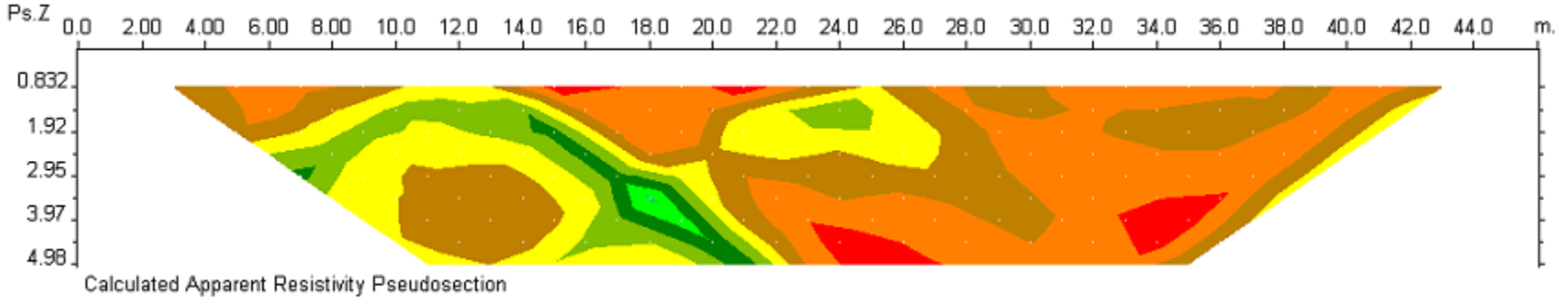




**TMMOB  
ELEKTRİK MÜHENDİSLERİ ODASI  
İZMİR ŞUBESİ**



# TOPRAK ÖZGÜL DİRENÇ ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

***Ali Fuat AYDIN***

**28.05.2014 - İzmir**

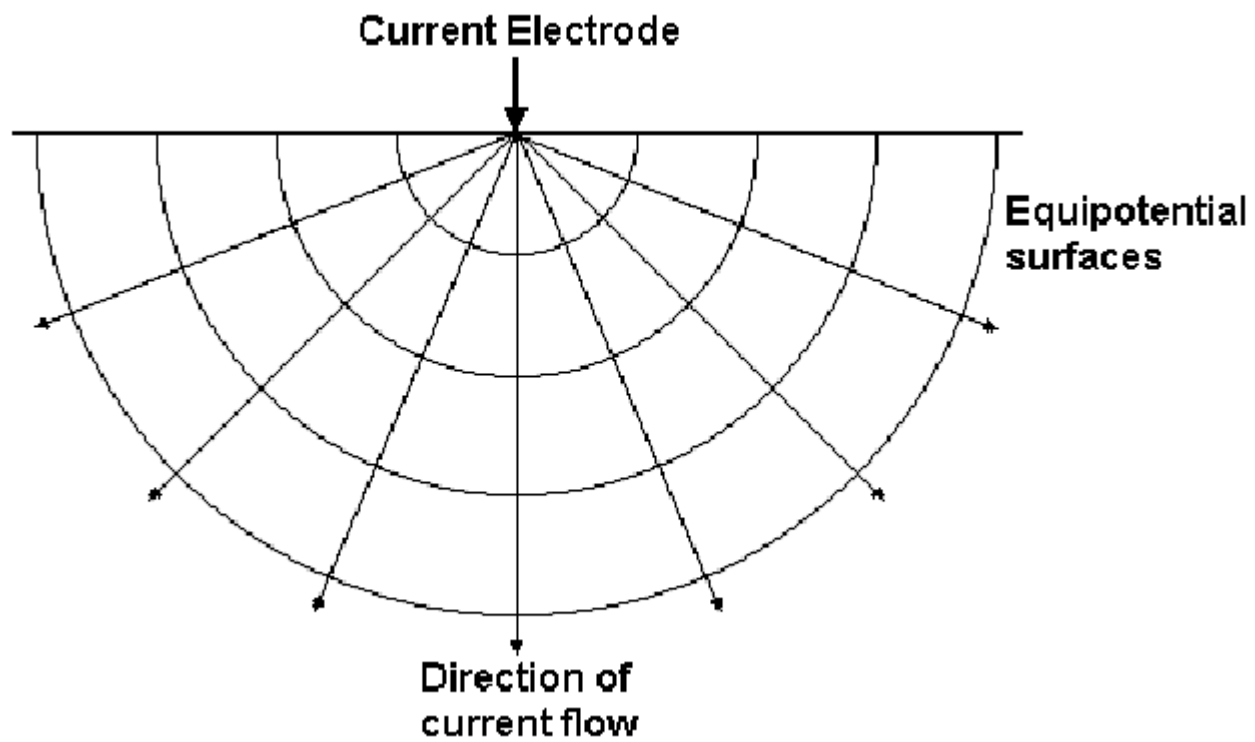
*Not : Bu çalışma Elk.Elo.Müh. Ali Fuat AYDIN tarafından Elektrik Mühendisleri Odası eğitimlerinde kullanılmak üzere hazırlanmıştır. EMO dışındaki firma, kurum ve kuruluşlar tarafından kullanılması ya da metinlerin değiştirilmesi halinde hazırlayanlardan olur alınması gereklidir.*

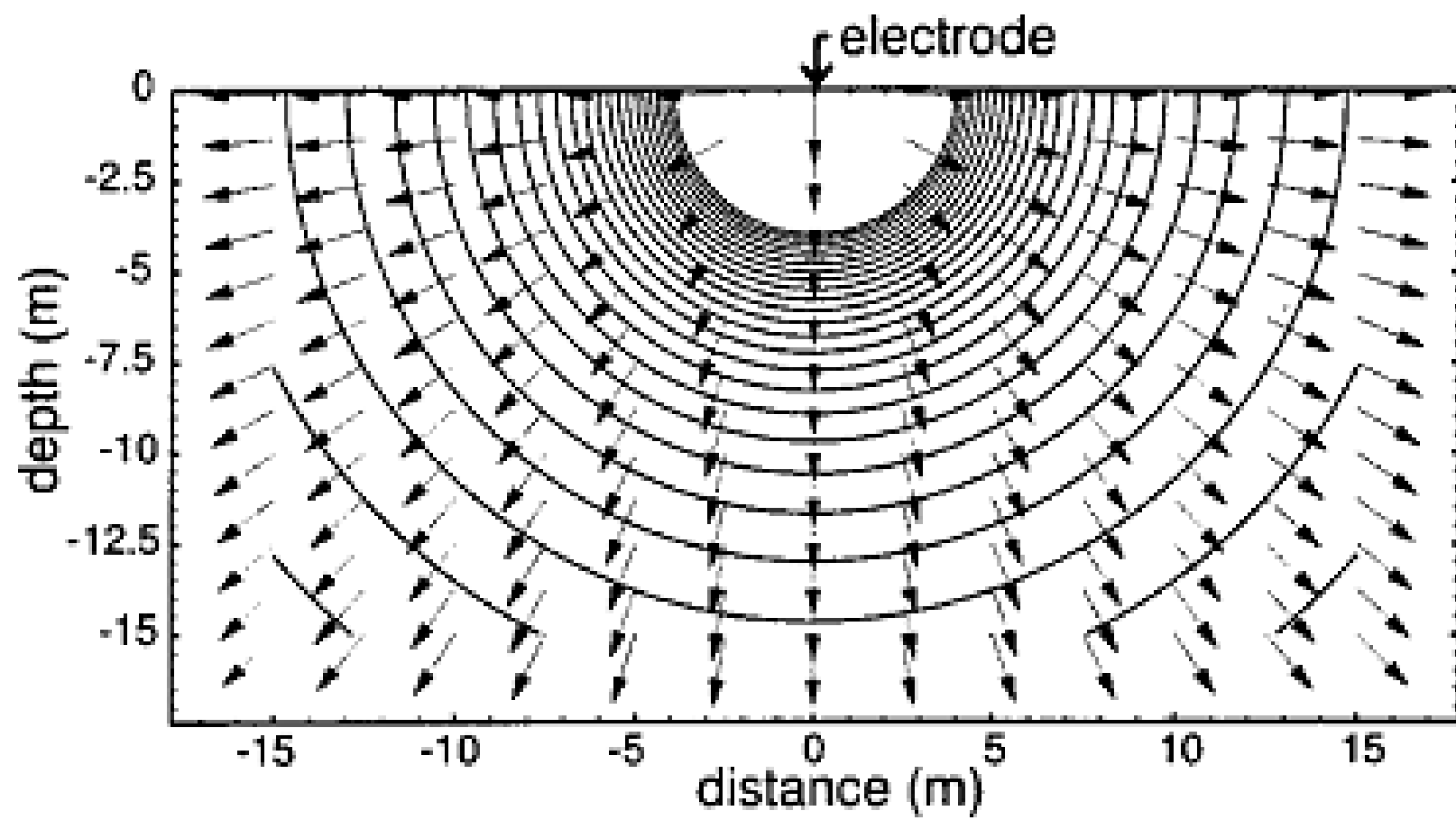
**3 Aralık 2003 tarihli Elektrik İç  
Tesisleri Proje Hazırlama  
Yönetmeliği'nin 10/c-5.i.1 maddesi  
projelere başlamadan önce toprak  
öz direncinin belirlenmesini şart  
koşmuştur.**

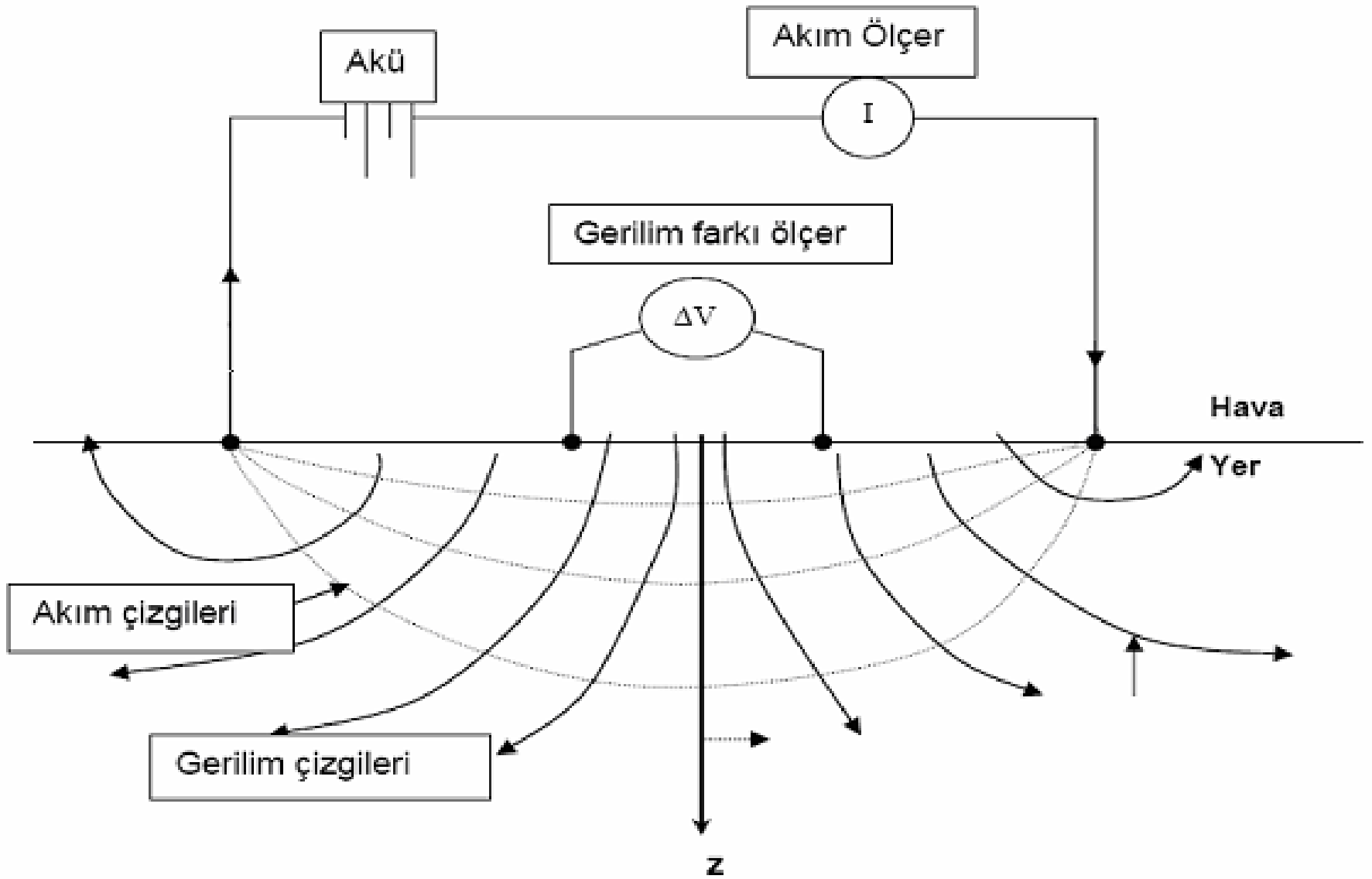
**16.12.2009 tarihli Elektrik Tesisleri  
Proje Yönetmeliği uyarınca  
projelerde topraklama  
hesaplamalarının yapılabilmesi için  
toprak özgül direncinin ölçülmesi  
gereklidir.**

**21 Ağustos 2001 tarihli Elektrik Tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliği Ek-K.1 ve Ek-N.1 maddeleri uyarınca toprak yayılma direncini veya topraklama direncini önceden belirlemek amacıyla toprak öz direncinin yerinde ölçülmesi gerekli olup, bu direncin çeşitli derinlikler için tespit edilmesini sağlayan Dört Sonda Yöntemi (örneğin Wenner Yöntemi) ile yapılmalıdır.**

**Wenner Yöntemi, TS 4363 Doğal Zeminlerin Elektrik Özgülden Dirençlerinin Sahada Tayini – Wenner Dört Elektrod Metodu ile standardında tarif edilmiştir.**







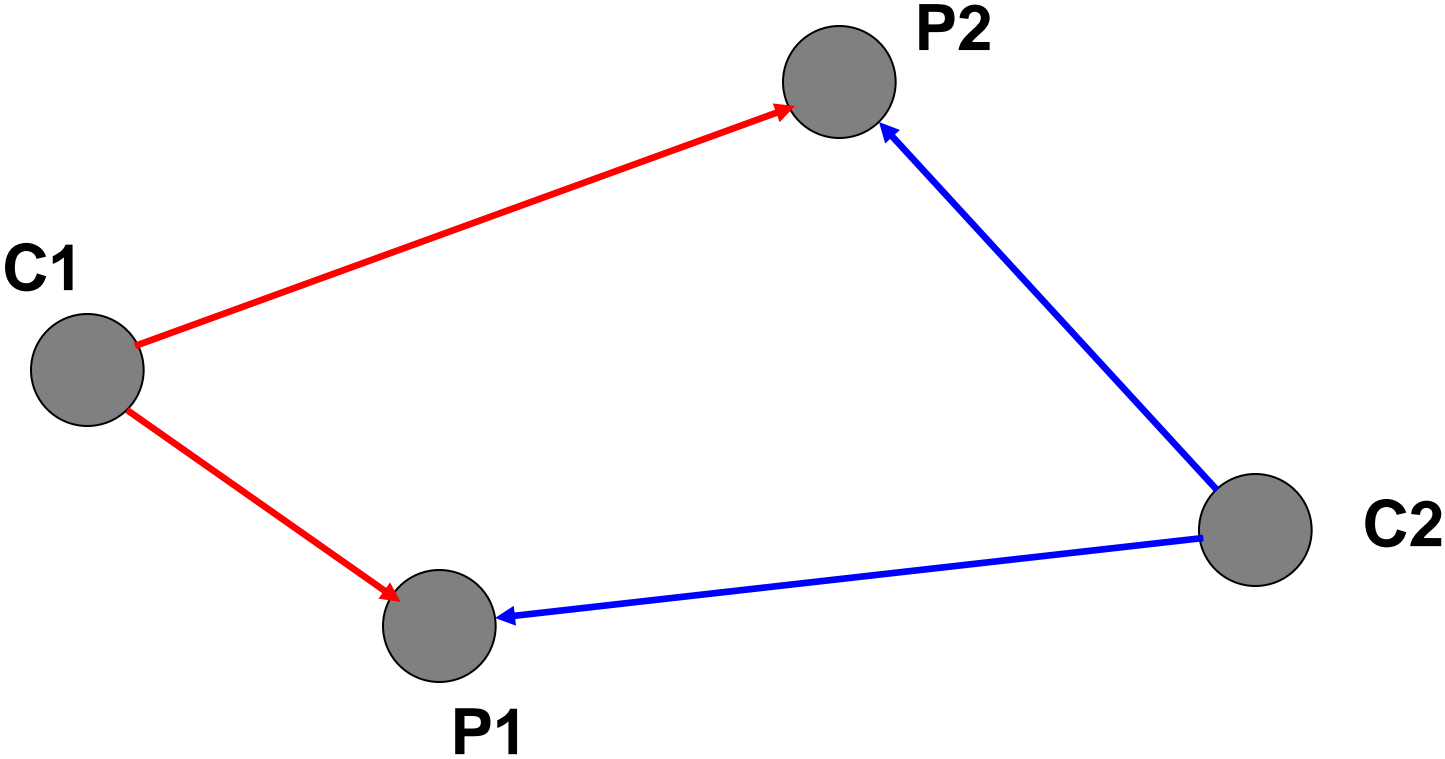


**Elektrik tesislerinde gerek toprak öz direnci, gerekse yayılım direnci ölçerken, düşünsel olarak tüm elektrotlar yarı küre olarak kabul edilir. Pratikte kullanılmayan yarı küre elektrotlar, topraklama ölçüm teorisinde hesaplara kolaylık getirir. Homojen toprak öz direnci durumunda ( $\rho$  sabit),  $r$  yarıçaplı yarı küre elektrodun toprağa geçiş (yayılım) direnci basitçe,**

$$R = \frac{\rho}{2\pi r} \quad \text{bağıntısıyla,}$$

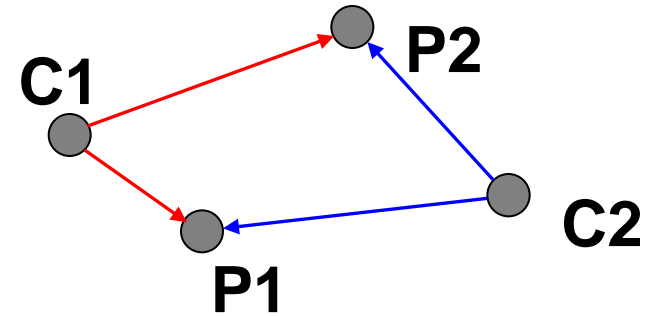
**Bu elektrodun merkezinden  $x$  uzaklığında bir yerdeki potansiyel,**

$$\varphi = R I = \frac{\rho I}{2\pi x} \quad \text{bağıntısıyla hesaplanabilir. Burada } I \text{ elektrottan akan akımdır.}$$



$$\Phi_{P1} = \frac{\rho l}{2\pi} \left( \frac{1}{|C1P1|} - \frac{1}{|C2P1|} \right)$$

$$\Phi_{P2} = \frac{\rho l}{2\pi} \left( \frac{1}{|C1P2|} - \frac{1}{|C2P2|} \right)$$



$$U = \Phi_{P1} - \Phi_{P2} = \frac{\rho l}{2\pi} \left( \frac{1}{|C1P1|} - \frac{1}{|C2P1|} - \frac{1}{|C1P2|} + \frac{1}{|C2P2|} \right)$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{\rho}{2\pi} \left( \frac{1}{|C1P1|} - \frac{1}{|C2P1|} - \frac{1}{|C1P2|} + \frac{1}{|C2P2|} \right)$$

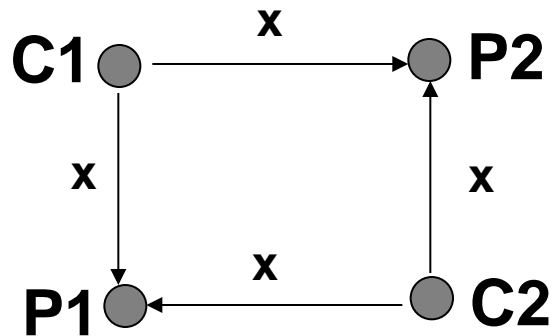
$$k = \frac{2\pi}{\left( \frac{1}{|C1P1|} - \frac{1}{|C2P1|} - \frac{1}{|C1P2|} + \frac{1}{|C2P2|} \right)}$$

$$\rho = k \frac{U}{I}$$

Burada  $\rho$  ( $\Omega.m$ ) toprağın öz direnci,  $I$  (A) yere uygulanan akım,  $U$  (V) P1 ve P2 uçları arasındaki gerilim,  $k$  ise geometrik bir faktördür.  $k$  faktörü ölçüm kazıkları arasındaki mesafelere bağlıdır.

$$\left( \frac{1}{|C1P1|} + \frac{1}{|C2P2|} \neq \frac{1}{|C2P1|} + \frac{1}{|C1P2|} \right)$$

olması koşuluyla ölçüm kazıkları istenildiği gibi yerleştirilebilir. Her oluşturulan ölçü sisteminin kendine özgü bir geometrik faktörü olduğu unutulmamalıdır. Örnek



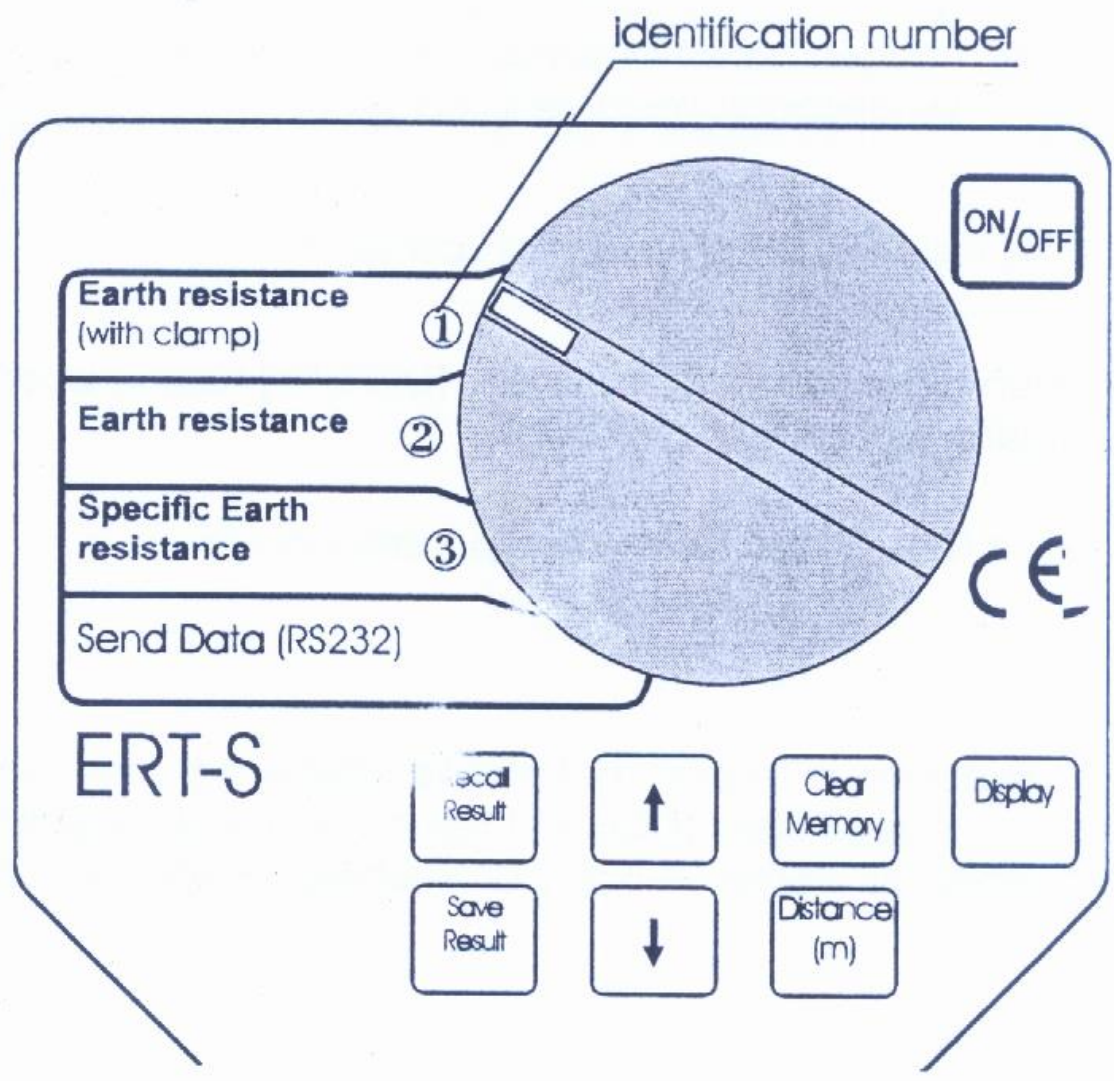
$$U = 0$$

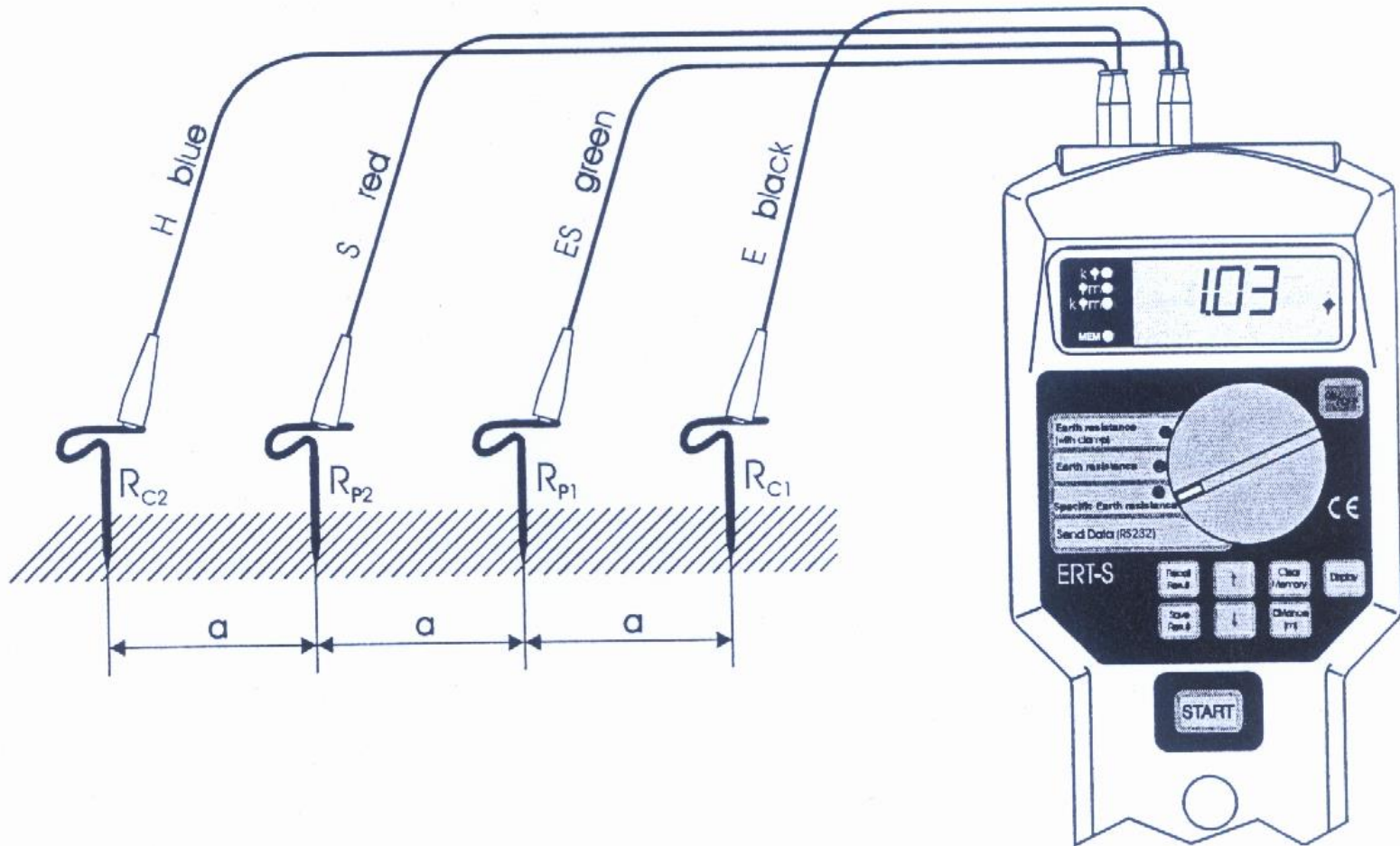
Bu durumda  $\rho$  ölçülemez.

**Toprak özdirenç ölçümünde Wenner, Schlumberger, dipol-dipol vb çeşitli klasik yöntemleri kullanmak mümkündür. Yukarıda adı geçen tüm geleneksel yöntemler, 4 adet ölçüm kazığının bir doğru boyunca değişik aralıklarla toprağa çakılması ile uygulanırlar.**

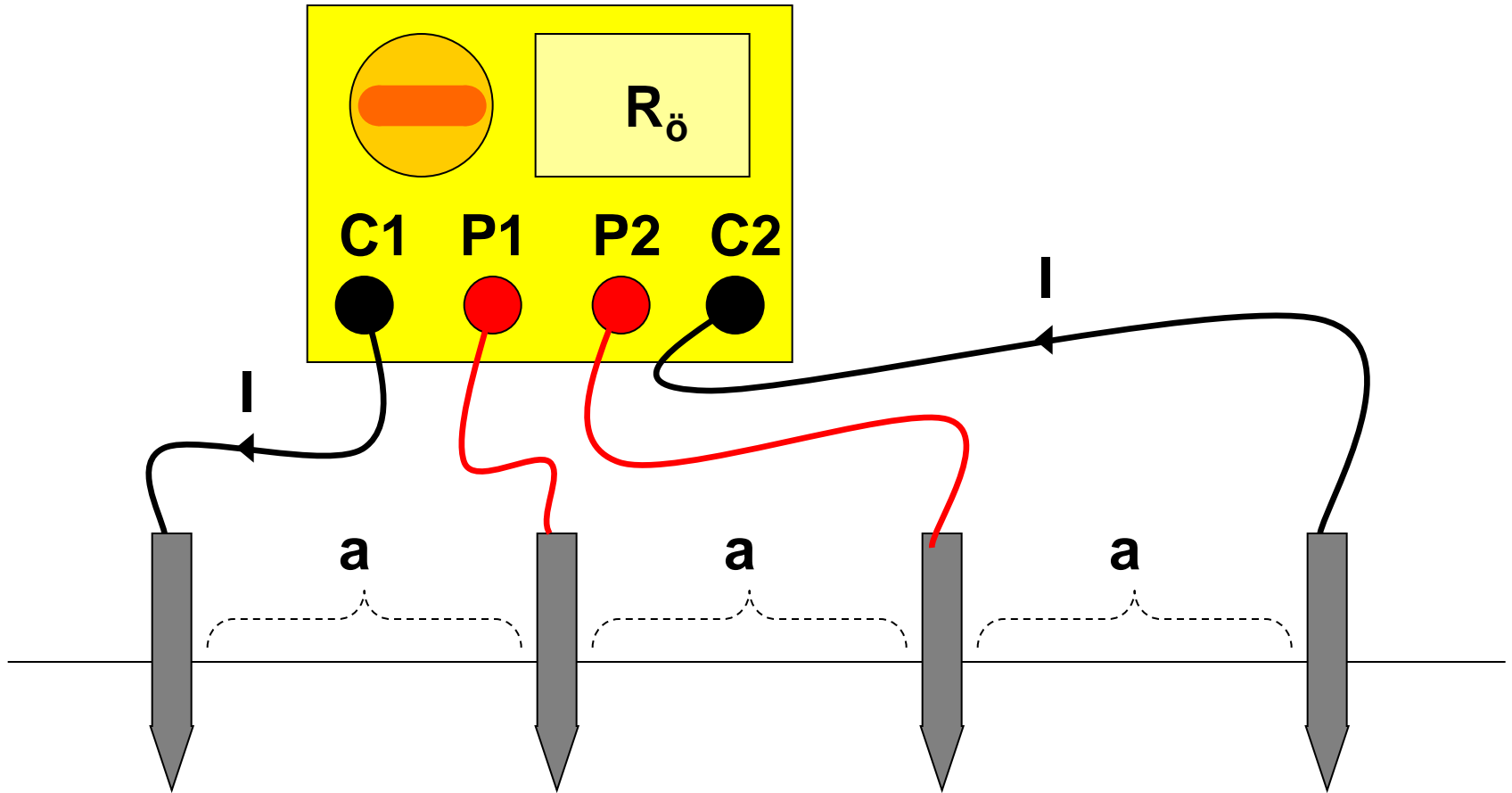
**Küçük aralıklarla yapılan ölçümlerde özel geliştirilmiş ölçüm cihazlarından yararlanılırken, büyük aralıklarla yapılan ölçümlerde ise voltmetre-ampermetre yöntemi kullanılır. Ölçüm cihazının C1 ucundan 100-150 Hz frekanslı + I akımı toprağa gönderilir. Bu akım - I olarak C2 ucundan geri döner. Bu akımlar, P1 ve P2 uçlarında U kadar bir potansiyel farkı yaratırlar. Ölçüm cihazları U/I oranını  $\Omega$  cinsinden direkt olarak verirler.**

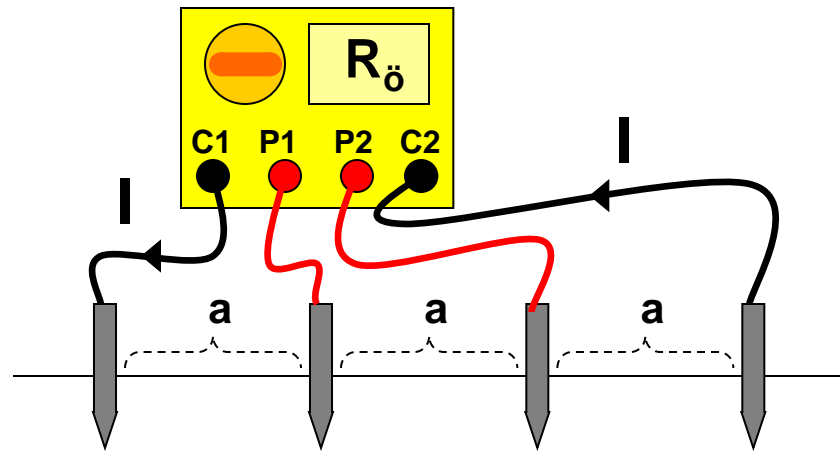
**Yeni nesil ölçüm cihazları U/I oranının yanında k faktörünü de saptayıp direkt olarak görünür özdirenci de verebilmektedir.**











$$\varphi_{P1} = \frac{\rho l}{2\pi} \left( \frac{1}{a} - \frac{1}{2a} \right) \quad \varphi_{P2} = \frac{\rho l}{2\pi} \left( \frac{1}{2a} - \frac{1}{a} \right)$$

$$U = \varphi_{P1} - \varphi_{P2} = \frac{\rho l}{2\pi} \left( \frac{1}{a} - \frac{1}{2a} - \frac{1}{2a} + \frac{1}{a} \right)$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{\rho}{2\pi} \left( \frac{1}{a} - \frac{1}{2a} - \frac{1}{2a} + \frac{1}{a} \right) = \frac{\rho}{2\pi} \frac{1}{a}$$

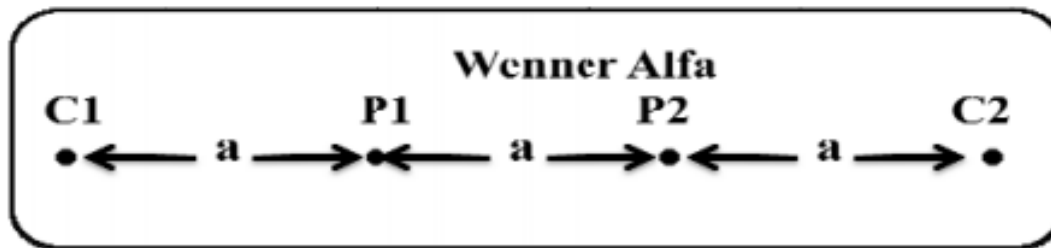
$$\rho = 2\pi a R$$

$\rho=2\pi aR$  bağıntısı,  $L$  elektrot boyu,  $a$  elektrot aralığına göre çok küçükse geçerlidir ( $L < a/20$ ); aksi durumda yarı küre ifadelerini kullanamayız. Bu durumda iki seçenek vardır:

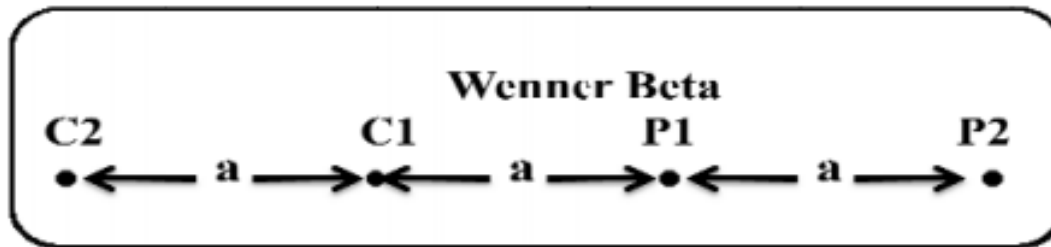
1.  $L < a/20$  olacak şekilde elektrotlar gömülür.
2. Elektrotlar normal ölçülerinde gömülür, ama  $\rho=2\pi aR$  bağıntısı yerine

$$\rho = \frac{4\pi aR}{1 + \frac{2}{\sqrt{1 + 4\left(\frac{L}{a}\right)^2}} - \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{L}{a}\right)^2}}}$$

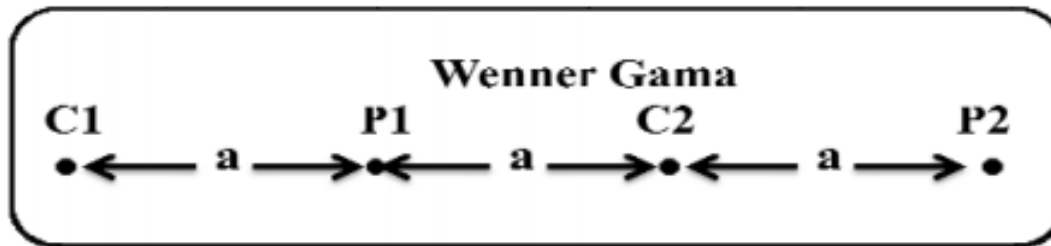
bağıntısı kullanılır.



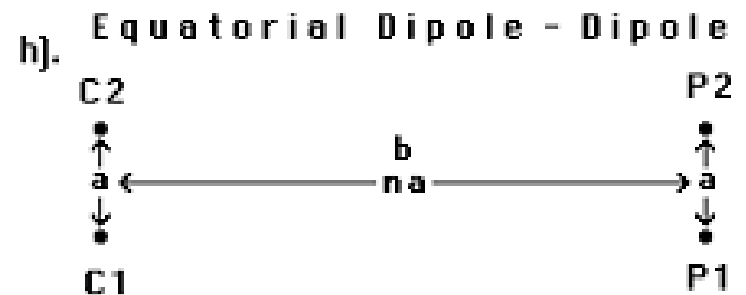
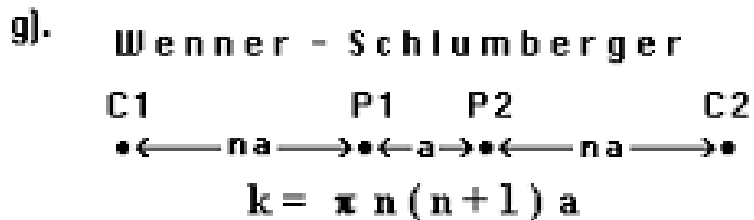
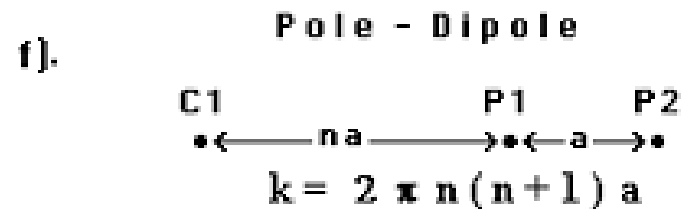
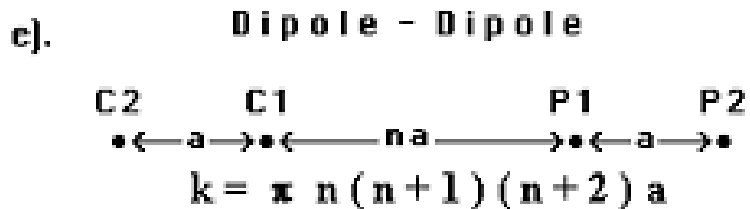
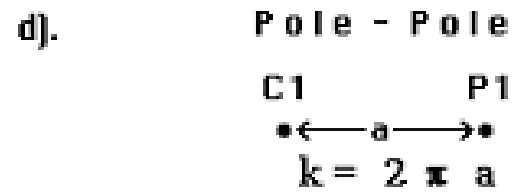
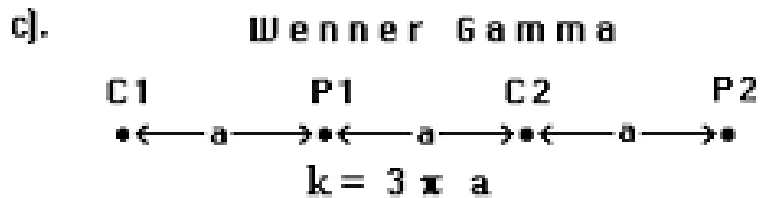
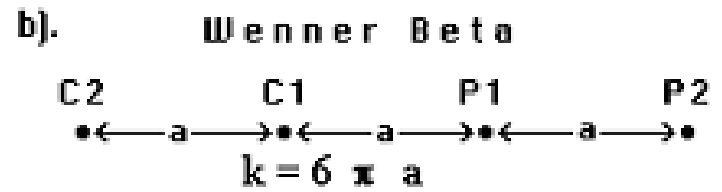
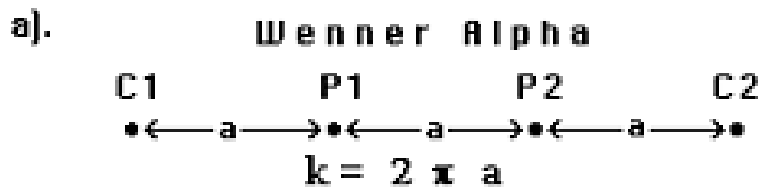
$$k = 2\pi a$$



$$k = 3\pi a$$



$$k = 6\pi a$$



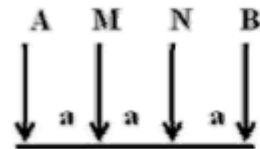
$$b = na$$

$$k = 2 \pi b L / (L - b)$$

$$L = (a^2 + b^2)^{0.5}$$

$k = \text{Geometric Factor}$

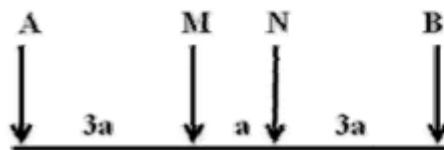
Wenner-Schlumberger



n=1

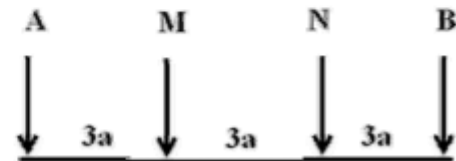
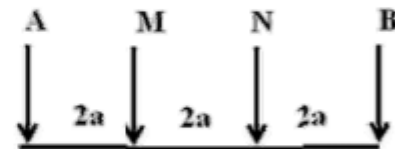
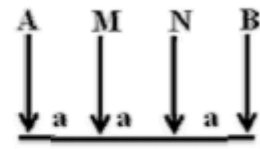


n=2

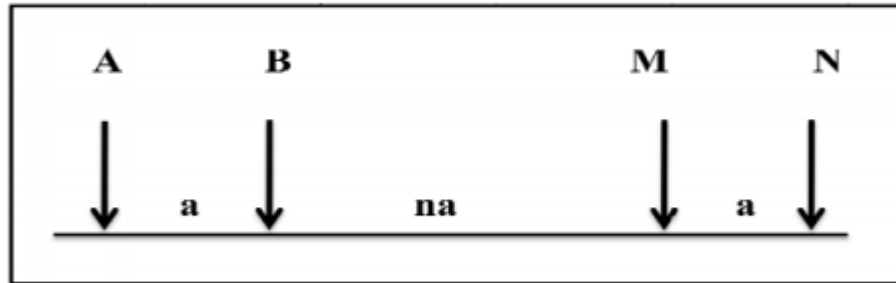


n=3

Wenner



$$k = \pi n(n + 1)a$$

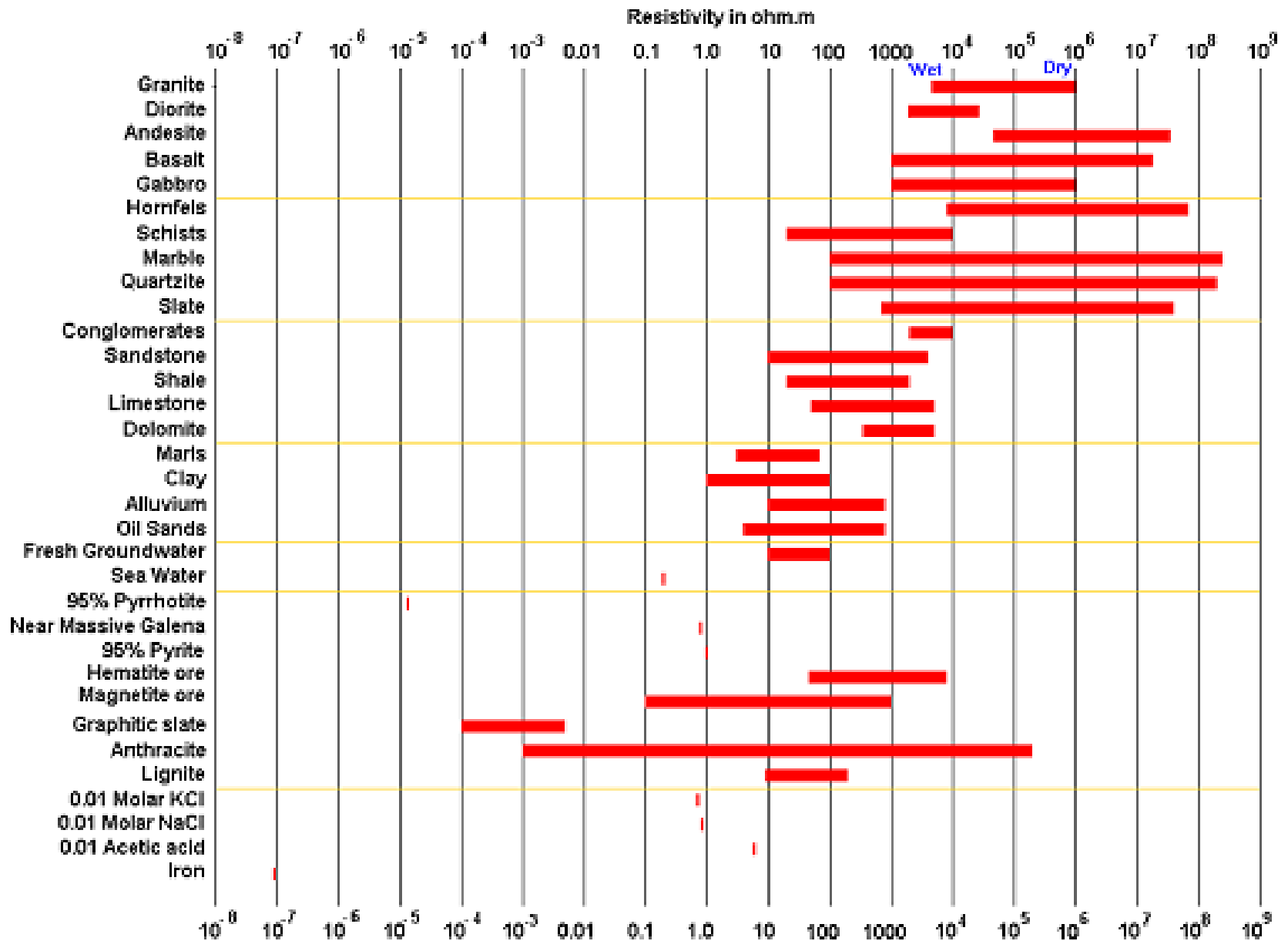


$$k = \pi n(n+1)(n+2)a$$

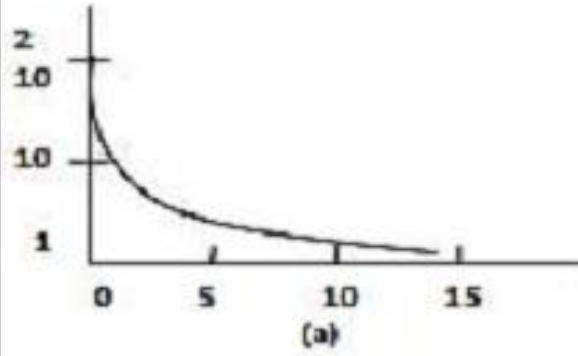


Array type	$z_e/a$	$z_e/L$	Geometric Factor	Inverse Geometric Factor (Ratio)
Wenner Alpha	0.519	0.173	6.2832	0.15915 (1.0000)
Wenner Beta	0.416	0.139	18.850	0.05305 (0.3333)
Wenner Gamma	0.594	0.198	9.4248	0.10610 (0.6667)
Dipole-dipole				
n = 1	0.416	0.139	18.850	0.05305 (0.3333)
n = 2	0.697	0.174	75.398	0.01326 (0.0833)
n = 3	0.962	0.192	188.50	0.00531 (0.0333)
n = 4	1.220	0.203	376.99	0.00265 (0.0166)
n = 5	1.476	0.211	659.73	0.00152 (0.0096)
n = 6	1.730	0.216	1055.6	0.00095 (0.0060)
n = 7	1.983	0.220	1583.4	0.00063 (0.0040)
n = 8	2.236	0.224	2261.9	0.00044 (0.0028)
Equatorial dipole-dipole				
n = 1	0.451	0.319	21.452	0.04662 (0.2929)
n = 2	0.809	0.362	119.03	0.00840 (0.0528)
n = 3	1.180	0.373	367.31	0.00272 (0.0171)
n = 4	1.556	0.377	841.75	0.00119 (0.0075)
Wenner - Schlumberger				
n = 1	0.519	0.173	6.2832	0.15915 (1.0000)
n = 2	0.925	0.186	18.850	0.05305 (0.3333)
n = 3	1.318	0.189	37.699	0.02653 (0.1667)
n = 4	1.706	0.190	62.832	0.01592 (0.1000)
n = 5	2.093	0.190	94.248	0.01061 (0.0667)
n = 6	2.478	0.191	131.95	0.00758 (0.0476)
n = 7	2.863	0.191	175.93	0.00568 (0.0357)
n = 8	3.247	0.191	226.19	0.00442 (0.0278)
n = 9	3.632	0.191	282.74	0.00354 (0.0222)
n = 10	4.015	0.191	345.58	0.00289 (0.0182)
Pole-dipole				
n = 1	0.519		12.566	0.07958 (0.5000)
n = 2	0.925		37.699	0.02653 (0.1667)
n = 3	1.318		75.398	0.01326 (0.0833)
n = 4	1.706		125.66	0.00796 (0.0500)
n = 5	2.093		188.50	0.00531 (0.0334)
n = 6	2.478		263.89	0.00379 (0.0238)
n = 7	2.863		351.86	0.00284 (0.0178)
n = 8	3.247		452.39	0.00221 (0.0139)
Pole-Pole	0.867		6.28319	0.15915 (1.0000)

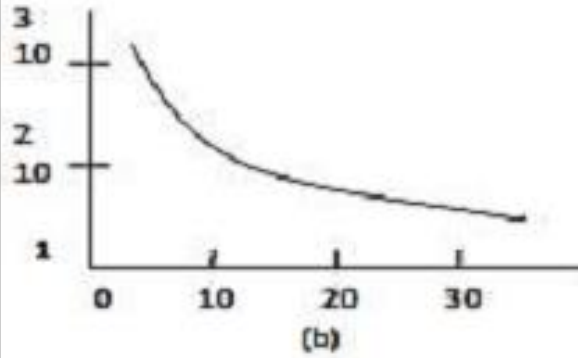
Toprağın Cinsi	Toprak Özdirenci
	(ohm.m)
Bataklık	5-40
Çamur, kil, humus	20-200
Kum	200-2500
Çakıl	2000-3000
Havanın etkisiyle dağılmış taş	çoğunlukla <1000
Kumtaşı	2000-3000
Morenin(Buzultaş)	>30000
Granit	>50000



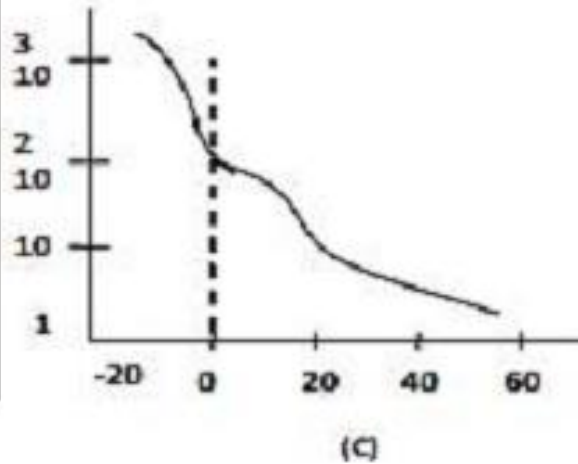
Özgül direnç ( $\Omega m$ )



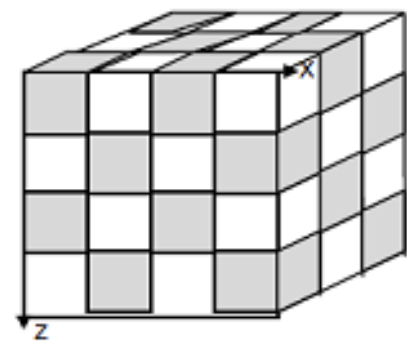
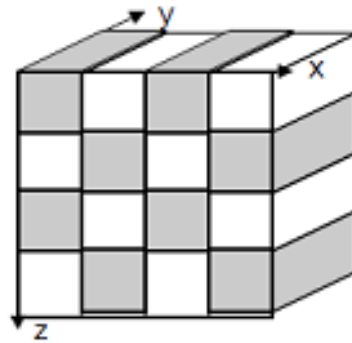
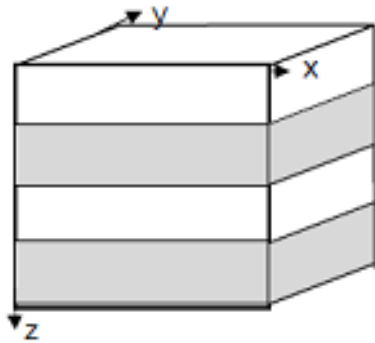
Tuz ilavesi (%)



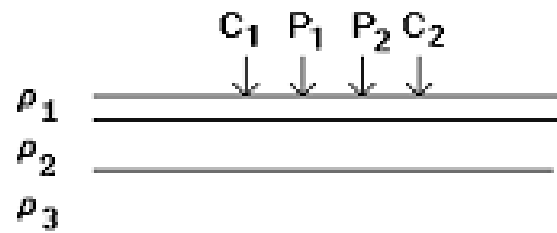
Nem miktarı (%)



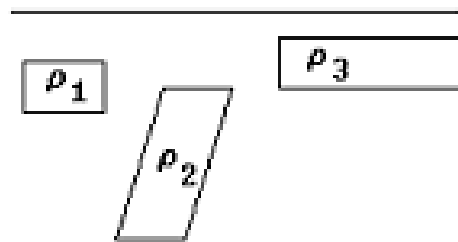
Sıcaklık ( $^{\circ}C$ )



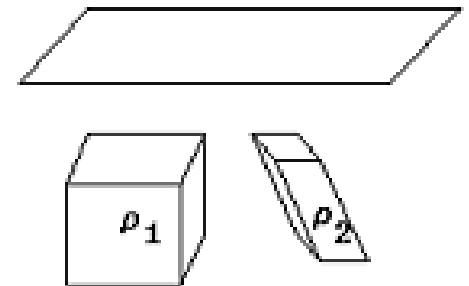
a) . 1-D Model



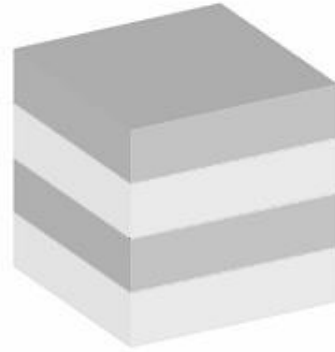
b) . 2-D Model



c) . 3-D Model

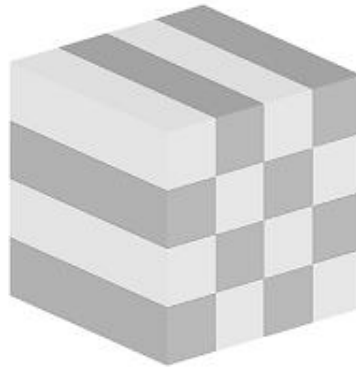


(a)



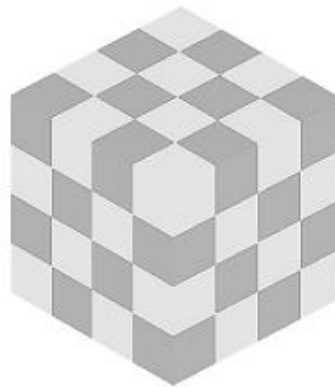
**1-B**

(b)

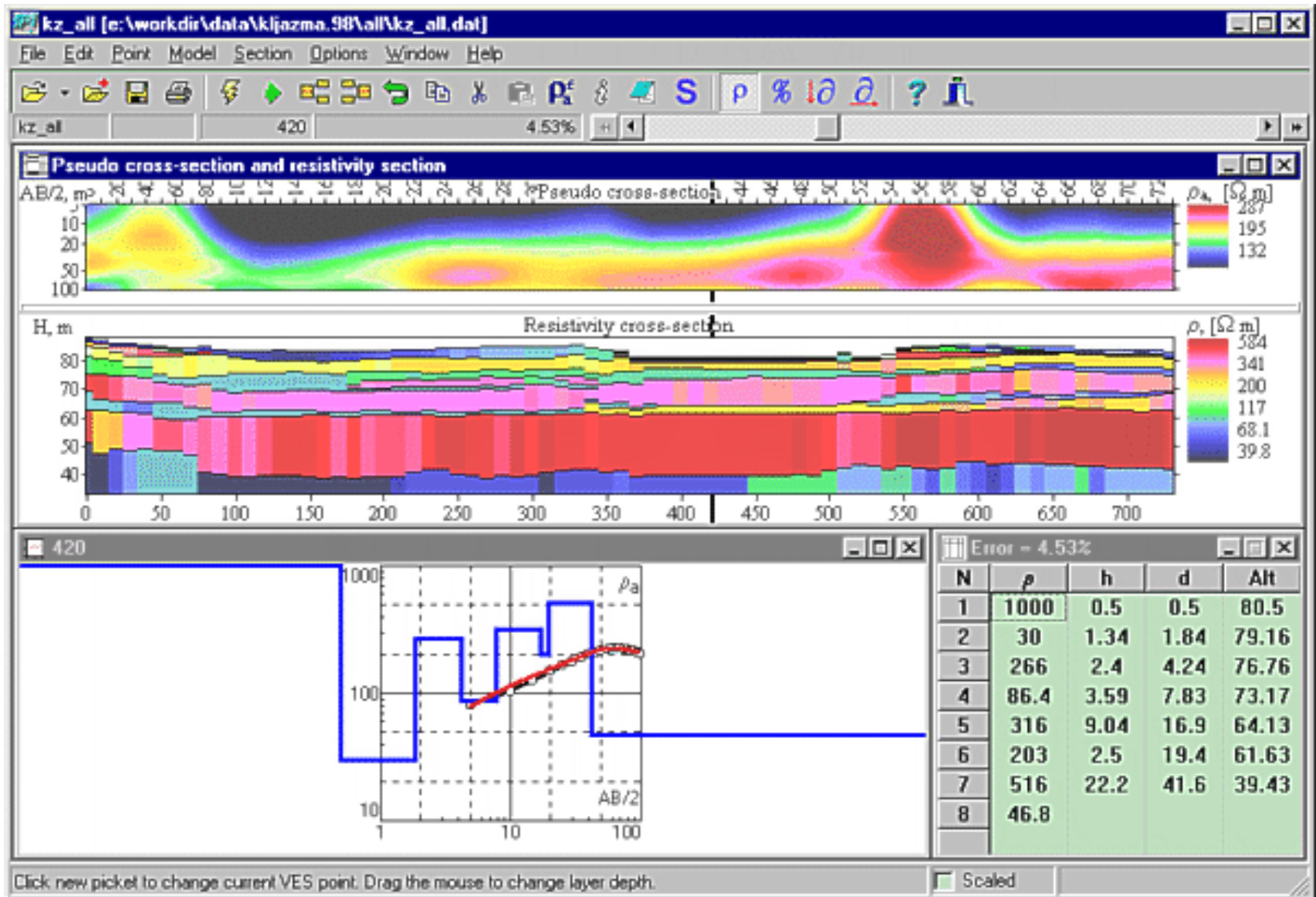


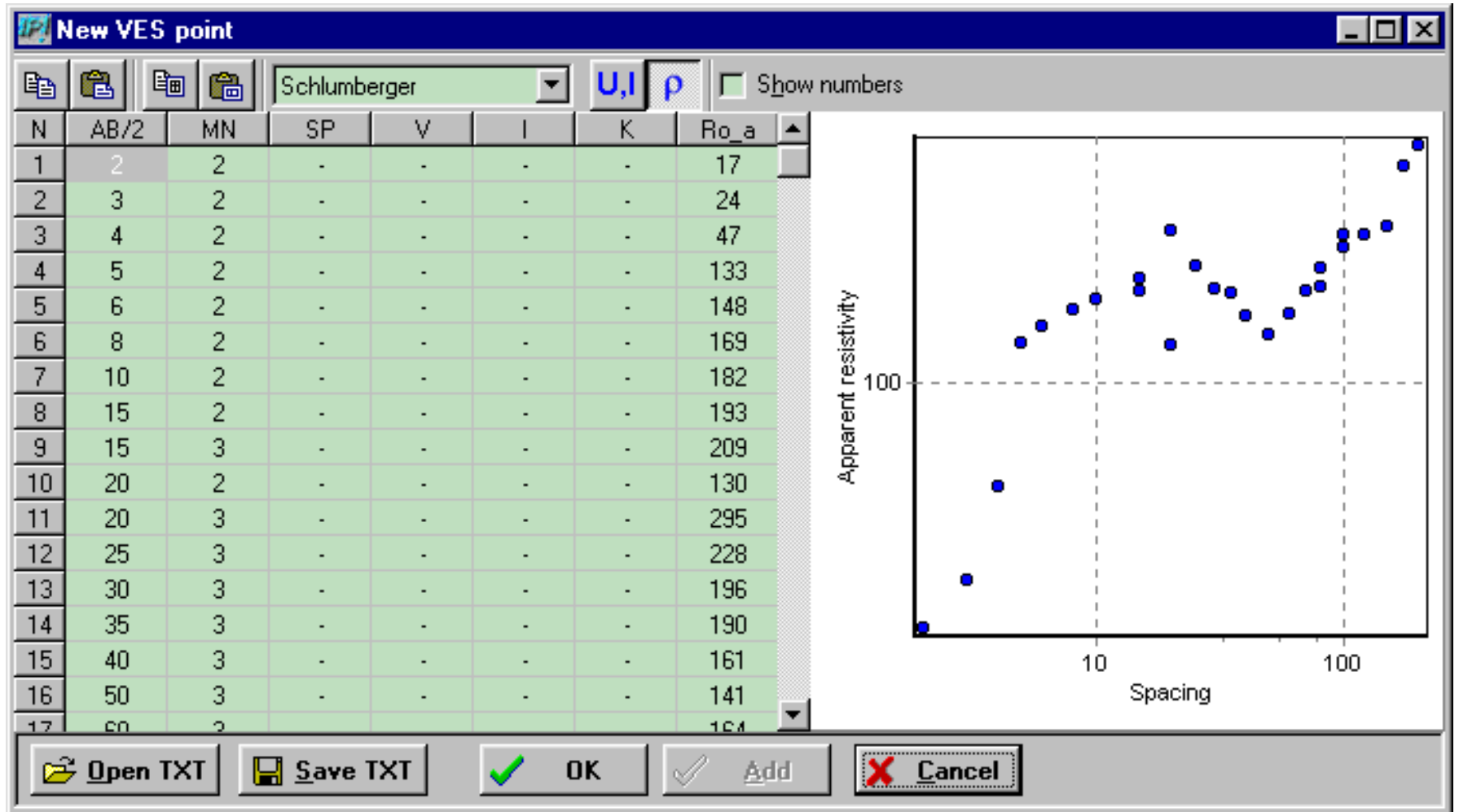
**2-B**

(c)

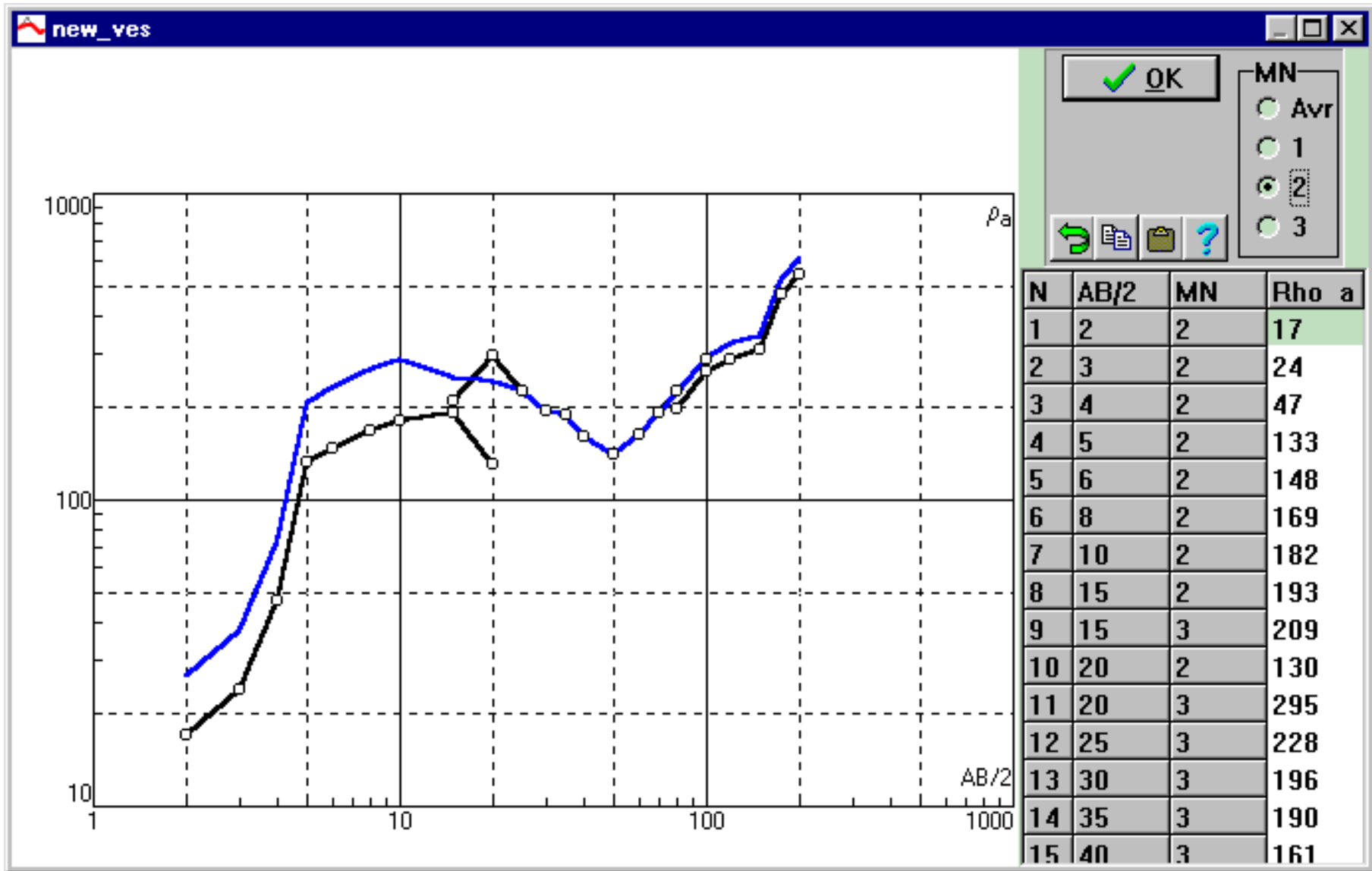


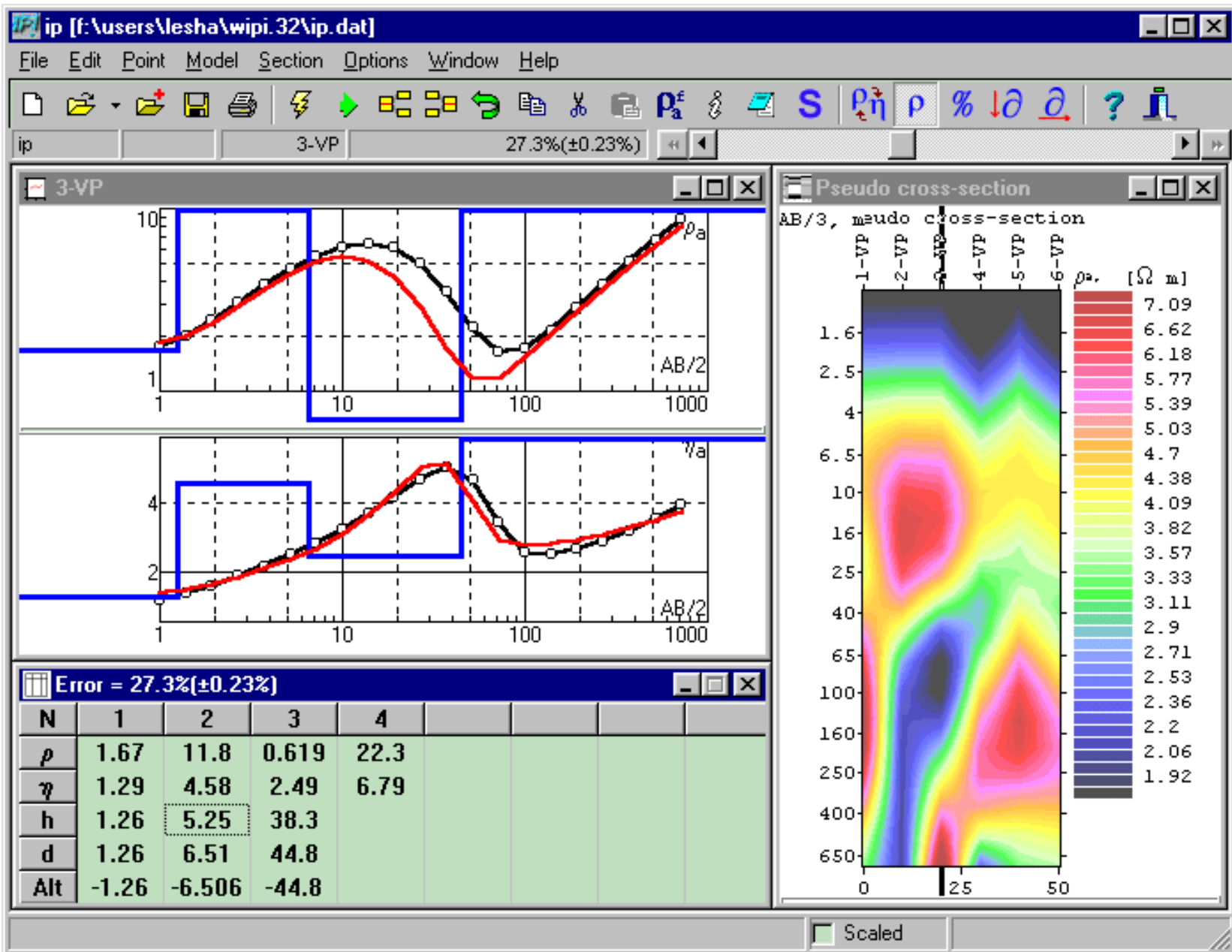
**3-B**











**TEŞEKKÜRLER**