

# Schlumberger Derin Elektrik Özdirenç Değerlendirmelerinde Tagg-Ebert Yaklaşımı

Tagg-Ebert Algorithm In Interpretation Of The  
Schlumberger Depth Soundings

Doç. Dr. Ahmet ERCAN\*

## ÖZET

Tagg-Ebert yaklaşımı iki katmanlı ortamlar için Tagg'in geliştirmiş olduğu yönetimin çok katmanlı ortamlara uygulanışdır. Uygulamanın her adımında üstte değerlendirilen katmanlar. Ebert bağıntıları uyarınca birlikte yuğrularajc, elektrik akımına karşı aynı tepkiyi veren tek, eşdeğer katmana dönüştürülür. Böylelikle, çok katmanlı her ortam ardışık Ebert ve Tagg ilkelerinin kullanımı ile iki katman kavramı uyarınca değerlendirilebilir. Katma kalınlıklar tartıkça eğri kanatları üzerindeki çekme-itme etkisi azalacağından, sonuç duyarlığı artar.

## ABSTRACT

The Tagg-Ebert algorithm is an application of the empirical technique, developed by Tagg (1932), to the solution of the layered earth problems. At each steps of the process, interpreted layers, are mixed into single equivalent layer in accordance with the Ebert relationship developed for the three-layered case. In this sense, a multi-layered strata may be interpreted by sequential use of the Tagg and Ebert methods.

Resolution is as same as the one obtained by the partial curve matching and the algorithm applicable to high speed computers.

(\*} I.T.Ü.Maden Fakültesi, Jeofizik Kürsüsü-1 STAN BUL

### Kullanılan Simgeler

- $\rho_l$  : Katmanların gerçek özdirençleri [ Ohm - metre ]
- $h_l$  : Katmanların gerçek kalınlıkları [ metre ]
- $\rho_a(r)$  : Uzaklığın değişkeni olarak ölçülen görünür Özdirenç [ Ohm-metre ]
- $r$  : İki akım ucu arasındaki uzaklığın yansı
- $I$  : Yere verilen elektrik akımın yoğunluğu [ Amper ]
- $\rho_e$  : Eşdeğer katmanın özdirenç! [ Ohm-metre ]
- $h_e$  : Eşdeğer katmanın kalınlığı [ Metre ] (Andıran derinlik)
- $H_e$  : Eşdeğer katmanın İçerdiği katmanların gerçek toplam kalınlığı ••  
( =  $h_1 + h_2$  ). Ebert kalınlığı (gerçek derinlik) [ Metre ]
- $D_j$  : (  $i + 1$  ) inci katmana değin olan derinlik (Tagg kalınlığı) (gerçek derinlik) [ Metre ]
- $h_x$   
 $I$  : 1 'inci katman İçin kestirilen kalınlık, değeri,
- $\rho(h)$  : Ebert- Tagg derinlik ayrışığı değişkeni
- $h_l$  : Vnci katmanın olası en büyük kalınlığı
- $h_T$  : 1 'inci katmanın olası en küçük kalınlığı
- $h$  : [  $h_j, h^+, J$  arasında herhangi bir değeri ] [ Metre ]
- TUR** : Üç katman eğrisinin türü
- H türü**  $\rho_j > \rho_2 < \rho_3$
- A türü  $\rho_j < \rho_2 < \rho_3$
- K türü  $\rho_j < \rho_2 > \rho_3$
- Oltürü  $\rho^+ > \rho_j > \rho_3$
- $e$  : Köke yaklaşım yanığı
- $\rho_a(r)$  : Kanat üzerinde seçilen noktaların görünür özdirençleri [ Ohm-metre ]
- $E$
- $r_l$  : Kanat üzerinde seçilen noktaların açılan değerleri [ Metre ]

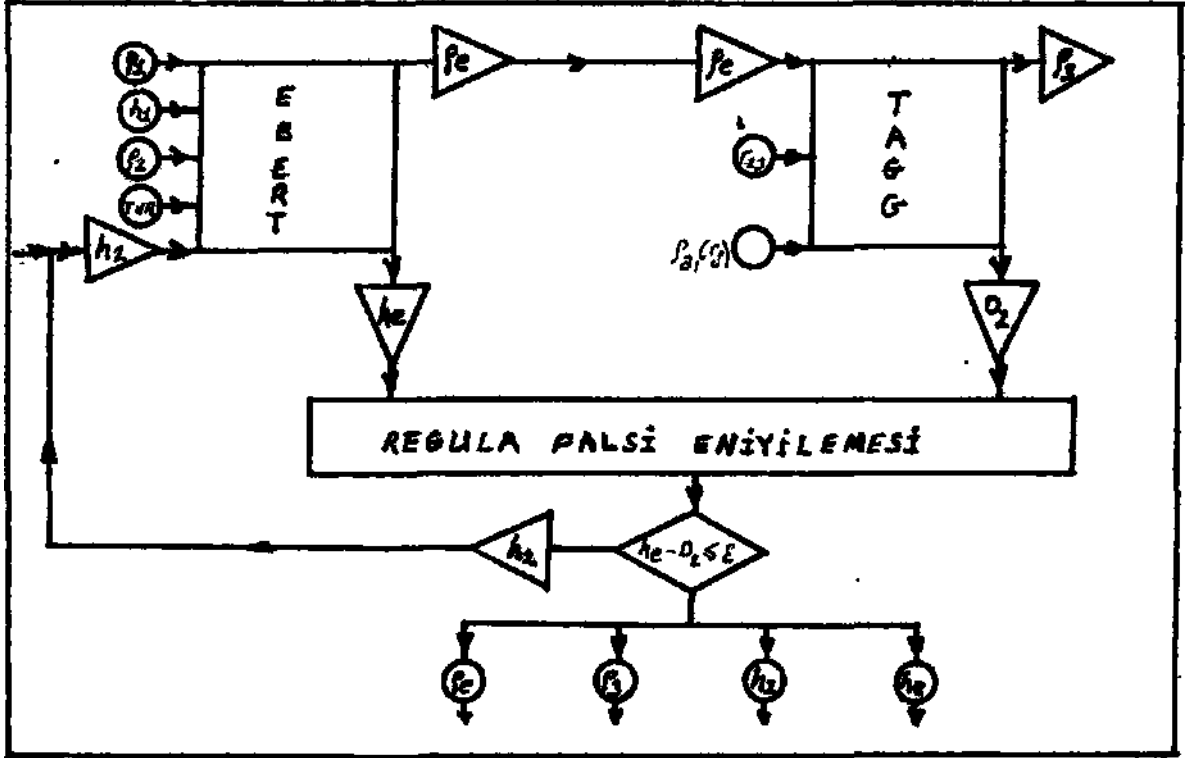
## 1. GİRİŞ

Yeryüzünden yapay olarak uygulanan bir I akımına karşı yerin geriliminin ölçülmesi jeofizikte elektrik çalışmalarının özünü oluşturur. Yalın bir kesit örneği olmasına karşın, öz dirençleri  $\rho_1, \rho_2, \rho_3, \dots, \rho_n$  ve kalınlıkları  $h_1, h_2, \dots, h_n$  olan, kendi içlerinde yönbağımsız yatay katman aralanmalarının, akım uçlarının açılması ile verdikleri görünür tepkilerin değerlendirilerek ortamın elektrik özelliklerinin araştırılması 19. yüzyıldan beri vazgeçilmez olmuş ve bu nedenle çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Pek doğal olarak her yaklaşımın kendine özgü kısıtlama ya da eksiklikleri olduğundan, adeta, bu işlem bitmez tükenmez bir uğraş biçimine dönüşmüştür.

Çalışmalar önce iki katman tepkileri üzerine yoğunlaşmış, ve bu sorunun çözümü üzerine, çoğunluğu deneysel, bir çok yol bulunmuştur. Bunlardan (7) in geliştirmiş olduğu yöntem duyarlı ve güvenilir sonuç vermesi bakımından günümüzün, jeofizik yayınlarında bile "yaşayan klasik" olarak yerini korumuştur (1), (5), (6), (8) »Yöntem uygulamasının kısa sürede sonuçlandırılabilmesi için.

İki katmanlı ortam için görünür öz direnç tanımının sonsuz seri yaklaşımının Regua-Falsı yöntemiyle verilen üst katman öz direnci ve kanat değerleriyle kesim noktalarını bulacak biçimde bilgisayara uyarlanmıştır (3). Ne varki çok katmanlı ortam, eşdeğer iki katmana indirgenmedikçe yöntem iki katman uygulamaları içine sıkışmış kalmıştır. Ancak Hummel'in  $\rho_1 > \rho_2 < \rho_3$  Pütürü öz direnç aralanmaları için bulduğu eşdeğer katman birimlerini kullanarak yöntem yalnız değinilen tür üç katmanlı ortamlara uygulanır olmuştur (5).

Daha sonraları (2) Üç katmanlı ortamlarda olası dört tür öz direnç dağılımı için eşdeğer katman birimlerini tanımlayan bağıntıları bulmasına karşın, gerek bu bağıntıların  $h_2$  ikinci katman kalınlığının önceden bilinmiş olmasının gerekmesi ve gerekse uzun işlemleri içermesi, zaten tek bir katman için uzun süre alan Tagg yöntemine uygulanırlığını düşündürmem iştir bile. Ancak günümüzde sayısal çözümleme (nümerik analiz) ve bilgisayar olanaklarının oldukça gelişmiş olması Ebert eşdeğeri i k ilkesinin Tagg yöntemiyle birleştirilmesini sağlamıştır.



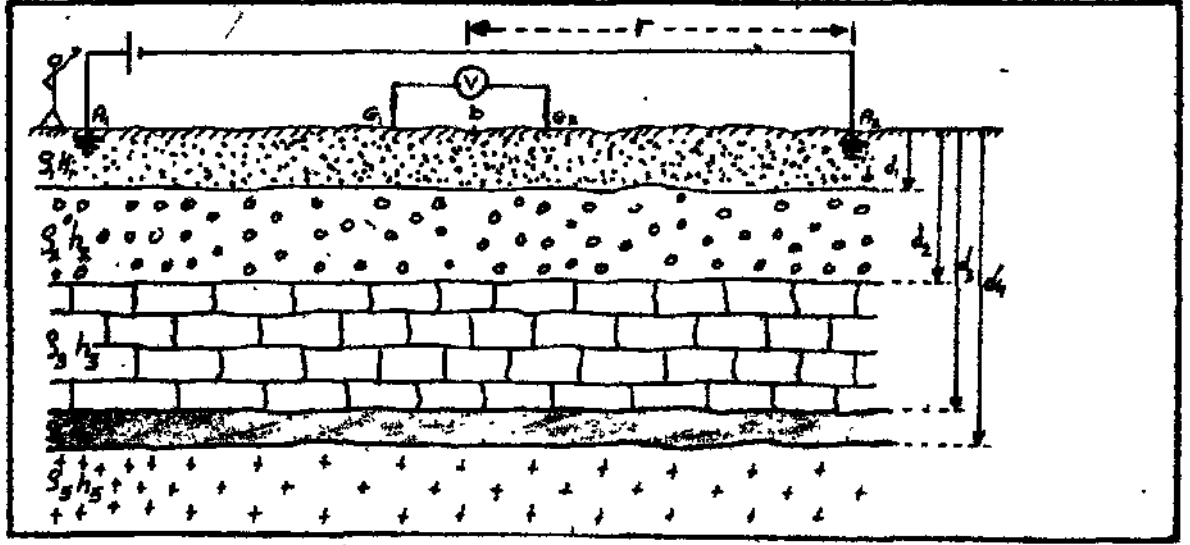
Taslak 1. Üç katmanlı Schlumberger görünür öz direnç eğrisi için TAGG-EBERT uygulaması. Çemberler gerçek üçgenler kestirilen değerleri çevreler,  $\rho_1$ : ilk katman öz direnci,  $h_1$ : İlk katman kalınlığı,  $\rho_2$ : İkinci katman öz direnci,  $TUR$ : Üç katman eğrisinin türü (H.A.O ya da K),  $\rho_3, h_3$ : üstteki iki katmanın eşdeğeri tek katmanın eşdeğer öz direnci ve kalınlığı,  $d_1$ : Ebert'in üst katmanların toplam derinliği,  $i^i PaZO$  ikinci kanatta yer alan defterlerin konuları.  $D$  : Tagg'in üst katmanların toplam derinliği,

## 2. TAGG-EBERT KALIP İŞLEMİ

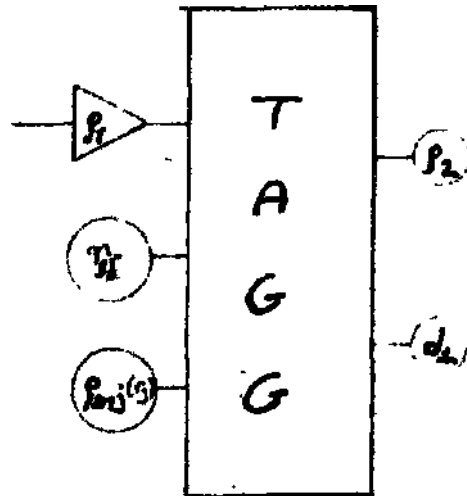
Tagg-Ebert kalıp işlemi diye adlandırılan birleşim İki katman Tagg FORTRAN-IV izlencesi ile (3) ebert izlencesinden (4) oluşur. Kalıp işlemin (Algorithm) çekirdeği Taslak-1 de gösterildiği gibi en iyileme ile Uyumluluk araştırılmasını kapsar.

### 2.1. İki Katman Değerlendirilmesi

Eğrinin küçük açılımlar İçin  $p_a(r)$  görünür öz direnç değerlerinin  $jp$  e sonuçmaz olarak yaklaşmasından  $p_j$  in bulunmasından sonra,  $p_a(r)$  ntn yükselen ( $p_2 > P_1$ ) ya da alçalan ( $p_j < p$ ) ilk kanadını değerlendirerek  $p_j$  ikinci katman Öz direnci ve  $d_j$  İkinci katman üst düzeyine olan derinliği bulmak için,  $p_1$  ve İlk kanat değerleri TAGG işlemcisine verilir. •



Çizim 1- Yatay katmanlı ortam üzerinde Schlumberger dizilimi, r: Dizilim orta noktasının bir akım ucuna uzaklığı, b, iki gerilim ucu arasındaki uzaklık,  $p_i$  : Katman öz dirençleri  $h_i$  katman kalınları,  $d_j$  : Katman derinlikleri-



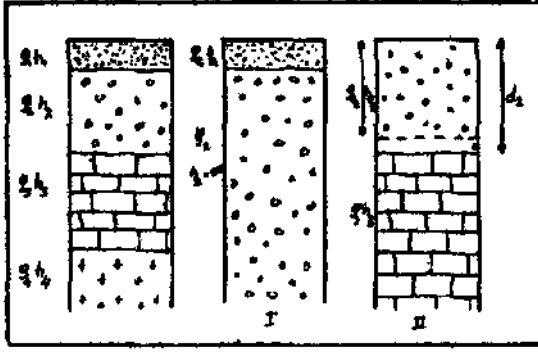
$$\bullet \frac{hM-uL}{J} \hat{v}_{ar}, \hat{J}_{ar} = (AV, \hat{v}_{ar})$$

Tagg işlemcisi Tagg yöntemi uyarınca  $P_2$  ve  $d_j$  i verir (Taslak-2).

Taslak 2. İki katman için TAGG izlencesinin  $p_j$  ikinci katman öz direnci ve  $d_j$  bu katmana olan derinliği ni bulmaat. Giriş birimleri  $p_j$ : sonuçtan kestirilen ilk katman öz direnci ( $tu P_{gjt}(r)$ ),  $p_a(r)$  eğrisinin ilk kanadında yaralan değerler.

## 2,2 Üç Katman Değerlendirmesi

Tagg'in  $p_a(r)$  görünür özdirenç eğrisinin ilk kanadına uygulanması sonucu bulunan  $p_j$ ,  $h_j$   $\{-d\}$ , P2 değerlerinden sonra P3 ve  $d_2$   $\{-h\} + h^{\wedge}$  bulunması için T ve 2 katmanlarının birlikte yüklenmesi olarak, akıma karşı aynı tepkiyi veren eşdeğer tek bir katmanın  $p_j$  ve  $h_2$  değerlerinin bulunması gerekir. Ancak Tagg'in P3,  $h_2$ 'i bulabilmesi için bunlardan yana  $p_e$  nin ve ikinci kanat değerlerinin bilinmesi yeterlidir. Taslak-1 den izlendiği üzere İlk aşamada bulunan  $P_1, h_1, p_2$  değerlerinin yanısıra üç katman eğrisinin türünün ve  $h_2$  nin verilmesi ile gereken  $p_e$  eşdeğer Özdirençinin yanısıra 1 ve 2 katman kalınlıkları toplamı olan  $0^*2$  de elde edilir. Ne varki, bu değıştrkenterden  $h_2$  nin değeri bilinmemektedir. Ancak, kestirilecek herhangi bir  $h^*$  değeri için bulunan  $h_{e_2}$



Çizim 2. Eşdeğer katmana indirgeme işleminin yapı üzerinde gösterilişi.

Ebert eşdeğer kalınlığının yanısıra  $p_e$ 2 eşdeğer özdirenç TAGG in giriş birimi gibi kullanılarak TAGG derinlik kestirimi elde edilmektedir. Bu değer bir ve ikinci katmanlar] birlikte simgeleyen tek katmanın eşdeğer kalınlık değeri ( $H^{\wedge}$ ) dir. Diğer bir deyimle  $p_e$ ,  $h_{e_2}$ , P3 ve  $H_{e_2}$  nin tümü aynı  $h_2$  katman kalınlığının değışkenidirler. Eğer seçilen  $h^*$  değeri gerçek kalınlık değerine eşit

ise EBERT ve TAGG derinlik bulgularının birbirine eşit olması beklenirdi.

$$\left( \frac{p_j}{h_j} \right)^{h^*} = \frac{H_{e_2}(h_2)}{h_2} \quad (0)$$

$$\text{Eğer } h^* = h_2 \text{ ise} \quad (2)$$

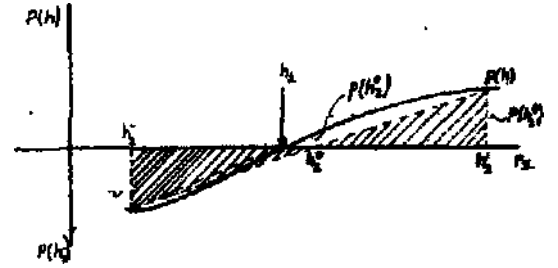
olacaktır.

Açıkça  $h_2$  değeri

$$p(h) = h_{e_2}(h) - H_{e_2}(h) \quad (3)$$

denkleminin köküdür.

$$p(h_2) = 0 \quad (4)$$



Çizim 3.  $p(h)$  derinlik ayrılığı fonksiyonunun "2 • " kestirilen aralıktaki II2 köküne ardışık Tales bağıntısı uygulanması ile yaklaşımı.

$p(h)$  tansiyonun kökü ise  $p(h)$  eğrisinin  $h$  eksenini geçtiği yerdir.  $h_2$  kökünü bulmak için  $h_2$  nin yer alabileceği aralığın  $h^*$ ,  $h^* + 1$  alt ve üst

sınırları tanımlanır. Eğer  $h_2$ ,  $h^* + 1$  aralığında yer alıyorsa

$$p(h_2) \cdot p(h_2) < 0 \quad (5)$$

Kestirilen en büyük  $h^*$  ve en küçük  $h_2$  değerleri için  $p(h)$  nin aldığı  $p(h^*)$  ve  $p(h_2)$  değerlerinin

uçları bir doğru ile birleştilirse, bu doğrunun  $h$  eksenini kestiği yer  $h_2$  olacaktır.  $h_2$  ve  $h^*$  ye göre  $h_2$  köküne daha yakındır. Tales bağıntısından  $h_2$  nin değeri

$$h_2^0 = \frac{h_2^- \cdot p(h_2^+) - h_2^+ \cdot p(h_2^-)}{p(h_2^+) - p(h_2^-)}$$

t\* >

$$h_{+2} = h_0$$

bağıntısıyla elde edilir. Eğer hŞ in değeri yeni kestirilen b% değeri olarak alınarak işlem yinelenirse, sonunda öyle bir hŞ değerine ulaşırlar ki bu değer için

$$P <^{no} > < iel$$

7)

açıkça

$$h_2 = h_0 \text{ ) } \tau_e$$

8)

olacaktır. Her (6) denkleminin Taslak-1 uyarınca yinelenmesinde

a) Eğer  $p(h^0), p(h^+) < 0$  ise,

$h^0$  ve  $h_2$  ii2 nin iki ayrı yanında ve kök  $[h_2$

$h_2$  J arasındadır. Bu durumda  $h^+$  nin iyileştirilen kestirme değeri  $h_2$  olacaktır.

b) Eğer  $p(h_2) > 0$  ise,  $h_2$  ve  $h^+$

$h_2$  nin aynı yanında ve kök  $[h, h^+]$  arasındadır. Bu durumda  $h^+$  nin iyileştirilen değeri  $h_2$  olacaktır.

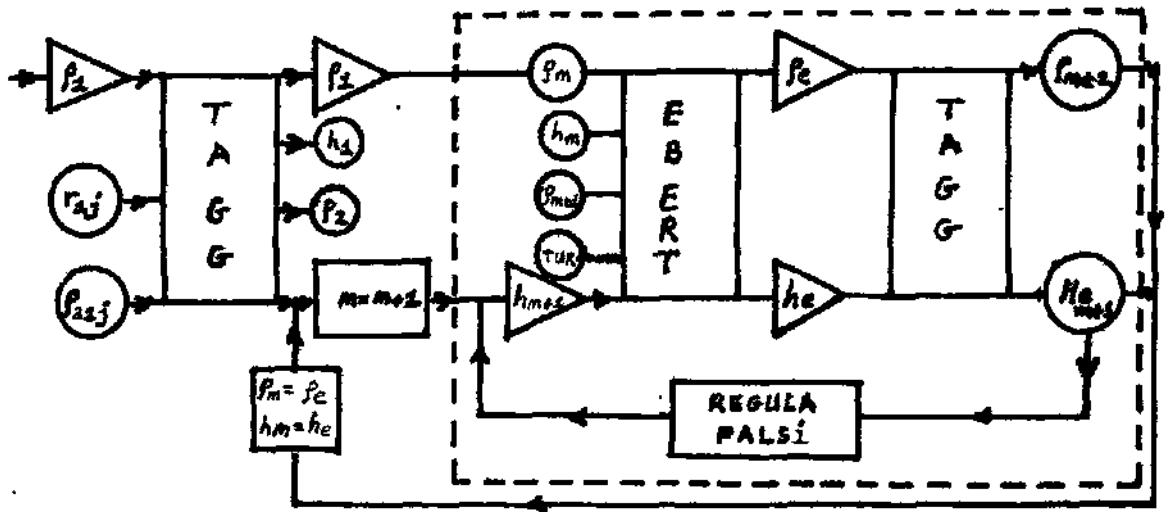
c)  $p(h^0) \cdot p(h_2) < e$  ise  $h_2 = h^0$  dir. Bu

değer için EBERT'in çıkışından elde edilen  $P_2$ ,  $h_2$  eşdeğerlik birimleri ve  $h_2$  TAGG'm çıkışından bulunan  $p_j$ ,  $H_2$  Üçüncü katman Özdirenci ve üçüncü katmana olan derinlikler gerçek, aranan değerlerdir -

### 2. 3. Dört ve Daha çok Katmanların Değerlendirilmesi

Bu işlem için üç katman değerlendirmesinden yararlanılır. Bu kez eşdeğer  $(p_2, h_2)$  katmanı ile  $(p^+, h^+)$  katmanları birlikte yuğrularak  $(p_3,$

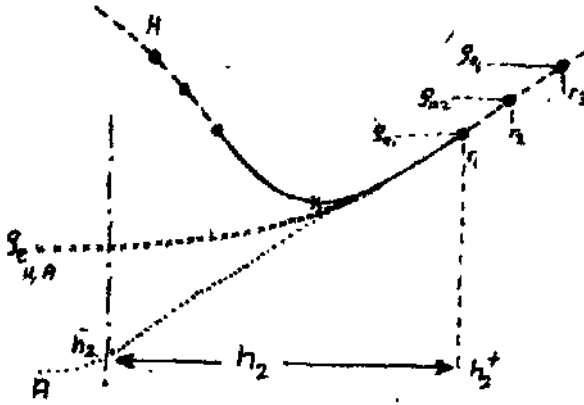
$h_3)$  değerleri elde edilir ve bu işlem benzer biçimde sürdürülerek N katmanlı ortamın tümü değerlendirilir (Taslak 3).



Taslak 3. Çok katmanlı ortam için TAGG-EBERT'»» çalışma düzeni.

## 2.4. Katman Kalınlığının Olabilme Aralığının Görünür Özdirenç Eğri Kanadından Bulunması

1-gg-Ebert yaklaşımı ile üçüncü katmanın P3 gerçek özdirencini bulabilmek için, bir önceki adımda saptanan  $p/$ ,  $h|$ ,  $p_2$  nin yanısıra İkinci katman kalınlığı  $h_2$  nin  $(h^{\wedge})$   $(h\%)$   $^{olasi}$  aralığının alt ve üst sınırlarının bilinmesi gereklidir.  $h_2$  ince bir katmanı simgelediğinden sıfıra yakın bir değer alınabilir. Ancak  $n$ 't kalınlığı eğrinin İkinci bükülme noktasının oluştuğu uzaktık üe orantılıdır. Ne varki, kalınlık her koşulda tam bu büküm noktası altında değil, kimiteyin bu nokta\* dan önce, kimileyin bu noktadan sonra yer alabilir. Ne varki, üstteki İki katmanın  $p_e$  eşdeğer özdirencinin H ve A türü eğrilerde, yükselen İkinci kanadın düzgünleşen parçası üzerinde seçilen ilk



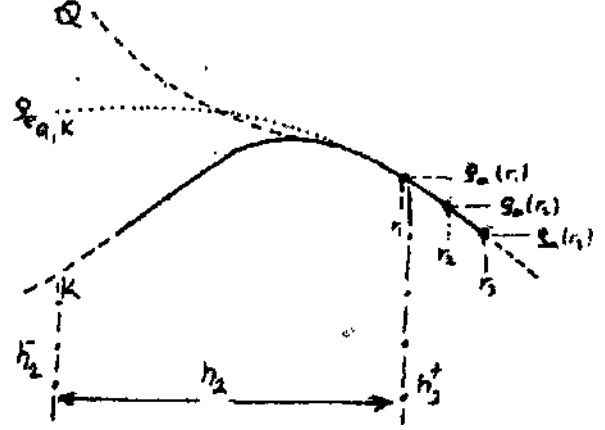
Şizim 4. İkinci katman kalınlığı  $h_2$  nin olası aralığı.

noktanın görünür özdirencinden daha büyük olamayacağı bitindiğinden  $(h_2^-, h_2^+)$  aralığında herhangi bir  $h_2$  değeri için  $p_e$  eşdeğer özdirenci,

koşulunu sağlar.

K,Q türü eğrilerde ise  $p_e \ll Q$  eşdeğer özdirencin alçalan kanat üzerinde seçilen noktaların ilkini görünür *özdirencinden* daha küçük olamayacağı gözönüne alınırsa,  $(h_2^-, h_2^+)$  aralığında gelişigüzel bir  $h_2^*$  içinde,  $p_e(K) > p_a(r)$  koşulunun sağlanması beklenir. Öyleyse, öncelikle bu koşulları sağlayan  $h_2$  katman kalınlığının  $(h_2^-, h_2^+)$

değişim alanının bulunması ve daha sonra bu aralık içinden gerçek  $h_2$  katman kalınlığının seçilmesi gereklidir.  $h_2^*$  için, bu alanın dışında seçile-



Çizim 6. K ve Gttiri eğrilerde  $p_e$  düzeyi, ve  $h_2$  nin olanlık sınır.

bilecek herhangi bir olası değer için yükselen eğrilerde  $p_a(r)/p_e(H,A) < \cdot$  ve  $a|$   $Ç^{alisan}$  eğrilerde  $p_a(r)/p_e(Q,K) < 1$  durumu ile karşılaşılabilir. Böyle bir durum ise, TAGG ilkesiyle çelişkiye düşeceğinden yöntemin uygulanırlılığını engellerdi.

$$V \ll Q \quad h_2^* \text{ nin} \quad V_Q > p_a(r)$$

lamasına bakılmaksızın alabileceği en büyük değer, kanadın düzgünleşen parçasının sot ucuna denk gelen  $r_s$  açılımıdır.

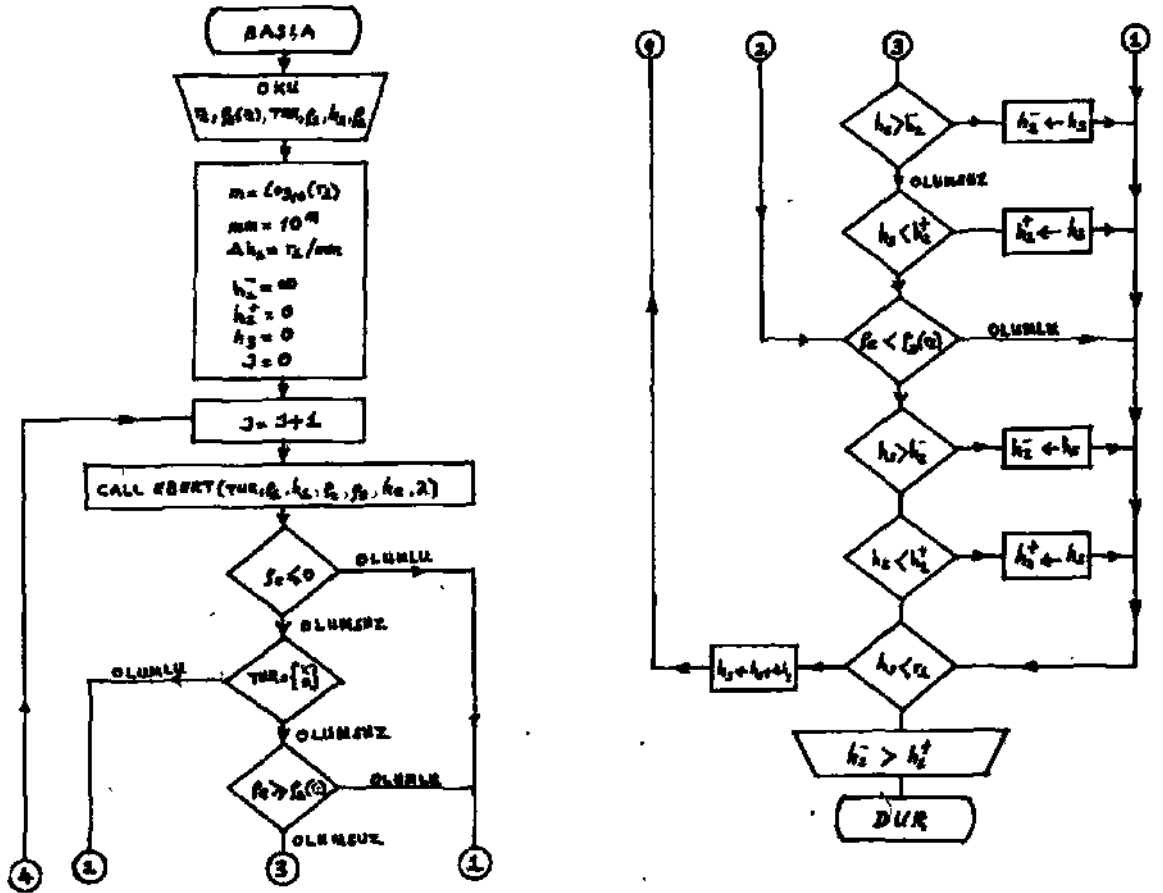
$h_2^*$  için İse bu değer yine

$$V \ll Q \quad \langle p \rangle(r) \gg$$

$$V_a > p_a(r)$$

koşuluna bakılmaksızın 0 ar. Ancak,  $h_2$  nin  $(0, h_2^*)$  aralığında değinilen koşulu sağlanması beklenirse, bu aralık daha daralacak bir.  $0 = h_2^* \text{ sa o}$

$h_2^* = h_2^*$  soı aralığına sıkışır. Bu nedenle, ifk adım



Akış Çizelgesi 1- Uç katmanlı bir ortam için  $h_2$  ikinci katman kalınlığının olası ( $h_2''$ ,  $h_2'$ ) aralığını sınırları bulan işlemin akış çizelgesi. TÜR: H,K,Q,yada A türü olabilir.



da  $f_0, n$ ) aralığında  $Ah_2$  aralıklarla  $n$  tane olası  $h^*$  değeri Üretilir ve Ebert denklemlerini kullanarak her  $h_2$  değeri için  $p_e, HA, KO$  ( $|P| > 2$ ) eşdeğer öz direnci bulunur. Bunlardan yalnız  $eHAKO > 0$  yapan „ $S_2$ “ değerleri eklenerek alınır. İkinci adımda elenen  $h^*$  değerleri ele alınarak, bunların içinden yalnız H ye A türleri için

$$K, Q > Pa(n)$$

koşulunu sağlayanları ikinci bir eleme *ite* seçilir. İki kez elenen  $h^*$  değerlerinden arda kalanların en küçük değeri  $h''$  ve en büyük değeri ise, sonuç olarak,  $h_j$  değerini verir (Akış Çizelgesi 1).

### 3. SONUÇ

TAGG-EBERT yaklaşımında Öz direnci dağılımı, ilk katmanın  $p_1$  Öz direncinin doğru belirlenmesi ölçüsünde duyarlı, çıkar. Ancak, katman kalınlıklarının  $p_1$  den etkilenmediği için katman geçişlerinin bulunma duyarlılığı öz direncilerin bulunma duyarlılığından daha iyidir. TAGG-EBERT bilgisayar Uyarlı olup, kullanıcı, denetimi dışında tek değerlendirme sonucu verir. Bu yaklaşım katman Özelliklerini vermesinin yanı sıra, parçalı değerlendirme İşleminde karşılaşılan öz direnci odaklarının konumunda vererek, kullanıcıya sonuçları denetleme olanağı sunar. Yöntem, her aşamada, bir görünür Öz direnci kanadını değerlendirerek adım adım derinlere doğru iner. Aşağıdaki, katmanların öz direncilerinin akım akışına etkilemesi ve bu nedenle Üstteki katmanları simgeleyen kanatlarda yaratacağı, çarpıktık yada -çekme-İtme etkisi nedeniyle parçalı değerlendirme kavramına göre çalışan bu yöntemle elde edilen öz direnci -çekme-İtme etkisi ölçüsünde gerçekten uzaklaşabilir.

### DEĞİNİMLER

Çizimlerde yardımcı olan öğrencim Ateş Adalan ve özenli yazım için Songül Tahtacı'ya teşekkür ederim.

### EK-1

#### EBERT EŞDEĞERLİK BİRİMLERİ

##### a) H-türü Ortam ( $p_1 > p_2 < p_3$ )

$$p_e = \frac{J_1 f_1}{S_1 + S_2}, h_e = h_1 + h_2$$

$$S = h/p$$

##### b) A-türü Ortam ( $p_1 < p_2 < p_3$ )

$$P_e = jn \& I^n e = /f5$$

$$T = h|p| + h_2 P_2 * S \ll hp|p| + h_2/p_2$$

##### c) Q-türü Ortam ( $p_1 > p_2 > p_3$ )

$$P_e = -\hat{f}c - , h_e - (h_1 + h_2)/n$$

$$S_1 + S_2$$

##### d) K-türü Ortam ( $p_1 < p_2 > p_3$ )

$$p_e = X - (h_1 + h_2)/(S_1 + S_2)$$

$$h_e - eA (h_1 + h_2)$$

$$X = \sqrt{P_1 / P_2}$$

### 5. KAYNAKLAR

1. Oobrin, M43. 1960, Introduction to geophysical prospecting; McGraw-Hill Book Company, 446 pages.
2. Ebert, A., 1942, Grundlagen zur Auswertung geoelektrischer Tiefenmessungen, Beltr. zur angew. Geofizik, w.10, p. 1-17,
3. Ercan, A., 1979 Doğru akım düzey öz direnci uygulamalarında iki katmanlı ortam sorununun tekil çözümü; Bilgisayar uyarlı Tagg Yöntemi, Madencilik, Mart sayısı, s. 40-57.
4. Ercan, A., 1980 Ebert FORTRAN- IV programı: İTÜ Maden Fakültesi jeofizik Kürsüsü (yayınlanmamış).
5. Ergin, K., 1973, Uygulamalı Jeofizik T.C., İTO KatSphanesi, say\* 935. 371 sayfa.
6. H+elland, CA., 1968/3aophysical exploration; Hafner Pub, comp. Inc. 1013 pages.
7. Tagg, Ü.F., 1932: Interpretation of resistivity measurements. Amer. Inst. Min. Met. Eng. Tech. Pub, 477, New York.
8. Telford, WJVL, Getdart, U4>., Sheriff, R.E., and Keys, DA 1976, Applied Geophysics Cambridge Univ, Press, New York, 860 pages.