

# ŞİSMİK GEÇİŞ-ZAMAN LOGLARININ ELEKTRİK ÖZDİRENÇ LOGLARINDAN TÜRETİLMESİ

## Derivation of Seismic Transit-Time Logs From Electrical Resistivity Logs

Züheyr KAMACI\*

### ÖZET

Kayaçların litolojilerine bağlı fiziksel özelliklerinden sismik hız ve elektrik öz direnç değerlerini belirlemek mümkündür.

Konuyla ilgilenen araştırmacılar, yaptıkları çalışmalarda elde ettikleri teorik ve deneysel bağıntılarla, kuyu logu çözümünde önemli faktörlerden sismik hızın ve elektrik öz direncin, yoğunluk ve gözenekliliğe son derece bağlı olduğunu açıklamışlardır. Görünür elektrik öz direnç ile sismik geçiş-zaman arasındaki ilişkiyi göstermek için gözeneklilik değerleri göz önünde tutularak, elektrik öz direnç ile sismik hız arasında bağıntılar kurulmuştur. Trakya petrol sahasından yaklaşık 3000 m derinlikte ve aralarındaki uzaklık yaklaşık 12 km olan iki petrol kuyusundan elektrik öz direnç ve sismik geçiş-zaman log verileri alınmıştır. Bu kuyuların bir tanesinden alınmış elektrik öz direnç ve sismik geçiş-zaman log değerlerinden bir ölçek fonksiyonu oluşturulmuş ve bundan doğrusal olmayan bağıntı geliştirilmiştir. Bu bağıntıda, kuyulardan alınmış elektrik öz direnç log değerlerini yerine koyarak hesaplanmış sismik geçiş-zaman logları elde edilmiştir.

Sonuçta, ölçülmüş ve hesaplanmış sismik geçiş-zaman logları arasındaki uyum tartışılmıştır.

### ABSTRACT

It is possible to determine electrical resistivity values and seismic velocities from the physical properties depending on rock litologies.

A number of investigators have described with theoretical and experimental relationships that seismic velocity and electrical resistivity, which are important factors in interpretation of well logs, depend extremely on mass density and porosity. In order to point out the relationship between apparent electrical resistivity and seismic transit-time the relations has been established between seismic velocity and electrical resistivity regarding porosity values. The log values for electrical resistivity and seismic transit-time have been obtained approximately from the two oil wells of 3000 meters depth, the distance of 12 km between them in Trakya oil region. A scale function has been defined from the obtained log values of the electrical resistivity and seismic transit-time which belongs to one of these wells. Calculated seismic transit-time log has been obtained by replacing the measured electrical resistivity log values in the formula.

In the result, the agreement between measured and calculated seismic transit-time log values is discussed.

### GİRİŞ

Sismik yöntemlerde, yeryüzünde veya yeryüzüne yakın bir derinlikte elastik dalgalar üretilir. Bu dalgaların yayılım özelliklerini bulurken, alıcılarda kaydedilen parametrelerden biri, bir dalganın kaynaktan çıkıp alıcıya varması için geçen zaman olacaktır. Bu bilgilerle dalganın her tabaka içindeki sismik yayılım hızı ve tabakanın kalınlığı hesaplanabilmektedir.

Jeolojik yapının çıkartılması, sismikte bulunan hız değişimlerinin doğru bir şekilde bulunmasına bağlıdır. Sismik verilerden hızı bulurken, çeşitli yöntemler kullanılmıştır. Bunlardan biri ortak derinlik noktası (CDP) yöntemidir. CDP, yansıtıcı sınır üzerinde bulunan bir noktadan çeşitli açılımlar için yansıyıp gelen dalgaları tanımlamaktadır. Al-Chalabi (1979)'da CDP verisiyle sismik hızların bulunmasını açıklamıştır. CDP verisinden bulunan sismik hızlar ile kuyularda doğrudan yapılan

\* Akdeniz Üniversitesi, Isparta Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü - ISPARTA

ölçülerle bulunan sismik hızlar arasında fark vardır.

Sonik loglardan yararlanarak düşey sismik hızları hesaplayabiliriz. Ne var ki yansıma yöntemlerindeki sismik hızlar, loglarla ölçülmüş düşey sismik hızdan farklı olmaktadır. Bu fark, sismik hızın yanal olarak değişmesinden ileri gelmektedir. Bu nedenle yansıma yönteminde kullanılacak sismik hız değerleri, kayma düzeltmesi (NMØ) ve yığıma (Stack) işlemleri yapılırken deneme yoluyla bulunmaktadır.

Günümüzde açılan kuyularda en az bir sürekli hız logu (CVL) alınır. Bu loglardan, sismik hız bilgisinden başka litoloji, akışkan içeriği, basınç ve gözeneklilik (porozite) bulunur (Kennett 1979). Anlaşılabileceği gibi böyle çalışmaların sonucunda sismik hız bilgilerinin bulunması, jeofizikçiler için ana amaç olmaktadır.

Petrol aramalarında önemli olan kumtaşı ve kireçtaşı formasyonlarının porozitelerinin belirlenmesi, sürekli hız logundan yararlanarak yapılır. Daha önceki yıllarda, porozite tayininde, sürekli hız logu, alışımlı elektrik özdirenç logun yerini tutamıyordu. Ancak şimdi gerçek yerini almış durumdadır.

Hindistan'da jeolojik harita üzerinde işaretlenerek açılmış olan 15 000 kuyunun hemen hepsinde kısa normal (16 inch) alışımlı elektrik özdirenç logunun birkaç çeşidi alınmıştır. Ancak bu kuyuların 1000 tanesinde sürekli hız logu alınabilmiştir. Bu da bölgedeki sismik kesitlerin yorumunda zorluklar yaratmıştır. Rudman (1978)'de yukarıda sözü edilen bölgede yapmış olduğu kuyu logu örneklerinin uygulamaları göz önünde bulundurularak, Trakya petrol sahasındaki kuyulardan alınmış kısa normal (16 inch) alışımlı elektrik özdirenç loglarından, sismik geçiş-zaman logları türetilmesi yapılmıştır.

### SİSMİK HIZ VE ELEKTRİK ÖZDİRENÇ İLİŞKİSİ

Nafe ve Drake (1957, 1963)'te sismik hızın ve Archie (1942)'de elektrik özdirençin yanı sıra formasyon faktörünün, porozite ile olan ortak ilişkilerini açıklamışlardır. Alışımlı elektrik özdirenç kuyu loglarının değerlendirilmesi sonucunda jeolojik yapının petrofiziksel özelliklerini bulmak mümkün olabilmektedir. Bunlar; hidrokarbon belirtileri, su satürasyonu (doygunluğu), permeabilite (geçirgenlik), yoğunluk, porozite ve litoloji gibi petrofiziksel özelliklerdir (Work ve Meadow 1974).

Burada, elektrik özdirenç loglarından yararlanarak sismik geçiş-zaman logunun (hesaplanmış sürekli hız logu) elde edilmesi üzerinde durulacaktır. Kısa normal (16 inch) alışımlı elektrik özdirenç loglarından okunan değerlerin görünür özdirenç değerlerine sahip olduklarını göz önünde tutmak gerekmektedir. Gerçek özdirenç bulunması için görünür elektrik özdirenç ve görünür formasyon faktörü kullanılır (Guyod ve Pranglin 1961).

$$F_s = \frac{R_s}{R_{mf}} = \phi^{-m} \quad (1)$$

Burada, çamur suyu elektrik özdirenç  $R_{mf}$ , görünür elektrik özdirenç  $R_s$ , porozite  $\phi$  ve çimentolanma faktörü

$m$ 'dir. Burada  $m$  sedimanter vb. kayalar için yaklaşık 2 olarak alınır.

Faust (1953)'te kendisinin 1951 yılında elde ettiği bağıntısına, görünür elektrik özdirenç  $R_s$  (Ohm-m) uygulayarak sismik hız  $V$ (ft/s) ile olan ilişkisini aşağıdaki gibi vermiştir.

$$V = D (Z R_s)^{1/6} \quad (2)$$

Burada, derinlik  $Z$ (ft) ve  $D = 1948$  sabit sayı olup jeolojik birimlerin bazıları için geçerlidir. Bağıntı (2) kullanılarak sismik geçiş-zaman  $TT'$  ( $\mu$ s/ft) aşağıdaki gibi verilebilir.

$$\frac{1}{V} = TT' = \frac{1}{D} (Z R_s)^{-1/6} \quad (3)$$

Bu bağıntıdan görüldüğü gibi sismik hız ile elektrik özdirenç arasında ilişki kurulabilmektedir.

Kim (1964)'te sismik geçiş-zaman ve elektrik özdirenç gibi parametrelerin kendi aralarındaki ve porozite ile ilişkilerini kullanarak bağıntı (1)'i porozite için aşağıdaki gibi yazmıştır ( $C =$  sabit sayı).

$$\phi = \left( \frac{R_s}{R_{mf}} \right)^{-1/C} \quad (4)$$

Wyllie ve diğerleri (1956)'da sismik hız ile porozite ilişkili bağıntısını sedimanlar için aşağıdaki şekilde çıkarmıştır.

$$\frac{1}{V_t} = \frac{\phi}{V_s} + \frac{1 - \phi}{V_k} \quad (5)$$

Burada, kayacın ortalama boyuna sismik hızı  $V_b$ , sıvı kısmının boyuna sismik hızı  $V_s$ , katı kısmının boyuna sismik hızı  $V_k$  ve kayacın porozitesi  $\phi$ 'dir. Bu araştırmacı bağıntı (5)'i, daha sonra, sismik hızın, sismik geçiş-zaman ile ilişkisini ( $V = 1/TT'$ ) göz önünde tutarak aşağıdaki gibi değişikliğe uğratmıştır.

$$TT' = TT_{mf}(\phi) + (1 - \phi) TT_s \quad (6)$$

Burada, kayadaki sismik geçiş-zaman  $TT_s$  ve çamurdaki sismik geçiş-zaman  $TT_{mf}$  olarak tanımlanmıştır. Porozite için bağıntı (6)'nın çözümü aşağıdaki gibi çıkarılmıştır.

$$\phi = \frac{TT' - TT_s}{TT_{mf} - TT_s} \quad (7)$$

Bağıntı (4), bağıntı (7)'ye eşitlenirse  $TT'$  için çözümü aşağıdaki gibi bulunur.

$$TT' = TT_s + (K) R_s^{-1/C} \quad (8)$$

Burada  $K = (TT_{mf} - TT_s) R_{mf}^{1/C}$  'dir.

Kim'in (1964)'te bulduğu (8) bağıntısı, elektrik özdirenç ile sismik geçiş-zaman arasındaki ölçek (scale) fonksiyonuyla ilgilidir.

Rudman ve diğerleri (1975)'te Kim'in ölçek fonksiyon bağıntısının (8) genelleştirilmiş şeklini aşağıdaki gibi düzenlemiştir.

$$TT' = A + (B) R_1^{-1/C} \quad (9)$$

Burada, A, B ve C sabit sayıları deneysel olarak bulunurlar.

### ÖLÇEK FONKSİYONUN ELDE EDİLMESİ VE SABİT SAYILARIN BULUNMASI

Sismik geçiş-zaman bağıntısında (9) yer alan A, B ve C sabitleri bulmadan önce Kim (1964)'in Şekil 1'deki ölçek fonksiyonunun nasıl elde edildiğini aşamalar şeklinde açıklamakta yarar vardır.

1. Sismik geçiş-zaman (TT) ve kısa normal (16 inch) alışımlı elektrik özdirenç (R) logları aynı kuyudan seçilmişlerdir.
2. Şekil 1'de 1250-2575 ft'lik örnek için logların salınımsız kısımları parçalara ayrılmıştır.
3. Aynı derinliğe ait sismik geçiş-zaman ve elektrik özdirenç değerleri kullanılarak, düşey eksen sismik geçiş-zamanı (TT), yatay eksen logaritmik elektrik özdirenç (R) gösterdiği şekilde çeşitli noktalar belirlenmiştir.
4. Bu noktalara en iyi uyan eğri, ölçek (scale) fonksiyonu olarak tanımlanmıştır.

Şekil 1'de çizilmiş olan ölçek fonksiyonundan A, B ve C katsayılarını belirlerken; başlangıç elektrik özdirenç

değeri (ölçek fonksiyonunda en küçük değerdeki elektrik özdirenç)  $R_1$  bulunur ve Q gibi bir sabit sayı seçilir. Daha önce yazılan (9) bağıntısı, doğrusal (lineer) olmayan üç bağıntı haline getirilebilir.

$$TT'_i = A + (B) R_1^{-1/C} \quad ; \quad i = 1, 2, 3 \quad (10)$$

$R_1 = R_{\min}$  ve Q değerleri aşağıdaki bağıntılarda yerlerine yerleştirildiğinde,

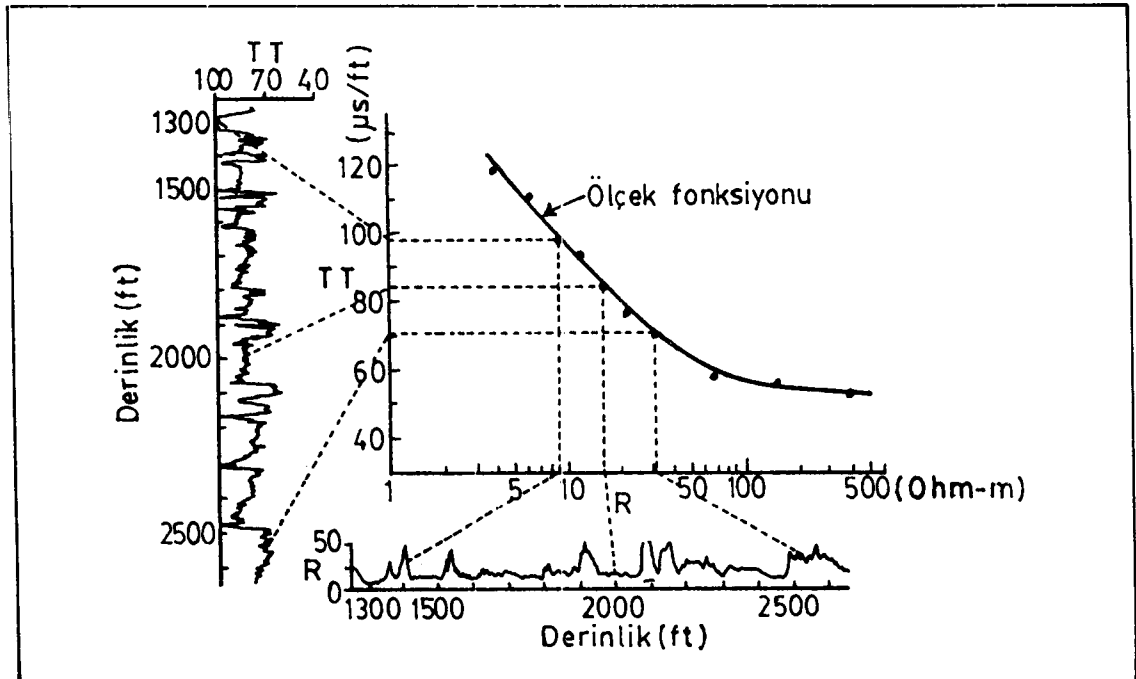
$$R_2 = Q R_1 \text{ ve } R_3 = R_{\max} = Q R_2 = Q^2 R_1 ; \\ Q = (R_3 / R_1)^{1/2} \quad (11)$$

bulunur. Elde edilen  $R_1$ ,  $R_2$  ve  $R_3$ 'ün değerleri ölçek fonksiyonundaki elektrik direnç değerleri alanının tümünü kapsayacak şekilde olmalıdır. Yani,  $Q = (R_{\max} / R_{\min})^{1/2}$  değerini aşmayacak şekilde seçilmelidir. Bu da Q'nun doğru bir şekilde seçimini kontrole yaramaktadır. Bağıntı (11)'de hesaplanan değerleri bağıntı (10)'da yerlerine koyarak, birleştirilirse aşağıdaki bağıntılar elde edilir.

$$TT'_1 - TT'_2 = (B) R_1^{-1/C} (1 - Q^{-1/C}) \quad (12)$$

$$TT'_2 - TT'_3 = (B) R_2^{-1/C} (1 - Q^{-1/C}) \quad (13)$$

Burada,  $TT'_i$  değerlerini bulmak için (11) bağıntısıyla elde edilen elektrik özdirenç değerlerine karşılık gelen ölçek fonksiyonundaki  $TT'$ 'ler okunur. Daha sonra (12) bağıntısını (13) bağıntısına bölerek elde edilecek eşitliğin ve bu eşitlikler yazılırken kullanılan (11) bağıntısındaki değerleri göz önünde bulundurularak her iki tarafın logaritması alınır ve aşağıdaki bağıntı



Şekil 1. Ölçek fonksiyonu eğrisinin taslak haldeki elde edilişi (Kim 1964'den tarafından değiştirilmiştir).  
Fig. 1. Sketch illustrating generation of scale function curve (Modified from Kim, 1964).

$$\log_{10} \left[ \frac{TT'_1 - TT'_2}{TT'_2 - TT'_3} \right] = -(1/C) \log_{10}(1/Q) = (1/C) \log_{10} Q \quad (14)$$

bulunur. Bu bağıntıdaki C, eşitliğin bir tarafında yalnız bırakılırsa, C sabit sayısı aşağıdaki şekilde bulunmuş olur.

$$C = \frac{\log_{10} Q}{\log_{10} \left[ \frac{TT'_1 - TT'_2}{TT'_2 - TT'_3} \right]} \quad (15)$$

(15) bağıntısındaki C değerinin (12) bağıntısında kullanılarak B sabit sayısı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

$$B = (TT'_1 - TT'_2) R_1^{1/C} \quad (16)$$

Daha sonra  $i = 1$  için (10) bağıntısı A için çözülecek olursa,

$$A = TT'_1 - (B) \cdot R_1^{-1/C} \quad (17)$$

bulunur. Bu katsayılar saptandıktan sonra, aynı kuyunun elektrik özdirenç log değerleri (10) bağıntısında yerine konulursa, yalancı (pseudo) veya hesaplanmış sismik geçiş-zaman (TT') log değerleri elde edilir. Böylece bu değerleri, derinliğin fonksiyonu olarak elde etme olanağı yaratılmış olur.

Ancak yukarıdaki bağıntı (10) için ölçek fonksiyonundan elde edilen sabit sayılar (A, B, C) dizisi, bu ölçek fonksiyonun veri noktalarına yeterince uymayabilir. Yani bu A, B ve C katsayılarıyla tek başına (10) bağıntısı, önceden çizilen ölçek fonksiyonun eğrisini tanımlamayabilir. İşte o zaman eğri, parçalara ayrılarak her parçası için ayrı ayrı A, B ve C katsayıları bulunarak, parça sayısı kadar doğrusal olmayan bağıntılarla eğri tanımlanmaya çalışılır.

## UYGULAMALAR

Yukarıda sözü edilen uygulamaya benzer bir çalışma TPAO Trakya bölgesinden, aralarındaki uzaklık yaklaşık 12 km olan Kumrular #4 ve Turgutbey #2 (K-4 ve T-2) gaz kuyu verileri için yapılmıştır. Bu çalışmayı yaparken K-4 kuyusunun 1000-2500 metre aralıklarında alınan sismik geçiş-zaman ve kısa normal (16 inch) alışımlı elektrik özdirenç loglarından 5 metre örnekleme aralığıyla değerler okunmuştur. Daha sonra, düşey eksen sismik geçiş-zaman (TT) ve yatay eksen kısa normal özdirenç (R) log değerlerinin ölçeklerini gösterecek şekilde, bu iki logtaki salınımsız ve aynı derinlikteki nokta değerleri yarı logaritmik kağıda işaretlenmiştir. Bu işaretlenen noktaların dağılımını tanımlayacak yaklaşık uygun bir eğri (a) gözleme dayalı olarak geçirilmiştir. Bu ölçek fonksiyonu Şekil 2'de verilmiştir.

Bu ölçek fonksiyonun taradığı elektrik özdirenç değerlerinin alanını göz önünde tutarak, Q gibi sabit bir sayı seçilmiştir. Bu ölçek fonksiyonun başlangıç

(minimum) elektrik özdirenç değeri  $R_1$  okunmuştur. Önceden tanımlanan bağıntı (11)'de Q ve  $R_1$  değerlerini yerine koyarak, aşağıdaki şekilde  $R_2$  ve  $R_3$  değerleri bulunmuştur.

Q = 3.08 seçilmiştir.

$R_1 = R_{\min} = 2$  Ohm-m okunmuştur.

$R_2 = Q R_1 = 3.08 \cdot 2 = 6.16$  Ohm-m hesaplanmıştır.

$R_3 = Q R_2 = 3.08 \cdot 6.16 = 19$  Ohm-m hesaplanmıştır.

Şekil 2'de çizilmiş olan ölçek fonksiyonunu tanımlayacak doğrusal olmayan bağıntı (10) gibidir. Bu bağıntıdaki A, B ve C sabit sayılarını bulmak için yukarıda hesaplanan  $R_1$ ,  $R_2$  ve  $R_3$  elektrik özdirenç değerlerine ölçek fonksiyonunda karşılık gelen sismik geçiş-zaman (TT) değerlerinden yararlanarak daha önce bağıntıları yazılan A, B ve C katsayıları aşağıdaki şekilde bulunmuştur.

$$R_1 = 2 \text{ Ohm-m} \longrightarrow TT_1 = 117 \mu\text{s/ft}$$

$$R_2 = 6.16 \text{ Ohm-m} \longrightarrow TT_2 = 86 \mu\text{s/ft}$$

$$R_3 = 19 \text{ Ohm-m} \longrightarrow TT_3 = 72 \mu\text{s/ft}$$

Bütün bu değerleri (15) bağıntısında yerlerine koyarak C sabit sayısı bulunmuştur.

$$C = \frac{\log_{10} 3.08}{\log_{10} \left[ \frac{117 - 86}{86 - 72} \right]} = 1.41$$

(16) bağıntısına C değerini koyarak B sabit sayısı bulunmuştur.

$$B = (117 - 86) \cdot 2^{1.41} = 50.68$$

A katsayısını bulmak için de (17) bağıntısını kullanarak,

$$A = 117 - \frac{50.68}{2^{1.41}} = 86$$

bulunmuştur. Daha sonra A, B ve C sabit sayılarını (10) bağıntısında yerlerine koyarak, sismik geçiş-zaman değerlerini verecek bağıntı aşağıdaki şekilde elde edilmiştir.

$$TT'_i = 86 + (50.68) R_i^{1.41}$$

Ölçek fonksiyonunda kullanılan elektrik özdirenç değerlerini yukarıda elde edilen bağıntıda yerine koyarak, her elektrik özdirenç değeri için sismik geçiş-zaman değerleri bulunmuştur. Elde edilen bu değerler Şekil 2'de logaritmik kağıda işaretlenerek yeni bir dağılım daha elde edilmiştir. Bu yeni noktalardan eğri (b) geçirildiğinde daha önce çizilmiş olan eğri (a) ile çakışmadığı görülmüştür. Böylelikle, yukarıda bulunan katsayıların, esas olabile-

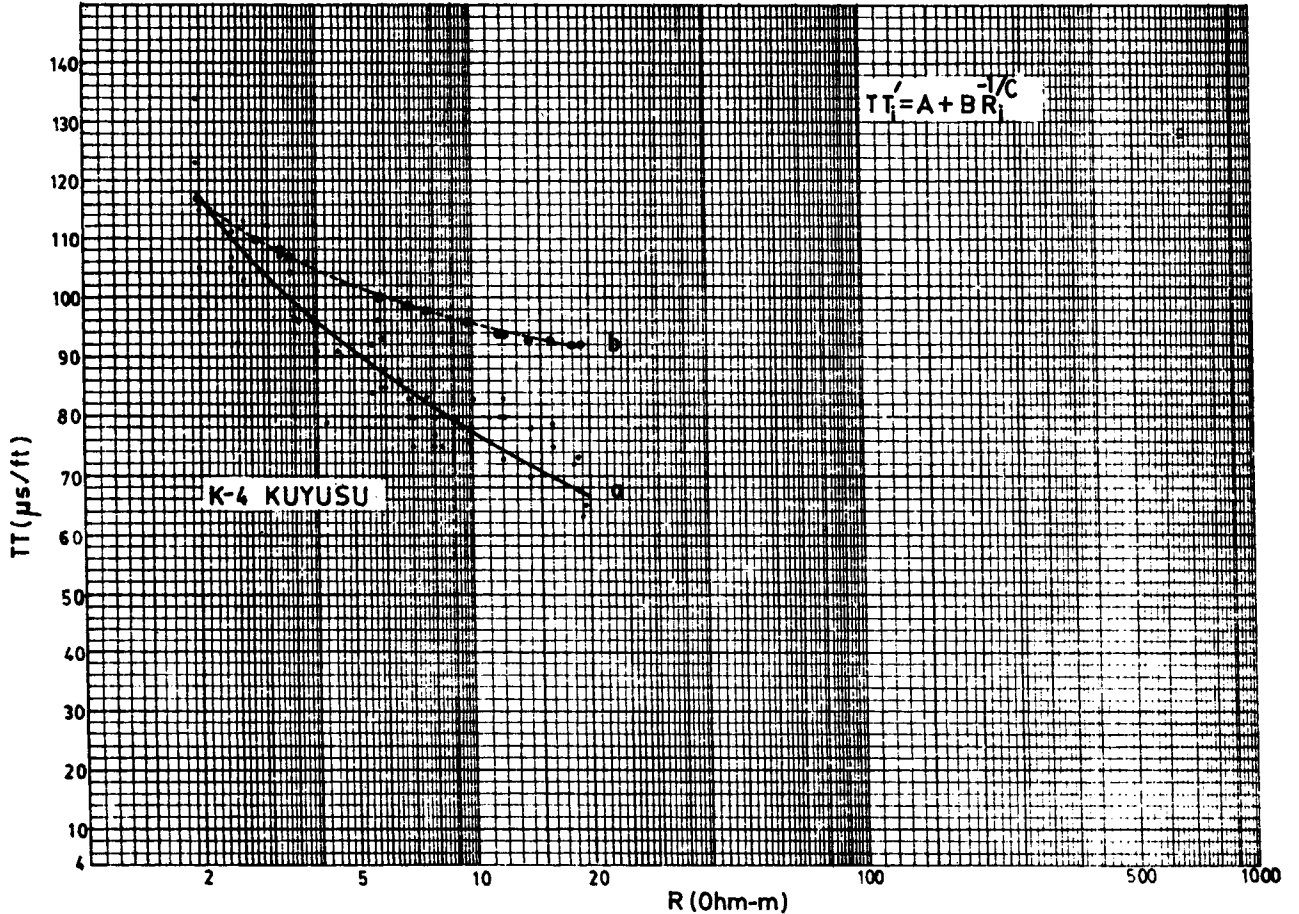
cek dağılımı tanımlamayacak durumda olduğunu göstermiştir.

Farklı derinliklerden okunan elektrik özdirenç ve sismik geçiş-zaman değerlerini göz önünde tutarak, yatay eksende aynı bir elektrik özdirenç değerine karşılık birkaç tane sismik geçiş-zaman değerinin olduğu görülmektedir (Şekil 2). Bu sismik geçiş-zaman noktalarının aritmetik ortalamasını alarak, tek bir nokta değeri haline getirme yoluna gidilmiştir (Şekil 3). Böylelikle, bu nokta değerlerinden tekrar yeni bir ölçek fonksiyonu eğrisi (c) geçirilerek A, B ve C katsayıları bulunmuştur. Ancak bu katsayıları bulurken, Q sabit sayısı öncekinden biraz daha büyük tutulmuştur ( $Q = 3,16$ ). Buna göre  $R_1 = 2$  Ohm-m değeri alınarak,  $R_2 = 6,32$  Ohm-m ve  $R_3 = 19,97$  Ohm-m olarak bulunmuştur. Bu bulunan elektrik özdirenç değerlerine karşılık gelen  $TT_i$ 'leri bu ölçek fonksiyonundan okunarak;  $C = 1,9$ ,  $B = 47,5$  ve  $A = 84$  şeklinde bulunmuştur. Bu katsayıları ve ölçek fonksiyonundaki elektrik özdirenç değerlerini  $TT_i$  bağıntısında yerine koyarak, aynı elektrik özdirenç değerlerine karşılık gelen hesaplanmış sismik geçiş-zaman değerleri bulunmuş ve bu değerlerle (d) eğrisi çizilmiştir. Bu eğrinin, yine de Şekil 3'teki ilk (c) eğrisiyle çakışmadığı görülmüştür. Bunun üzerine, son olarak çizilen ölçek fonksiyonu eğrisini (c) üç parçaya ayırma yoluna gidilmiştir. Her parça için A,

B ve C katsayıları bulunarak  $TT_i$  bağıntısında yerlerine taşınmıştır. Dokuz tane katsayıya karşılık üç tane  $TT_i$  bağıntısıyla çalışıldığı halde, yine (c) eğrisiyle tam çakışma görülmeyen sonucuna varılmıştır.

Buradan hareketle, Q sabit sayısı daha büyük değerlerle seçilme yoluna gidilmiştir. Q'nun büyük değerlerle seçilmesi demek,  $R_{max}$ 'nin ölçülmüş log değerindekinden daha büyük olması demektir. Böylelikle, elektrik özdirenç belli bir değerden sonra yüksek tutulmasında, sonucu pek etkilemeyeceği görülmüştür. Buna göre Şekil 3'teki ölçek fonksiyonu eğrisinin (c) baş tarafı biraz aşağıya doğru büyüleştirilerek ve sağ ucu asimtotik halde uzatılarak yeni bir ölçek fonksiyonu eğrisi (e) çizilmiştir (Şekil 4). Haliyle şekilden de görüldüğü gibi  $R_{max}$  değeri büyütüldüğünde  $Q = 15$  olarak düşünülmüş ve bağıntı (11)'den  $R = R_{min} = 2$  Ohm-m,  $R_2 = 30$  Ohm-m ve  $R_3 = R_{max} = 450$  Ohm-m bulunmuştur. Bu elektrik özdirenç değerlerine karşılık gelen  $TT_i$ 'ler yeni çizilen ölçek fonksiyonu eğrisinden (e) okunmuştur. Yukarıda bulunan bütün değerleri bağıntı (15, 16 ve 17)'de gerekli yerlerine koyarak  $\pm 0,04$ 'lük standart sapmayla  $C = 1,18$ ,  $B = 88,2$  ve  $A = 65$  olarak bulunmuştur. Bu sabit sayılar (10) bağıntısına taşınarak  $TT_i$  aşağıdaki şekilde bulunmuştur.

$$TT_i = 65 + (88,2) R_i^{1,18}$$

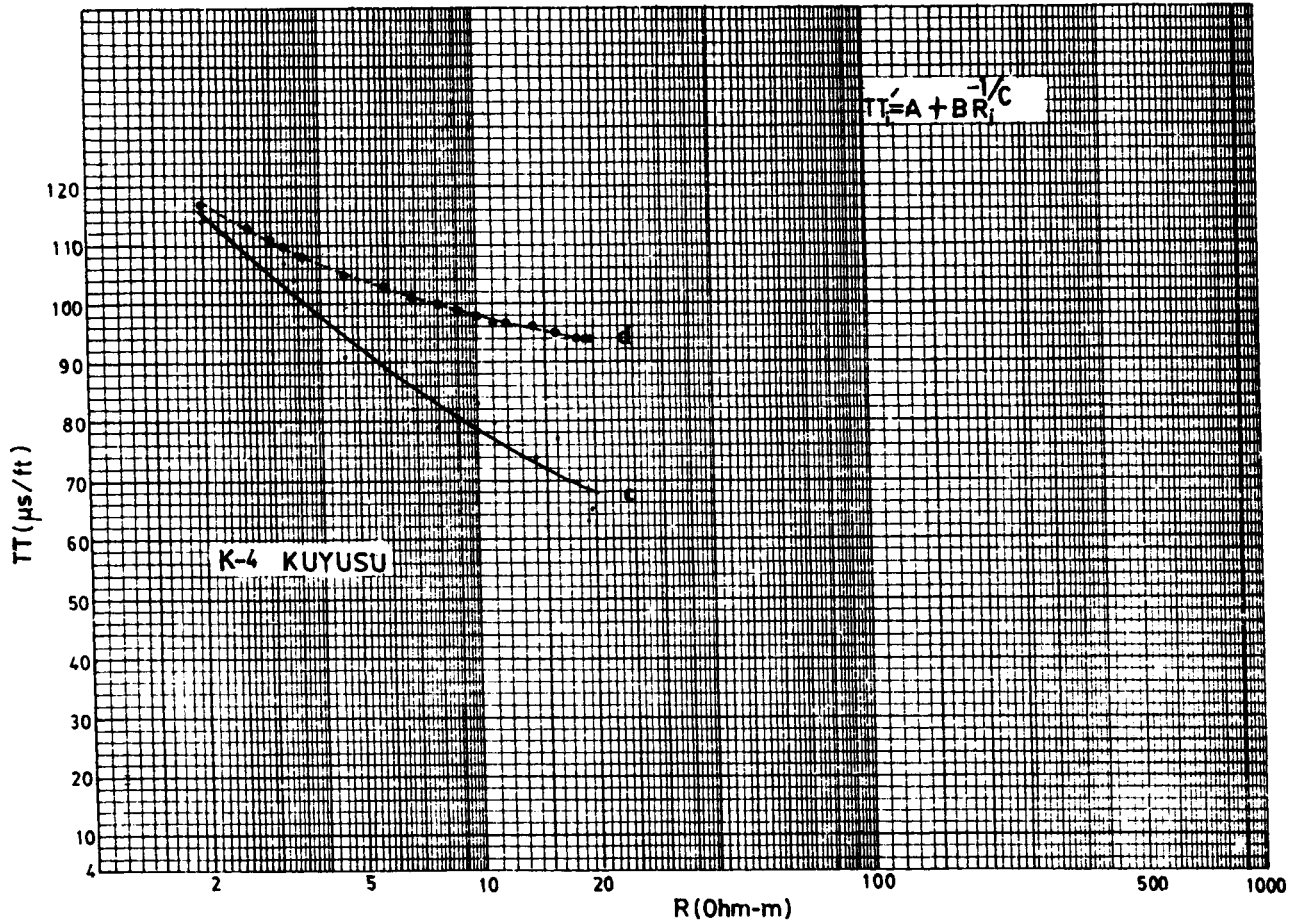


Şekil 2. K-4 kuyusuna ait kuyu logu veri noktaları ve ölçek fonksiyonu eğrilerinin çizimi.  
Fig. 2. Graph of well log data points and scale function curves for K-4 well.

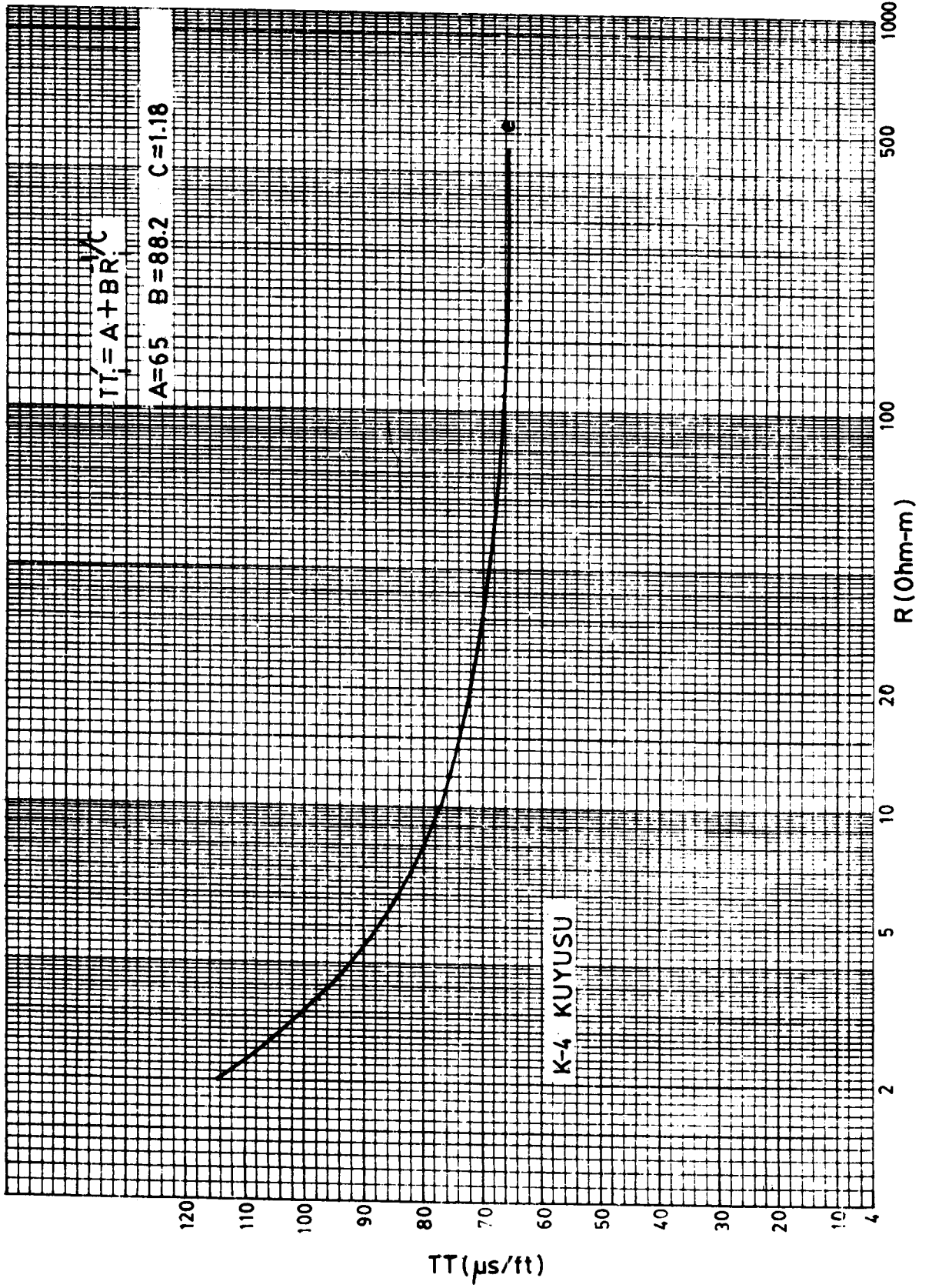
Katsayı	Bulunan Değer	Standart Sapma
A	65.00	± 0.04
B	83.20	± 0.04
C	1.18	± 0.04

Ölçek fonksiyonunda bulunan elektrik özdirenç değerlerinin tümü yukarıda, en sonda bulunan  $TT'$  bağıntısına taşınarak, her elektrik özdirenç değeri için bir sismik geçiş-zaman değeri bulunmuştur. Bulunan değerlerle yeni ölçek fonksiyonu olan (e) eğrisi değerleriyle tam çakışmıştır. Böylece, deneme yoluyla esas ölçek fonksiyonu olan eğrinin A, B ve C katsayıları bulunmuş olur. Bu ölçek fonksiyonunu tanımlayan en son bağıntıyı ele alarak, K-4 kuyusundan alınan elektrik özdirenç log değerlerinin hepsini teker teker bağıntıda yerine koyarak, herbir elektrik özdirenç değeri için hesaplanmış

geçiş-zaman değerleri ( $TT'$ ) bulunmuştur. Bulunan bu değerlerle, hesaplanmış sismik geçiş-zaman logu Şekil 5'de verilmiştir. Bu log kuyunun ölçülmüş (gerçek) sismik geçiş-zaman logu ile karşılaştırıldığında yakın bir uyumluluk içinde olduğu görülmektedir. Aynı sahada K-4 kuyusundan yaklaşık 12 km uzaklıkta olan T-2 kuyusunun yalnızca elektrik özdirenç logu değerlerini, K-4 kuyusu için en sonda oluşturulan ölçek fonksiyonu bağıntısı kullanılarak T-2 kuyusu için hesaplanmış sismik geçiş-zaman logunun değerleri bulunmuş ve Şekil 6'da çizilmiştir. T-2 kuyusunun, hesaplanmış sismik geçiş-zaman ve ölçülmüş sismik geçiş-zaman logları karşılaştırıldığında benzerlik derecesinin yüksek olduğu izlenmiştir. Ölçülmüş ve hesaplanmış sismik geçiş-zaman log değerleri arasında hata hesabı yapılarak, K-4 kuyusu için Çizelge 1 ve T-2 kuyusu için de Çizelge 2'de görüldüğü gibi hatanın ortalama olarak  $\pm 6\%$  arasında değiştiği bulunmuş ve bu değişim, grafik olarak Şekil 7'de gösterilmiştir.

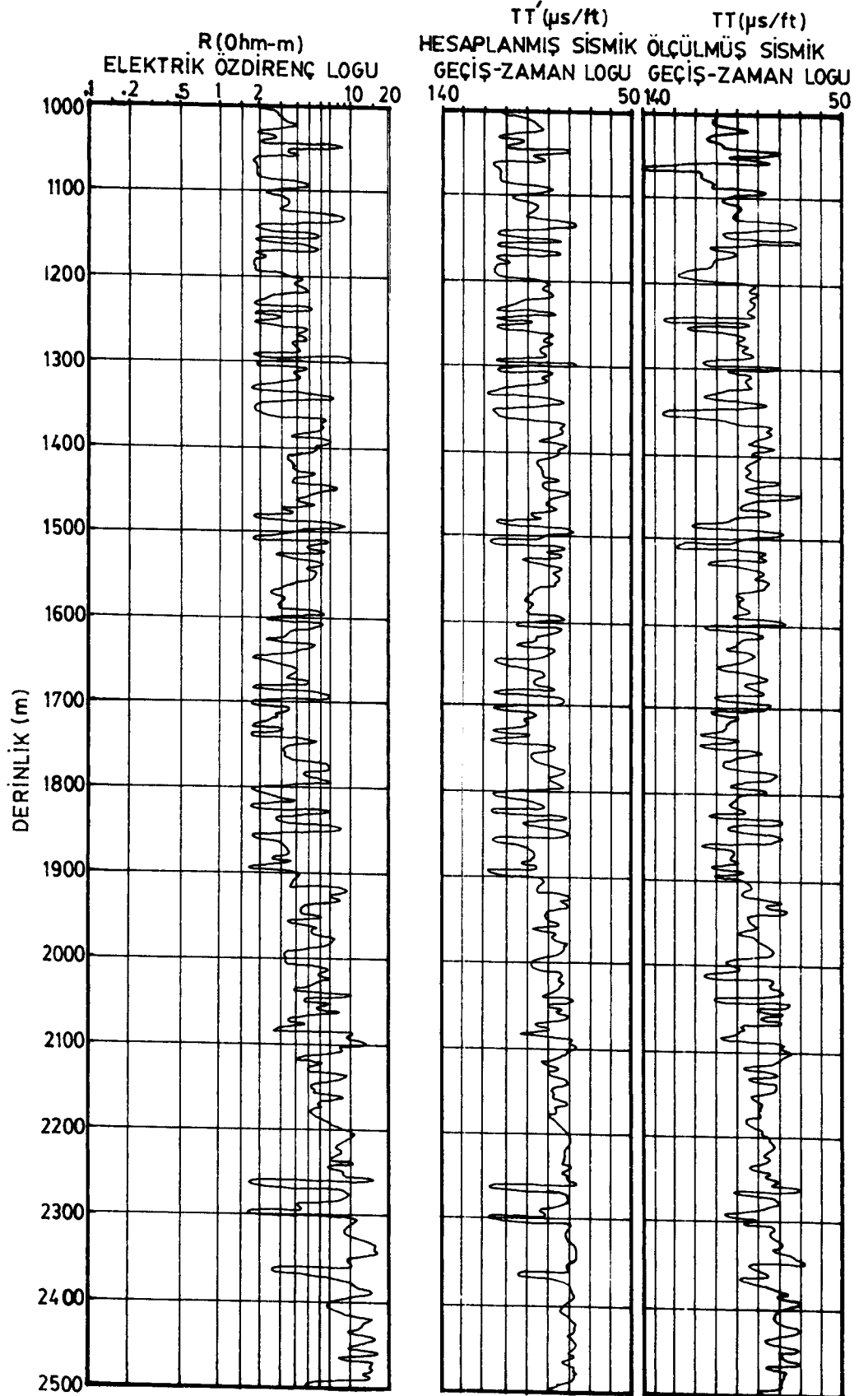


Şekil 3. K-4 kuyusuna ait ortalama kuyu veri noktalarından elde edilen ölçek fonksiyonu eğrileri.  
Fig. 3. Obtained scale function curves from average well data points for K-4 well.



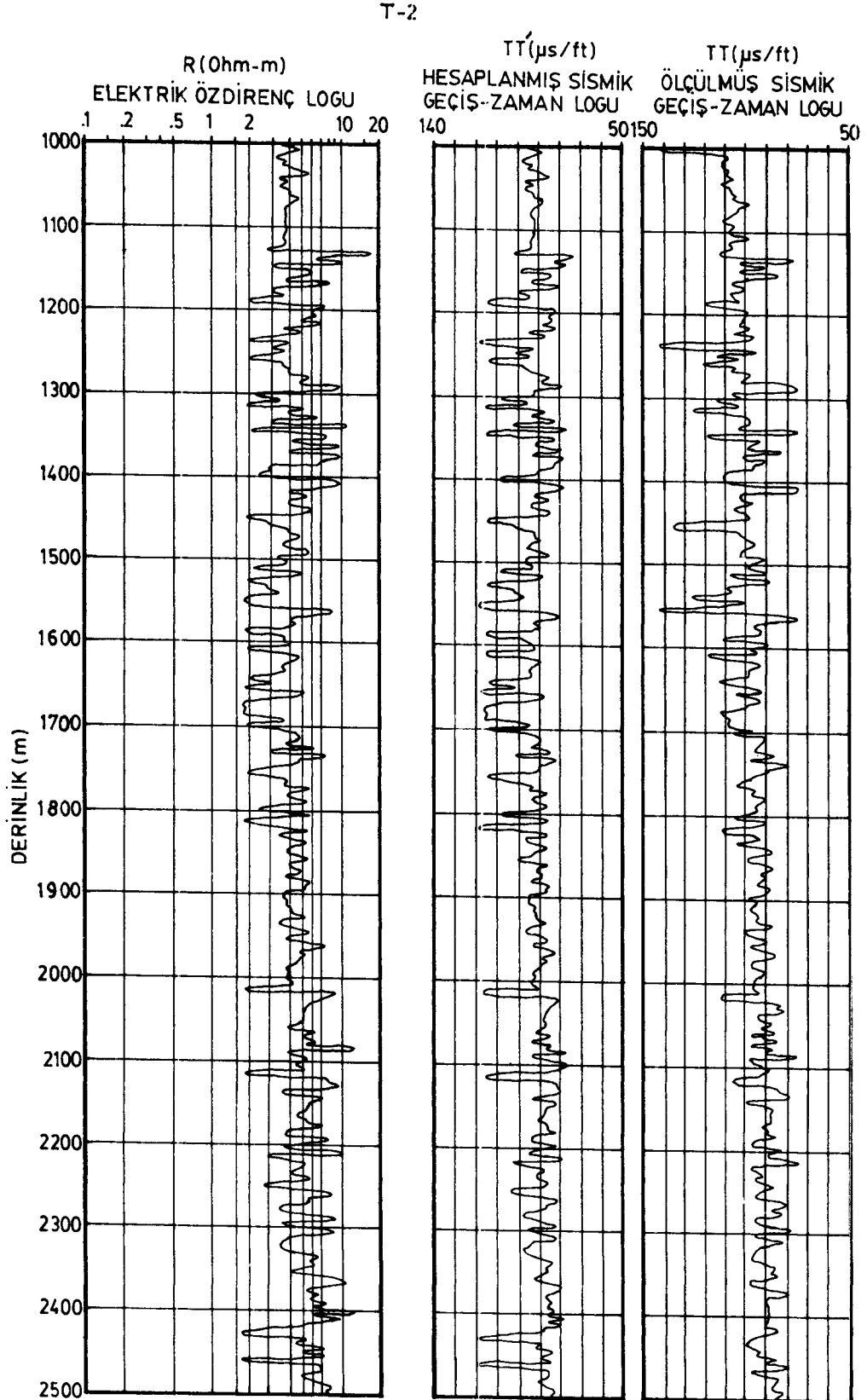
Şekil 4. K-4 kuyusuna ait kuyu verisinden elde edilen esas ölçek fonksiyonu eğrisi  
 Fig. 4. Obtained basic scale function curve from for K-4 well data.

Kamacı  
K-4

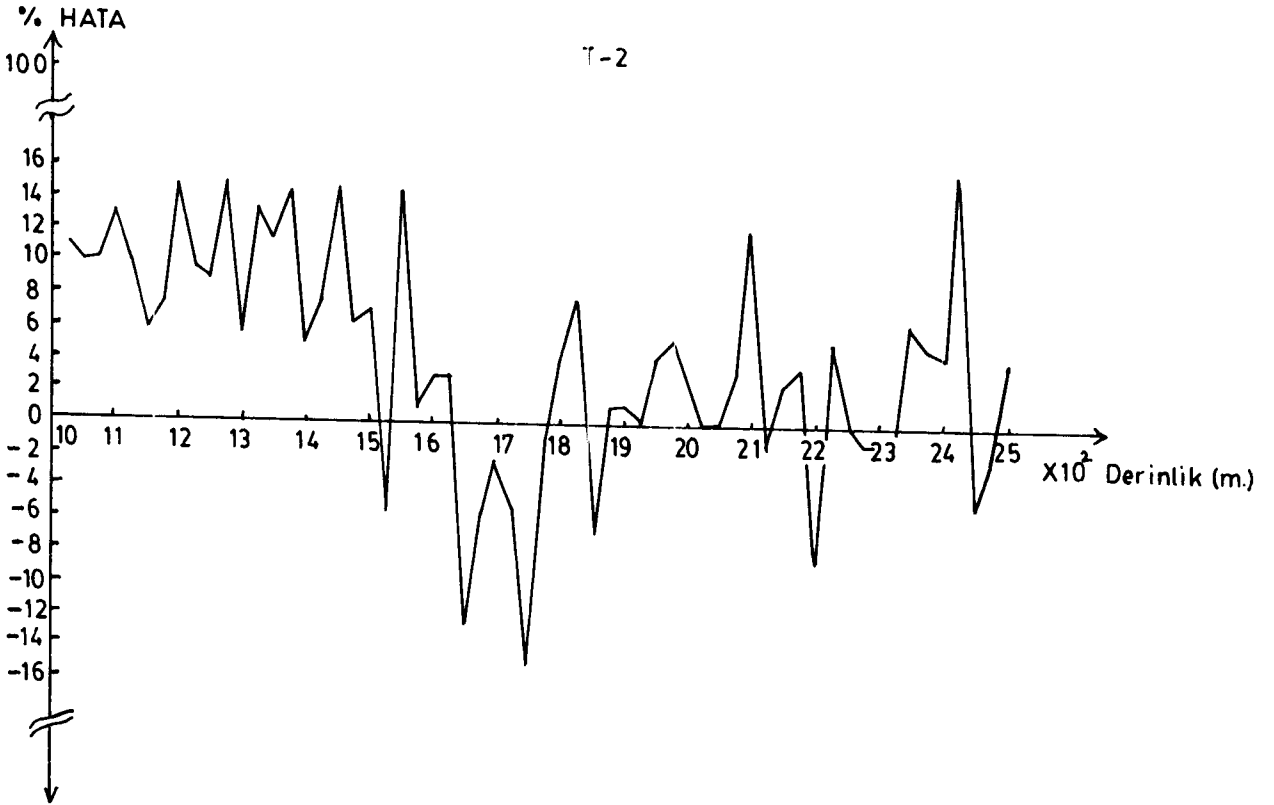
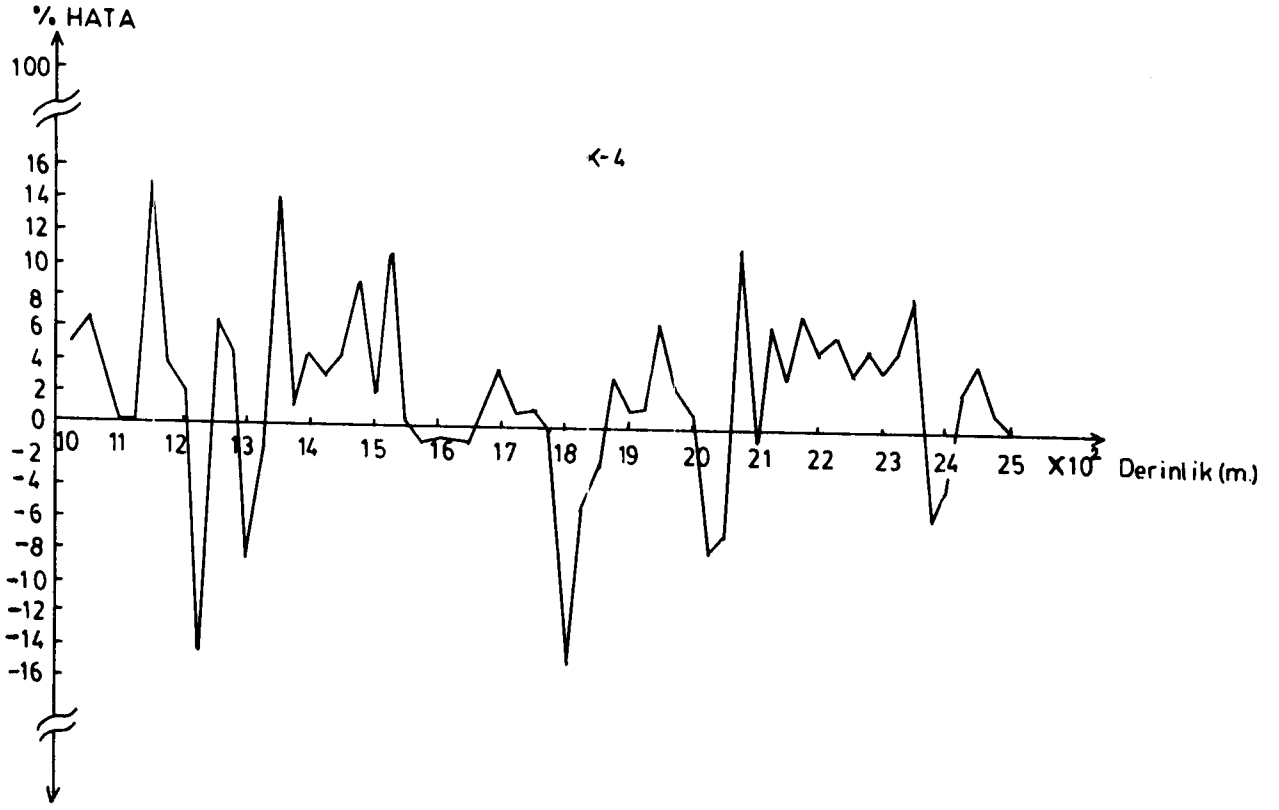


Şekil 5. K-4 kuyusuna ait ölçülmüş ve hesaplanmış logların çizimi.  
Fig. 5. Graph of measured and calculated logs for K-4 well.





Şekil 6. T-2 kuyusuna ait ölçülmüş ve hesaplanmış logların çizimi.  
Fig. 6. Graph of measured and calculated logs for T-2 well.



Şekil 7. K-4 ve T-2 kuyularına ait bulunan hata değerlerinin grafik çizimleri.  
Fig. 7. Graphic presentation of errors for K-4 and T-2 wells.

Çizelge 1. K-4 kuyusuna ait ölçülmüş (TT) ve hesaplanmış (TT') sismik geçiş zamanlarının yüzde hata cetveli.

Table 1. Per cent error tabulation of measured (TT) and calculated (TT') seismic transit times for the K-4 well.

DERİNLİK (m)	CVL TT (μs/ft)	K - 4	
		TT' (μs/ft)	HATA (%)
1025	110	104	+ 5.45
1050	104	97	+ 6.73
1075	117	113	+ 3.41
1100	107	107	0
1125	85	85	0
1150	73	84	+ 15.00
1175	111	107	+ 3.60
1200	91	89	+ 2.19
1225	92	105	- 14.13
1250	123	115	+ 6.50
1275	97	93	+ 4.12
1300	105	114	- 8.57
1325	105	107	- 1.90
1350	134	115	+ 14.18
1375	83	82	+ 1.20
1400	88	84	+ 4.54
1425	95	92	+ 3.15
1450	88	84	+ 4.54
1475	101	92	+ 8.91
1500	97	95	+ 2.02
1525	112	100	+ 10.71
1550	85	85	0
1575	94	95	- 1.00
1600	113	114	- 0.88
1625	103	104	- 0.97
1650	103	104	- 0.97
1675	84	85	- 1.19
1700	110	114	- 3.63
1725	115	114	+ 0.87
1750	96	95	+ 1.00

Çizelge 1'in Devamı  
Continuation From Table 1

DERİNLİK (m)	CVL TT (µs/ft)	K - 4	
		TT' (µs/ft)	HATA (%)
1775	80	80	0
1800	99	114	- 15.00
1825	75	79	- 5.33
1850	80	82	- 2.50
1875	96	93	+ 3.12
1900	90	89	+ 1.00
1925	83	82	+ 1.20
1950	88	82	+ 6.81
1975	80	78	+ 2.50
2000	96	95	+ 1.00
2025	75	81	- 8.00
2050	75	80	- 6.66
2075	96	85	+ 11.45
2100	76	77	- 1.31
2125	92	86	+ 6.52
2150	86	83	+ 3.48
2175	93	86	+ 7.52
2200	80	76	+ 5.00
2225	83	78	+ 6.00
2250	80	77	+ 3.75
2275	80	76	+ 5.00
2300	78	75	+ 3.84
2325	79	74	+ 5.00
2350	83	76	+ 8.43
2375	70	74	- 5.71
2400	77	80	- 3.89
2425	75	73	+ 2.66
2450	73	76	- 4.11
2475	73	72	+ 1.36
2500	72	72	0

$$\text{Yüzde Hata} = \frac{TT - TT'}{TT} \times 100$$

Çizelge 2. T-2 kuyusuna ait ölçülmüş (TT) ve hesaplanmış (TT<sup>n</sup>) sismik geçiş zamanlarının yüzde hata cetveli.Table 2. Per cent error tabulation of measured (TT) and calculated (TT<sup>n</sup>) seismic transit times for the T-2 well.

DERİNLİK (m)	CVL TT (μs/ft)	T - 2	
		TT <sup>n</sup> (μs/ft)	HATA (%)
1025	108	96	+ 11.00
1050	107	96	+ 10.00
1075	104	93	+ 10.57
1100	106	92	+ 13.00
1125	113	102	+ 9.73
1150	85	90	- 5.88
1175	106	98	+ 7.54
1200	100	84	+ 15.00
1225	96	87	+ 9.37
1250	103	94	+ 8.73
1275	100	85	+ 15.00
1300	113	107	+ 5.30
1325	97	84	+ 13.40
1350	95	84	+ 11.57
1375	96	82	+ 14.58
1400	102	97	+ 4.90
1425	101	93	+ 7.92
1450	134	115	+ 14.17
1475	98	92	+ 6.12
1500	99	92	+ 7.00
1525	108	114	- 5.55
1550	140	120	+ 14.28
1575	90	89	+ 1.00
1600	93	91	+ 3.00
1625	97	94	+ 3.00
1650	104	117	- 12.50
1675	108	114	- 5.55
1700	89	91	- 2.24
1725	95	100	- 5.26
1750	99	114	- 15.15

## Çizelge 2'in Devamı

Continuation From Table 2.

T - 2

DERİNLİK (m)	CVL TT (μs/ft)	T - 2	
		TT' (μs/ft)	HATA (%)
1775	91	92	- 1.00
1800	88	84	+ 14.00
1825	103	95	+ 7.76
1850	91	98	- 7.69
1875	93	92	+ 1.00
1900	94	93	+ 1.00
1925	85	85	0
1950	96	92	+ 4.00
1975	92	87	+ 5.43
2000	93	90	+ 3.00
2025	82	82	0
2050	85	85	0
2075	88	85	+ 3.40
2100	90	79	+ 12.00
2125	77	78	- 1.00
2150	86	84	+ 2.30
2175	83	80	+ 3.60
2200	85	92	- 8.20
2225	93	88	+ 5.37
2250	84	84	0
2275	93	94	- 1.00
2300	78	78	0
2325	87	88	- 1.00
2350	95	89	+ 6.31
2375	85	80	+ 5.00
2400	86	82	+ 4.65
2425	95	110	+ 15.78
2450	75	79	- 5.00
2475	83	85	- 2.00
2500	84	80	+ 4.00

$$\text{Yüzde Hata} = \frac{TT - TT'}{TT} \times 100$$

**SONUÇLAR**

Bu çalışmada olduğu gibi, aynı sahada açılmış veya açılabilir kuyuların herhangi bir tanesinden alınmış sismik geçiş-zaman ve alışılmış elektrik öz direnç logu değerleriyle bir ölçek fonksiyonu oluşturulması mümkün olabilmektedir. Bu oluşturulan ölçek fonksiyonu yardımıyla aynı sahadaki diğer kuyuların sismik geçiş-zaman logları alınmamış olması halinde dahi, anılan kuyulardan alınmış sadece kısa normal (16 inch) alışılmış elektrik öz direnç log değerleri kullanılarak, sahadaki anılan diğer kuyuların çoğunda hesaplanmış sismik geçiş-zaman logları türetilebilir. Türetilecek bu gibi logların yapay sismogramları hazırlanarak, sahanın daha önceki sismik çalışmalarla elde edilmiş olabilecek sismik kesitlerinin yorumunda büyük yararları olacaktır.

**KAYNAKLAR**

- Al-Chalabi, M. 1979, Velocity determination from seismic reflection data, in Developments in Geophysical Exploration Methods-1, Ed.A.A. Fitch Applied Science Publishers London, pp. 1-68.
- Archie, G.E. 1942, The electrical resistivity log as an aid in determining some reservoir characteristics, AIME Trans (Petroleum Development and Technology) 146, 54-62.
- Faust, L.Y. 1951, Seismic velocity as a function of depth and geology, Geophysics 16, 192-206.
- Faust, L.Y. 1953, A velocity function including variations, Geophysics 18, 271-288.
- Guyod, H. and Praglin, A.J. 1961, Now get true resistivities from conventional electric logs Oil and Gas J. 59 (24), 113-118.

- Kennett, P. 1979, Well geophone surveys and the calibration of acoustic velocity logs, in Developments in Geophysical Exploration Methods-1, Ed.A.A. Fitch, Applied Science Publishers, London, pp. 93-114.
- Kim, D.Y. 1964, Synthetic velocity log. Presented at 33 rd Annual Intern. SEG Meeting, New Orleans.
- Nafe, J.E. and Drake, C.L. 1957, Variations with depth in shallow and deep water marine sediments of porosity, density and the velocities of compressional and shear waves, Geophysics 22, 523-552.
- Nafe, J.E. and Drake, C.L. 1963, Physical Properties of marine sediments, in The Sea, Vol. 3, Ed.N.M. Hill Interscience, New York, pp. 794-815.
- Rudman, A.J., Whaley, J.F., Blakely, R.F. and Biggs, M.E. 1975, Transformation of resistivity to pseudovelocity logs, AAPG Bull. 60, 879-882.
- Rudman, A.J. 1980, Interrelationship of resistivity and velocity logs, in Developments in Geophysical Exploration Methods-3, Chapter-2, pp. 33-59.
- Work, P.L. and Meadow, H.M. 1974, Digitize well logs in Marrow sand exploration, Oil and Gas J. 72 (7), 61-63.
- Wyllie, M.R.J., Gregory, H.R. and Garder, L.W. 1956, Elastic waves in heterogeneous and porous media, Geophysics 21, 41-70.

**KATKI BELİRTME**

*Kuyu verilerinden yararlandığım TPAO Jeofizik Operasyonlar Müdürlüğü'ne teşekkür ederim.*