
TOPRAKLAMA ve YILDIRIMDAN KORUNMA HESABI

YILDIRIMDAN KORUNMA MERKEZİ

info@yilkomer.com
+90 212 210 27 28



TRAFO TOPRAKLAMA İLETKENİNİN KESİT SEÇİMİ

Koruyucu iletkenlerin kesit alanları; aşağıdaki formülden elde edilen değerden daha az olmamalıdır.

$$S = \frac{\sqrt{I^2 t}}{k} \quad k = \sqrt{\frac{Q_c (\beta + 20^\circ C)}{\rho_{20}} \ln\left(1 + \frac{\theta_f - \theta_i}{\beta + \theta_i}\right)}$$

Q_c : $20^\circ C$ 'ta iletken malzemesinin hacimsel ısı kapasitesi ($J/^\circ C \text{ mm}^3$)

β : iletken için $0^\circ C$ ' de özdirenç sıcaklık katsayısının karşılığı ($^\circ C$)

ρ_{20} : iletken malzemesinin $20^\circ C$ ' ta elektriksel özdirenci ($\Omega \text{ mm}$)

θ_i : iletkenin başlangıç sıcaklığı ($^\circ C$)

: **20** $^\circ C$

θ_f : iletkenin son sıcaklığı ($^\circ C$)

: **70** $^\circ C$

S: mm^2 olarak kesit alanı

I: Koruyucu cihaz boyunca akabilen, ihmal edilebilir empedans arızası için beklenen

arıza akımı (AG Baradaki Faz-Toprak Arıza Akımı - Bknz: Arıza Akımları)

: **16,09** kA

t: s olarak otomatik devre harici bırakma için koruyucu cihazın çalışma süresi

: **0,3** s

Malzeme	β^a $^\circ C$	Q_c^b $J/^\circ C \text{ mm}^3$	ρ_{20} $\Omega \text{ mm}$	$\sqrt{\frac{Q_c (\beta + 20^\circ C)}{\rho_{20}}}$ $\frac{A(\sqrt{s})}{\text{mm}^2}$
Bakır	234,5	$3,45 \times 10^{-3}$	$17,241 \times 10^{-6}$	226
Alüminyum	228	$2,5 \times 10^{-3}$	$28,264 \times 10^{-6}$	148
Kurşun	230	$1,45 \times 10^{-3}$	214×10^{-6}	41
Çelik	202	$3,8 \times 10^{-3}$	138×10^{-6}	78

^a Değerler IEC 60287-1-1 Çizelge 1'den alınmıştır.

^b Değerler IEC 60853-2 Çizelge E2'den alınmıştır

Çizelge 1 - Farklı malzemeler için parametrelerin değeri

k faktörü aşağıdaki formülden;

$$k = \sqrt{\frac{Q_c (\beta + 20^\circ C)}{\rho_{20}} \ln\left(1 + \frac{\theta_f - \theta_i}{\beta + \theta_i}\right)} = 226 \times \sqrt{\ln\left(1 + \frac{70 - 20}{234,5 + 20}\right)} = 95,72 \quad \text{olarak bulunur.}$$

$$S = \frac{\sqrt{I^2 t}}{k} = \frac{\sqrt{16090^2 \times 0,5}}{95,72} = \underline{\underline{118,87}} \leq \underline{\underline{1 \times 150 \text{ mm}^2}} \quad \text{olduğundan uygundur.}$$

TOPRAKLAMA İLETKEN DİRENCİ HESABI

a=	141	m	Yerleşim Temel Boyu
b=	54	m	Yerleşim Temel Eni
ρ=	100	ohm	Alınan Toprak Direnci (Tablo-1'den)
Lu=	1,5	m	Çubuk Uzunluğu
dç=	0,06	m	Topraklama Çubuğu Çapı
H=	1,5	m	Topraklama Çubuğunun gömülü kısmı
Ç=	39	ad	Bakır Elektrot Çubuk

TOPRAK DİRENÇLERİ (TABLO-1)	
TOPRAK CİNSİ	TOPRAK ÖZ DİRENCİ ρ
BATAKLIK	5-40 Ω
ÇAMUR KUM HUMUS	20-200 Ω
ÇAKIL	200-2500 Ω
HAVA İLE DAĞITILMIŞ TAŞ	< 1000 Ω
KUMTAŞI	2000-3000 Ω
GRANİT	> 5000 Ω
MORENİN(BUZULTAŞ)	> 30000 Ω

ÇEVRE TOPRAKLAMA İLETKEN METRAJİ

$$L_{\zeta} = ((a + 1) \times 2) + ((b + 1) \times 2)$$

$$L_{\zeta} = ((250 + 1) \times 2) + ((47 + 1) \times 2) = 394 \text{ m}$$

1-TOPRAKLAMA ÇUBUĞU DİRENCİ (R_ç)

$$R_{\zeta} = \left(\frac{\rho}{2 \times \pi \times L_{\zeta}} \times \ln \left(\frac{\zeta \times L_{\zeta}}{d_{\zeta}} \right) \right) = \left[\frac{100}{2 \times \pi \times 1,50} \times \ln \left[\frac{39 \times 1,5}{0,06} \right] \right]$$

$$R_{\zeta} = 77,41 \text{ ohm}$$

2-ÇEVRE TOPRAKLAMASI İLETKEN DİRENCİ (R_i)

$$R_i = \left(\frac{\rho}{2 \times \pi \times L_{\zeta}} \times \ln \left(\frac{2 \times L_{\zeta}}{d_{\zeta}} \right) \left(1 + \frac{\ln(L_{\zeta}/(2 \times H))}{\ln(2 \times L_{\zeta}/d_{\zeta})} \right) \right)$$

$$R_i = 0,19 \text{ ohm}$$

TOPLAM TOPRAKLAMA İLETKEN DİRENCİ (R_e)

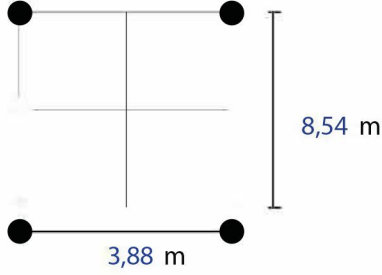
$$\frac{1}{R_e} = \left(\frac{1}{R_{\zeta}} + \frac{1}{R_i} \right) = \boxed{R_e = 0,18 \text{ ohm}}$$

TT sistem güvenlik şartı: $R_e < 50V/I_a$ şeklinde olup;
 KAKR (Kaçak Akım Koruma Rölesi) kullanmak zorunludur.
 I_a =Kaçak Akım Koruma Rölesi açma eşiği = 0.300 A

Olduğundan topraklama **uygundur.**

TRAFO BİNASI TOPRAKLAMA HESABI

Binanın topraklama sistemi için altı çubuklu bir ağ seçilmiştir. Burada ağın ve çubukların topraklama dirençleri ayrı ayrı hesaplanacak ve birbirini yok etme etkileri de göz önüne alınarak eşdeğer bir düzeltme katsayısı bulunacaktır.



$$r = 100 \text{ ohm.m (Alınan Toprak Direnci)}$$

Ağ için;

$$R_a = r \times (1/2 \times D + 1/L)$$

$$D = \text{Eşdeğer çap (m)}$$

$$L = \text{Toplam iletken uzunluğu (m)}$$

$$r = \text{Toprak özgül direnci (ohm.m)}$$

Topraklama ağının alanı	$A = 3,88 \times 8,54 = 33,1 \text{ m}^2$
Eşdeğer çap	$D = 2 \times \sqrt{A / 3,14}$ $D = 2 \times \sqrt{33,1 / 3,14}$ $D = 3,66 \text{ m bulunur.}$
Ağın toplam iletken uzunluğu;	$L = 2 \times (12,42) = 24,84 \text{ m}$ $R_a = r \times (1/2 \times D + 1/L)$ $R_a = 17,62 \text{ ohm dur.}$

Trafo binası topraklaması, eş potansiyel topraklama ile birleştirildiğinde;
$R_a = 0,18 \text{ ohm dur. (Topraklama hesabından)}$

4 adet çubuk için ; n =	4	$L = 1,5 \text{ m}$	$d = 1 \text{ cm} = 0,01 \text{ m}$
Çubukların eşdeğer direnci		$R_{\text{ç}} = r / (2 \times 3,14 \times n \times L) \times \ln(4 \times L / d)$	
		$R_{\text{ç}} = 100 / (2 \times 3,14 \times 4 \times 1,5) \ln(4)$	
		$R_{\text{ç}} = 3,67 \text{ ohm dur.}$	

Ağ ve çubukların eşdeğer direnci ve karşılıklı yok etme etkisi göz önüne alınarak %10 düzeltme katsayısı kullanılır. Topraklama sisteminin eşdeğer direnci;
$R_y = k \times (R_a \times R_{\text{ç}}) / (R_a + R_{\text{ç}})$
$R_y = 0,19 \text{ ohm olarak bulunur. 1 ohm un altındadır uygundur.}$

TRAFO BİNASI MAKSİMUM TOPRAKLAMA-DOKUNMA VE ADIM GERİLİMLERİ HESABI

630 KVA TRAFO 1000 A akım çekecektir

Ancak bu akımın hepsi topraktan geçmez. Bir kısmı havai hatların toprak iletkeniyle yer altı kablolarının zırhlarından belli bir bölünme (r) katsayısı oranında geçer. (Elektrik Tesisleri Topraklamalar Yönetmeliği/Ek-J)

Topraktan geçen kısmı $I_t = r \times I_{k1}$ bağlantısı ile belirlenir.

Kabloların bölünme katsayısı olan $r = 0,60$ alınmıştır.

Havai hatların toprak iletkenleri yoktur. Buna göre topraklama ağından;

$$I_t = 0,6 \times 1000 = 600 \text{ A akım akacaktır.}$$

Topraklama gerilimi; $U_e = R_y \times I_t$

$R_y = 0,19$ (TR Topraklama hesabından alınmıştır.)

$$U_e = 0,19 \times 600 = 114 \text{ Volt}$$

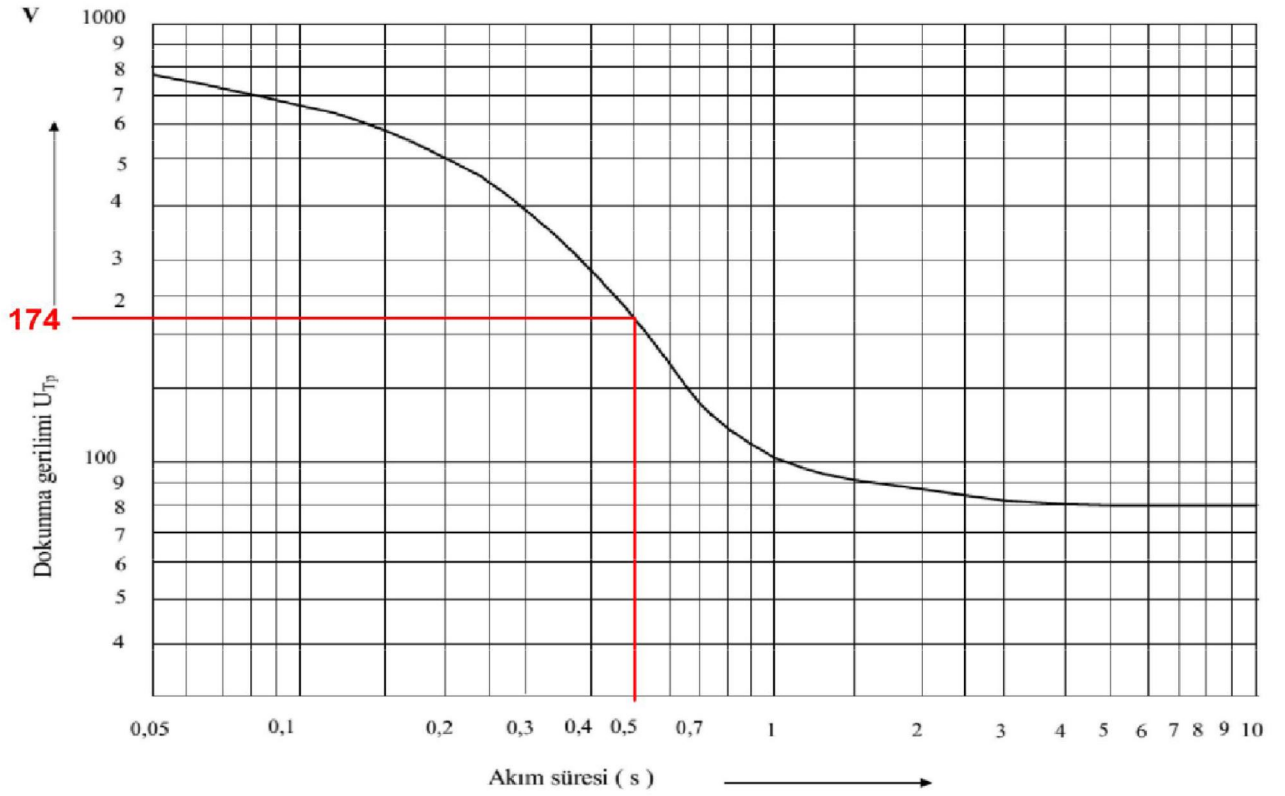
Elektrik Tesisleri Topraklamalar Yönetmeliği/2. Bölüm Madde 5-d) de "Uygulamada dokunma geriliminin dikkate alınması yeterlidir. Dokunma gerilimi için sınır değerler, hata süresine bağlı olarak **Şekil-6** da verilmiştir." denilmektedir.

Şekil-6 daki grafiğe göre; Faz-Toprak arıza akımlarının temizlenme süresi 0,5 s olarak alındığında dokunma gerilimi **$U_{Tp} = 174 \text{ V}$** civarında bulunmaktadır.

Elektrik Tesisleri Topraklamalar Yönetmeliği/4. Bölüm Madde 11 - YG ve AG Sistemlerinde Topraklama Tesislerinin Birleştirilmesi' ndeki **Çizelge-13** de belirtilen koşullarda **$U_e \leq U_{Tp}$** şartı aranmaktadır.

$U_e = 114 \text{ V} \leq 174,00 \text{ V}$ olduğundan uygundur.
--

Elektrik Tesisleri Topraklamalar Yönetmeliği/2. Bölüm Madde 5-d) de "Adım gerilimleri için izin verilen değerler, dokunma gerilimleri için izin verilen değerlerden bir miktar daha büyüktür. Dolayısıyla topraklama sistemi dokunma gerilimi koşullarını yerine getirdiğinde, genellikle tehlikeli adım gerilimlerinin oluşmayacağı varsayılır." denilmektedir.



Şekil-6 - Sınırlı akım süreleri için izin verilen en yüksek dokunma gerilimleri U_{tp}
(Elektrik Tesisleri Topraklamalar Yönetmeliği/2. Bölüm Madde 5-d)

TOPRAKLAMA İLETKENİNİN KESİT SEÇİMİ

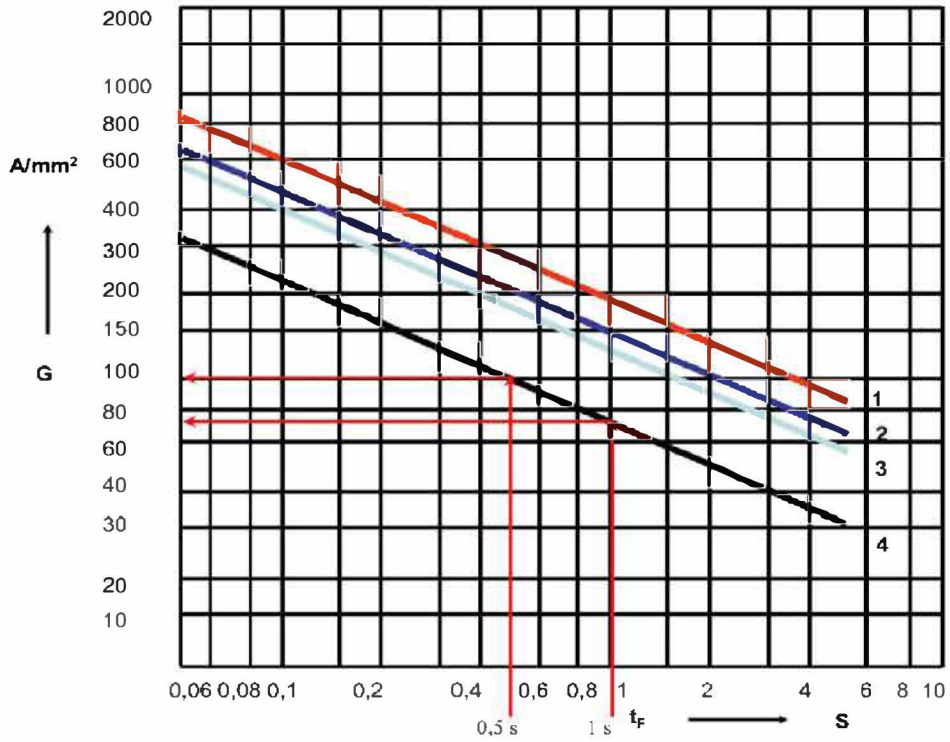
1- TRAFO BİNASI

İletken cinsi olarak $A = 30 \times 3,5 \text{ mm}^2$ galvanizli çelik şerit seçilmiştir. Kısa devre akımlarına termik dayanım yönünden Çelik için başlangıç sıcaklığı 30°C ve nihai sıcaklık 200°C alınarak

$S_{th} = 70 \text{ A/mm}^2$ bulunur. (Bakınız Şekil-2)

Faz-toprak arıza akımını 1 sn için I_{th} eşit alınırsa minimum kesit ;

$A = \frac{I_{th}}{S_{th}}$
 $A = \frac{2539,66}{70}$
 $A = 36,28 \text{ mm}^2 < 105 \text{ mm}^2$ olduğundan seçilen kesit uygundur.



Şekil-2 Hata akımı süresine bağlı olarak topraklama iletkenleri ve topraklayıcılar için kısa devre akım yoğunluğu G (Elektrik Tesisleri Topraklamalar Yönetmeliği/Ek-B/Şekil-B.1)

- 1-Bakır, çıplak veya galvanizli
- 2-Bakır, kalaylı veya kurşun kaplı
- 3-Alüminyum, sadece topraklama iletkeni için
- 4-Galvanizli çelik

YILDIRIMDAN KORUNMA SEVİYESİ HESABI

YAPI BOYUTLARI		
Yapının Boyu (L)	250	m
Yapının Eni (W)	47	m
Yapının Yüksekliği (H)	4	m

C1 FAKTÖRÜ- Çevresel Katsayı	0,5
Yapı, aynı veya daha yüksek ağaç ya da yapılar içinde ise ,	0,25
Yapı, yüksekliği daha az olan yapılar ile çevrili ise ,	0,5
En yakın yapıya uzaklık , yapı yüksekliğinin 3 katı (3H) ise ,	1
Yapı, bulunduğu bölgede en yüksekte ise ,	2

C2 FAKTÖRÜ - Yapısal Katsayılar			2
Çatı/Yapı	Metal	Tuğla, Beton	Tutuşabilir
Metal	0,5	1	2
Kremit	1	1	2,5
Tutuşabilir	2	2,5	3

C3 FAKTÖRÜ - Yapısal Katsayılar	2
Değersiz, yanıcı olmayan	0,5
Normal değer, yanıcı	1
Değerli, alev alıcı	2
Çok değerli , parlayıcı ve patlayıcı	3

C4 FAKTÖRÜ - Yapılarda İnsan Durumu (Yapı Doluluğu)	0,5
Personelsiz bina	0,5
Normal kalabalık	1
Panik rizikolu, tahliye zorluğu	3

C5 FAKTÖRÜ - Yapının Çevredeki Önemi	1
Sürekli kullanımı yok, çevrede değersiz	1
Sürekli kullanımda, çevrede değersiz	5
Çevrede değerli	10

ORAJLI GÜN SAYISI [Td] (Türkiye Oraj Haritasından Seçilmiştir)	15
---	-----------

FORMÜLLER			
ETKİLİ EŞDEĞER ALAN	Ae=	19330,30	
(Dörtgen Alanlar için)			
TESİS İÇİN BEKLENEN YILDIRIM DARBE SAYISI			
$Ng = 0,04 \cdot Td^{1.25}$	=	1,180794	Nd= 0,0114
$Nd = Ng \cdot Ae \cdot C1 \cdot 10^{-6}$			
TESİS İÇİN ONAYLI YILDIRIM DARBE SAYISI			
$C=C2 \cdot C3 \cdot C4 \cdot C5$	=	2	Nc= 0,0028
$Nc=5,5 \cdot 10^{-3}/C$			

Nd>Nc olduğundan KORUMA GEREKLİDİR. Bu durumda: Etkinlik, $E=1-(Nc/Nd)$ hesaplanan değeri KORUMA SEVİYESİNİ belirler.

Hesaplanan Etkinlik	Aktif Paratoner Koruma Seviyeleri	Faraday Kafesi Koruma Seviyeleri
E= 0,76		
E > 0,98	SEVİYE I + EK ÖNLEMLER	I
0,95 < E ≤ 0,98	SEVİYE I	I
0,90 < E ≤ 0,95	SEVİYE II	II
0,80 < E ≤ 0,90	SEVİYE III	III
0 < E ≤ 0,80	SEVİYE IV	IV

KORUMA YARIÇAPI HESAPLAMA h ≥ 5 m							
h=	12	ΔL=	75	ΔT=	75	Rp=	126
D=	60	V=	1	Risk Seviyesi	3		

h: Aktif paratoner yüksekliği

D: Yıldırım ilerleme adımı yada yıldırımın yol boyunca atlama aralığıdır.

ΔT: Paratonerin yıldırımı hissetme süresidir.

(Bakınız Tablo 1)

ΔL: ΔT sürede yıldırımı yakalama mesafesi

Rp: Koruma yarıçapı

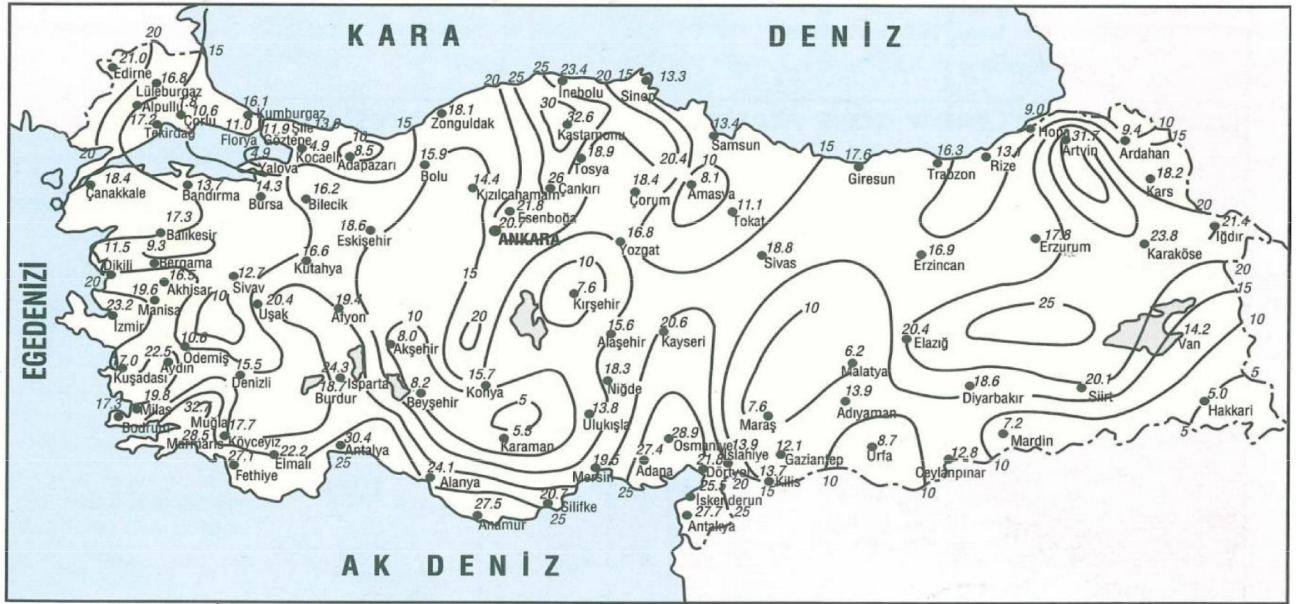
$$Rp = \sqrt{h(2D-h) + \Delta L(2D + \Delta L)}$$

Koruma seviyesine göre Faraday Kafesi Sistemi Uygulama Kriterleri	
Koruma Seviyeleri	İniş İletkeni Aralıkları
I	10
II	10
III	15
IV	20

α açısı ve Yüksekliğe bağlı koruma seviyesi		
Koruma Seviyesi	Küre Yarıçapı (m)	Kafes Boyutu
I	20	5x5
II	30	10x10
III	45	15x15
IV	60	20x20

R _p	$\Delta T=15\mu s$				$\Delta T=30\mu s$				$\Delta T=45\mu s$				$\Delta T=60\mu s$			
H(m)	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
2	13	15	18	20	19	22	25	28	25	28	32	36	31	35	39	43
4	25	30	36	41	38	44	51	57	51	57	64	72	63	69	78	85
5	32	37	45	51	48	55	63	71	63	71	81	89	79	86	97	107
6	32	38	46	52	48	55	64	72	63	71	81	90	79	87	97	107
8	33	39	47	54	49	56	65	73	64	72	82	91	79	87	98	108
10	34	40	49	56	49	57	66	75	64	72	83	92	79	88	99	109
20	35	44	55	63	50	59	71	81	65	74	86	97	80	89	102	113
30	35	45	58	69	50	60	73	85	65	75	89	101	80	90	104	116
60	35	45	60	75	50	60	75	90	65	75	90	105	80	90	105	120

Tablo 1- Piezoelektrik Kristalli Aktif Paratoner Seçim Tablosu



Türkiye'nin Yıllık Ortalama Orajlı Günler Sayısı (Td)