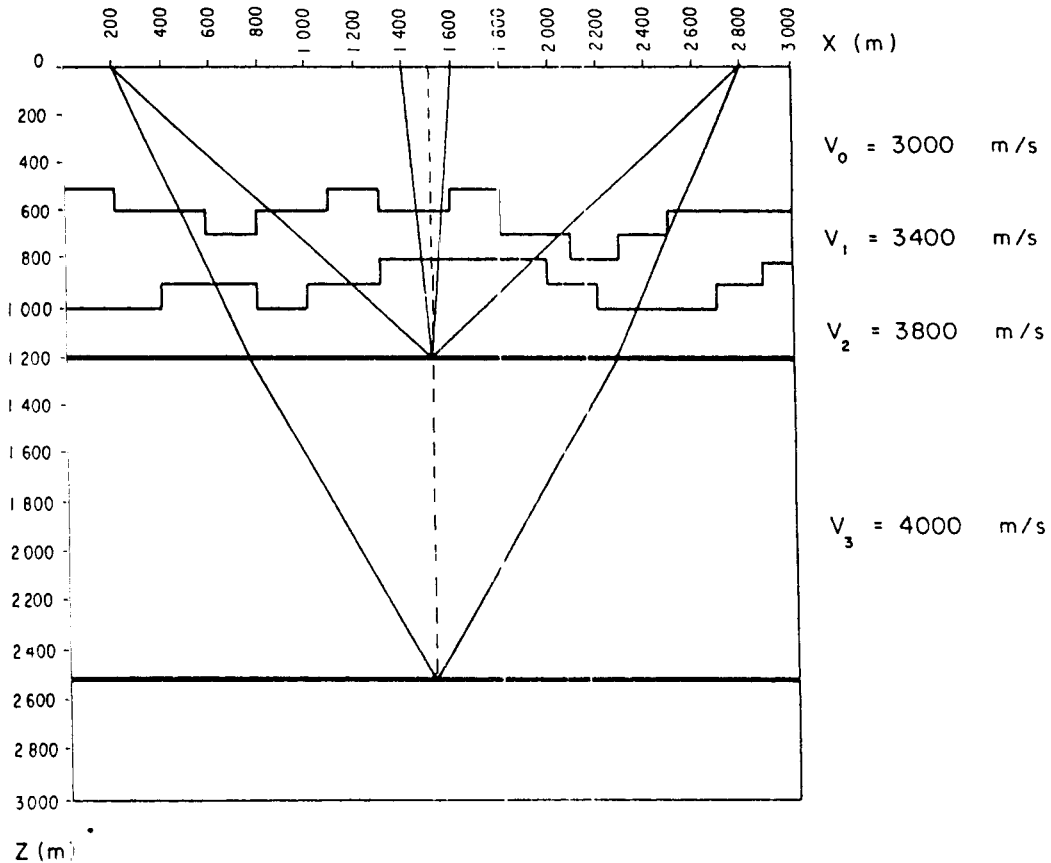
Şekil 4'teki OON topluluklarının birleştirilmesiyle, Şekil 5'teki yığma kesiti elde edilmiştir. Beklendiği gibi, karmaşık formasyonunun altındaki iki yatay reflektörün sürekliliği, özellikle 25 ile 55'inci istasyonlar arasında tamamen kaybolmuştur. Bu durum, taşınmış karmaşık formasyonlarla örtülü sahalarda kaydedilen gerçek sismik verilerde oldukça sık karşılaşılan bir sorundur.

Şekil 6'da aynı OON topluluklarındaki izlerin zarf-

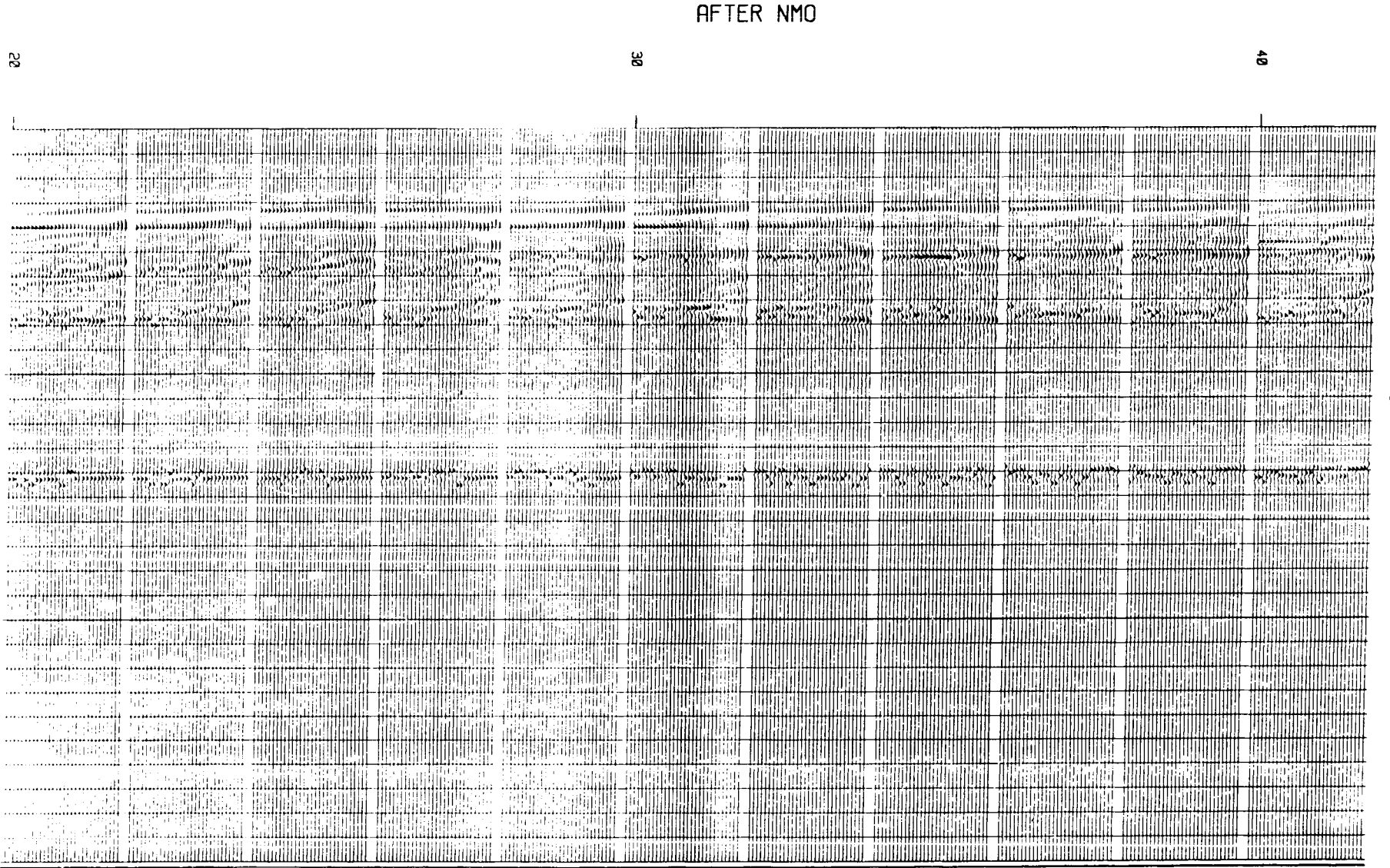
ları hesaplandıktan sonra birleştirilmesiyle elde edilen yığma kesiti sunulmuştur. Görüldüğü gibi, dalgacık frekansları oldukça düşük olmasına rağmen, 25 ile 55'inci istasyonlar arasındaki süreklilik yeterli değildir. Özellikle sığ yatay reflektörden yansıyan dalgacıklar, kesitin orta bölümünde iki ayrı dalgacığa dönüşmüş haldedir. Bunun anlamı, o bölümde OON topluluklarını oluşturan izlerde, yansımış dalgacıklar arasındaki zaman kaymaları, dalgacık periyodunun dörtte birinden büyük demektir.

Dalgacık periyodunu daha da uzun hale getirmek için, zarfı hesaplanan izlere, yığma işleminden önce bir alçak geçişli süzgeç uygulayabiliriz. Şekil 7'de, aynı OON topluluklarındaki izlerin zarflarının 0-0-6-12 Hz. bantlı bir alçak geçişli süzgeçten geçirildikten sonra toplanmalarıyla elde edilen yığma kesiti görülmektedir. Sığ ve derin yatay reflektörleri tanımlayan dalgacıklar, artık sürekli ve düzgün bir görünüm vermektedir. Dalgacıklarda herhangi bir bölünme veya önemli ölçüde genlik kaybına rastlanmamaktadır. Reflektörlerin tam yatay değil de ondülasyonlu gözükmelerine, her OON topluluğu için kullanılan sabit hız fonksiyonu neden olmuştur.

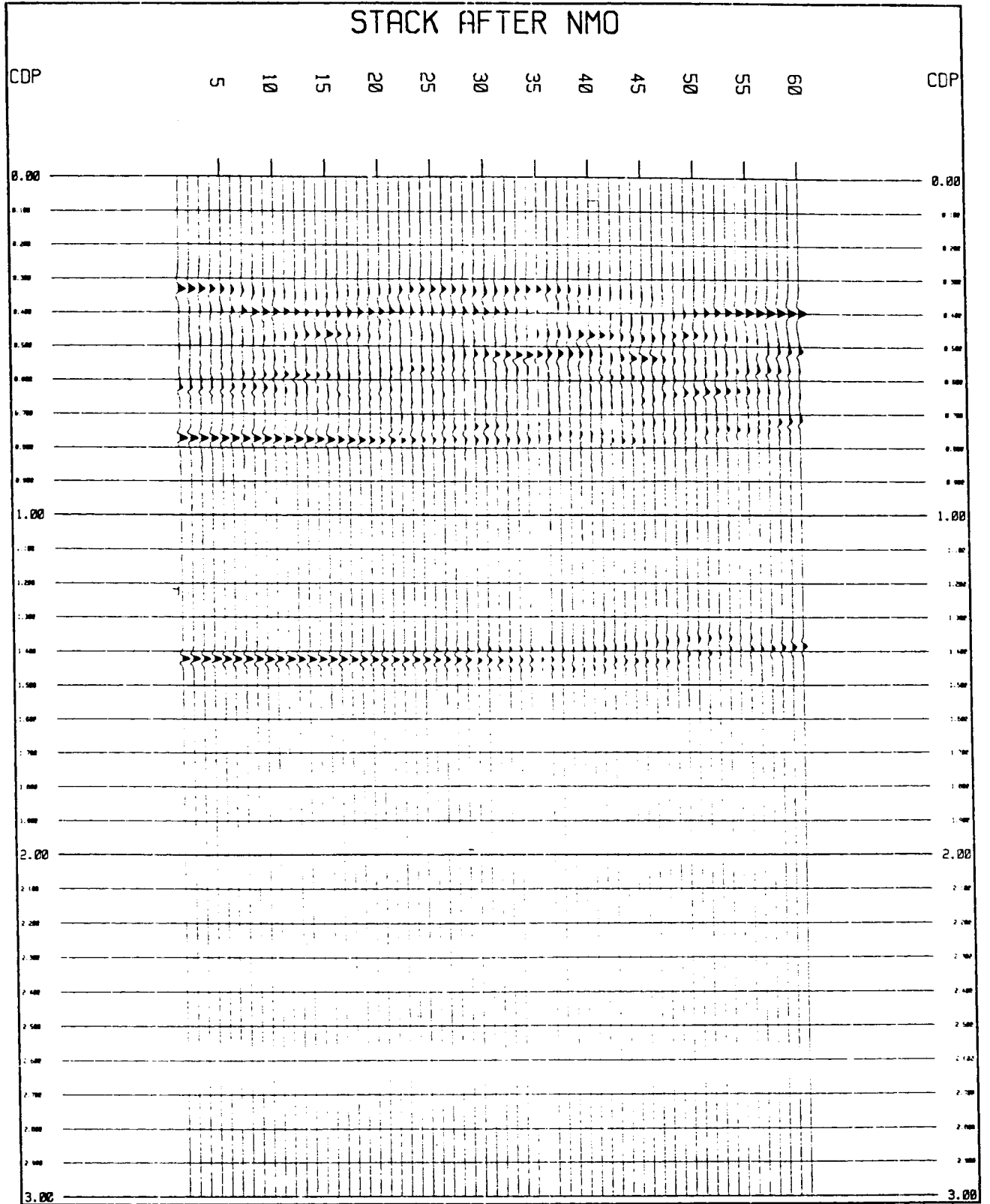
İşlemin yığma öncesi ve sonrası uygulanmasındaki farklılığı vurgulamak için Şekil 5'teki kesit üzerine zarf ve alçak geçişli süzgeç programları uygulanmıştır. Şekil 8'de sunulan yığma kesitinden görüldüğü gibi, süreklilik bozulmuş ve önemli genlik kayıpları meydana gelmiştir. Bu kayıplar özellikle sığ reflektör için daha da belirgindir.



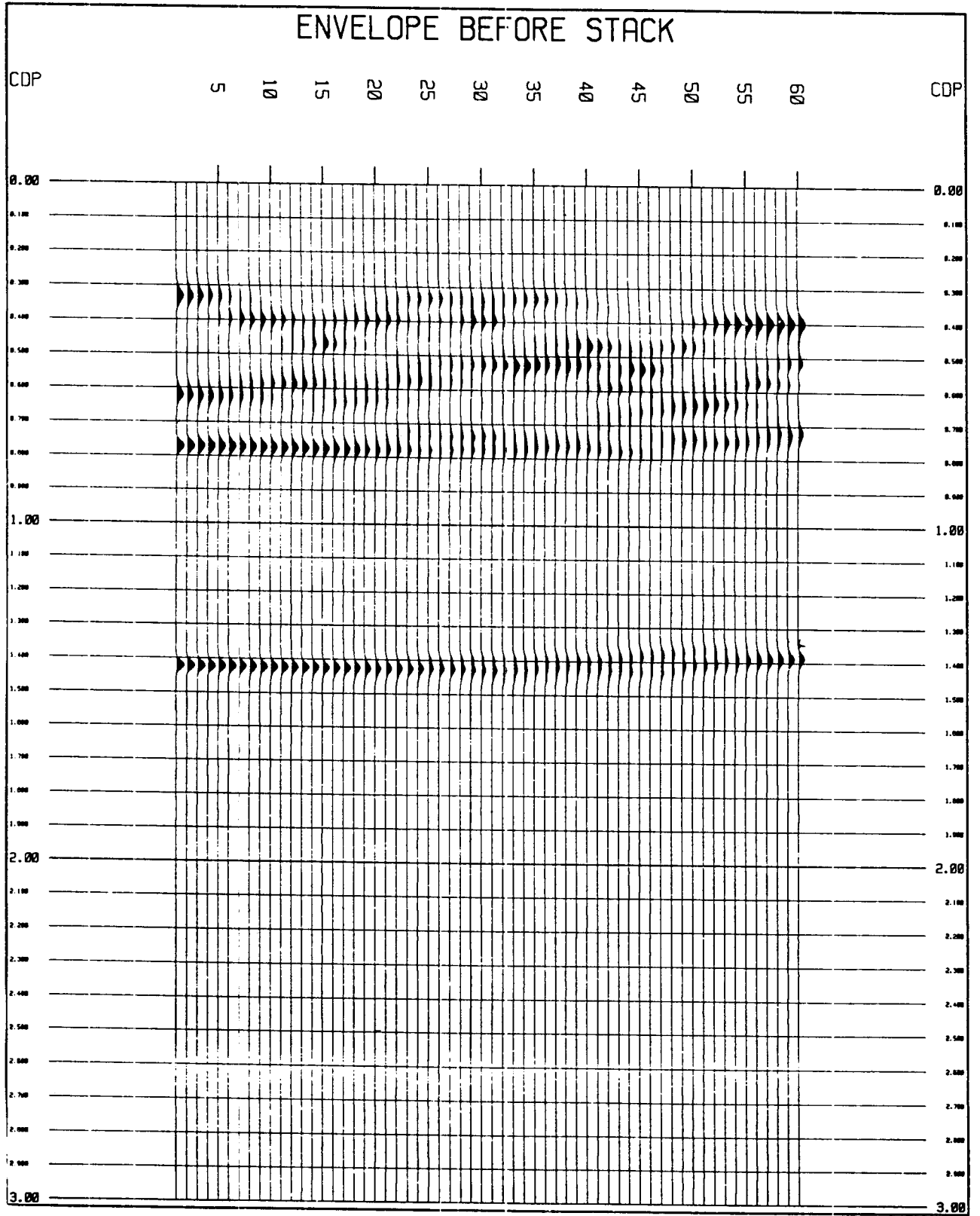
Şekil 3. Sismik modelleme programına giriş olan sayısal model.  
Fig. 3. Numerical model input to seismic modelling program.



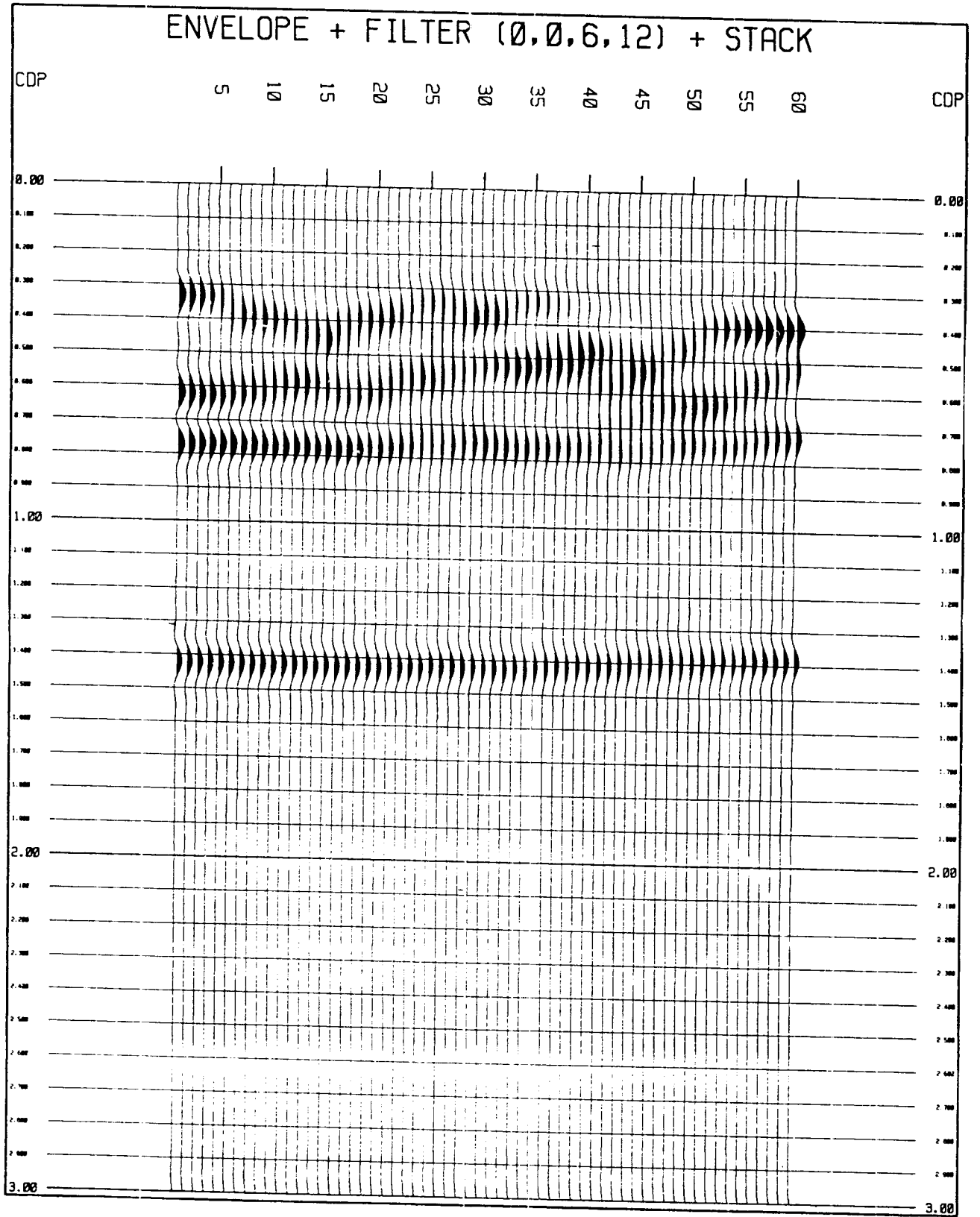
Şekil 4. Ray-tracing yöntemiyle Şekil 3'teki modelden elde edilen 30 katlamalı sentetik OON toplulukları.  
Fig. 4. 30-fold synthetic CMP gathers obtained by applying a ray-tracing algorithm to the model of Fig. 3.



Şekil 5. Modelden elde edilen yığıma kesiti.  
Fig. 5. Conventional stack section obtained from the model.



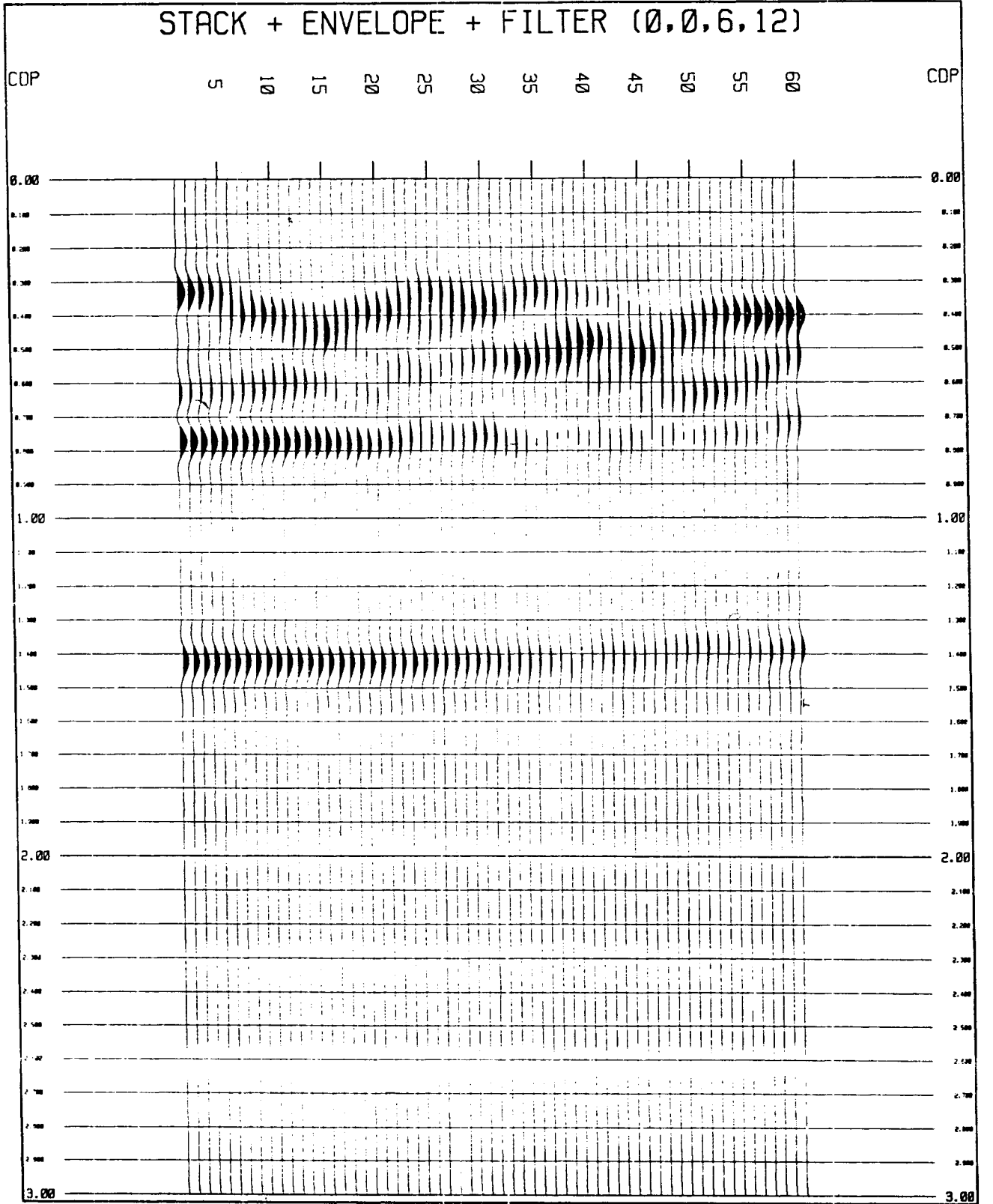
Şekil 6. Zarfları hesaplanan izlerin birleştirilmesiyle elde edilen yığıma kesiti.  
Fig. 6. Stack section obtained after applying envelope process to CMP gathers.



Şekil 7. Zarfları hesaplandıktan sonra 0-0-6-12 Hz'lık alçak geçişli süzgeçten geçirilen izlerin birleştirilmesiyle elde edilen yığma kesiti.

Fig. 7. Stack section obtained after applying envelope and 0-0-6-12 Hz low-pass filter to CMP gathers.





Şekil 8. Şekil 5'teki yığıma kesitine zarf ve 0-0-6-12 Hz'lik alçak geçişli süzgeç uygulanarak elde edilen kesit.  
Fig. 8. Envelope and 0-0-6-12 Hz low-pass filter applied to the stack section of Fig. 5.

**SONUÇLAR**

Karmaşık formasyonlarla örtülmüş çökeltme ortamlarından iyi kalitede sürekli yansımalar kaydedebilmek, arama jeofizikçisinin özellikle ülkemizde karşılaştığı en önemli sorunlardan biridir. Önerilen çözüm yöntemi, uygulanmış olduğu modelde iyi çalıştığı halde, iki ayrı sahadaki gerçek verilere uygulandığında elde edilen sonuçlar için aynı şeyi söylemek güçtür. Bunun çeşitli nedenleri olabilir; zaman kaymalarının dalgacık boylarına göre çok büyük olması, elastik enerjinin zayıf penetrasyonu vb.. Basit bir teorik temele ve bazı varsayımlara dayanan yöntem, uygulama kolaylığı bakımından da kullanışlıdır. Varsayımlara uygun şartlara sahip sahalardan toplanan veriler için sürekliliğin sağlanmasında etkili olacağı düşünülmektedir.

**KATKI BELİRTME**

*Model çalışmanın yapılması sırasında yardımlarını esirgemeyen, başta İsmet Sincer olmak üzere TPAO Arama Grubu Veri-İşlem Merkezi'ndeki arkadaşlarıma teşekkür ederim.*

**KAYNAKLAR**

- Shivelman, V., Landa, E. ve Gelchinsky, B. 1986, Phase and group sections and possibilities for their use in seismic interpretation of complex media, Geophysical Prospecting 34, 508-536.
- Taner, M.T., Koehler, F. and Sheriff, R.E. 1979, Complex seismic trace analysis, Geophysics 44, 1041-1063.