



TOPRAKLAMA

2023 - 1

Prof.Dr. Nurettin UMURKAN

ELEKTRİK AKIMININ İNSAN VÜCUDU ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

50 Hz alternatif akımın insan vücudundan geçtiğinde oluşan etkiler.

1 mA Akımın hissedilme sınırı

1-5 mA Elde uyuşma hissi, kol hareketinin zorlaşması

5-15 mA Tutulan cisim bırakılabilir. Kolda kasılma, tansiyon

15-25mA Tutulan cisim bırakılamaz,(E:16, K:10.5)

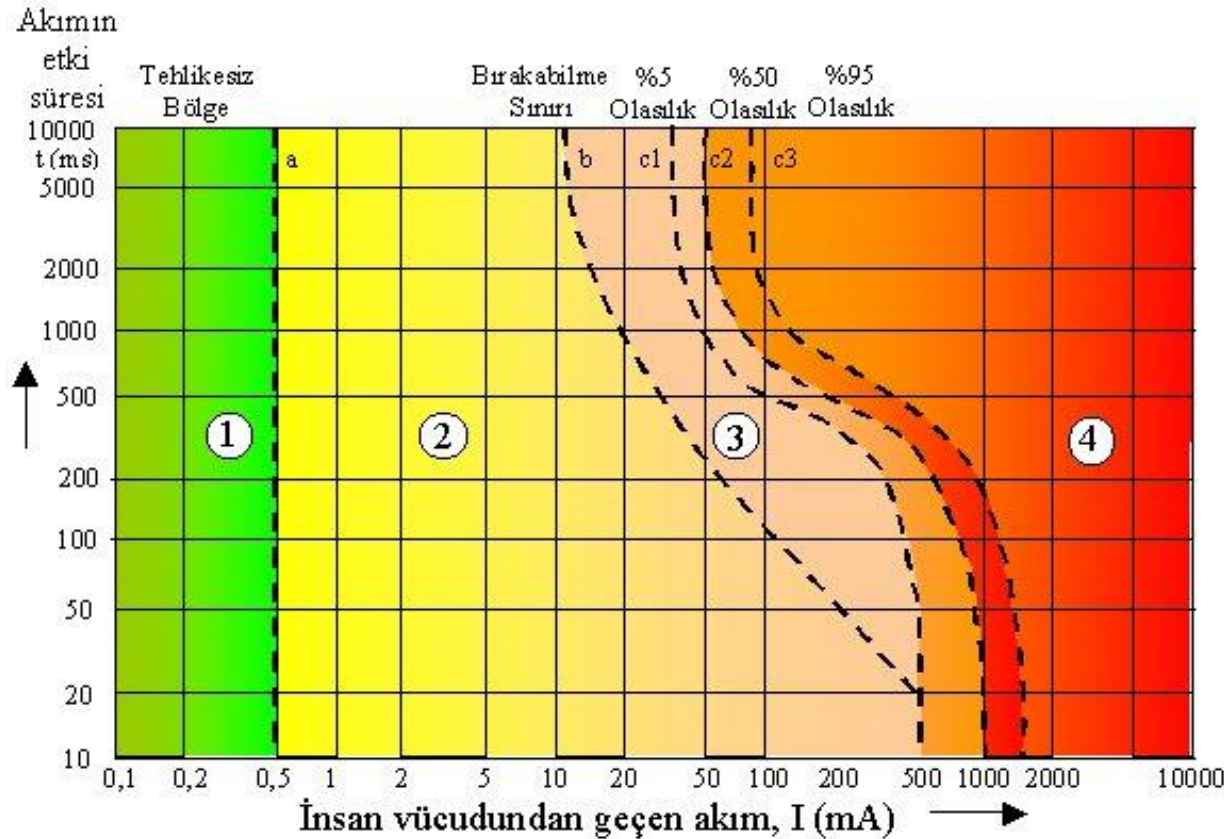
25-80mA Tansiyon yükselir,kalp düzensiz, teneffüs zor,

80-100mA Kalpte fibrilasyon,şuur kaybı,

3-8 A Tansiyon yükselir, kalp durur, akciğerler şişer

Kalp durduğu andan itibaren 4 dakika içinde tekrar çalıştırılmaz ise beyin ölümü gerçekleşebilir.

Alternatif akım etkilerinin akım/zaman bölgeleri

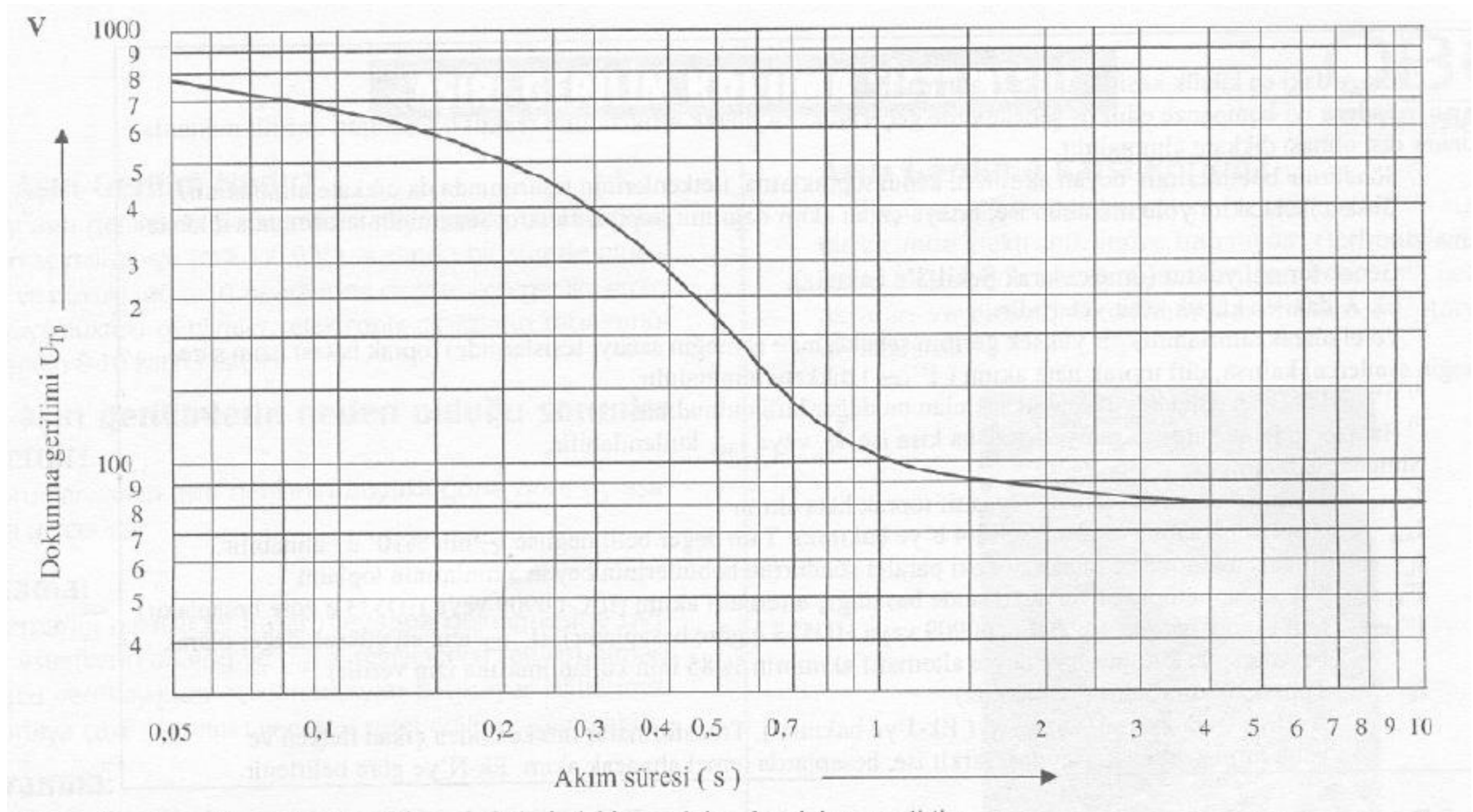


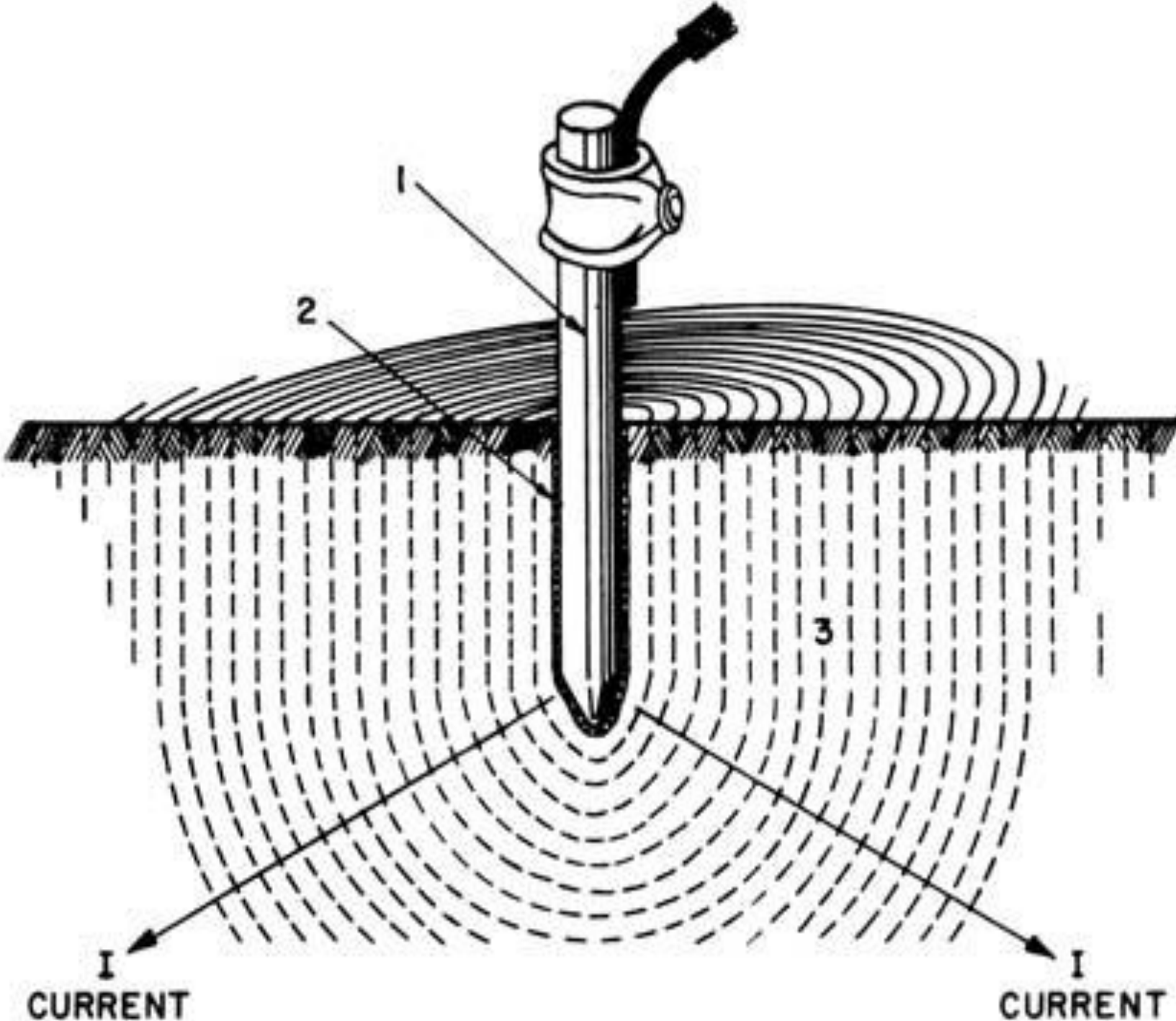
AC-1 : Genellikle tepki yoktur.

AC-2 : Zararlı bir fizyolojik etki yoktur.

AC-3 : Kalp atışlarında aksaklıklar görülür.

AC-4 : Tehlikeli fizyolojik etkiler, ağır yanıklar.

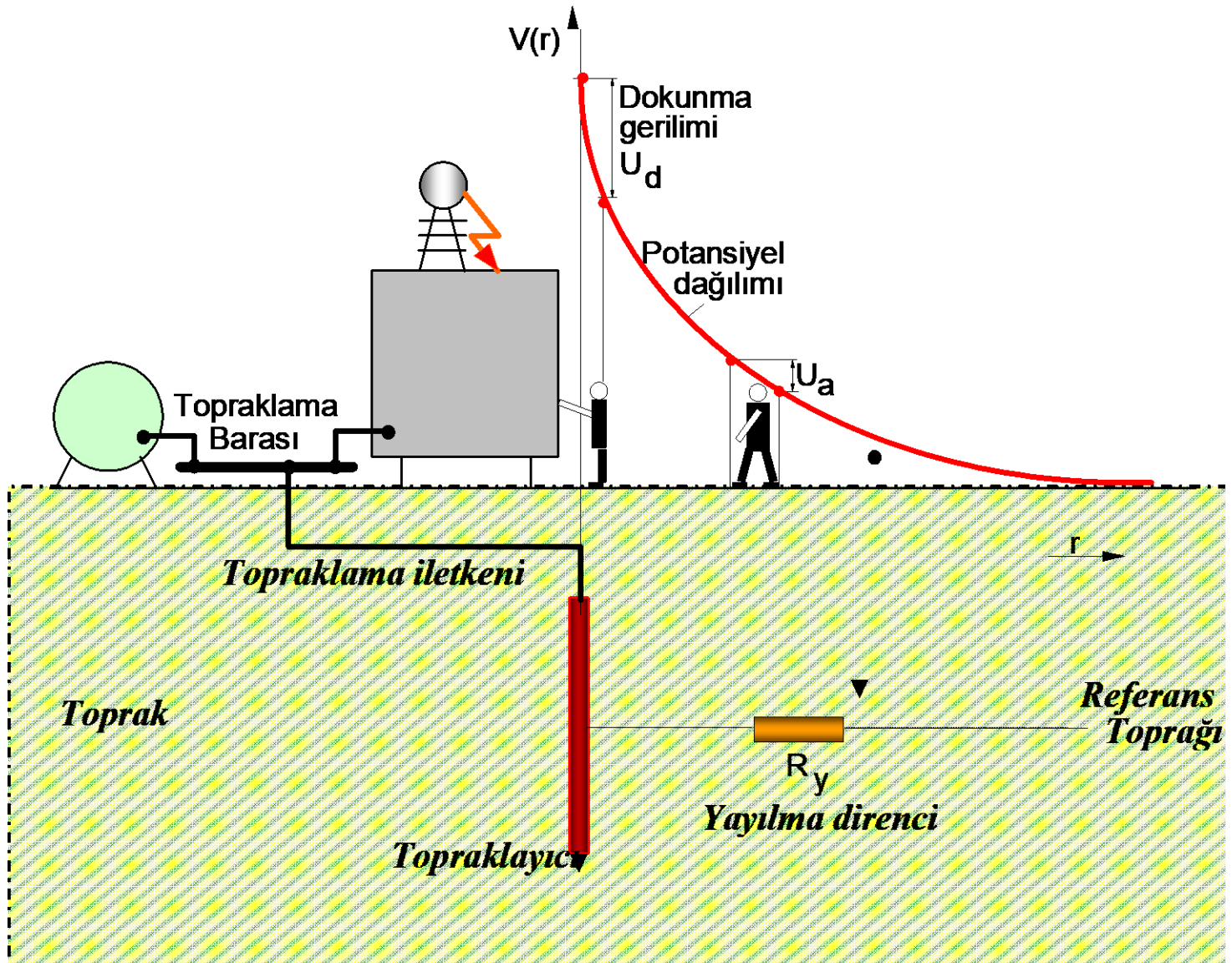


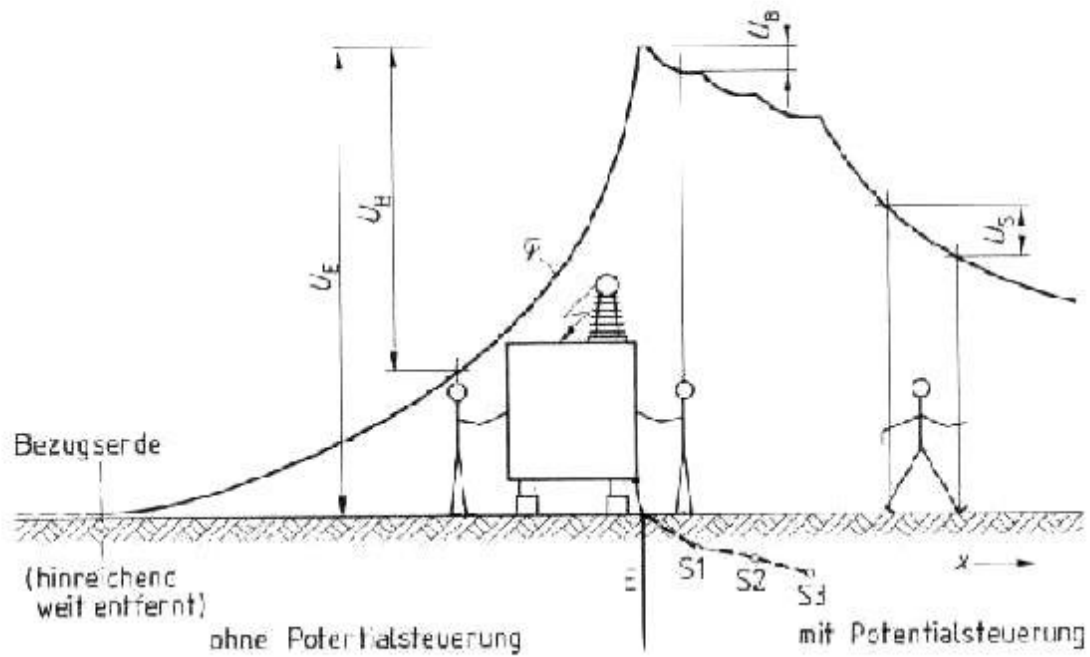


Topraklama gerilimi, U_t : Bir topraklama tesisi ile referans toprağı arasında oluşan gerilimdir.

Dokunma gerilimi, U_d : Topraklama geriliminin, insan tarafından köprülenen bölümüdür. Bu durumda insan vücudu üzerindeki akım yolu elden ayağı (dokunulan yere yatay uzaklık yaklaşık 1 m) ya da elden eledir.

Adım gerilimi, U_a : Topraklama geriliminin insanın 1 m'lik adım açıklığı ile köprülendiğı bölümüdür. Bu durumda insan vücudu üzerindeki akım yolu ayaktan ayağıdır.

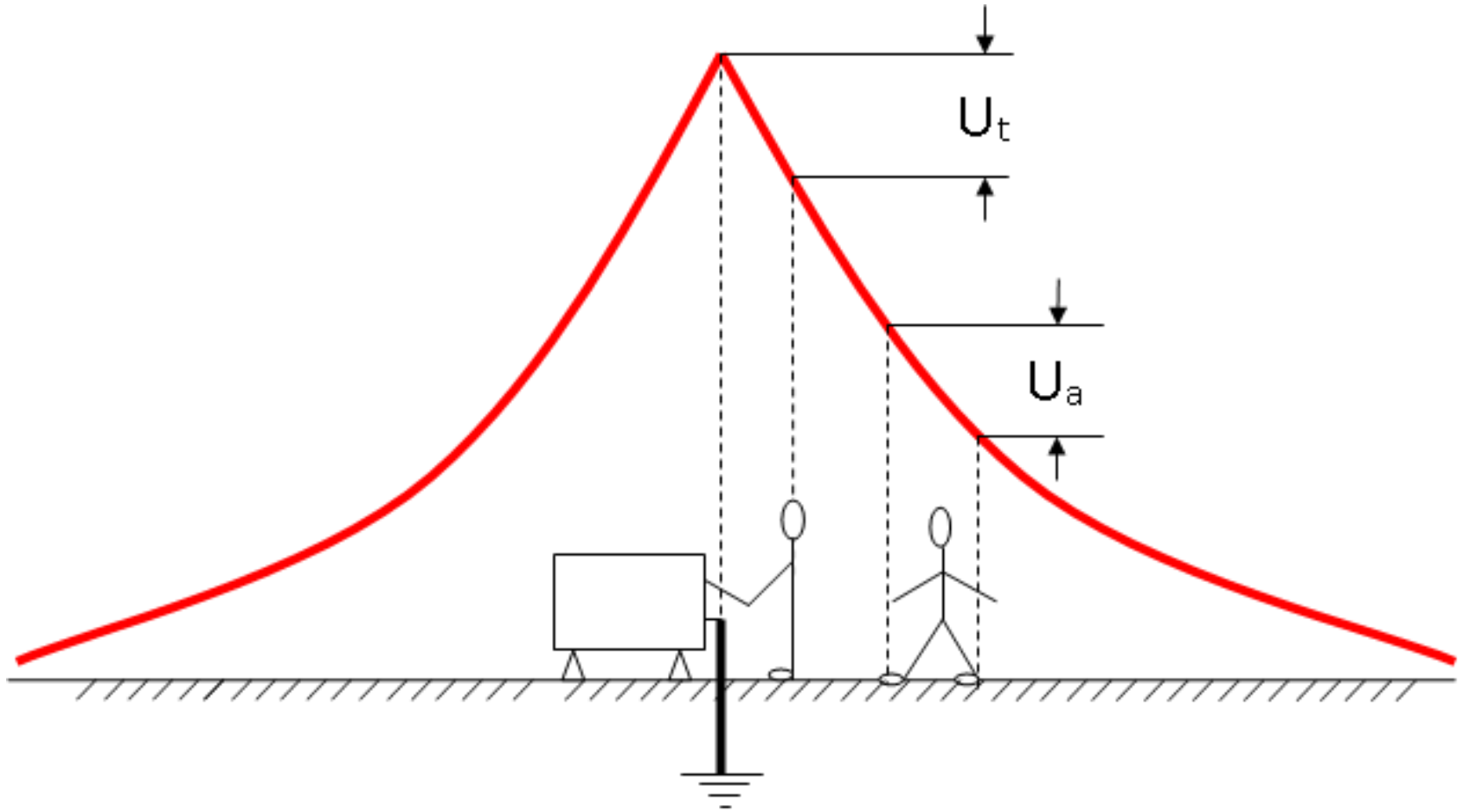




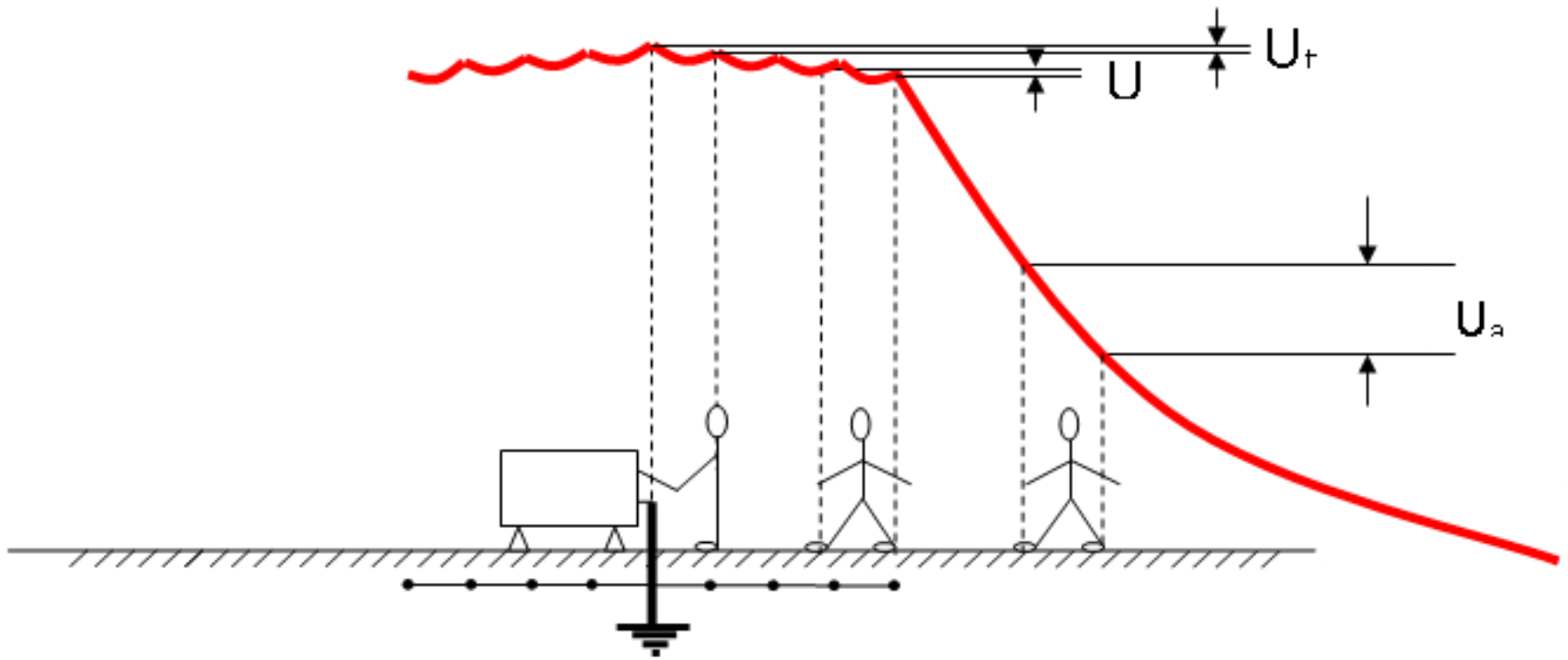
U_E Erdungsspannung
 U_B Berührungsspannung
 U_S Schrittspannung
 ϕ Erdoberflächenpotential

E
 $S1, S2, S3$

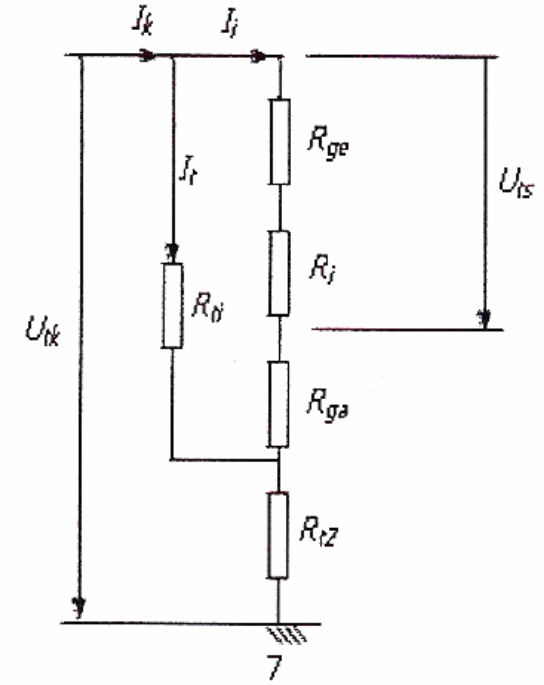
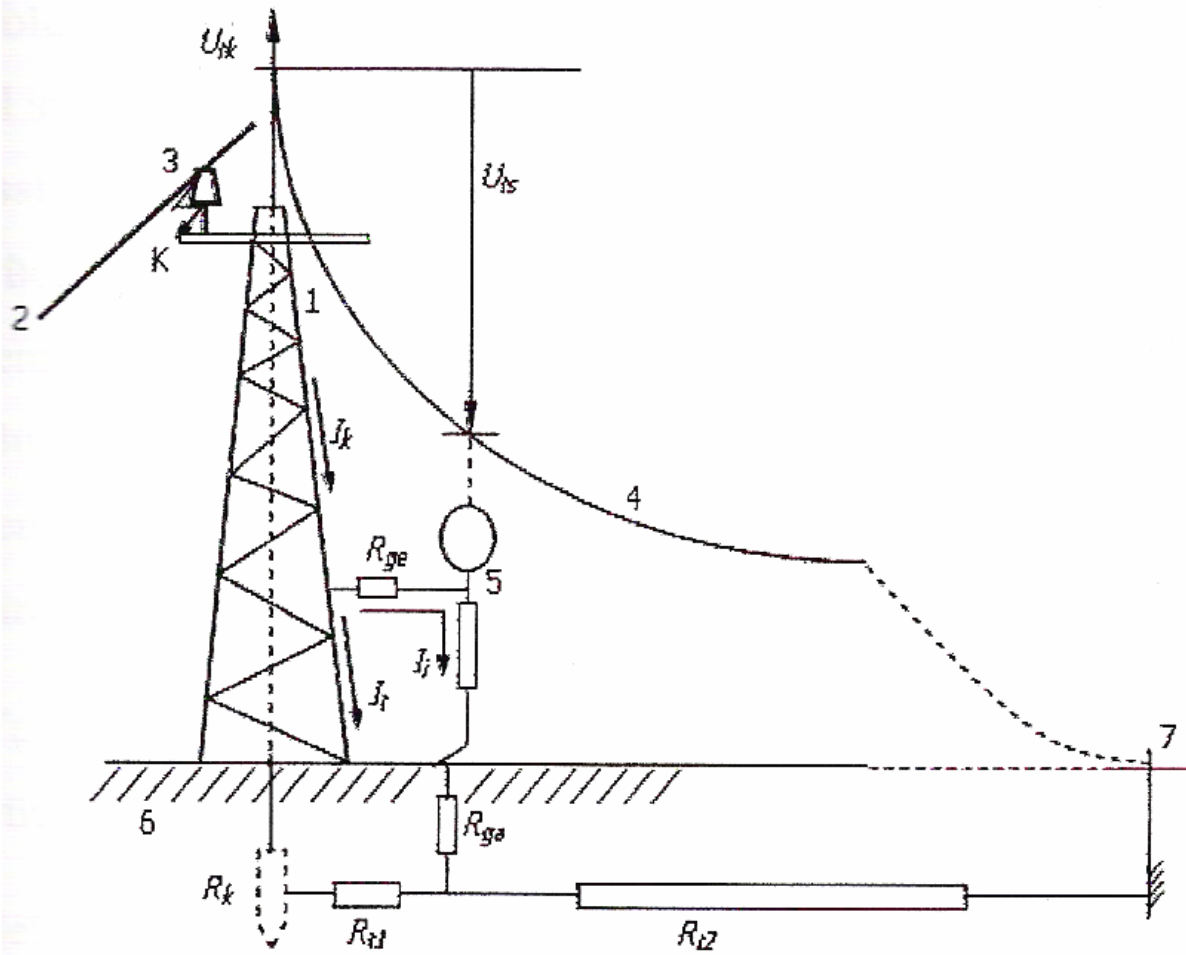
Erder
 mit dem Erder verbundene Potentialsteuer-
 ender (Ringerder)
 x Entfernung vom Erder E



Potansiyeli Düzenlenmemiş



Potansiyeli Düzenlenmiş



- Rk-** Koruma topraklaması ; **Ri-** İnsan vücudunun direnci
Rge- Elden geçiş direnci ; **Rt-** Ayaktan geçiş direnci
Utk- Topraklayıcı gerilimi ; **Uts-** İnsan temasında temas gerilimi
Ik- Bir faz toprak kısa devre akımı ; **Ii-** İnsandan geçen akım
It- Toprak akımı ; Toplam yayılma direnci : $R_t = R_y$

Belirli bir temas geriliminde insan vücudundan akan akım şiddeti, insan vücudunun iç direnci ile, ellerde veya ayaklarda temas noktalarındaki geçiş dirençlerinin toplamına bağlıdır.

$$R_t = R_{t1} + R_{t2}$$

Temastan önceki temas gerilimi;

$$U_{te} = I_k \cdot R_{t1} = \frac{U_{tk}}{R_t} \cdot R_{t1} = U_{tk} \cdot \frac{R_{t1}}{R_{t1} + R_{t2}}$$

İnsan vücudunun temas ettiği yerde hata akımı iki kola ayrılır. İnsan vücudundan geçen akım I_i ise, buna göre direk üzerinden geçen akım;

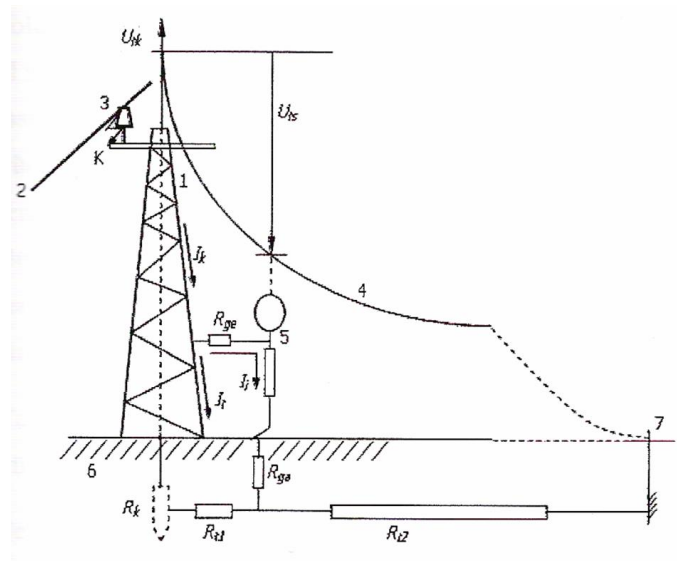
Paralel akım kollarındaki akımlar, kolların dirençleri ile ters orantılı olduğundan;

$$\frac{I_t}{I_i} = \frac{R_i + \frac{R_{ga}}{2}}{R_{t1}} \rightarrow \frac{I_k - I_i}{I_i} = \frac{R_i + \frac{R_{ga}}{2}}{R_{t1}}$$

İnsan
vücudundan
geçen akım

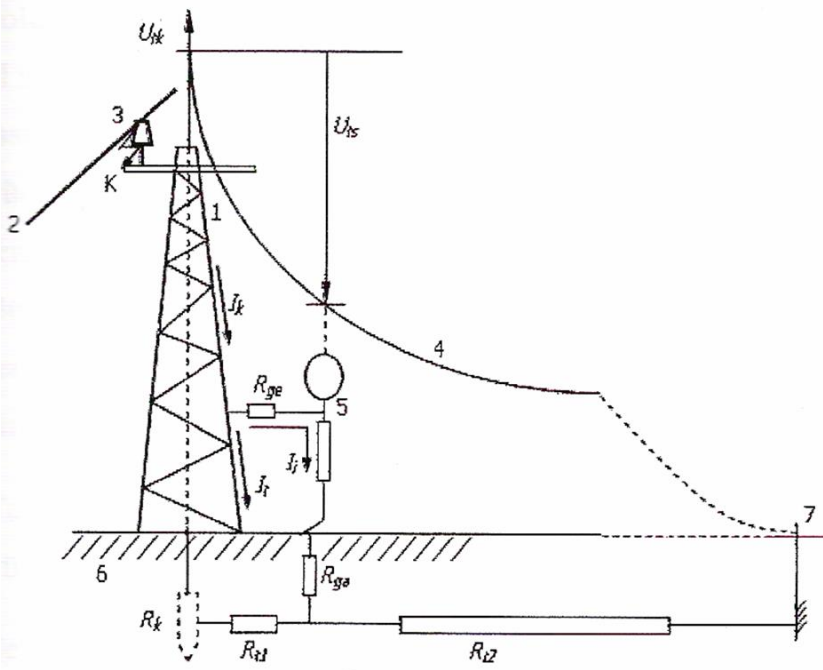
$$I_i = I_k \cdot \frac{R_{t1}}{\frac{R_i + R_{ga}}{2} + R_{t1}}$$

İnsan vücudunun temas gerilimi,



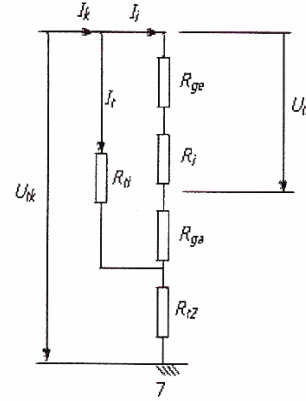
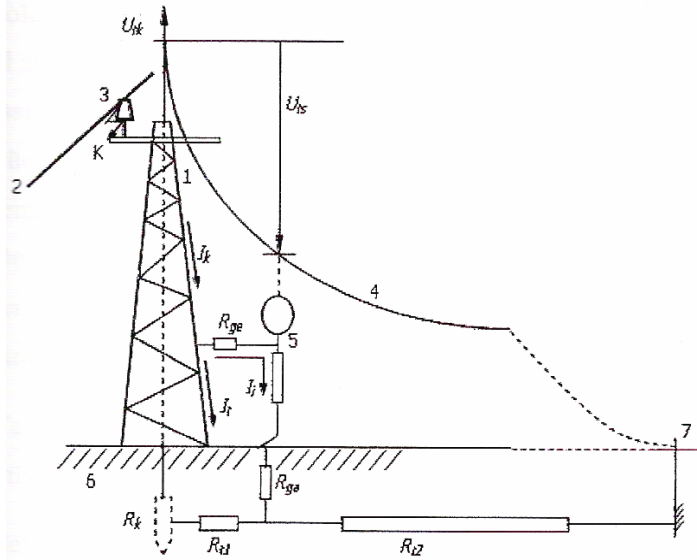
$$U_{ts} = I_i \cdot R_i \quad U_{ts} = I_k \frac{R_i \cdot R_{t1}}{R_i + R_{ga} \over 2 + R_{t1}}$$

$$U_{ts} = U_{te} \cdot \frac{R_i}{R_i + R_{ga} \over 2 + R_{t1}}$$



$$U_{ts} = U_{te} \cdot \frac{R_i}{R_i + R_{ga}} \cdot \frac{2 + R_{t1}}{2 + R_{t1}}$$

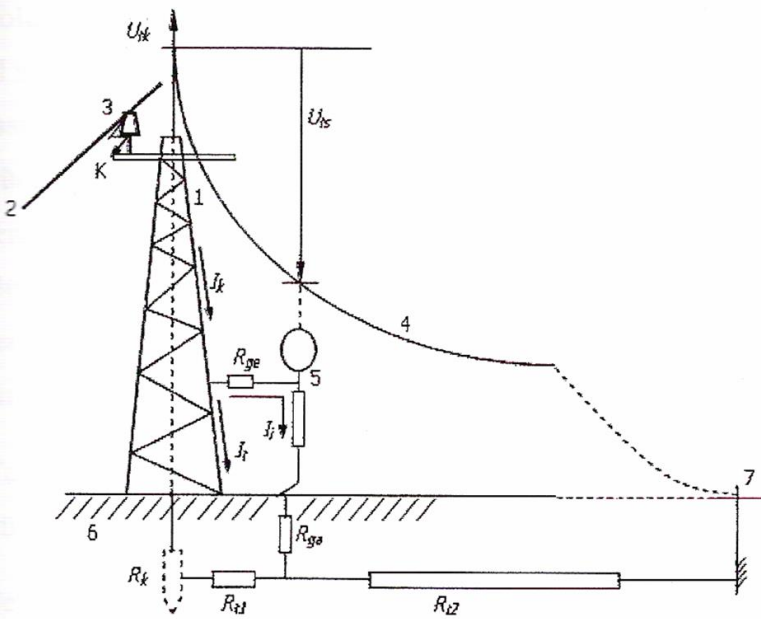
$R_i = 0$ ise bu durum, direğe dokunan bir insanın iletken bir kıyafet örneğın madeni bir zırh giymesine eşdeğerdır. Bu durumda $U_{ts}=0$ olur ve bir tehlike söz konusu olmaz.



$$U_{ts} = U_{te} \cdot \frac{R_i}{R_i + R_{ga}} \cdot \frac{2 + R_{t1}}{2 + R_{t1}}$$

$R_i = \infty$ ise bu durumda insanın vücut direnci sonsuzdur.

Temas gerilimi, $U_{ts} = I_k \cdot R_{t1} = U_{te}$ olur. Fakat bu durumda insan üzerinden akım geçmeyeceği için bir kaza olmaz.

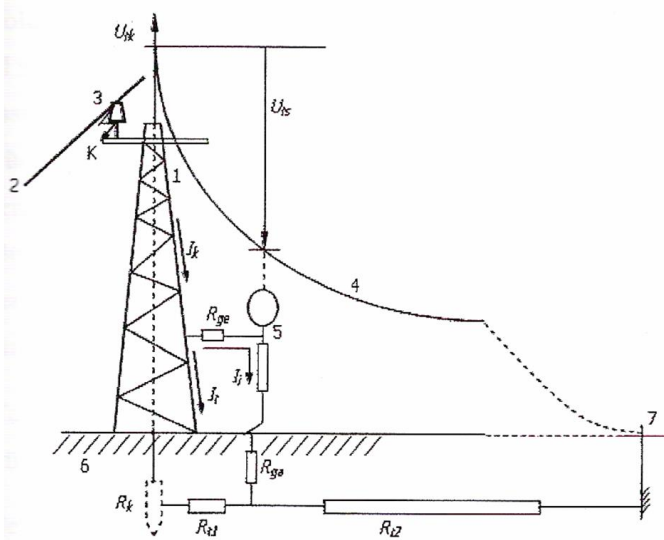


$$U_{ts} = U_{te} \cdot \frac{R_i}{R_i + R_{ga}} \cdot \frac{2 + R_{t1}}{2 + R_{t1}}$$

$R_{ga} = 0$ ise söz konusu insanın bastığı yer ıslaktır veya ayakkabılarının tabanı madenidir. Ayrıca $R_i \gg R_{t1}$ olduğundan R_i yanında R_{t1} ihmal edilerek temas gerilimi $U_{ts} = I_k \cdot R_{t1} = U_{te}$ değerini alır. Zeminin ıslak olması, temas geriliminin büyük ve tehlikenin daha fazla olmasına yol açar.

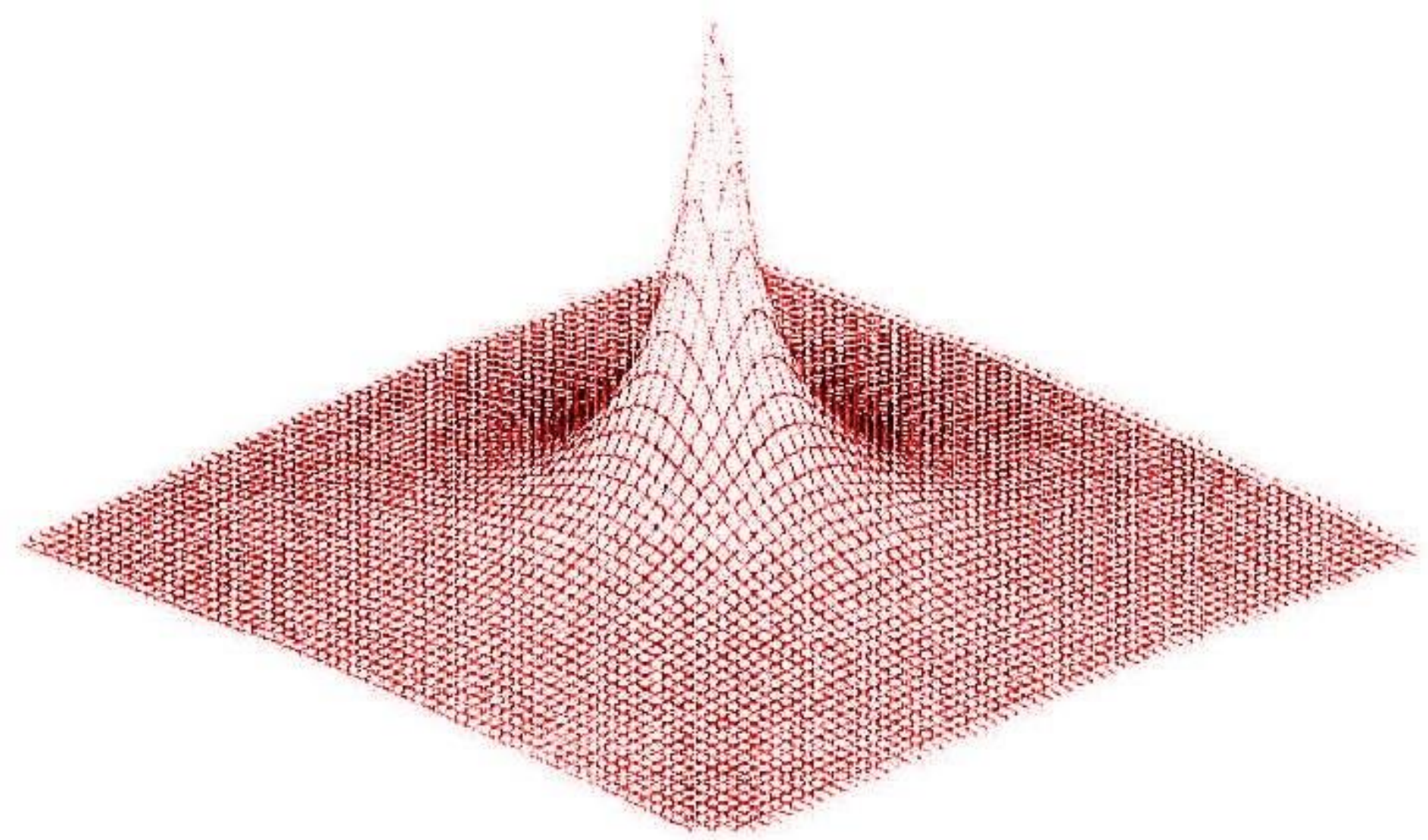
$$U_{ts} = U_{te} \cdot \frac{R_i}{R_i + R_{ga}} \cdot \frac{1}{2 + R_{t1}}$$

$R_{ga} = \infty$ ise bu durum, insanın ayak bastığı yerin yalıtılmış olmasına karşılık düşer. Buna göre $U_{ts} = 0$ olur. Ayak basılan yerin uygun bir şekilde yalıtılması ile temas gerilimlerine karşı bir koruma sağlanmış olur.

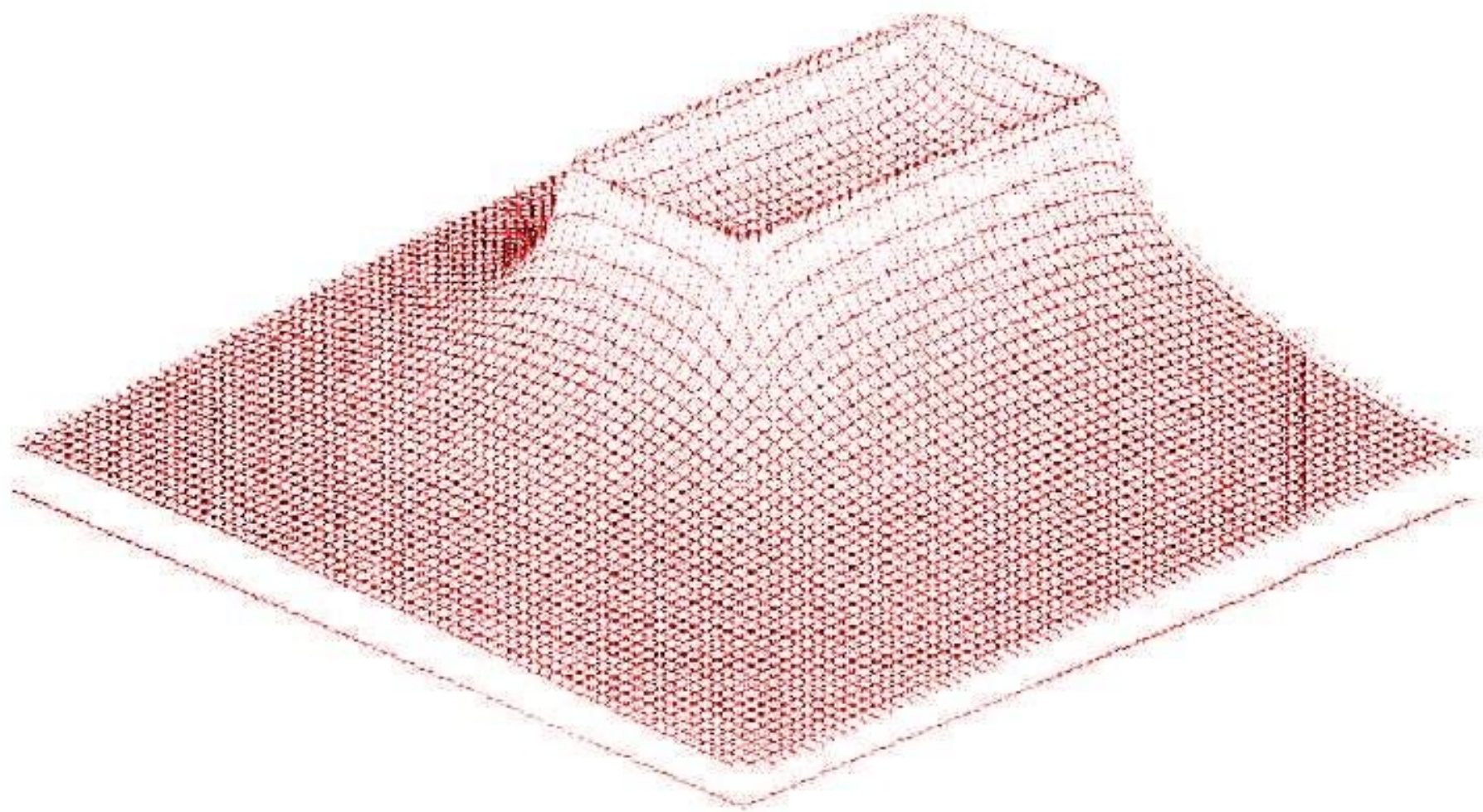


$$U_{ts} = U_{te} \cdot \frac{R_i}{R_i + R_{ga}} \cdot \frac{2 + R_{t1}}{2 + R_{t1}}$$

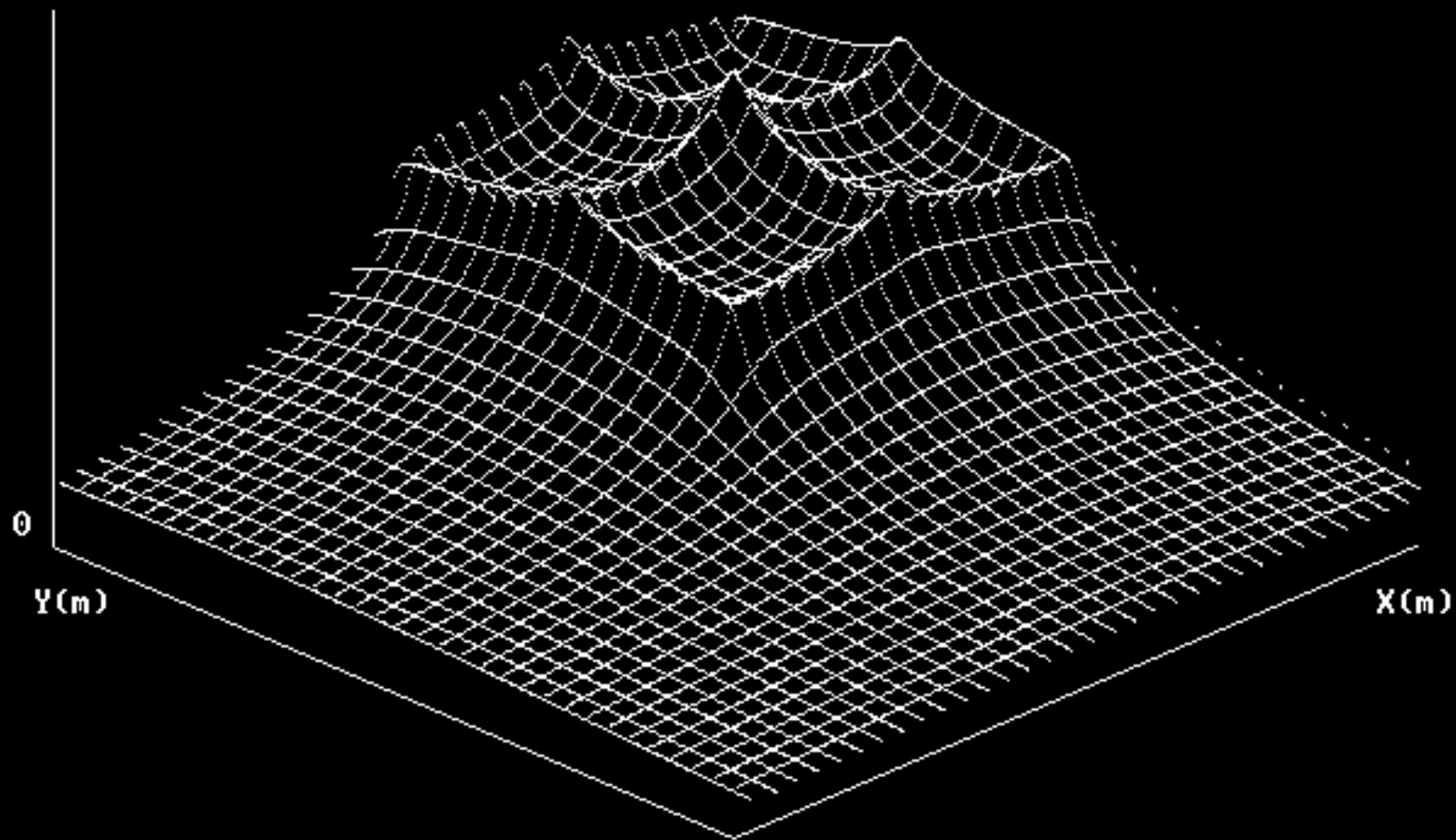
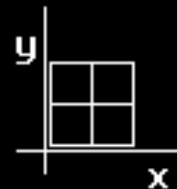
$R_{ga} = 0$ ve $R_{t1} = 0$ ise, yani ayak basılan yer iletken olup topraklayıcı ile ve topraklanacak kısımla bağlanmıştır. Bu koşullar altında insan vücudunun direnci kısa devre edilmiş olduğundan $R_i = 0$ 'dır. $U_{ts} = 0$ olduğundan bu durum ideal topraklamaya karşılık düşer.



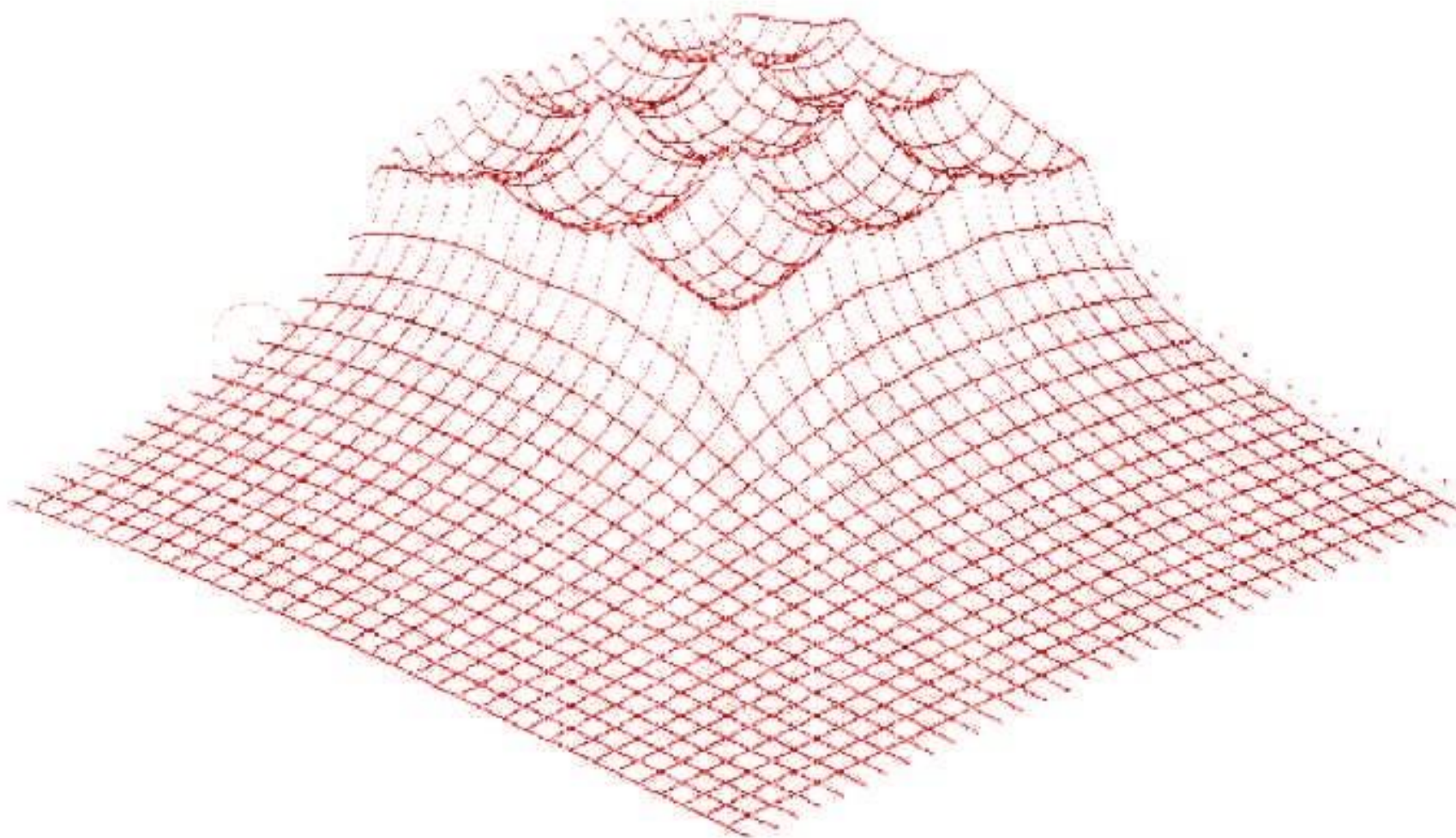
Topraklayıcı çapı: 2 cm ; Boyu: 3,5 m; Gömme derinliği: 0,6 m
Toprak öz direnci: 100 ohm.m

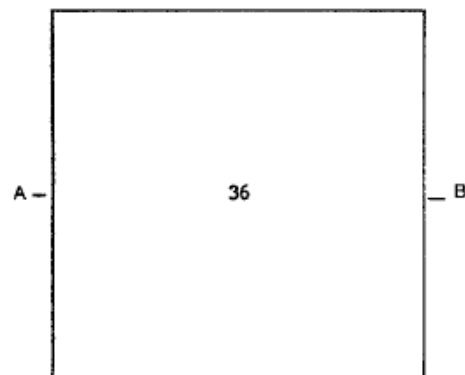


$V(\text{Volt})$



Press any key to continue





	80	83	85	86	86	85	83	80	
	83	87	88	88	88	88	87	83	
	85	88	88	89	89	88	88	85	
G	86	88	89	89	89	89	88	86	H
	86	88	89	89	89	89	88	86	
	85	88	88	89	89	88	88	85	
	83	87	88	88	88	88	87	83	
	80	83	85	86	86	85	83	80	

Figure 3.2—Measured potential distribution for various ground mats

Figure G.5—Measured potential distribution for various ground mats

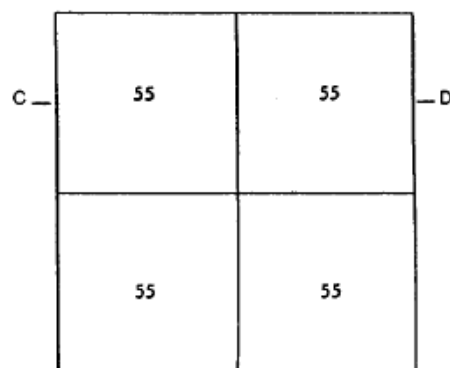
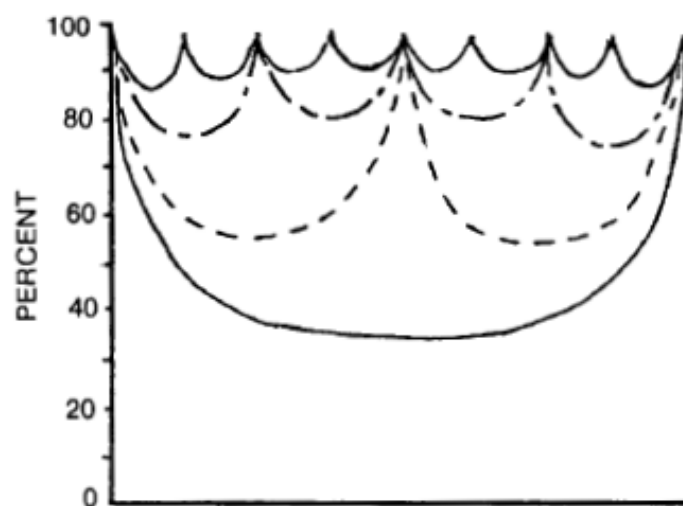


Figure 3.3—Measured potential distribution for various ground mats



—Potential distribution for a ground mat with various mesh densities;
ground mat potential = 100%

E —	70	77	77	70	— F
	77	80	80	77	
	77	80	80	77	
	70	77	77	70	

80	83	85	84	65
85	87	87	86	
85	87	88	87	
84	86	87	86	
5957				

TOPRAĞIN ELEKTRİKSEL ÖZELLİKLERİ

Toprak özgül direncini etkileyen faktörler

Toprağın nemlilik oranı

Toprağın kimyasal içeriği (tuz oranı v.s.)

Toprağın sıcaklığı

Bataklık	birkaç-30
Balçık, mil	20-100
Humus	10-150
Nemli turbo	5-100
Plastik kil	50
Marnlar ve sıkışık kil	100-200
Jurassik marn	30-40
Killi kum	50-500
Silisli kum	200-3000
Çığlak taşlı toprak	1500-3000
Çimle kaplı taşların bulunduğu toprak	300-500
Gevrek kalker	100-300
Sıkışık kalker	500-1000
Şist	50-300
Mikaşist	800
Granit ve kum taşları	1500-10000
Bozulmuş kum taşları ve granit	100-600

Nem oranı (%)	Özgül direnç ($\Omega.m$)
0	$>10^7$
2.5	1500
5	430
10	185
15	105
20	63
30	42

Eklenen tuz oranı (%nem;15.2)	Özgül direnç ($\Omega.m$)
0	105
0.1	18
1.0	4.6
5	1.9
10	1.3
20	1

Sıcaklık ($^{\circ}C$)	Özgül direnç ($\Omega.m$)
20	72
10	99
0 (su)	138
0 (buz)	300
-5	790
-15	3300

Toprak Özgöl Direncinin Ölçülmesi

Wenner dört elektrot yöntemi

$$\rho = 2 \pi a \frac{U}{I} = 2 \pi a R$$

ρ : Toprak öz direnci (ohm.cm);

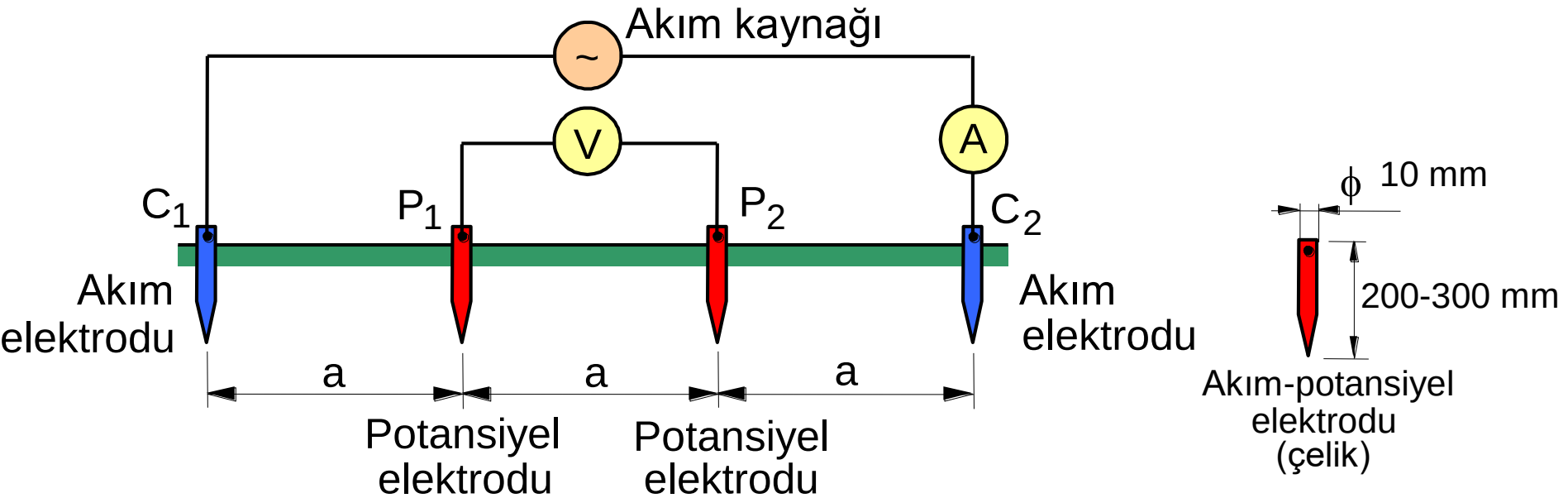
a : Elektrotlar arası uzaklık (cm);

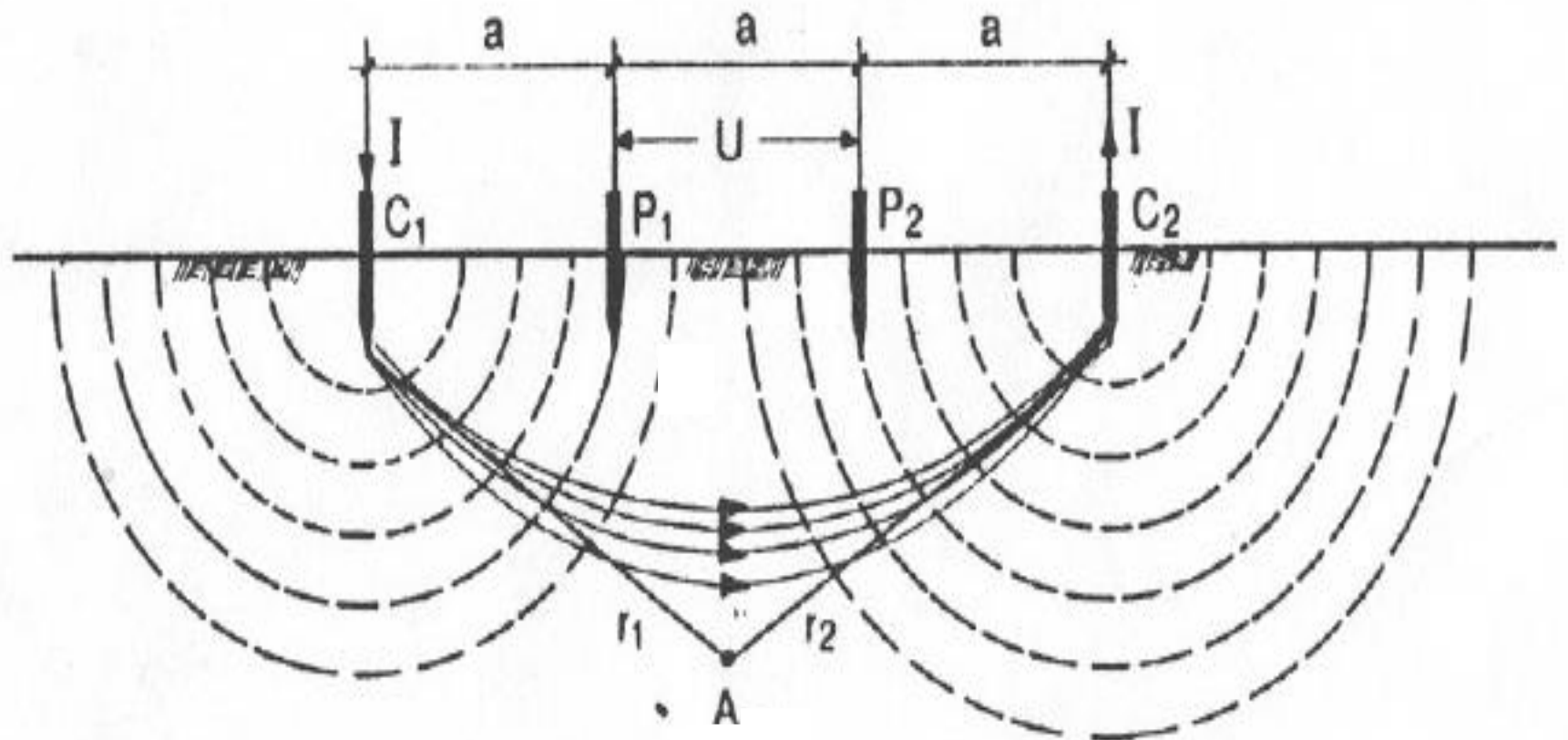
U : İç elektrotlar arasındaki potansiyel fark (mV);

I : Dış elektrotlardan geçen akım şiddeti (mA);

R : Aletten doğrudan okunan dirençtir (ohm).

Wenner dört elektrot yöntemi





$$\vec{E} = \vec{j} \cdot \rho$$

$$j = \frac{I}{2\pi r^2} \quad (\text{A/m})$$

$$E = \frac{\rho \cdot I}{2\pi r^2} \quad (\text{V/m})$$

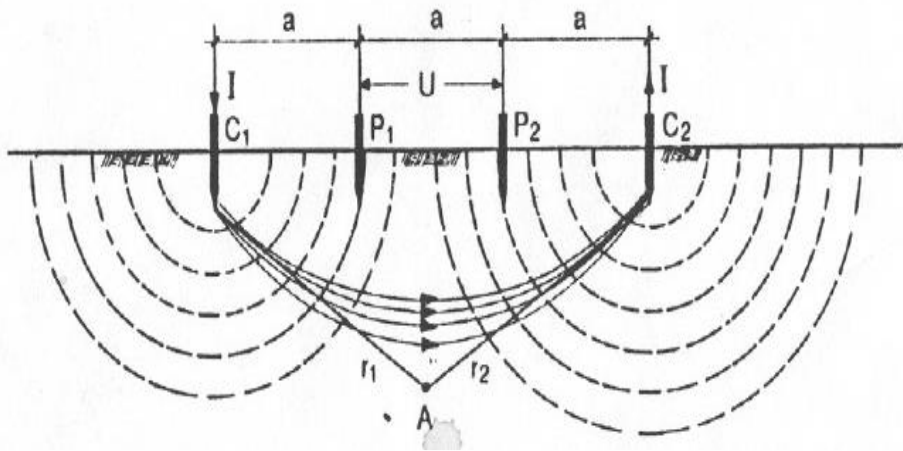
$$\phi = \frac{\rho \cdot I}{2\pi r} \quad (\text{V})$$

$$\phi_A = \frac{I \cdot \rho}{2\pi r_1} - \frac{I \cdot \rho}{2\pi r_2}$$

$$r_1 = a \quad r_2 = 2a$$

$$\phi_{P1} = \frac{I \cdot \rho}{2\pi a} - \frac{I \cdot \rho}{4\pi a}$$

$$\phi_{P1} = \frac{I \cdot \rho}{4\pi a}$$



$$r_1 = 2a \quad r_2 = a$$

$$\phi_{P2} = \frac{I \cdot \rho}{4\pi a} - \frac{I \cdot \rho}{2\pi a}$$

$$\phi_{P2} = \frac{-I \cdot \rho}{4\pi a}$$

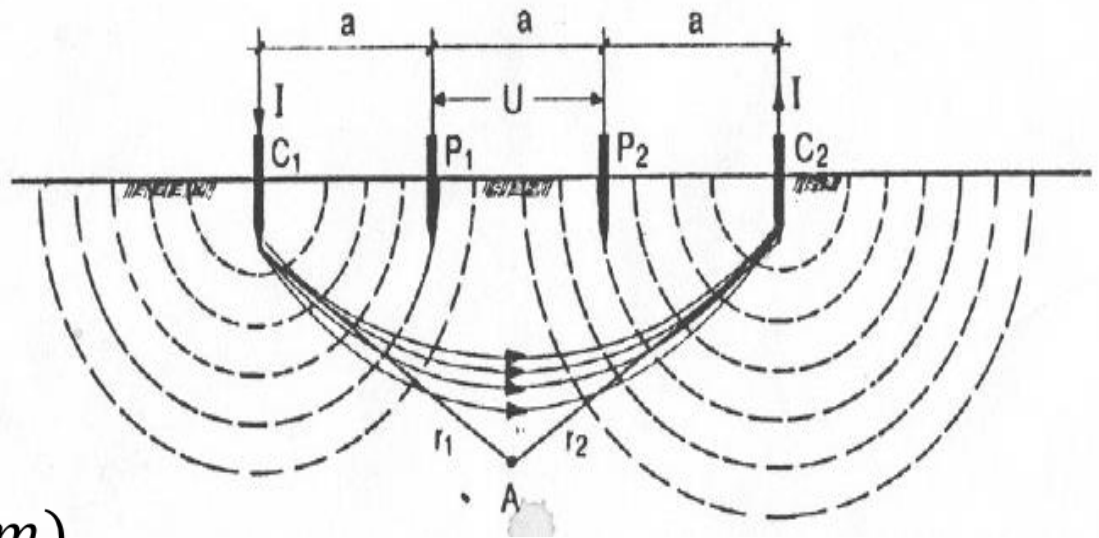
$$U = \phi_{P1} - \phi_{P2} \quad U = \frac{I \cdot \rho}{4\pi a} - \left(-\frac{I \cdot \rho}{4\pi a} \right)$$

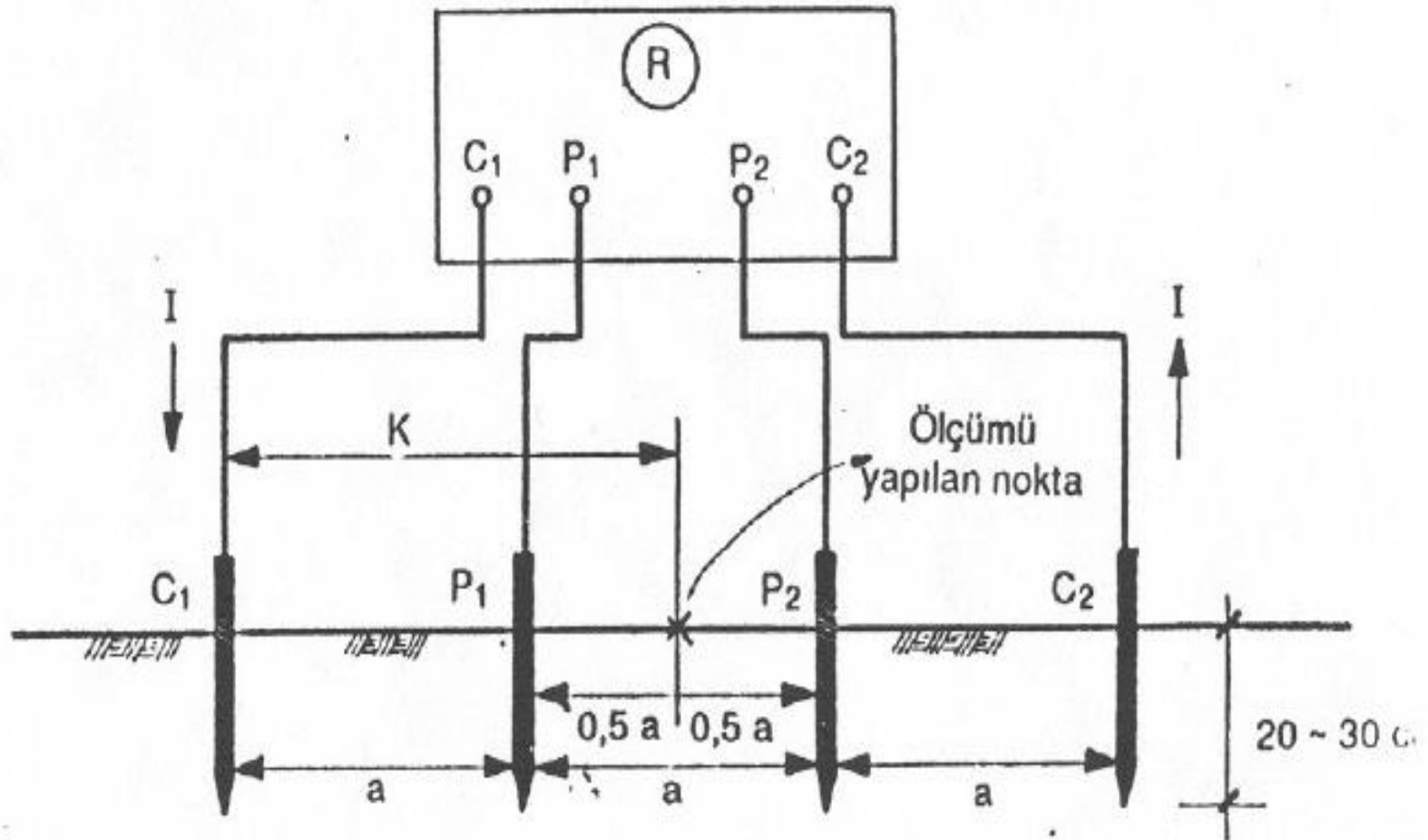
$$U = \frac{I \cdot \rho}{2\pi a}$$

$$R = \frac{U}{I}$$

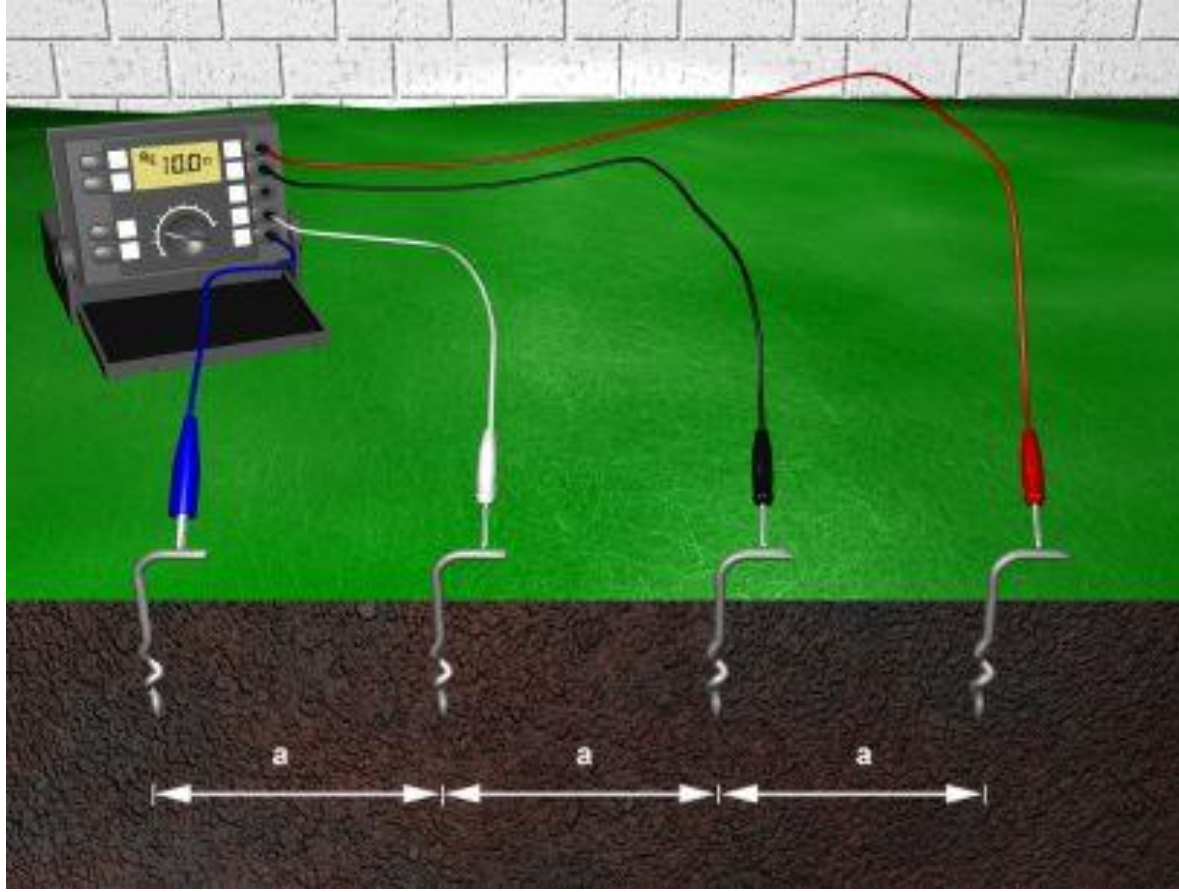
$$R = \frac{\rho}{2\pi a}$$

$$\rho = 2\pi a R \quad (\text{ohm.m})$$





Topraklama tesislerinde denetim, yoklama ve ölçme

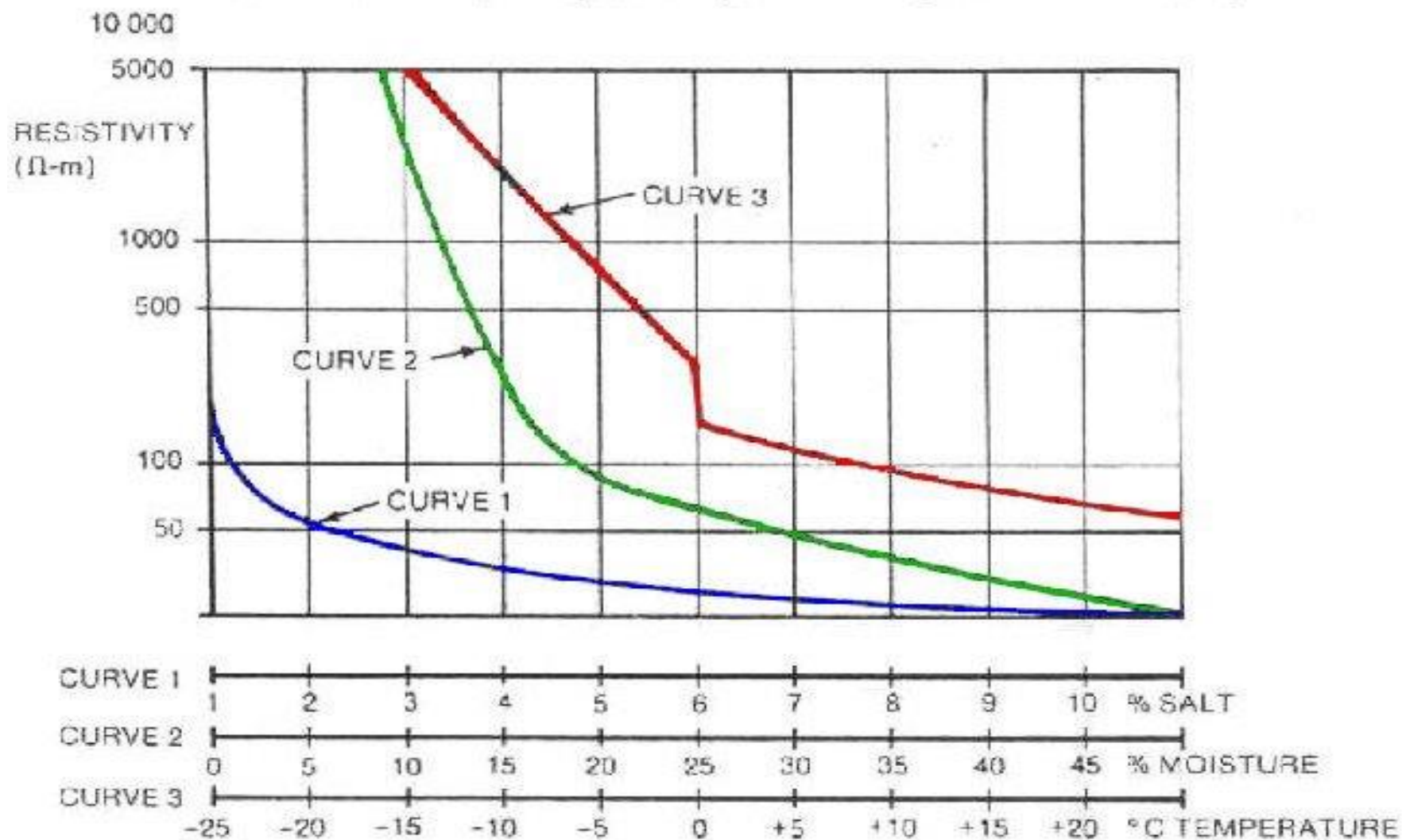


*Toprak özdirencine bağlı olarak
toprağın korozyon etkisi*

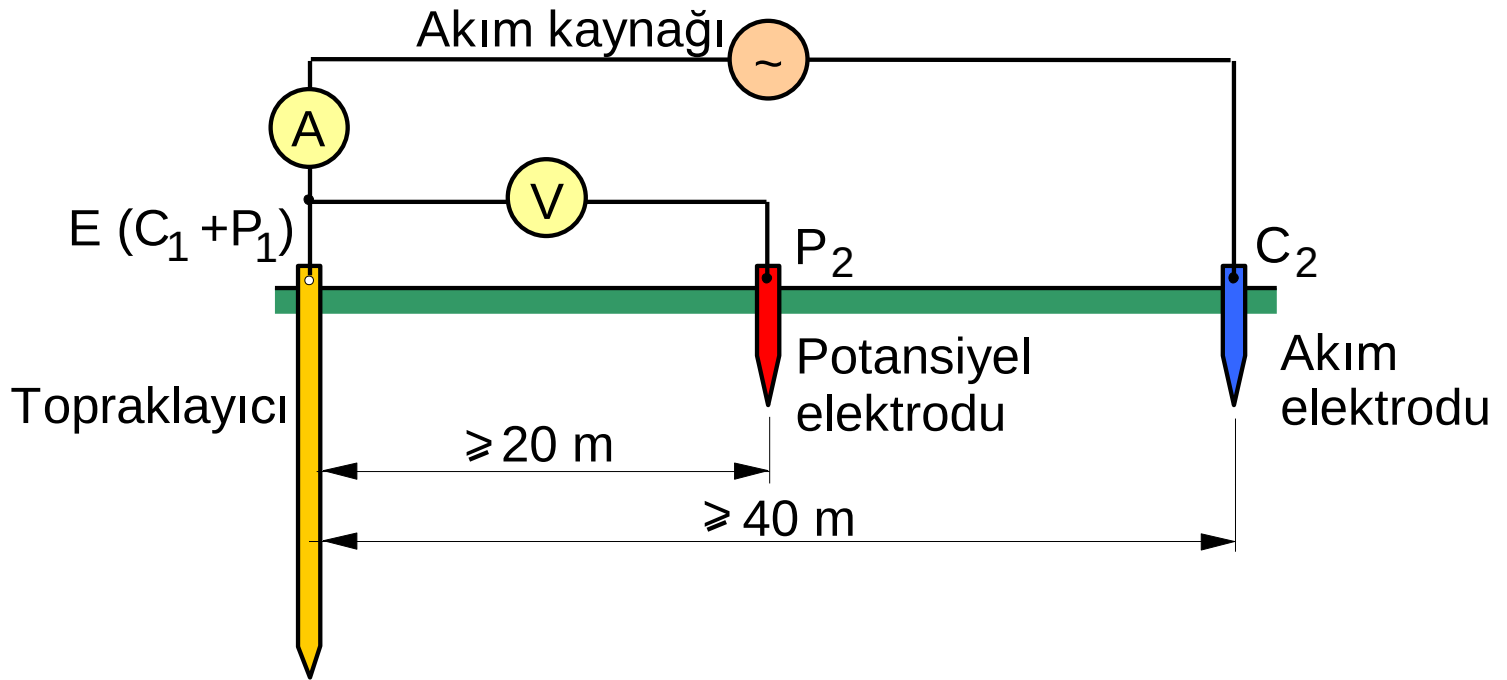
Toprak özdirenci, ρ (ohm.m)	Toprağın korozyon etkisi
< 10	Çok korozif
10 - 30	Korozif
30 - 100	Orta korozif
> 100	Az korozif

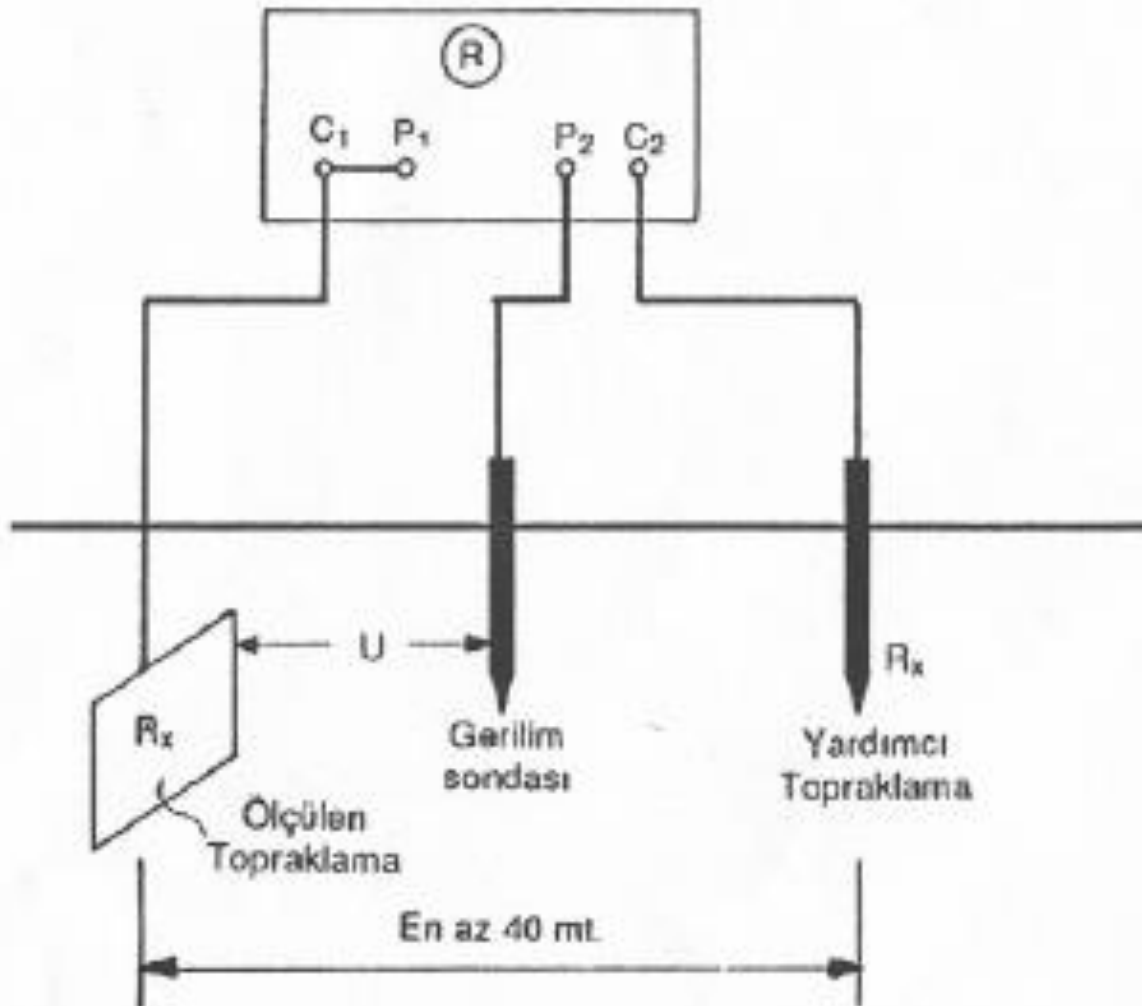
Fig 16

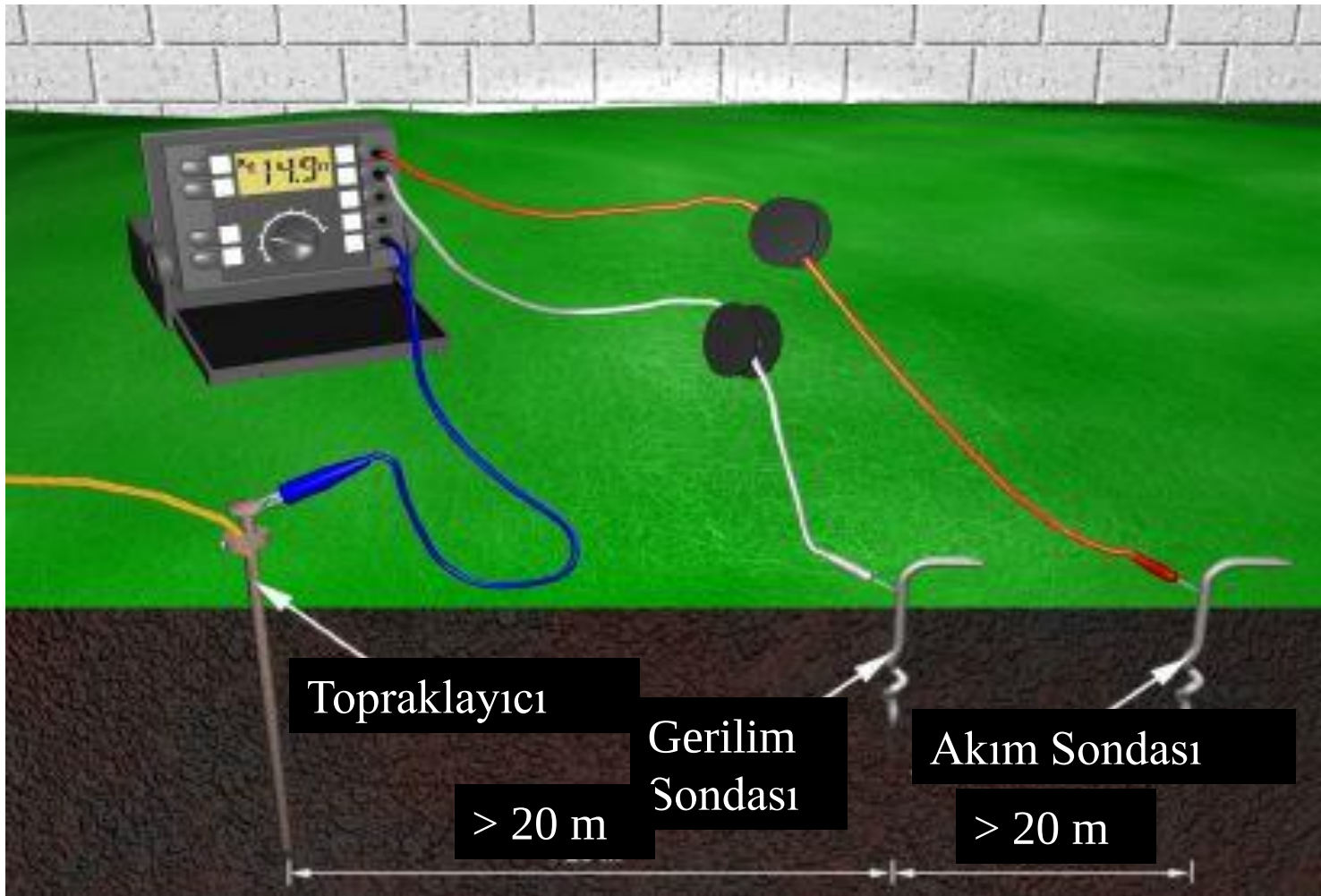
Effects of Moisture, Temperature, and Salt upon Soil Resistivity

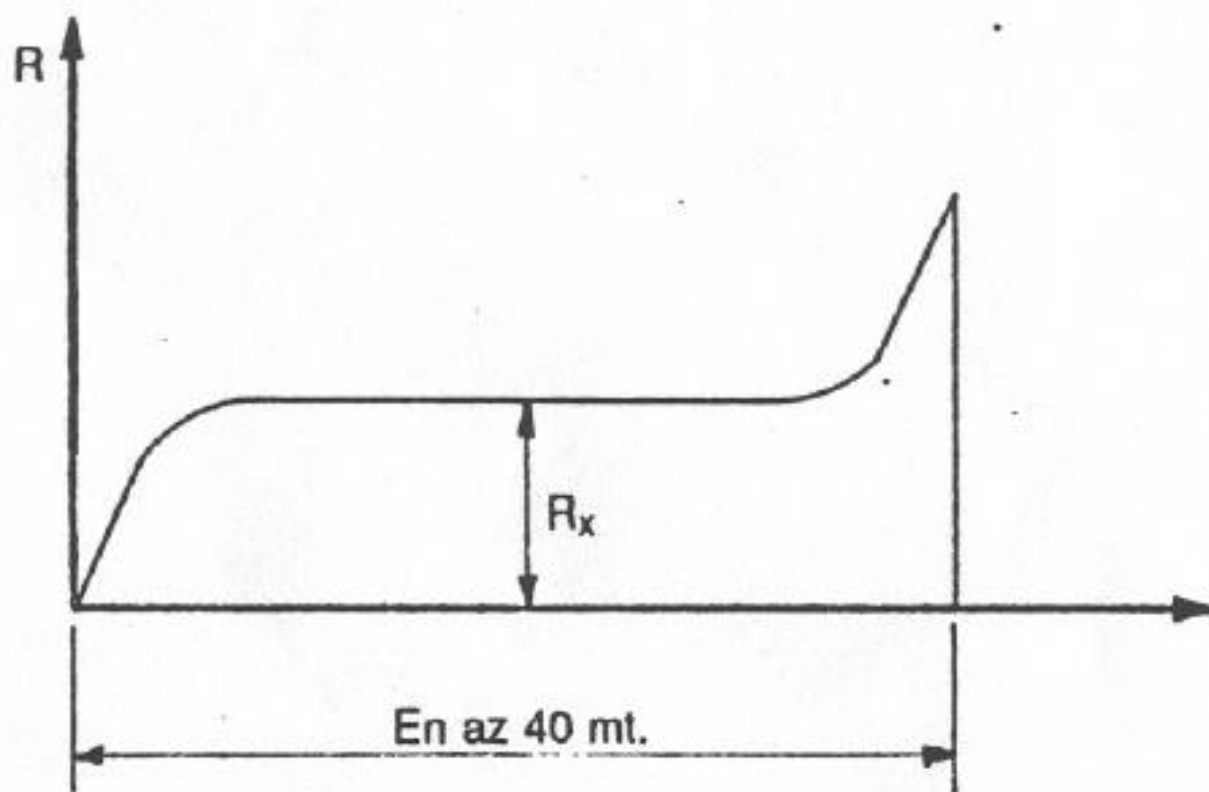


Yayılma Direncinin ve Topraklama Empedansının Ölçülmesi

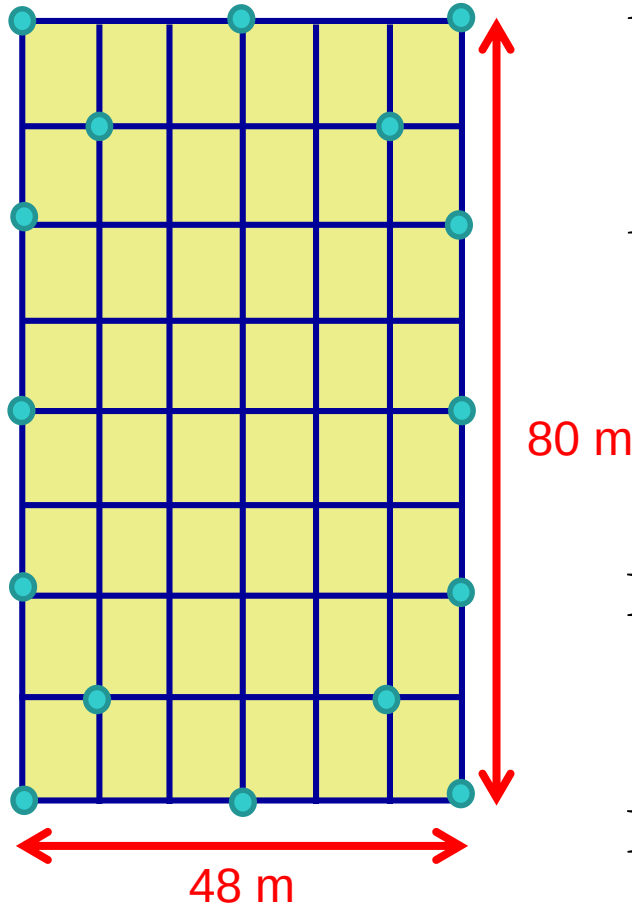








Schwarz Yöntemi

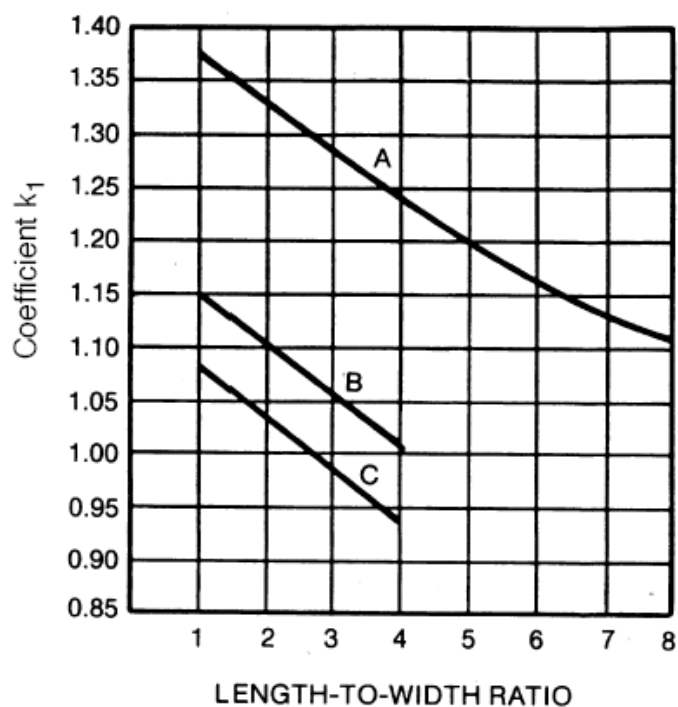


$$R_g = \frac{\rho}{\pi l_g} \left[\ln \left(\frac{2l_g}{\sqrt{d \cdot h}} \right) + \frac{K_1 l_g}{\sqrt{A}} - K_2 \right]$$

$$R_k = \frac{\rho}{2\pi n l_k} \left[\ln \left(\frac{8l_k}{d_k} \right) - 1 + \frac{2K_1 l_k}{\sqrt{A}} (\sqrt{n} - 1)^2 \right]$$

$$R_m = \frac{\rho}{\pi l_g} \left[\ln \left(\frac{2l_g}{l_k} \right) + \frac{K_1 l_g}{\sqrt{A}} - K_2 + 1 \right]$$

$$R = \frac{R_g R_k - R_m^2}{R_g + R_k - 2R_m}$$



CURVE A — FOR DEPTH $h = 0$

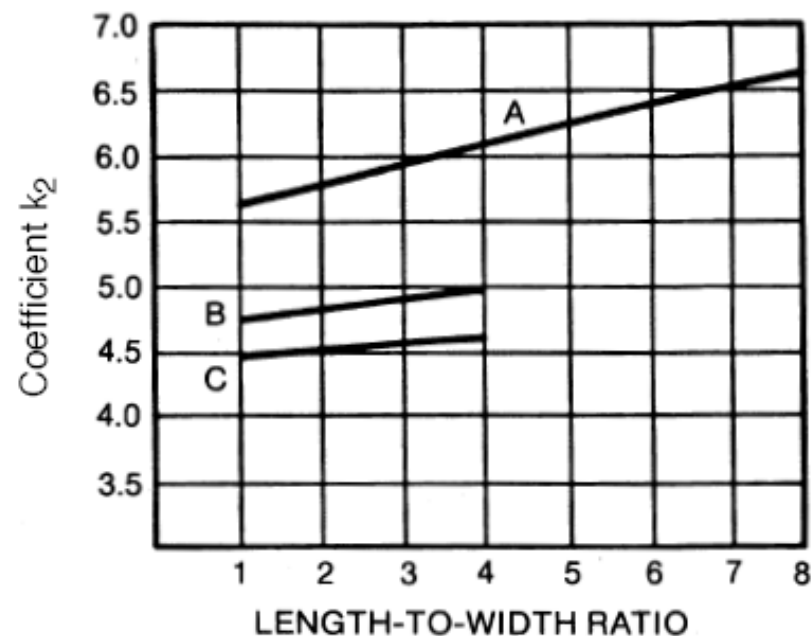
$$y_A = -0.04x + 1.41$$

CURVE B — FOR DEPTH $h = 1/10 \sqrt{\text{AREA}}$

$$y_B = -0.05x + 1.20$$

CURVE C — FOR DEPTH $h = 1/6 \sqrt{\text{AREA}}$

$$y_C = -0.05x + 1.13$$



CURVE A — FOR DEPTH $h = 0$

$$y_A = 0.15x + 5.50$$

CURVE B — FOR DEPTH $h = 1/10 \sqrt{\text{AREA}}$

$$y_B = 0.10x + 4.68$$

CURVE C — FOR DEPTH $h = 1/6 \sqrt{\text{AREA}}$

$$y_C = -0.05x + 4.40$$

Temas Gerilimi

$$E_{touch70} = \frac{(1000 + 1.5 \cdot C_s \rho_s) \cdot 0.157}{\sqrt{t_s}}$$

$$E_m = \frac{\rho I_G K_m K_i}{L_c + \left[1.55 + 1.22 \left(\frac{L_r}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}} \right) \right] L_R}$$

$$K_i = 0.644 + 0.148n$$

$$n = n_a n_b n_c n_d$$

$$n_a = \frac{2L_c}{L_p}$$

$$n_b = \sqrt{\frac{L_p}{4\sqrt{A}}}$$

$$n_c = 1 \quad n_c = \left[\frac{L_x \cdot L_y}{A} \right]^{\frac{0.7 \cdot A}{L_x \cdot L_y}}$$

$$n_d = 1 \quad n_d = \frac{D_m}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}}$$

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \left[\ln \left(\frac{D^2}{16hd} + \frac{(D+2h)^2}{8Dd} - \frac{h}{4d} \right) + \frac{K_{ii}}{K_h} \ln \left(\frac{8}{\pi(2n-1)} \right) \right]$$

$$C_s = 1 - \frac{0.09 \left(1 - \frac{\rho}{\rho_s} \right)}{2h_s + 0.09}$$

$$K_{ii} = 1$$

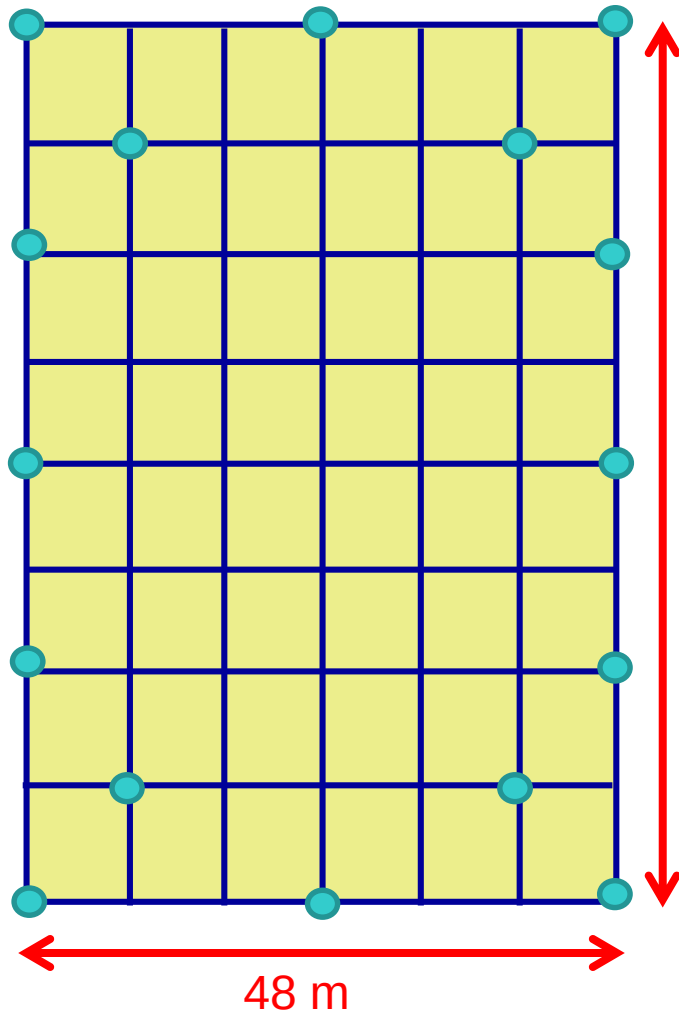
$$K_h = \sqrt{1 + \frac{h}{h_o}}$$

Adım Gerilimi

$$E_{step_{70}} = (1000 + 6C_s \rho_s) 0.157 / \sqrt{t_s}$$

$$E_s = \frac{\rho I_G K_s K_i}{0.75L_c + 0.85L_R}$$

$$K_s = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{D} (1 - 0.5^{n-2}) \right]$$



$$\rho = 40 \text{ ohm.m}$$

$$h = 0.5 \text{ m}$$

$$95 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$$

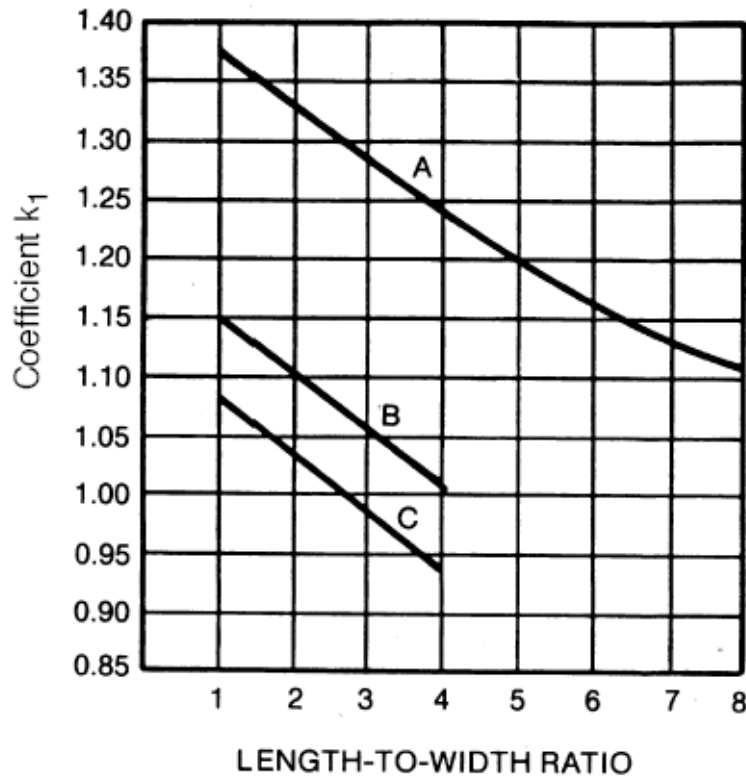
$$l = 2.5 \text{ m} \quad d = 0.02 \text{ m} \quad n = 16$$

$$I = 3 \text{ kA}$$

$$t = 0.5 \text{ s}$$

$$k_1 = 1.325$$

$$k_2 = 5.677$$



CURVE A — FOR DEPTH $h = 0$

$$y_A = -0.04x + 1.41$$

CURVE B — FOR DEPTH $h = 1/10 \sqrt{\text{AREA}}$

$$y_B = -0.05x + 1.20$$

CURVE C — FOR DEPTH $h = 1/6 \sqrt{\text{AREA}}$

$$y_C = -0.05x + 1.13$$

$$x = 1.666$$

$$y_{A1} = -0.04x + 1.41$$

$$y_{A1} = 1.343$$

$$y_{B1} = -0.05x + 1.2$$

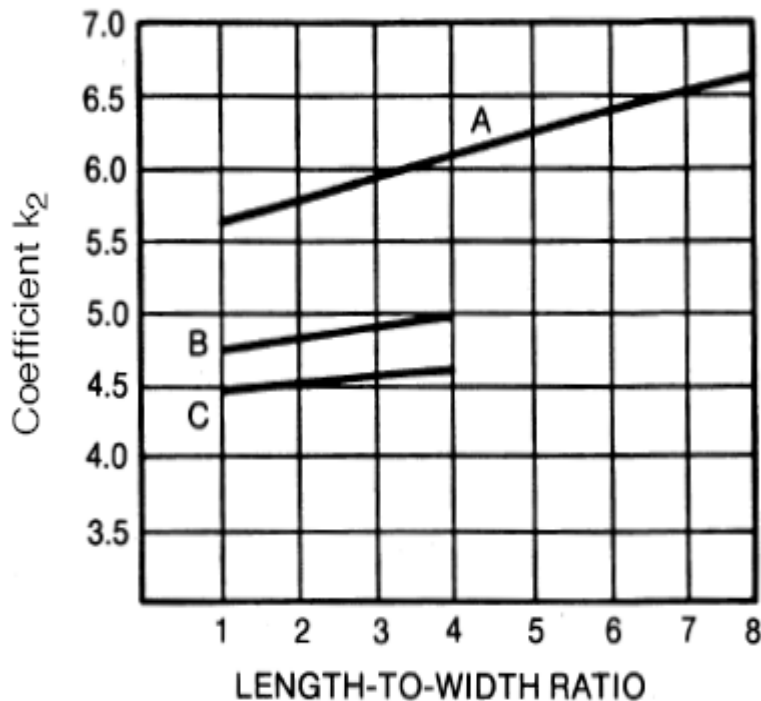
$$y_{B1} = 1.116$$

$$y_1 = y_{A1} - y_{B1} = 0.227$$

$$y_h = y_1 \cdot \text{gömmederinliği} / h$$

$$y_h = 0.227 \cdot 0.5 / 6.196 = 0.0183$$

$$k_1 = y_{A1} - y_h = 1.3247$$



CURVE A — FOR DEPTH $h = 0$

$$y_A = 0.15x + 5.50$$

CURVE B — FOR DEPTH $h = 1/10 \sqrt{\text{AREA}}$

$$y_B = 0.10x + 4.68$$

CURVE C — FOR DEPTH $h = 1/6 \sqrt{\text{AREA}}$

$$y_C = -0.05x + 4.40$$

$$x = 1.666$$

$$y_{A2} = 0.15x + 5.5$$

$$y_{A2} = 5.7499$$

$$y_{B2} = 0.10x + 4.68$$

$$y_{B2} = 4.846$$

$$y_2 = y_{A2} - y_{B2} = 0.9039$$

$$y_h = y_2 \cdot \text{gömmederinliği} / h$$

$$y_h = 0.9039 \cdot 0.5 / 6.196 = 0.07294$$

$$k_2 = y_{A2} - y_h = 5.6769$$

$$R_g = \frac{\rho}{\pi l_g} \left[\ln \left(\frac{2l_g}{\sqrt{d \cdot h}} \right) + \frac{k_1 l_g}{\sqrt{A}} - k_2 \right]$$

$$R_g = \frac{40}{\pi \cdot 992} \left[\ln \left(\frac{2 \cdot 992}{\sqrt{1.1 \cdot 10^{-2} \cdot 0.5}} \right) + \frac{1.325 \cdot 992}{\sqrt{3840}} - 5.677 \right]$$

$$R_g = 0.33 \text{ ohm}$$

$$R_k = \frac{\rho}{2\pi n l_k} \left[\ln \left(\frac{8l_k}{d_k} \right) - 1 + \frac{2k_1 l_k}{\sqrt{A}} (\sqrt{n} - 1)^2 \right]$$

$$R_k = \frac{40}{2\pi \cdot 16 \cdot 2.5} \left[\ln \left(\frac{8 \cdot 2.5}{0.02} \right) - 1 + \frac{2 \cdot 1.325 \cdot 2.5}{\sqrt{3840}} (\sqrt{16} - 1)^2 \right]$$

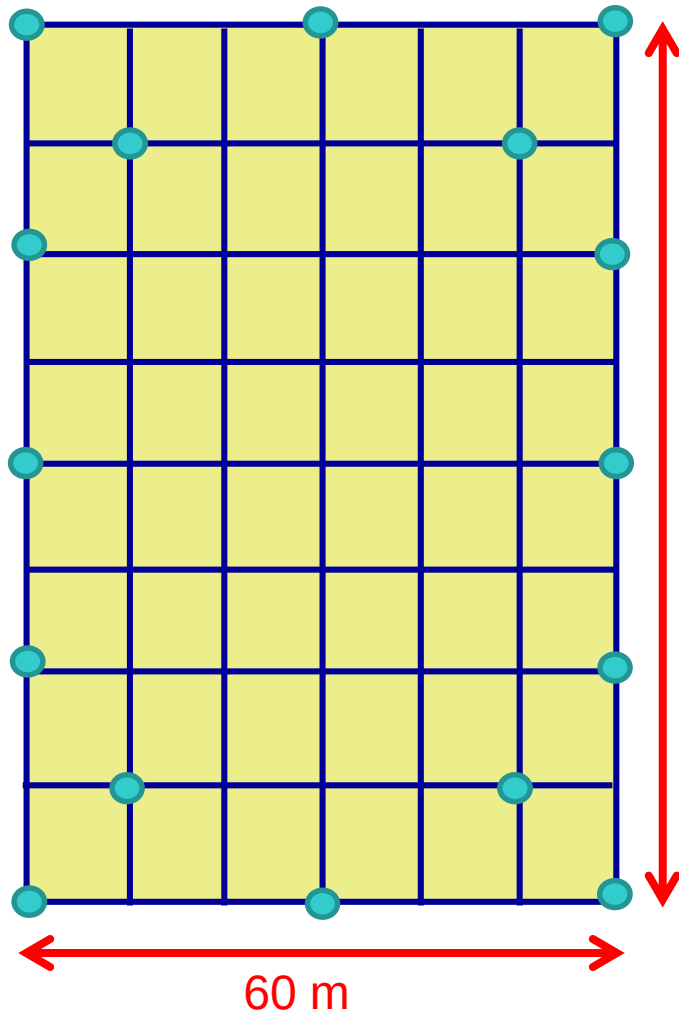
$$R_k = 1.093 \text{ ohm}$$

$$R_m = \frac{\rho}{\pi d_g} \left[\ln \left(\frac{2l_g}{l_k} \right) + \frac{k_1 l_g}{\sqrt{A}} - k_2 + 1 \right]$$

$$R_m = \frac{40}{\pi \cdot 992} \left[\ln \left(\frac{2 \cdot 992}{2.5} \right) + \frac{1.325 \cdot 992}{\sqrt{3840}} - 5.677 + 1 \right]$$

$$R_m = 0.297 \text{ ohm}$$

$$R = \frac{R_g R_k - R_m^2}{R_g + R_k - 2R_m} = 0.328 \text{ ohm}$$



$$\rho = 40 \text{ ohm.m}$$

$$h = 0.5 \text{ m}$$

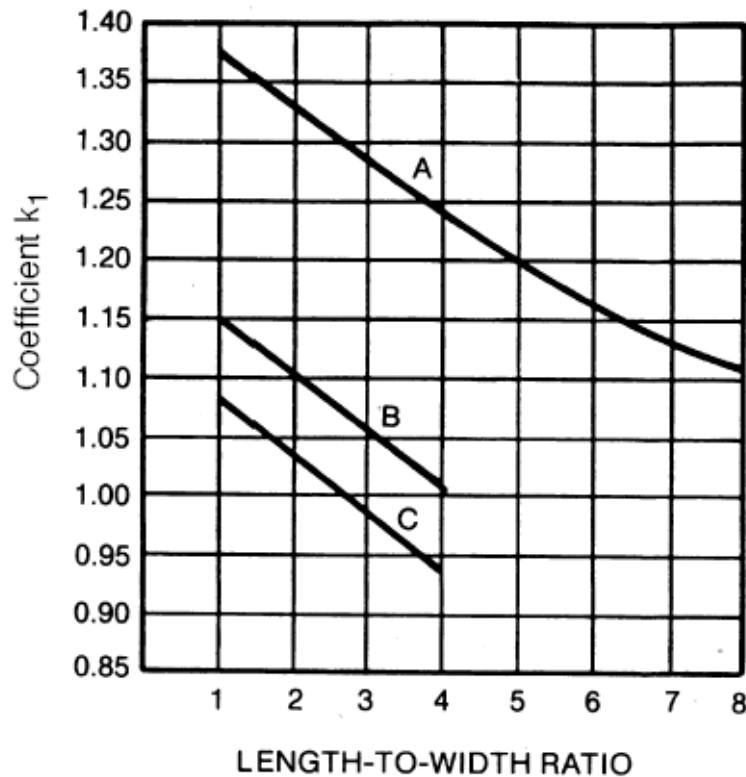
$$95 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$$

$$l = 2.5 \text{ m} \quad d = 0.02 \text{ m} \quad n = 16$$

$$I = 25 \text{ kA}$$

$$t = 0.5 \text{ s}$$

$$L = 7 \times 80 + 9 \times 60 = 1100 \text{ m} \quad (10 \times 10)$$



CURVE A — FOR DEPTH $h = 0$

$$y_A = -0.04x + 1.41$$

CURVE B — FOR DEPTH $h = 1/10 \sqrt{\text{AREA}}$

$$y_B = -0.05x + 1.20$$

CURVE C — FOR DEPTH $h = 1/6 \sqrt{\text{AREA}}$

$$y_C = -0.05x + 1.13$$

$$x = 1.333$$

$$y_{A1} = -0.04x + 1.41$$

$$y_{A1} = 1.356$$

$$y_{B1} = -0.05x + 1.2$$

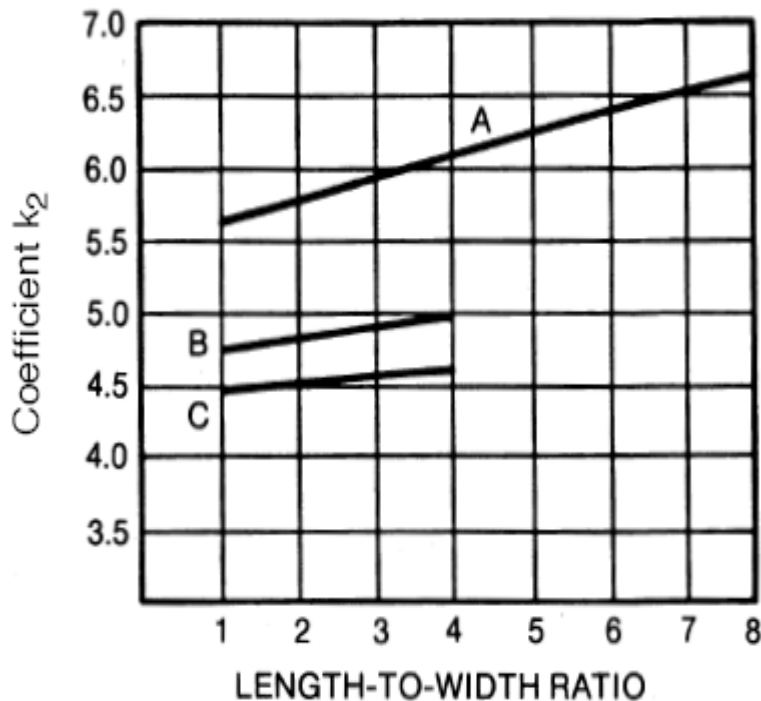
$$y_{B1} = 1.133$$

$$y_1 = y_{A1} - y_{B1} = 0.223$$

$$y_h = y_1 \cdot \text{gömmederinliği} / h$$

$$y_h = 0.223 \cdot 0.5 / 6.928 = 0.0161$$

$$k_1 = y_{A1} - y_h = 1.340$$



CURVE A — FOR DEPTH $h = 0$

$$y_A = 0.15x + 5.50$$

CURVE B — FOR DEPTH $h = 1/10 \sqrt{\text{AREA}}$

$$y_B = 0.10x + 4.68$$

CURVE C — FOR DEPTH $h = 1/6 \sqrt{\text{AREA}}$

$$y_C = -0.05x + 4.40$$

$$x = 1.333$$

$$y_{A2} = 0.15x + 5.5$$

$$y_{A2} = 5.70$$

$$y_{B2} = 0.10x + 4.68$$

$$y_{B2} = 4.813$$

$$y_2 = y_{A2} - y_{B2} = 0.886$$

$$y_h = y_2 \cdot \text{gömmederinliği} / h$$

$$y_h = 0.886 \cdot 0.5 / 6.928 = 0.0640$$

$$k_2 = y_{A2} - y_h = 5.636$$

$$R_g = \frac{\rho}{\pi l_g} \left[\ln \left(\frac{2l_g}{\sqrt{d \cdot h}} \right) + \frac{k_1 l_g}{\sqrt{A}} - k_2 \right]$$

$$R_g = \frac{40}{\pi \cdot 1100} \left[\ln \left(\frac{2 \cdot 1100}{\sqrt{1.1 \cdot 10^{-2} \cdot 0.5}} \right) + \frac{1.340 \cdot 1100}{\sqrt{4800}} - 5.636 \right]$$

$$R_g = 0.30 \, ohm$$

$$R_k = \frac{\rho}{2\pi n_k l_k} \left[\ln \left(\frac{8l_k}{d_k} \right) - 1 + \frac{2k_1 l_k}{\sqrt{A}} \left(\sqrt{n_k} - 1 \right)^2 \right]$$

$$R_k = \frac{40}{2\pi \cdot 16 \cdot 2.5} \left[\ln \left(\frac{8 \cdot 2.5}{0.02} \right) - 1 + \frac{2 \cdot 1.340 \cdot 2.5}{\sqrt{4800}} \left(\sqrt{16} - 1 \right)^2 \right]$$

$$R_k = 1.078 \, ohm$$

$$R_m = \frac{\rho}{\pi l_g} \left[\ln \left(\frac{2l_g}{l_k} \right) + \frac{k_1 l_g}{\sqrt{A}} - k_2 + 1 \right]$$

$$R_m = \frac{40}{\pi \cdot 1100} \left[\ln \left(\frac{2 \cdot 1100}{2.5} \right) + \frac{1.340 \cdot 1100}{\sqrt{4800}} - 5.636 + 1 \right]$$

$$R_m = 0.271 \text{ ohm}$$

$$R = \frac{R_g R_k - R_m^2}{R_g + R_k - 2R_m} = 0.299 \text{ ohm}$$

Hesaplamalar IEEE Std 80 – 2000 esas alınarak gerçekleştirilmiştir. Formüllerin karşısındaki numaralar, standartta geçen formül numarasını ve sayfa numarasını göstermektedir.

TOPRAKLAMA İLETKENİ KESİT TAYİNİ

$$A_{mm^2} = I \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{TCAP10^{-4}}{t_c \alpha_r \rho_r} \right) \ln \left(\frac{K_o + T_m}{K_o + T_a} \right)}}$$

A_{mm^2}	= Bakır toprak iletkeni kesiti	mm ²	
I	= Kısa devre akımı	25 kA	
T_a	= Ortam sıcaklığı	40 °C	
T_m	= Müsaade edilen maksimum sıcaklık	450 °C	
K_o	= Akım taşıyan kısmın sıcaklık katsayısı	234 °C	
ρ_r	= Referans sıcaklıkta toprak iletkeni direnci	1.7241	*
α_r	= Isıl katsayı	0.00393	*
$TCAP$	= Birim hacim başına ısıl kapasite	3.42	*
t_c	= Hata akımı süresi	0.5 s	
*	: Tablo 1 / Sayfa 42		

$$A_{mm^2} = 25 \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{3.42 \times 10^{-4}}{0.5 \times 0.00393 \times 1.7241} \right) \ln \left(\frac{234 + 450}{234 + 40} \right)}}$$

$$A = 82 \text{ mm}^2$$

TEMAS GERİLİMİ KONTROLÜ

$E_{touch70}$	= Müsaade edilen temas gerilimi	
ρ_s	= Kaplama özgül direnci	2500 ohm.m
h_s	= Kaplama kalınlığı	0.15 m
D	= Uzun iletkenler arası mesafe	10 m
d	= İletken çapı	0.011 m
L_c	= Toplam iletken uzunluğu	1100 m
L_r	= Çubuk uzunluğu	2.5 m
L_R	= Toplam çubuk uzunluğu	40 m
L_p	= Alanın çevresi	280 m
L_x	= Alanın boyuna kenar uzunluğu	80 m
L_y	= Alanın enine kenar uzunluğu	60 m
h_o	= Referans gömülme derinliği	1 m

$$E_{touch_{70}} = (1000 + 1.5C_s\rho_s)0.157 / \sqrt{t_s}$$

$$C_s = 1 - \frac{0.09 \left(1 - \frac{\rho}{\rho_s} \right)}{2h_s + 0.09}$$

$$C_s = 1 - \frac{0.09 \left(1 - \frac{40}{2500} \right)}{2 \times 0.15 + 0.09} = 0.773$$

$$E_{touch_{70}} = (1000 + 1.5 \times 0.773 \times 2500)0.157 / \sqrt{0.5} = 865.58 V$$

$$E_m = \frac{\rho I_G K_m K_i}{L_c + \left[1.55 + 1.22 \left(\frac{L_r}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}} \right) \right] L_R}$$

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \left[\ln \left(\frac{D^2}{16hd} + \frac{(D+2h)^2}{8Dd} - \frac{h}{4d} \right) + \frac{K_{ii}}{K_h} \ln \left(\frac{8}{\pi(2n_s - 1)} \right) \right]$$

$$n_s = n_a n_b n_c n_d$$

$$n_a = \frac{2L_c}{L_p}$$

$$n_a = \frac{2 \times 1100}{280} = 7.857$$

$$n_b = \sqrt{\frac{L_p}{4\sqrt{A}}}$$

$$n_b = \sqrt{\frac{280}{4\sqrt{4800}}} = 1.005$$

$$n_c = 1$$

$$n_c = \left[\frac{L_x \cdot L_y}{A} \right]^{\frac{0.7 \cdot A}{L_x \cdot L_y}}$$

$$n_d = 1$$

$$n_d = \frac{D_m}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}}$$

$$n_s = 7.857 \times 1.005 \times 1 \times 1 = 7.898$$

$$K_{ii} = 1$$

$$K_h = \sqrt{1 + \frac{h}{h_o}}$$

$$K_h = \sqrt{1 + \frac{0.5}{1.0}} = 1.22$$

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \left[\ln \left(\frac{D^2}{16hd} + \frac{(D+2h)^2}{8Dd} - \frac{h}{4d} \right) + \frac{K_{ii}}{K_h} \ln \left(\frac{8}{\pi(2n_s - 1)} \right) \right]$$

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \left[\ln \left(\frac{10^2}{16 \times 0.5 \times 0.011} + \frac{(10 + 2 \times 0.5)^2}{8 \times 10 \times 0.011} - \frac{0.5}{4 \times 0.011} \right) + \frac{1}{1.22} \ln \left(\frac{8}{\pi(2 \times 7.898 - 1)} \right) \right]$$

$$K_m = 0.908$$

$$K_i = 0.644 + 0.148n_s$$

$$K_i = 0.644 + 0.148 \times 7.898 = 1.813$$

$$E_m = \frac{\rho I_G K_m K_i}{L_c + \left[1.55 + 1.22 \left(\frac{L_r}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}} \right) \right] L_R}$$

$$E_m = \frac{40 \times 25000 \times 0.908 \times 1.813}{1100 + \left[1.55 + 1.22 \left(\frac{2.5}{\sqrt{80^2 + 60^2}} \right) \right] 40} = 1414.95 \text{ volt}$$

$$865.58 > 1414.95 \text{ volt}$$



ADIM GERİLİMİ KONTROLÜ

$$E_{step_{70}} = (1000 + 6C_s\rho_s)0.157 / \sqrt{t_s}$$

$$E_{step_{70}} = (1000 + 6 \times 0.773 \times 2500)0.157 / \sqrt{0.5} = 2796.23 \text{ V}$$

$$E_s = \frac{\rho I_G K_s K_i}{0.75L_c + 0.85L_R}$$

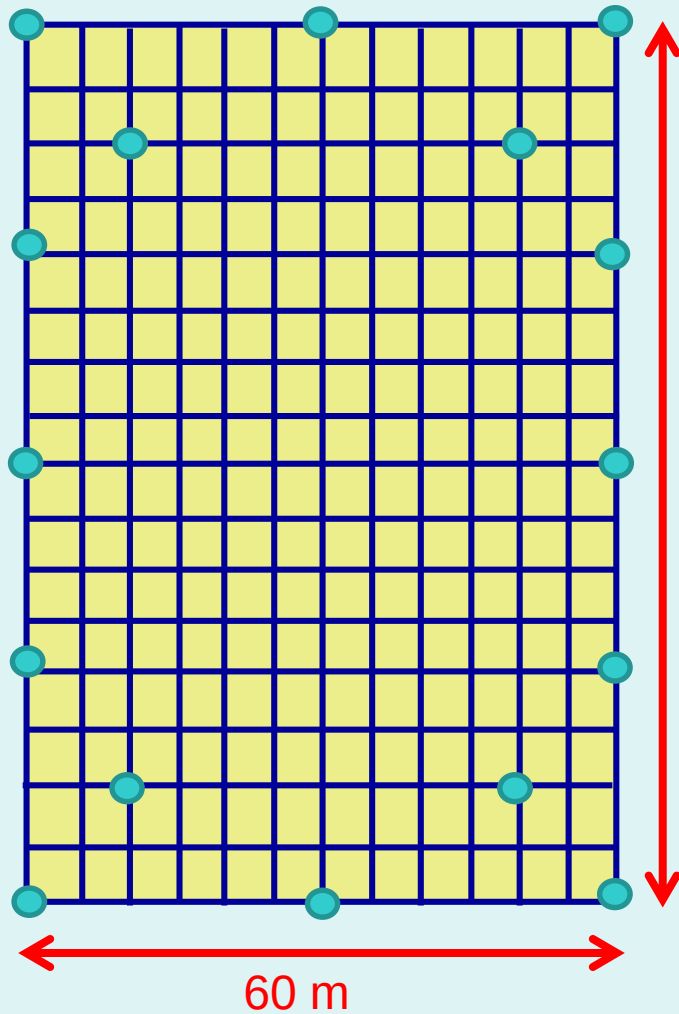
$$K_s = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{D} (1 - 0.5^{n_s-2}) \right]$$

$$K_s = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{2 \times 0.5} + \frac{1}{10 + 0.5} + \frac{1}{10} (1 - 0.5^{7.898-2}) \right] = 0.380$$

$$E_s = \frac{40 \times 25000 \times 0.380 \times 1.813}{0.75 \times 1100 + 0.85 \times 40} = 801.83 \text{ volt}$$

$$2796 > 801.83 \text{ volt}$$





$$\rho = 40 \text{ ohm.m}$$

$$h = 0.5 \text{ m}$$

$$95 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$$

$$l = 2.5 \text{ m} \quad d = 0.02 \text{ m} \quad n = 16$$

$$I = 25 \text{ kA}$$

$$t = 0.5 \text{ s}$$

$$L = 13 \times 80 + 17 \times 60 = 2060 \text{ m} \quad (5 \times 5)$$

$$R_g = \frac{\rho}{\pi l_g} \left[\ln \left(\frac{2l_g}{\sqrt{d_0 \cdot h}} \right) + \frac{k_1 l_g}{\sqrt{A}} - k_2 \right]$$

$$R_g = \frac{40}{\pi \cdot 2060} \left[\ln \left(\frac{2 \cdot 2060}{\sqrt{1.1 \cdot 10^{-2} \cdot 0.5}} \right) + \frac{1.340 \cdot 2060}{\sqrt{4800}} - 5.636 \right]$$

$$R_g = 0.279 \text{ ohm}$$

$$R_k = \frac{\rho}{2\pi n_k l_k} \left[\ln \left(\frac{8l_k}{d} \right) - 1 + \frac{2k_1 l_k}{\sqrt{A}} \left(\sqrt{n_k} - 1 \right)^2 \right]$$

$$R_k = \frac{40}{2\pi \cdot 16 \cdot 2.5} \left[\ln \left(\frac{8 \cdot 2.5}{0.02} \right) - 1 + \frac{2 \cdot 1.340 \cdot 2.5}{\sqrt{4800}} \left(\sqrt{16} - 1 \right)^2 \right]$$

$$R_k = 1.078 \text{ ohm}$$

$$R_m = \frac{\rho}{\pi l_g} \left[\ln \left(\frac{2l_g}{l_k} \right) + \frac{k_1 l_g}{\sqrt{A}} - k_2 + 1 \right]$$

$$R_m = \frac{40}{\pi \cdot 2060} \left[\ln \left(\frac{2 \cdot 2060}{2.5} \right) + \frac{1.340 \cdot 2060}{\sqrt{4800}} - 5.636 + 1 \right]$$

$$R_m = 0.263 \text{ ohm}$$

$$R = \frac{R_g R_k - R_m^2}{R_g + R_k - 2R_m} = 0.279 \text{ ohm}$$

TEMAS GERİLİMİ KONTROLÜ

$E_{touch70}$	= Müsaade edilen temas gerilimi	
ρ_s	= Kaplama özgül direnci	2500 ohm.m
h_s	= Kaplama kalınlığı	0.15 m
D	= Uzun iletkenler arası mesafe	5 m
d	= İletken çapı	0.011 m
L_c	= Toplam iletken uzunluğu	2060 m
L_r	= Çubuk uzunluğu	2.5 m
L_R	= Toplam çubuk uzunluğu	40 m
L_p	= Alanın çevresi	280 m
L_x	= Alanın boyuna kenar uzunluğu	80 m
L_y	= Alanın enine kenar uzunluğu	60 m
h_o	= Referans gömülme derinliği	1 m

$$E_{touch_{70}} = (1000 + 1.5C_s\rho_s)0.157 / \sqrt{t_s}$$

$$C_s = 1 - \frac{0.09 \left(1 - \frac{\rho}{\rho_s} \right)}{2h_s + 0.09}$$

$$C_s = 1 - \frac{0.09 \left(1 - \frac{40}{2500} \right)}{2 \times 0.15 + 0.09} = 0.773$$

$$E_{touch_{70}} = (1000 + 1.5 \times 0.773 \times 2500)0.157 / \sqrt{0.5} = 865.58 V$$

$$E_m = \frac{\rho I_G K_m K_i}{L_c + \left[1.55 + 1.22 \left(\frac{L_r}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}} \right) \right] L_R}$$

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \left[\ln \left(\frac{D^2}{16hd} + \frac{(D+2h)^2}{8Dd} - \frac{h}{4d} \right) + \frac{K_{ii}}{K_h} \ln \left(\frac{8}{\pi(2n_s - 1)} \right) \right]$$

$$n_s = n_a n_b n_c n_d$$

$$n_a = \frac{2L_c}{L_p}$$

$$n_a = \frac{2 \times 2060}{280} = 14.714$$

$$n_b = \sqrt{\frac{L_p}{4\sqrt{A}}}$$

$$n_b = \sqrt{\frac{280}{4\sqrt{4800}}} = 1.005$$

$$n_c = 1$$

$$n_c = \left[\frac{L_x \cdot L_y}{A} \right]^{\frac{0.7 \cdot A}{L_x \cdot L_y}}$$

$$n_d = 1$$

$$n_d = \frac{D_m}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}}$$

$$n_s = 14.714 \times 1.005 \times 1 \times 1 = 14.790$$

$$K_{ii} = 1$$

$$K_h = \sqrt{1 + \frac{h}{h_o}}$$

$$K_h = \sqrt{1 + \frac{0.5}{1.0}} = 1.22$$

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \left[\ln \left(\frac{D^2}{16hd} + \frac{(D+2h)^2}{8Dd} - \frac{h}{4d} \right) + \frac{K_{ii}}{K_h} \ln \left(\frac{8}{\pi(2n_s - 1)} \right) \right]$$

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \left[\ln \left(\frac{5^2}{16 \times 0.5 \times 0.011} + \frac{(5 + 2 \times 0.5)^2}{8 \times 5 \times 0.011} - \frac{0.5}{4 \times 0.011} \right) + \frac{1}{1.22} \ln \left(\frac{8}{\pi(2 \times 14.79 - 1)} \right) \right]$$

$$K_m = 0.62$$

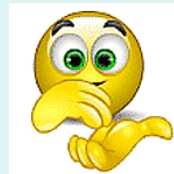
$$K_i = 0.644 + 0.148n_s$$

$$K_i = 0.644 + 0.148 \times 14.79 = 2.833$$

$$E_m = \frac{\rho I_G K_m K_i}{L_c + \left[1.55 + 1.22 \left(\frac{L_r}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}} \right) \right] L_R}$$

$$E_m = \frac{40 \times 25000 \times 0.62 \times 2.833}{2060 + \left[1.55 + 1.22 \left(\frac{2.5}{\sqrt{80^2 + 60^2}} \right) \right] 40} = 827.52 \text{ volt}$$

$$865.58 > 827.52 \text{ volt}$$



ADIM GERİLİMİ KONTROLÜ

$$E_{step_{70}} = (1000 + 6C_s \rho_s) 0.157 / \sqrt{t_s}$$

$$E_{step_{70}} = (1000 + 6 \times 0.773 \times 2500) 0.157 / \sqrt{0.5} = 2796.23 \text{ V}$$

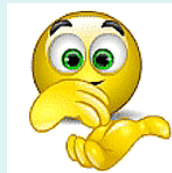
$$E_s = \frac{\rho I_G K_s K_i}{0.75 L_c + 0.85 L_R}$$

$$K_s = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{D} (1 - 0.5^{n_s-2}) \right]$$

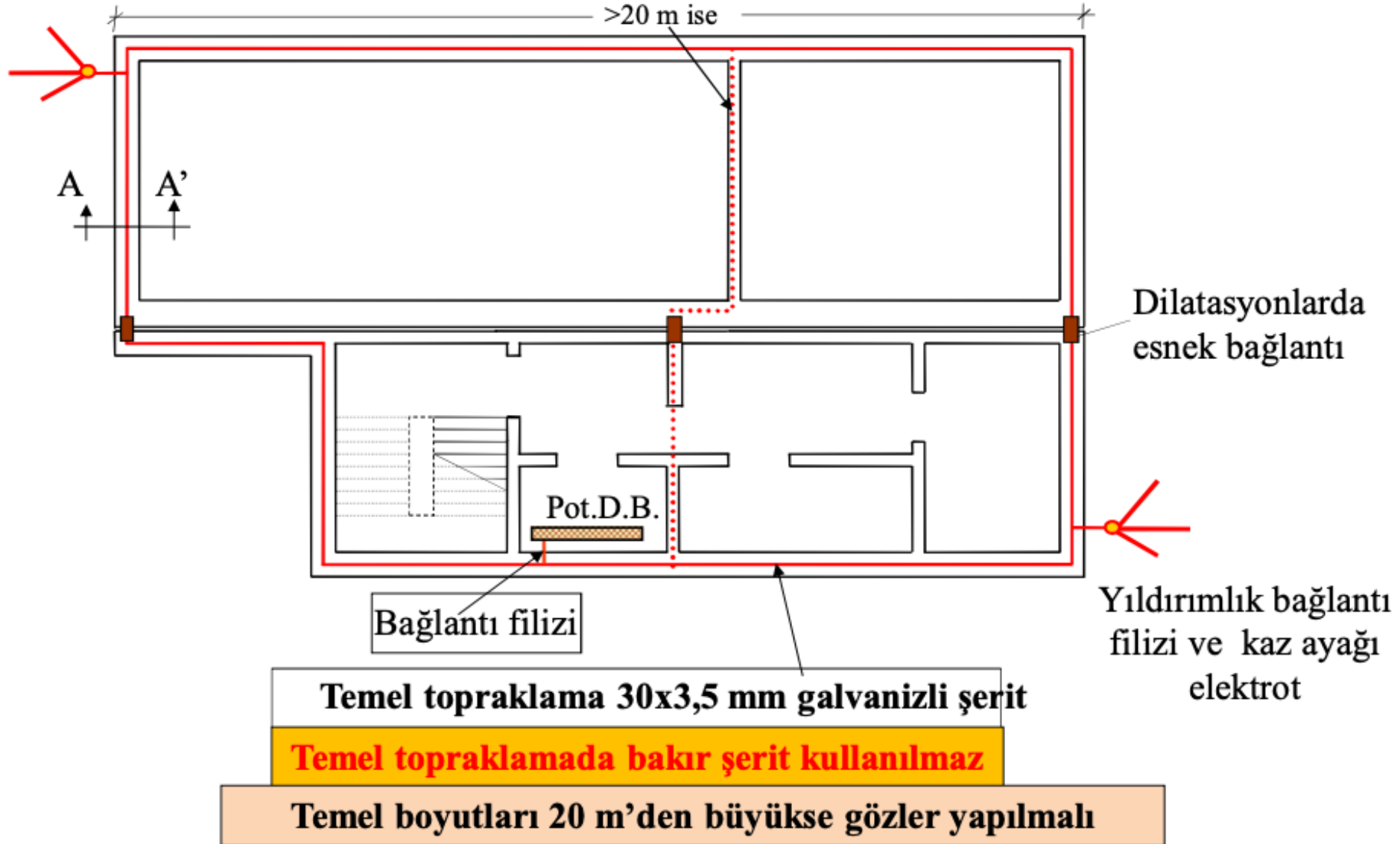
$$K_s = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{2 \times 0.5} + \frac{1}{5 + 0.5} + \frac{1}{5} (1 - 0.5^{14.79-2}) \right] = 0.44$$

$$E_s = \frac{40 \times 25000 \times 0.44 \times 2.833}{0.75 \times 2060 + 0.85 \times 40} = 789.16 \text{ volt}$$

2796 > 789.16 volt ✓

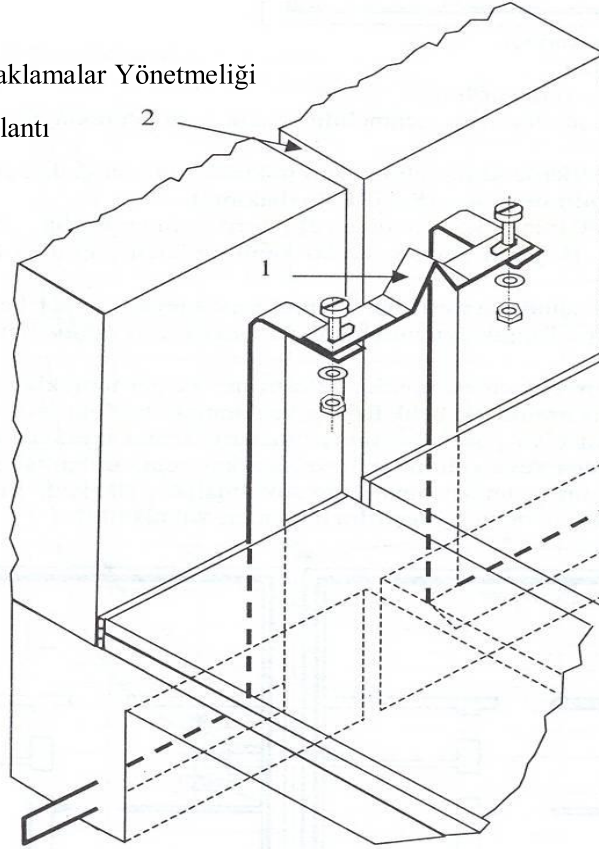


TEMEL TOPRAKLAMA PROJESİ PLANI



Elektrik Tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliği

Dilatasyonlarda esnek bağlantı

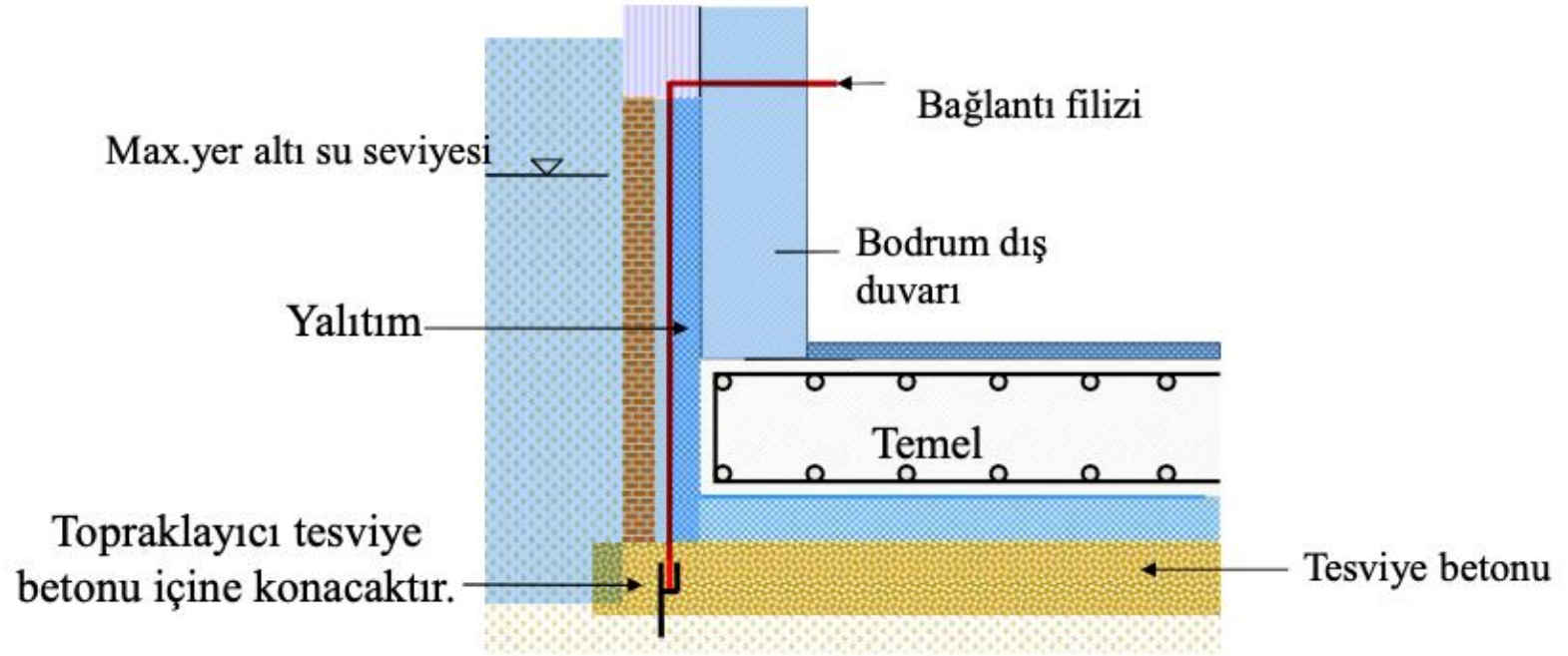


Galvaniz şeridin dilatasyon geçişi dışarıda olmalıdır.

Asansör kuyusuna ray için ve kazan dairesine kazan için ayrı bağlantı filizleri tavsiye edilir.

- 1 Esnek bağlantı (genleşme köprüsü),
- 2 Dilatasyon derzi (hareket aralığı).

Şekil-L.4 İnşaatların içinde, esnek bağlantı ile hareket aralıklarının köprülenmesine örnek

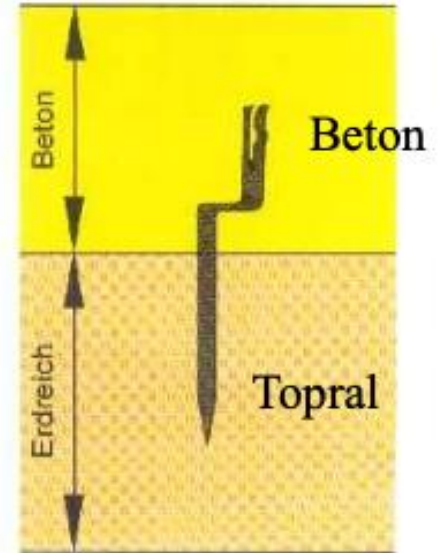
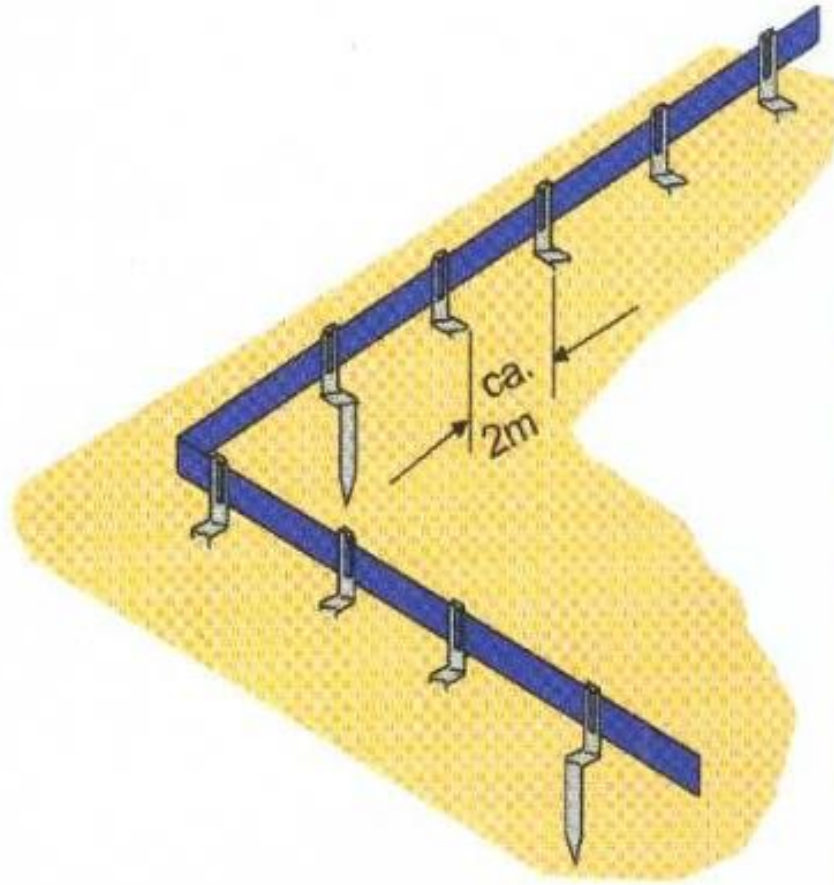
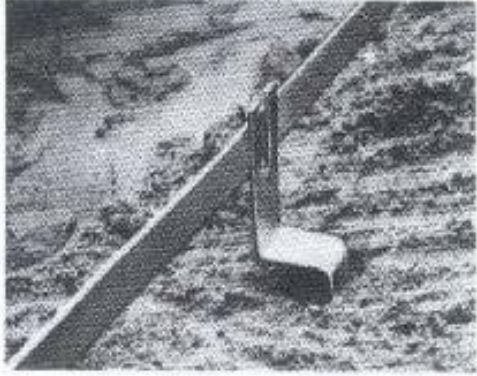


Dışarıdan basınç yapan suya karşı yalıtılmış binalarda temel topraklayıcı, yalıtımın altındaki beton tabakası içine yerleştirilmelidir. Bağlantı filizleri ya dış yüzeyden veya yalıtım malzemesi arkasındaki dolgu tabakasından beton içine gömülü durumda yukarı çıkarılmalı ve en yüksek yeraltı su seviyesinin üstünden bina içine sokulmalıdır. Altta çakıl serilmiş ise hesaplarda çakılın özgül direnci kullanılmalı, ya da elektrot çakıl tabakanın da altına konmalıdır. **Yön. Ek-L Bina yalıtımının içinde kalan temel**

A.SALAMCI

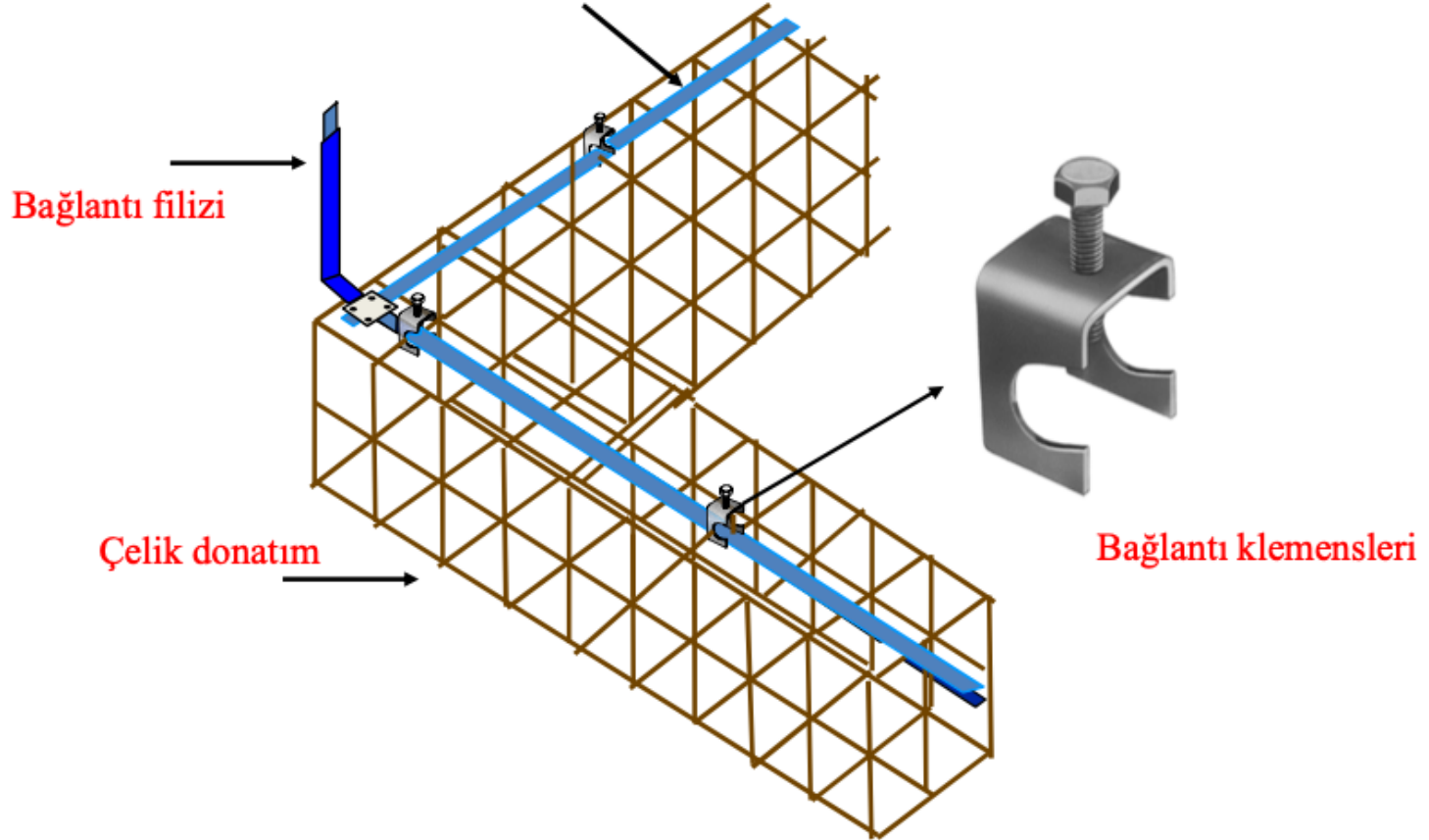
13

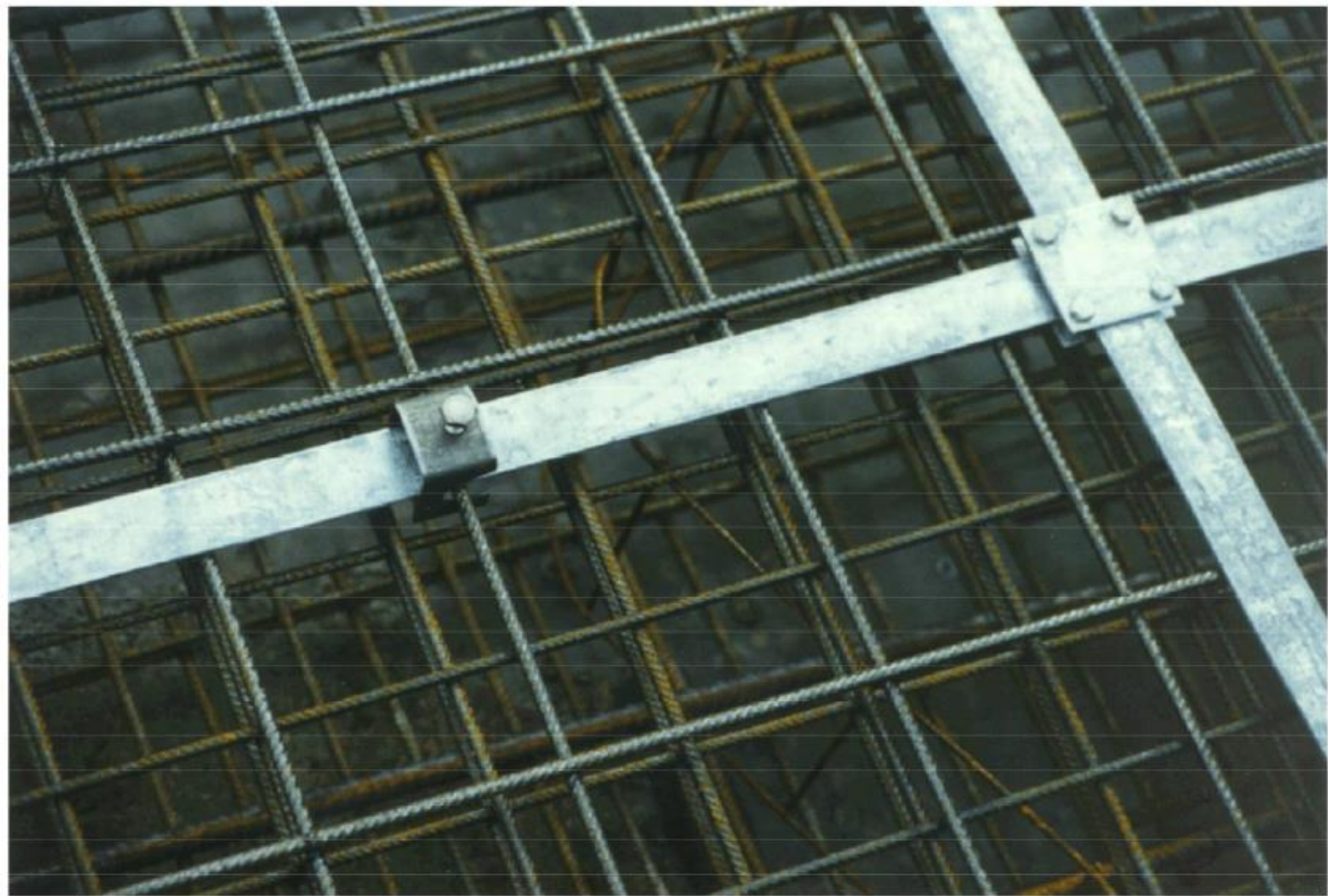
- *Temelde bohçalama varsa bu şekil*

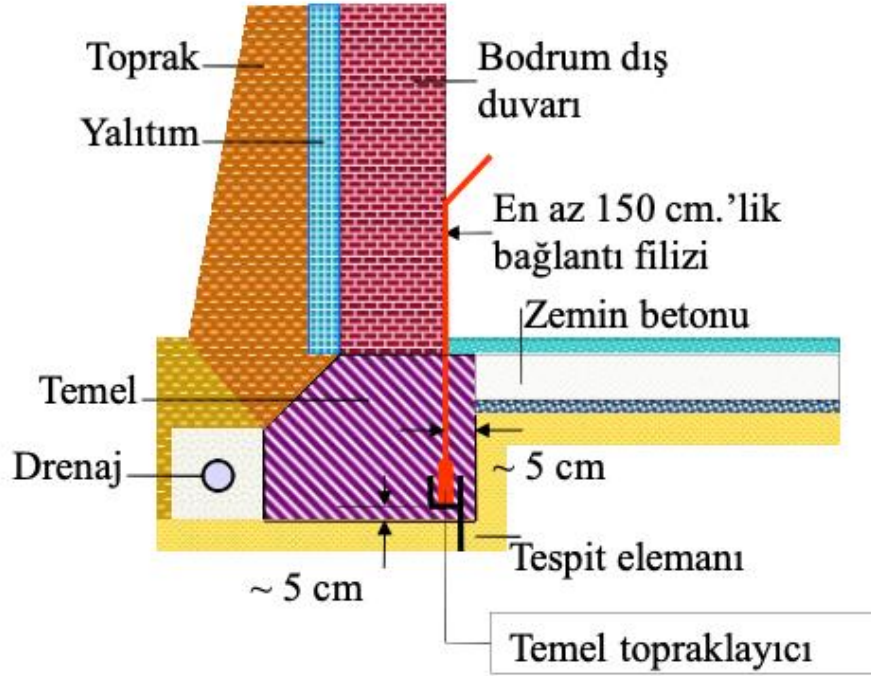


Temel topraklama şeridi (30x3,5 mm) en alt sıradaki çelik hasır üzerine yerleştirilmeli ve yerini sabitlemek için yaklaşık 2m'lik aralıklarla çelik hasırla bağlanmalıdır. Yönetmelik Ek-L.4

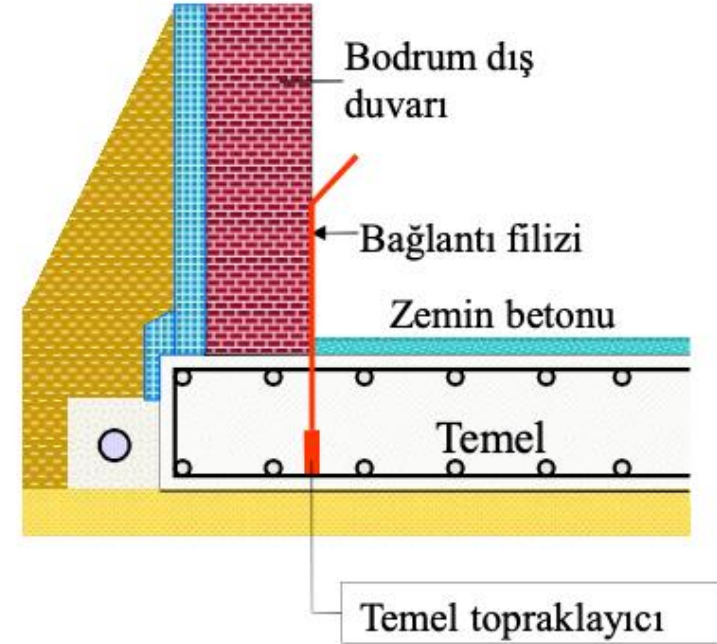
Temelde bohçalama yoksa bu şekil yapılır, çubuk çakmaya gerek yoktur.





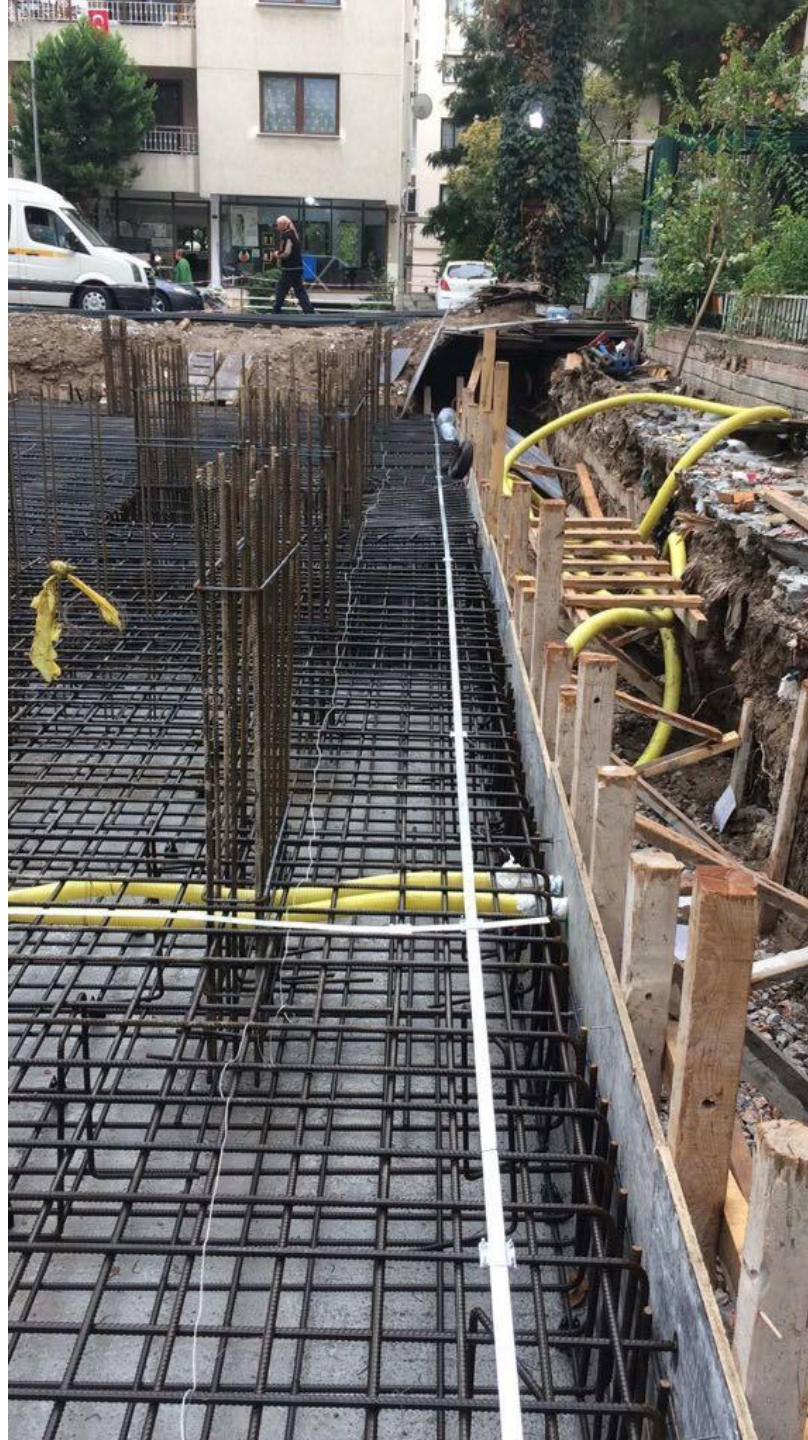


Demir donatısı bulunmayan temel



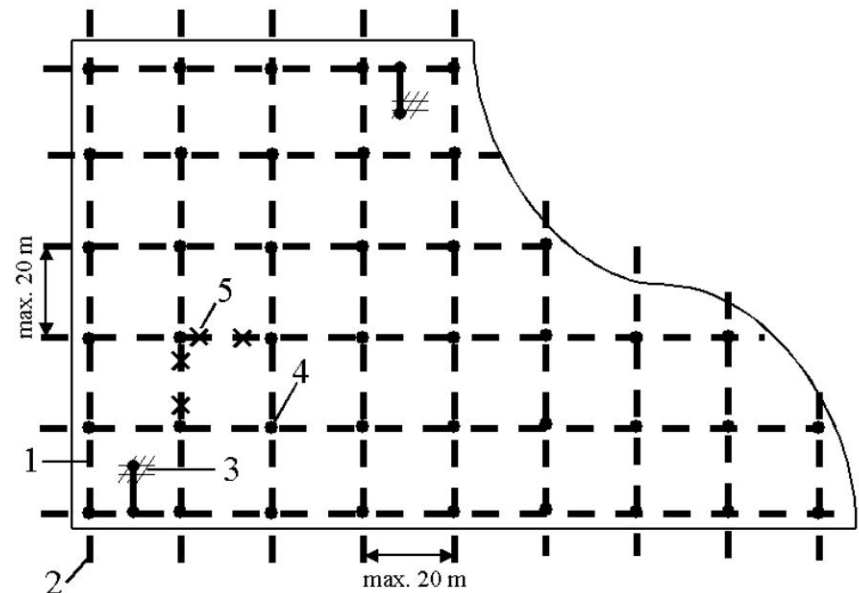
Demir donatısı bulunan temel

KAYNAK: İsa İlisu ve ELEKTRİK TESİSLERİNDE DOLAYLI DOKUNMAYA ... - emo
www.emo.org.tr > ekler > 84cbd6d247cb9fc_ek



Earthing system

Foundation earther



- 1 Foundation earther, e.g. flat strips 30 mm × 3.5 mm, galvanised
- 2 Connection lug for foundation earther, e.g. flat strips 30 mm × 3.5 mm, **V4A (1.4571)**
- 3 Connection to reinforcement with reinforcement clamp
- 4 Connection clamp for foundation earther
- 5 Additional connections every 2 m (clamps) between foundation earther and reinforcements

Chapter 2: Planning and constructing a lightning protection system

2.4 Conductor systems: Earthing system

Earthing steel girders



19.07.2013

22

OBO
BETTERMANN

Earthing system

