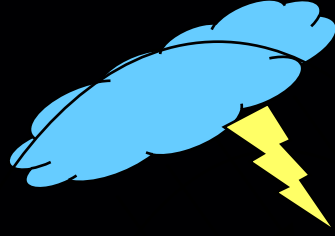


50 Hertz Frekanslı Elektromanyetik Alanların Etkileri

Prof. Dr. Özcan Kalenderli
İstanbul Teknik Üniversitesi
Elektrik-Elektronik Fakültesi



Dünyanın
DA manyetik alanı 500 mG
AA manyetik alanı 30 – 100 μ G
düzeyindedir.

DOĞAL ELEKTROMANYETİK ALANLAR



Elektrik alanı
açık havada 100-150 V/m
fırtınalı havada 20-25 kV/m
düzeyindedir.

İnsan vücudunun DA manyetik alanı
10 μ G ile 1 nG düzeyindedir.
1-250 μ V gerilimlerle çalışıyoruz.

Elektrik Enerjisi = Elektrik gücü * Zaman

$$W = P * t$$

Elektrik Gücü = Elektrik gerilimi * Elektrik akımı

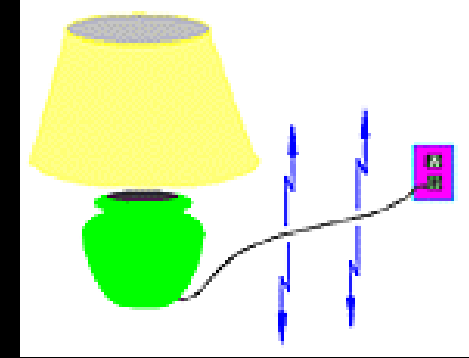
$$P = U * I$$

Daha çok elektrik enerjisi (gücü) için
ya **gerilim**,
ya **akım**
ya da hem **gerilim** hem de **akım**
arttırılmalıdır.

Gerilim elektrik alanının kaynağıdır.

Birimi: $\text{Volt} / \text{metre} = \text{V/m}$

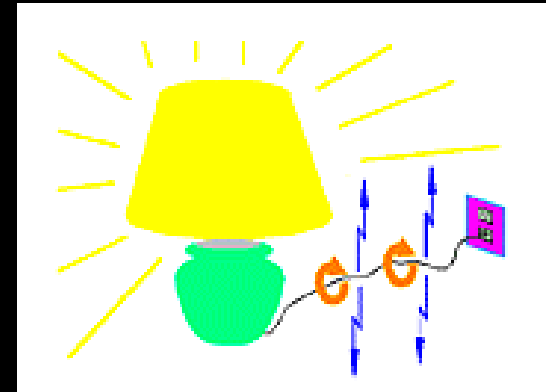
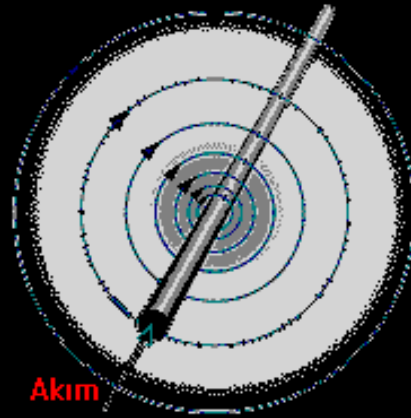
Elektrik Alanı



Akım manyetik alanın kaynağıdır.

Birimi: $\text{Amper} / \text{metre} = \text{A/m}$

Elektrik Alanı ve Manyetik Alan



Frekans ve Dalga Boyu

Frekans, f

Birimi: Hertz (Hz)

1 Hz = 1/saniye = Saniyede 1 periyot

1 kHz = 1 kiloHertz = 1000 Hz

1 MHz = 1 MegaHertz = 1 000 000 Hz

1 GHz = 1 GigaHertz = 1 000 000 000 Hz

Dalga Boyu, λ

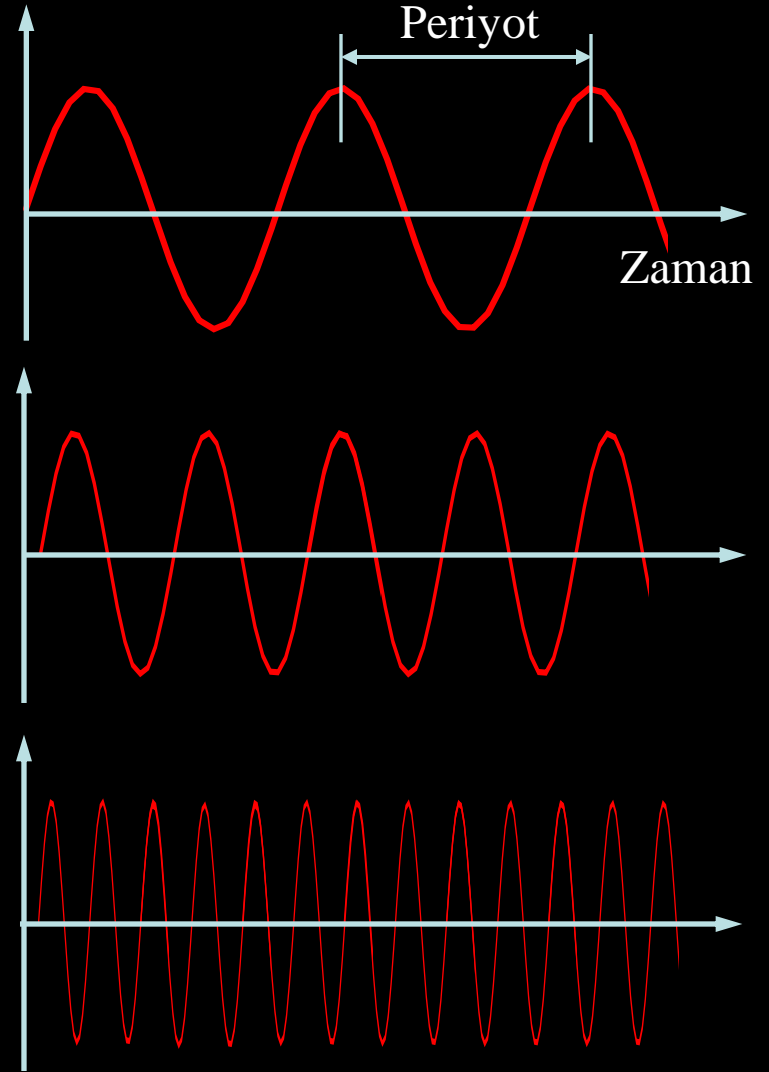
Birimi: Metre (m)

$\lambda = \text{Işık hızı} / \text{Frekans}$

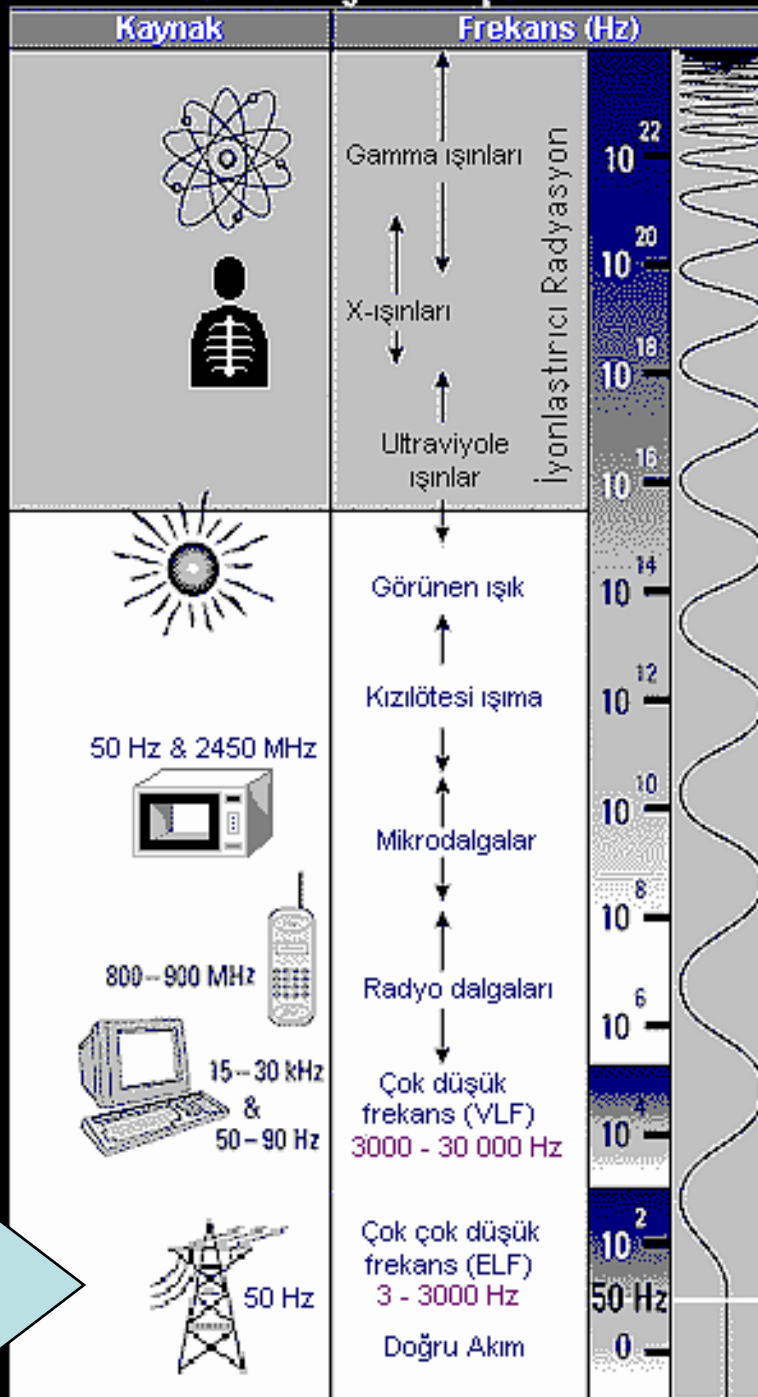
Örnekler:

Kaynak	Frekans	Dalga boyu
Şebeke gerilimi	50 Hz	6000 km
Mikrodalga fırın (içinde)	2450 MHz	12,2 cm

Akım veya
Gerilim



Elektromagnetik Spektrum



Buradayız

Çevremizdeki Elektromanyetik Alanlar

Bina dışında: Sokakta, Dağda, Kırdada, Bayırda,...

Bina içinde: Evde, İşte, Okulda, Hastanede, Pastanede,...

Bina Dışındaki Elektromanyetik Alanlar:

- ❖ Enerji İletim ve Dağıtım Hatları
- ❖ Yüksek Gerilim Hatları
- ❖ Enerji Kabloları
- ❖ Transformator İstasyonları
- ❖ Transformator (Trafo) Binaları...

Önce Güvenlik

Elektrik Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliđi

30 Kasım 2000 tarih ve 24246 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girdi.

GÜVENLİK |||||

Yapı içindeki tesislerde havadaki en küçük açıklıklar

U_n : Anma gerilimi (fazlar arası)

U_m : İzin verilen en yüksek sürekli işletme gerilimi (fazlar arası)

a_0 : Gerilim altındaki parçalarla topraklanmış bölümler arasındaki en küçük açıklık

$$a_0 \text{ (mm)} = 7,5 U_m \text{ (kV)} + 50 \text{ mm}$$

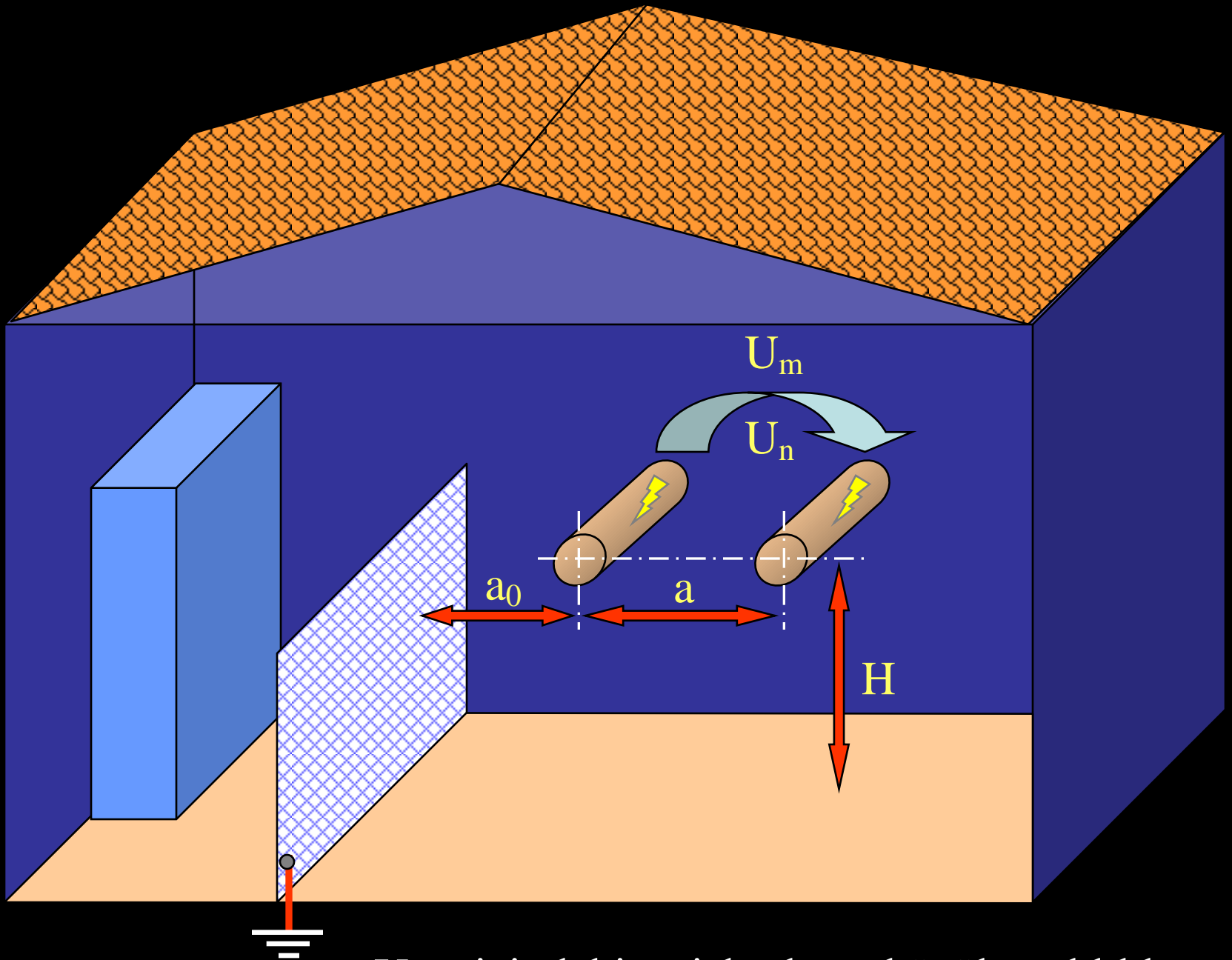
a : Gerilim altındaki parçalar arasındaki (fazlar arası) en küçük açıklık

$$a \text{ (mm)} = 1,2 a_0 \text{ (mm)}$$

H : Gerilim altındaki korunmamış tesis bölümlerinin zeminden en küçük yüksekliği

$$H \text{ (mm)} = a_0 \text{ (mm)} + 2300 \text{ mm}$$

$$H_{\min} = 2500 \text{ mm}$$



Yapı içindeki tesislerde en küçük açıklıklar

Açık hava tesislerinde en küçük açıklıklar

U_n : Anma gerilimi (fazlar arası)

U_m : İzin verilen en yüksek sürekli işletme gerilimi (fazlar arası)

a_0 : Gerilim altındaki parçalarla topraklanmış bölümler arasındaki en küçük açıklık

$$a_0 \text{ (mm)} = 7,5 U_m \text{ (kV)} + 50 \text{ mm}$$

a : Gerilim altındaki parçalar arasındaki (fazlar arası) en küçük açıklık

$$a \text{ (mm)} = 1,2 a_0 \text{ (mm)}$$

H : Gerilim altındaki korunmamış tesis bölümlerinin zeminden en küçük yüksekliği

$$H \text{ (mm)} = a_0 \text{ (mm)} + 2400 \text{ mm}$$

$$H_{\min} = 2500 \text{ mm}$$

A: Dış tel çitlerle aygıtlar arasındaki en küçük açıklık

$$A \text{ (mm)} = a_0 \text{ (mm)} + 1800 \text{ mm}$$

B: (koruma düzeni yüksekliği ≥ 1800 mm) için en küçük açıklık

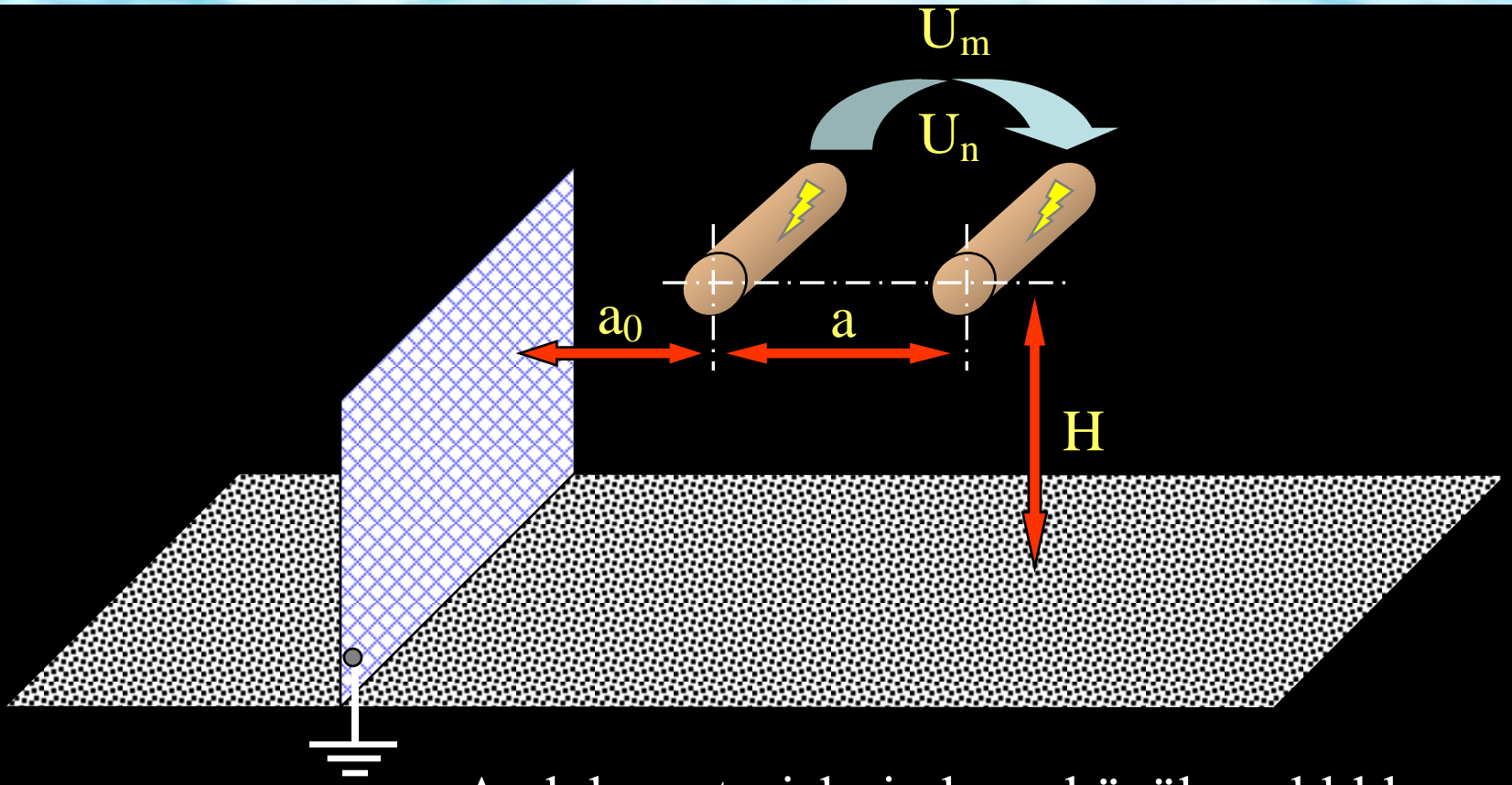
$$B \text{ (mm)} = a_0 \text{ (mm)} + 100 \text{ mm} \qquad B_{\min} = 600 \text{ mm}$$

C: ($1800 \text{ mm} >$ koruma düzeni yüksekliği ≥ 1000 mm) için en küçük açıklık

$$C \text{ (mm)} = a_0 \text{ (mm)} + 1250 \text{ mm}$$

Açık hava tesislerinde en küçük açıklıklar

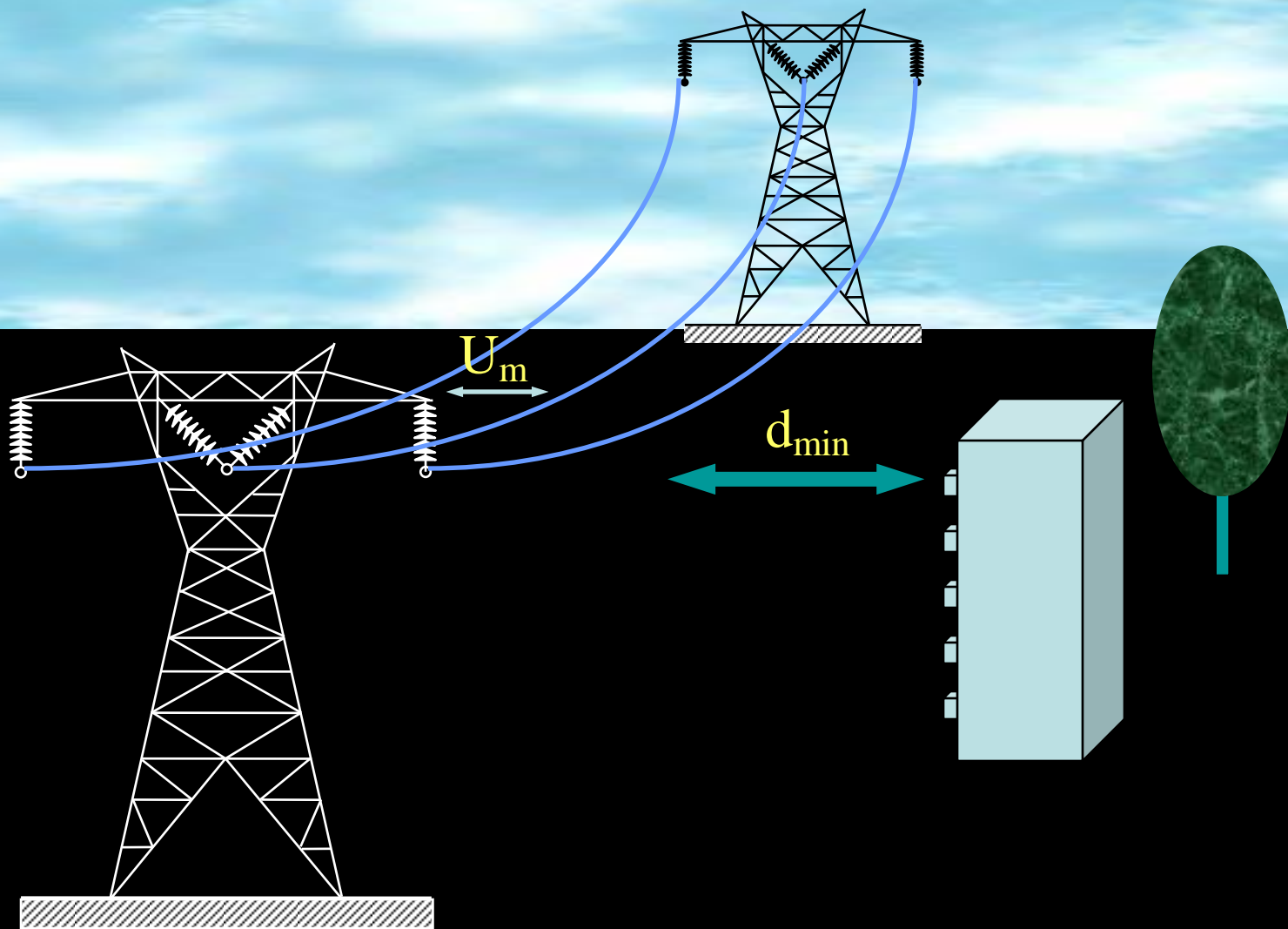
U_n (kV)	U_m (kV)	a_0 (mm)	a (mm)	H (mm)	A (mm)	B (mm)	C (mm)
3	3,6	100	100	2500	1900	600	1350
6	7,2	105	130	2500	1910	600	1360
10	12	140	170	2550	1940	600	1390
15	17,5	180	220	2580	1980	600	1430
30	36	320	390	2720	2120	600	1570
60	72,5	600	720	3000	2400	700	1850
154	170	1330	1600	3730	3130	1430	2580
220	250	1930	2320	4330	3730	2030	3180
380	420	3200	3840	5600	5000	3300	4450



Açık hava tesislerinde en küçük açıklıklar

Hava hattı iletkenleri ile yanından geçtikleri yapıların en çıkıntılı bölümleri arasında, en büyük salınım konumunda, en küçük yatay uzaklıklar

Hattın izin verilen En yüksek sürekli İşletme gerilimi U_m (kV)	En küçük yatay uzaklık d_{\min} (m)
$0 < U_m \leq 1$	1
$1 < U_m \leq 36$	2 (50 m $\geq l$ için) 2 + L ($l > 50$ m ise L (cm) = 2 (l (m) – 50 m))
$36 < U_m \leq 72,5$	3
$72,5 < U_m \leq 170$	4
$170 < U_m \leq 420$	5

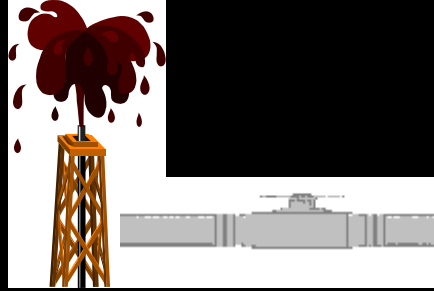


Büyük aralıklı hatlarda direk ayaklarının, yakınlarındaki tesislere en küçük yatay uzaklıkları

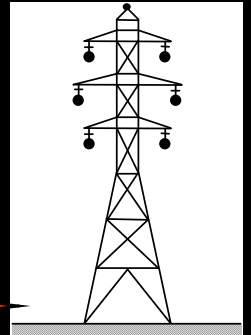
Tesis

En küçük yatay uzaklık

Petrol boru hattı

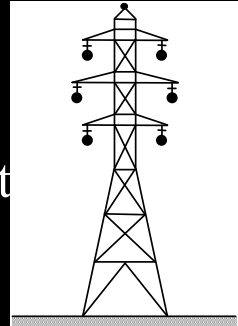


25 m



Demiryolu ve karayolu

Direğin toprak üstü tüm boyu + 2 m
ya da karayolu ve demiryolu
istimlak sınırının dışı
(bu değerlerden en büyüğü alınacaktır)



İletken çekimini ve hat güvenliğini bozan bütün ağaçlar budanmalı ya da kesilmelidir.

Hat iletkenlerinin en büyük salkım konumunda ağaçlara olan en küçük yatay uzaklıklar

Hattın izin verilen en yüksek sürekli işletme gerilimi

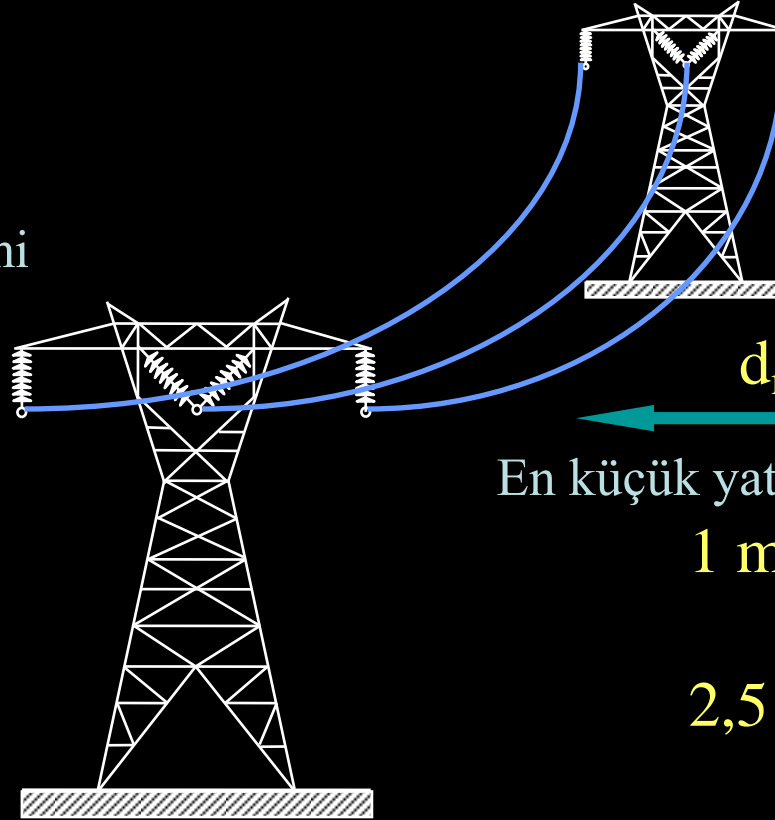
U_m (kV)

$0 < U_m \leq 1$

$0 < U_m < 170$

170

$170 < U_m \leq 420$



d_{min}
En küçük yatay uzaklık

1 m

2,5 m

3 m

4,5 m



Hava hattı iletkenlerinin en büyük salgılı durumda üzerinden geçtikleri yerlere olan en küçük düşey uzaklıkları

İletkenlerin
üzerinden
geçtiği yer

Hattın izin verilen en yüksek sürekli işletme gerilimi (kV)

0 - 1

1 - 17,5

36

72,5

170

420

En küçük düşey uzaklıklar (m)

Yalnızca yayaların
geçebileceği yerler,
üzerinde trafik
olmayan sular
(suların en kabarık
yüzeyine göre)

4,5 (*)

5

5

5

6

8,5

Araç geçmesine
elverişli çayır,
tarla, otlak ve
benzeri yerler

5 (*)

6

6

6

7

9,5

Ağaçlar

1,5

2,5

2,5

3

3

5

İletkenlerin
üzerinden
geçtiği yer

Hattın izin verilen en yüksek sürekli işletme gerilimi (kV)

0 - 1

1 - 17,5

36

72,5

170

420

En küçük düzey uzaklıklar (m)

Araç geçmesine
elverişli köy ve
şehir içi yolları

5,5 (*)

7

7

7

8

12

Şehirlerarası
kara yolları

7

7

7

7

9

12

Üzerine herkes
tarafından çıkılabilen
düz damlı yapılar

2,5

3,5

3,5

4

5

8,7

Üzerine herkes
tarafından çıkılmayan
eğik damlı yapılar

2

3

3

3,5

5

8,7

İletkenlerin
üzerinden
geçtiği yer

Hattın izin verilen en yüksek sürekli işletme gerilimi (kV)

0 - 1

1 – 17,5

36

72,5

170

420

En küçük düşey uzaklıklar (m)

Elektrik hatları

2

2

2

2

2,5

4,5

Elektriksiz demir yolları
(bu uzaklıklar ray demirinin
üzerinden her yönde ölçülecektir)

7

7

7

7

8

10,5

Üzerinde trafik olan sular
ve kanallar
(bu uzaklıklar suların en kabarık
düzeyinden geçebilecek taşıtların
en yüksek noktasından
ölçülecektir)

4,5

4,5

5

5

6

9

İletişim (haberleşme)
hatları

1

2,5

2,5

2,5

3,5

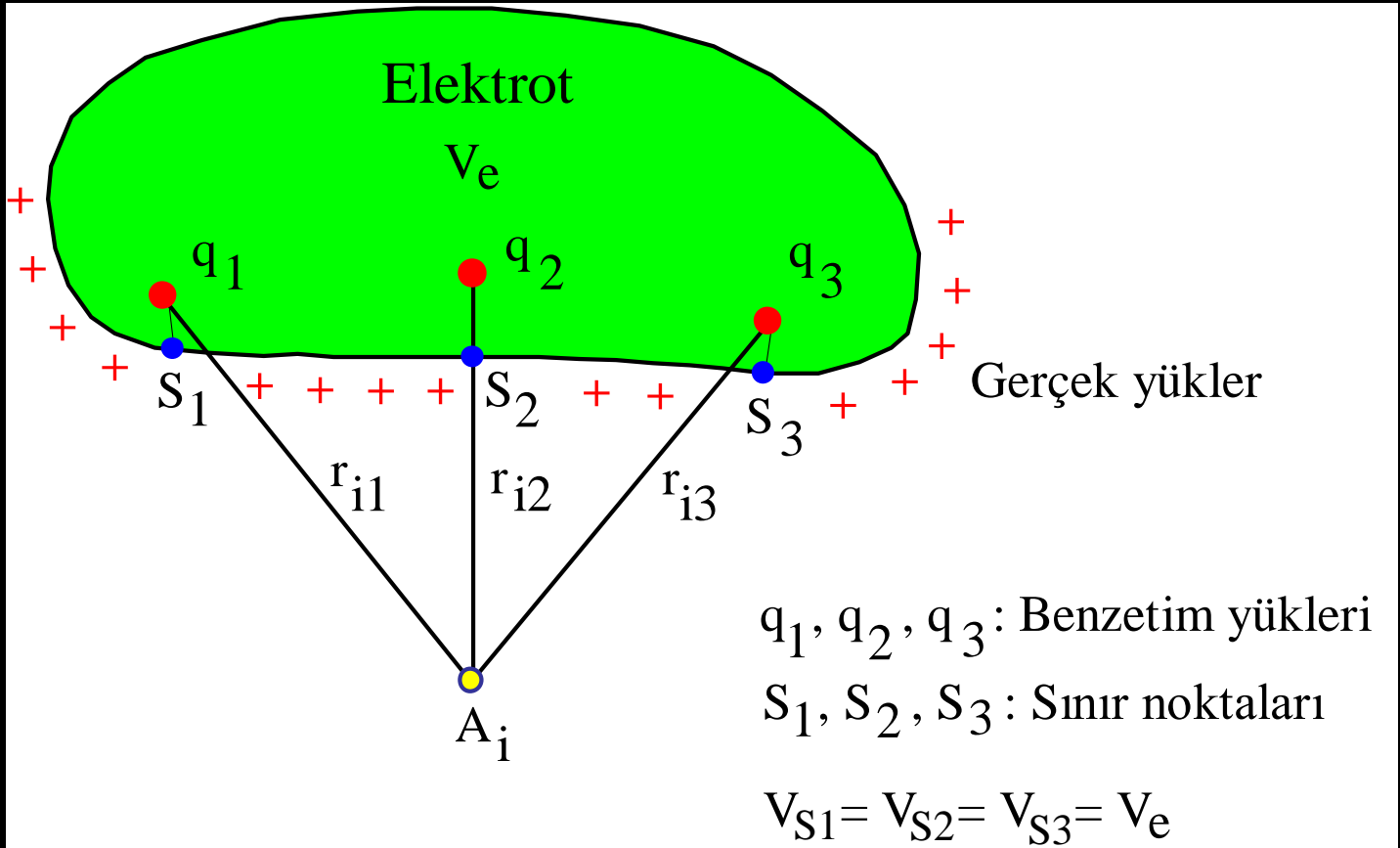
4,5

Alan Hesabı



Örnek: YÜK BENZETİM YÖNTEMİ ile Hesap

Yük Benzetim Yönteminin ilkesi, elektrotların yüzeyine fiziksel olarak dağılmış yüzeysel yüklerin yarattığı gerçek elektriksel alan yerine, ayrıık yüklerin yarattığı alanın göz önüne alınmasıdır.



Alan benzetimi için

noktasal,

çizgisel,

halkasal

...

gibi değişik yük tipleri ayrı ayrı veya birlikte kullanılabilir.

Yöntemin doğruluğu,

benzetim yüklerinin { tipine,
sayısına ve
yerine

bağlıdır.

Benzetim yüklerinin değerleri sınır noktası adı verilen elektrotlar üzerindeki yani potansiyeli bilinen noktalardan yararlanılarak belirlenir.

Değerleri bu şekilde belirlenen benzetim yüklerinin herhangi bir noktada meydana getirdikleri potansiyel, süperpozisyon ilkesi kullanılarak bulunur.

Örneğin n tane benzetim yükünden herbirinin yükü q_j , potansiyel katsayısı p_{ij} ile gösterilirse bu yüklerin herhangi bir noktada oluşturdukları V_i potansiyeli,

$$V_i = \sum_{j=1}^n p_{ij} q_j$$

bağıntısıyla bulunabilir.

Örneğin, bir noktasal yükün (q) kendisinden r uzaklığındaki bir noktada oluşturduğu V potansiyeli

$$V = (4\pi\epsilon r)^{-1} \cdot q = p \cdot q$$

olduğuna göre p potansiyel katsayısı

$$p = (4\pi\epsilon r)^{-1}$$

olur.

Örnek: Üç adet noktasal yükün (q_1 , q_2 ve q_3) bir noktada oluşturdukları potansiyel

$$V_i = \frac{q_1}{4\pi \epsilon r_{i1}} + \frac{q_2}{4\pi \epsilon r_{i2}} + \frac{q_3}{4\pi \epsilon r_{i3}} = p_{i1} \cdot q_1 + p_{i2} \cdot q_2 + p_{i3} \cdot q_3$$

Bilinmeyen yük deęerlerini elde edebilmek için n tane bilinen potansiyele ihtiyaç vardır.

Bunun için potansiyeli bilinen n tane nokta tanımlanır.
Bu noktalara **sınır noktası** adı verilir.

Sınır noktalarının sayısı, benzetim yüklerinin sayısına eşit seçilir.

Yüklerin tipi ve yerleri tanımlandıktan sonra herhangi bir sınır noktasında V_i ile q_j arasında matematiksel bir bağıntı kurmak mümkündür.

n tane yük ve n tane potansiyeli bilinen sınır noktası için
matrisel denklem

$$[V] = [p] \cdot [q] \quad \left\{ \begin{array}{l} V_1 = q_1 p_{11} + q_2 p_{12} + \square + q_n p_{1n} \\ V_2 = q_1 p_{21} + q_2 p_{22} + \square + q_n p_{2n} \\ \square \quad \square \quad \square \quad \square \\ V_n = q_1 p_{n1} + q_2 p_{n2} + \square + q_n p_{nn} \end{array} \right.$$

[p]: Potansiyel katsayıları matrisi

[q]: Bilinmeyen yüklerden oluşan vektör

[V]: Sınır potansiyellerini içeren vektör

n: Yük sayısı

$$\begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ p_{m1} & p_{m2} & \dots & p_{mn} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} q_1 \\ q_2 \\ \cdot \\ q_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ \cdot \\ V_n \end{bmatrix}$$

Bu denklem sisteminin çözümüyle yüklerin değerleri bulunur.

Benzetim yüklerinin yerleri ve değerleri bilinirse, herhangi bir noktadaki potansiyel ve alan şiddeti süperpozisyon ilkesi ile

$$V_i = \sum_{j=1}^n p_{ij} q_j$$

hesaplanabilir.

ELEKTRİK ALAN HESABI

Yük Benzetim Yöntemi ile elektrik alan şiddeti

$$\vec{E} = -\nabla V$$

bağıntısından bulunur. Örneğin bir noktasal yük için

$$E = q \cdot (4\pi\epsilon r^2)^{-1}$$

olur.

Enerji iletim hatları çevresinde elektrik alan hesabı:

Enerji iletim hatlarındaki elektrik alanlarının benzetiminde **çizgisel yük** kullanımını uygun düşer.

Kuramsal olarak hatları sonsuz uzun ve direk etkilerini gözardı ederek aldığımızda benzetimde sonsuz çizgisel benzetim yükleri kullanılabilir.

Bir **sonsuz çizgisel yük**ün herhangi bir $A(x_A, y_A)$ noktasında meydana getirdiği potansiyel,

$$V_A = \frac{q}{2\pi \varepsilon} \ln \frac{r_0}{r_A}$$

ε : Ortamın dielektrik katsayısı

r_0 : Yükün, potansiyeli sıfır olan en yakın noktaya uzaklığı

r_A : Yükün, potansiyeli hesaplanacak noktaya uzaklığı

Sonsuz çizgisel yük tipi için potansiyel katsayısı

$$p = (2\pi\epsilon)^{-1} \ln(r_0 / r)$$

şeklindedir.

x_q, y_q : Benzetim yükünün bulunduğu yerin koordinatları
A noktasındaki elektrik alan şiddetinin x ve y bileşenleri:

$$E_{xA} = q(x_A - x_q) / r_A^2$$

$$E_{yA} = q(y_A - y_q) / r_A^2$$

Elektrik alanının mutlak değeri:

$$E_A = \sqrt{E_{xA}^2 + E_{yA}^2}$$

Üç fazlı bir enerji iletim hattında, faz gerilimlerinin faz açıları da dikkate alınarak sınır potansiyelleri

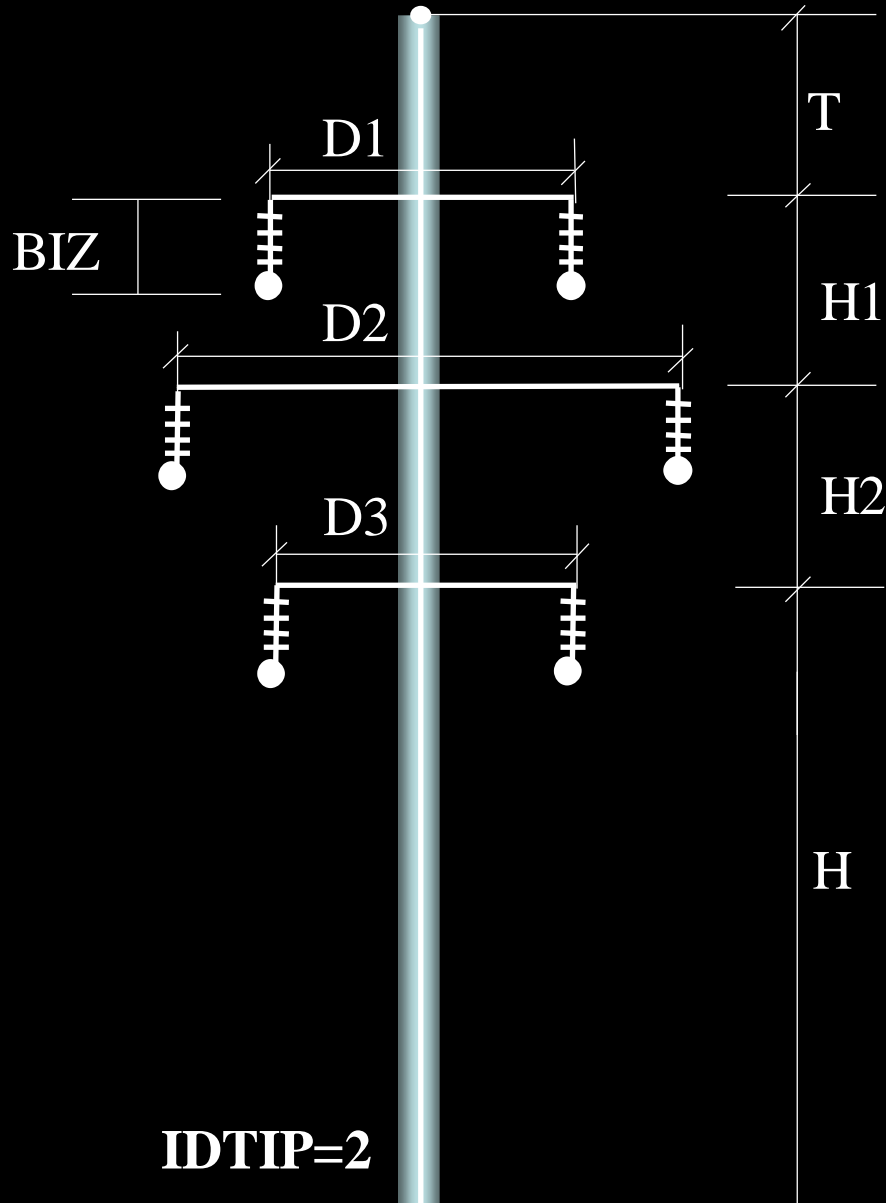
$$\dot{V}_1 = V$$

$$\dot{V}_2 = V \exp\left(\frac{2\pi}{3} j\right)$$

$$\dot{V}_3 = V \exp\left(\frac{4\pi}{3} j\right)$$

şeklinde yazılabilir. Sınır noktalarının potansiyelleri için yukarıdaki eşitliklerin kullanılmasından dolayı benzetim yüklerinin değerleri de kompleks olarak elde edilir.

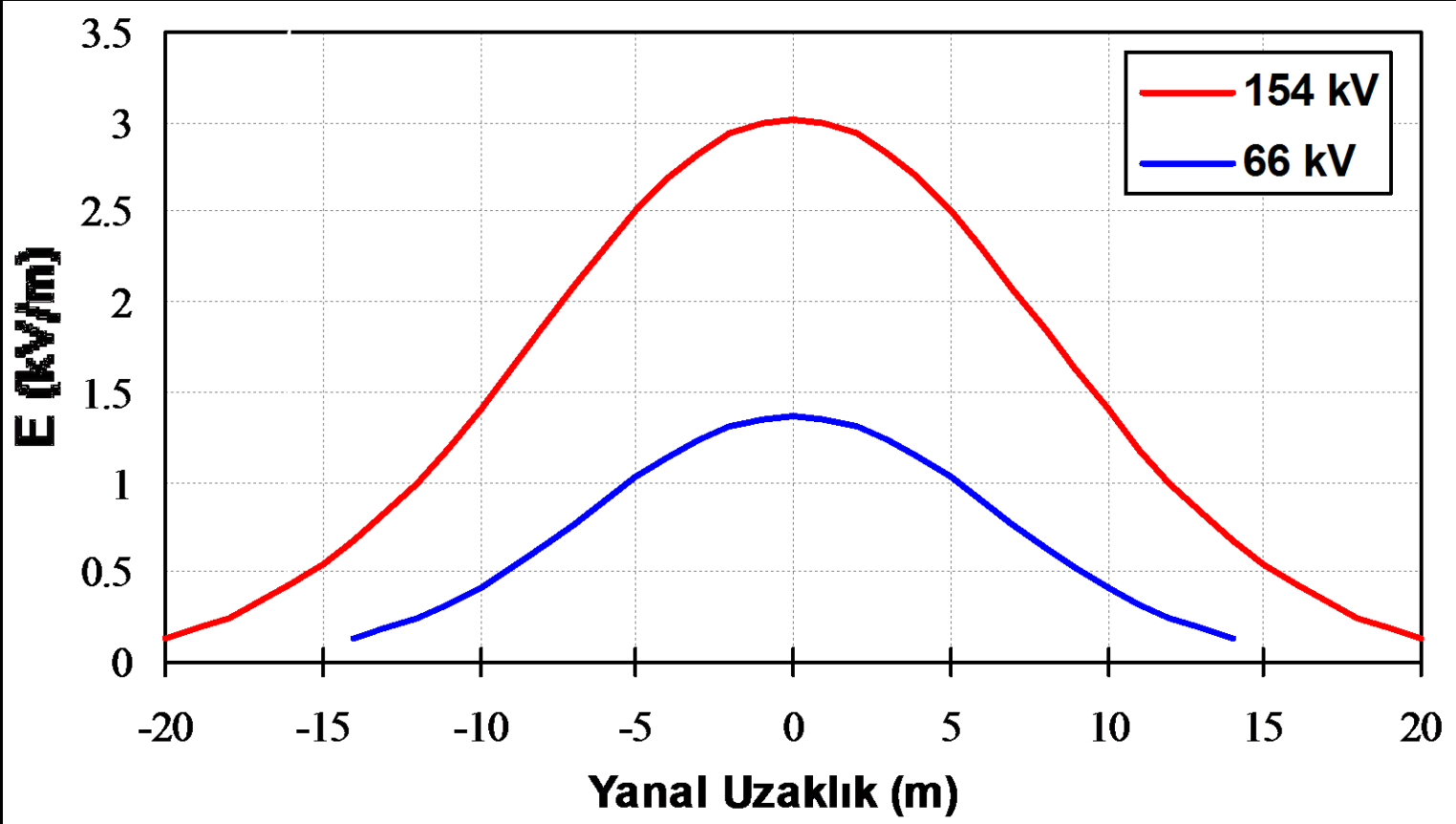
Böylece kompleks yüklerin kullanıldığı bir YBY ile enerji iletim hatları çevresinde herhangi bir noktada potansiyel ve elektrik alan hesabı yapılabilir.



Direk Özellikleri

Gerilim (kV)	66	154
Direk Tipi	A	TA1
H(m)	15.24	18.93
H1 (m)	3.04	4.15
H2 (m)	2.74	4.15
T (m)	2.99	3.15
BIZ (m)	1.2	2.2
D1 (m)	5.8	7
D2 (m)	7.15	9.4
D3 (m)	5.8	7.4

66 kV ve 154 kV 'luk enerji iletim hatları çevresinde hattın yanal uzaklıkla elektrik alan şiddetinin değişimi



Uluslararası standartlarda, enerji iletim hatları çevresinde toprak seviyesinden 1 metre yukarıda 1-1.5 kV/m 'lik bir elektrik alan şiddeti sınır değeri olarak verilmektedir.

Yapılan hesaplardan elde edilen sonuçlara bakarak 66 kV 'luk hatların yaklaşık 5 m uzağında, 154 kV 'luk hatların da yaklaşık 12 metre uzağında 1 kV/m 'lik elektrik alan şiddeti değerlerine indiği yani bu uzaklıklardan daha yakın uzaklıklarda alan şiddetinin standartlarda önerilen güvenlik değerlerinin üzerine çıktığı söylenebilir.

Yüksek gerilimli enerji iletim hatları çevresinde oluşan elektrik alanların hat çevresindeki dağılımı

hattın gerilim düzeyine,

hattın boyutlarına,

hattın yapısına,

hattın güzergahına ve

hattan olan uzaklığa

göre değişmektedir.

Yüksek Gerilim Hattı Altında
İnsan Vücudunda Endüklenen Akımların
Yük Benzetim Yöntemi ile Hesabı

Silindrsel koordinatlarda kompleks elektrik alan şiddeti

$$\vec{E}_i = E_{ri} \cdot \vec{i}_r + E_{zi} \cdot \vec{i}_z$$

Elektrik alan şiddetinin yatay ve düşey bileşeni

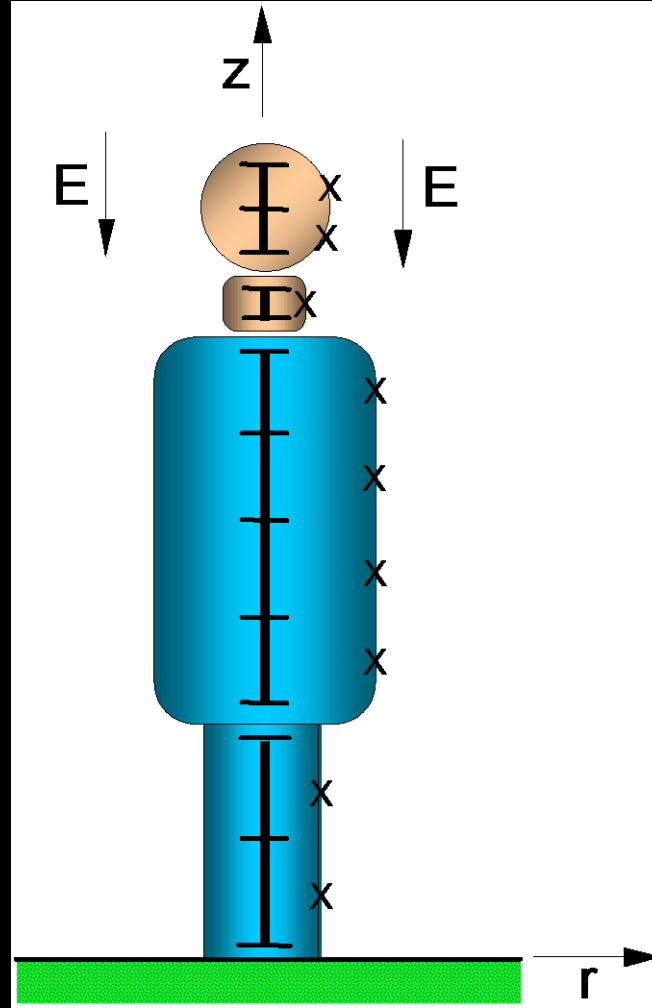
$$E_{ri} = \sum_{j=1}^n f_{ri,j} \cdot q_j$$

$$E_{zi} = \sum_{j=1}^n f_{zi,j} \cdot q_j$$

Bileşke elektrik alan şiddeti (mutlak değer)

$$E_i = \sqrt{E_{ri}^2 + E_{zi}^2}$$

İnsan vücudunun Yük Benzetim Yöntemi modeli



I: Sonlu çizgisel yük
x: Sınır noktası

İnsan üzerinde yüzeysel yük yoğunluğu

$$\sigma = \varepsilon_0 E_n$$

E_n : Elektrik alan şiddetinin normal bileşeni

$\varepsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12}$ F/m Boşluğun dielektrik sabiti

İnsan üzerindeki bir noktada endüklenen akım yoğunluğu J:

$$J = \omega \sigma = \omega \varepsilon_0 E_n$$

$\omega = 2\pi f$ Hatta uygulanan gerilimin açısal frekansı

$f = 50$ Hz için açısal frekansı $\omega = 2\pi f = 314$ rad/s

Vücudun k. parçasında endüklenen akım (I_k) bu parçanın yüzeyi (S_k) üzerinde J nin integrali ile bulunur.

$$I_k = \int_{S_k} J \cdot dS = \int_{S_k} \omega \sigma dS = \omega \varepsilon_0 \int_{S_k} E_n dS$$

380 kV'luk, 3 fazlı, ikili demet iletkenli, iletkenleri yatay düzende yerleşik bir yüksek gerilim hattı altında bir insan modeli bulunması durumunda elektrik alan hesabı yapılarak insan vücudunda endüklenen akımlar hesaplanmıştır.

Hesaplama

fazların yerden yüksekliği $h = 15$ m

fazlar arası açıklık 9 m

ikili demet iletkenin kısmi iletkenleri arası açıklık 40 cm

kısmi iletkenlerin çapı 27,7 mm

alınmıştır.

Faz iletkenlerinin potansiyelleri, fazların gerilimleri arasında 120° lik faz farkı olduğu göz önüne alınarak, kompleks büyüklük olarak tanımlanmıştır.

Hattın yarattığı gerçek elektrik alanı, yük benzetim yöntemine göre hattaki 6 iletkenin eksenine yerleştirilen sonsuz uzun çizgisel benzetim yükünün yarattığı alan ile benzetilmiştir.

FAZ 1

Q11 Q12

K11 K12

S11 S12

FAZ 2

Q21 Q22

K21 K22

S21 S22

FAZ 3

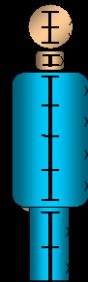
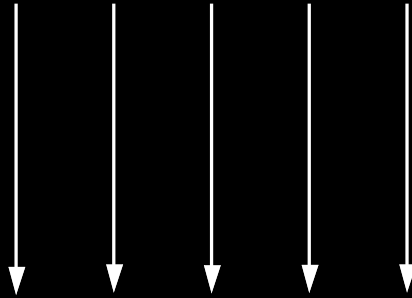
Q31 Q32

K31 K32

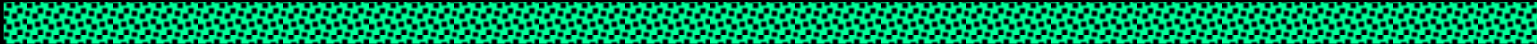
S31 S32

h

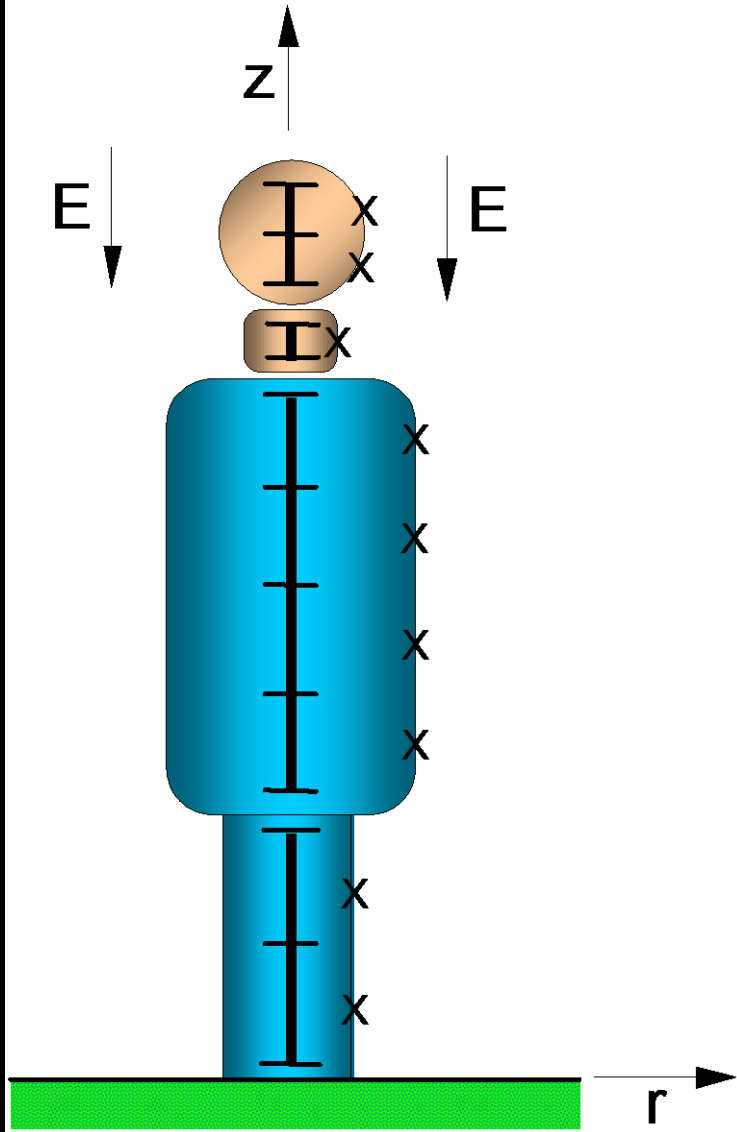
E



- Benzetim yükü
- Sınır noktası
- × Kontrol noktası



Hattın altında bulunduğu varsayılan 174 cm boyunda bir insanı modellemek için farklı çap (D) ve yüksekliklerde (H), üst üste yerleştirilmiş 4 silindir kullanılmıştır.



İnsanın toprak potansiyelinde olduğu kabul edilmiştir.

Yük benzetim yöntemine göre elektrik alanı bakımından insanın modellenmesinde modelin eksenine yerleştirilmiş baş için 2, boyun için 2, gövde için 3 ve bacak için 3 yani toplam 10 adet sonlu çizgisel yük kullanılmıştır.

İnsan modelinde kullanılan silindirlerin çap ve yükseklikleri

Bölge	D (cm)	H (cm)
Baş	18	18
Boyun	12	6
Gövde	40	60
Bacak	20	90

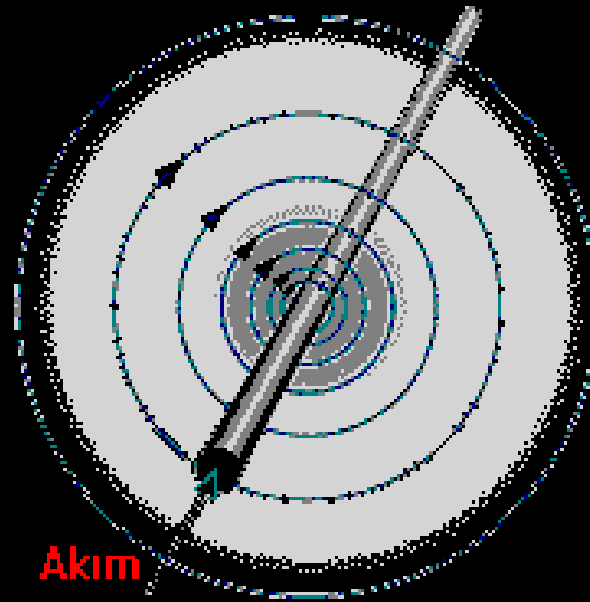
İnsan modeli üzerinde hesaplanan elektrik alan şiddeti değerleri

Rs (cm)	Zs (cm)	Er (kV/m)	Ez (kV/m)	Eb (kV/m)
15	15	0.55	0.001	0.55
15	45	1.77	0.16	1.77
15	75	2.31	0.67	2.40
20	100	4.26	0.03	4.26
20	120	4.85	0.71	4.90
20	140	8.58	2.45	8.92
6	151.5	19.32	12.8	23.23
6	154.5	1.55	6.80	6.98
7.8	160.5	8.37	0.86	8.41
7.8	169.5	19.66	6.49	20.71

İnsan modeli üzerinde endüklenen akım yoğunluğu ve endüklenen akım değerleri

Bölge	Akım yoğunluğu (A/m ²)	Endüklenen akım (A)
Baş	$8.100453 \cdot 10^{-5}$	$1.062681 \cdot 10^{-5}$
Boyun	$8.403022 \cdot 10^{-5}$	$3.362397 \cdot 10^{-6}$
Gövde	$5.030984 \cdot 10^{-5}$	$6.609042 \cdot 10^{-5}$
Bacak	$1.315383 \cdot 10^{-5}$	$1.794501 \cdot 10^{-5}$

Manyetik Alan Hesabı



$$H = \frac{I}{2\pi r}$$

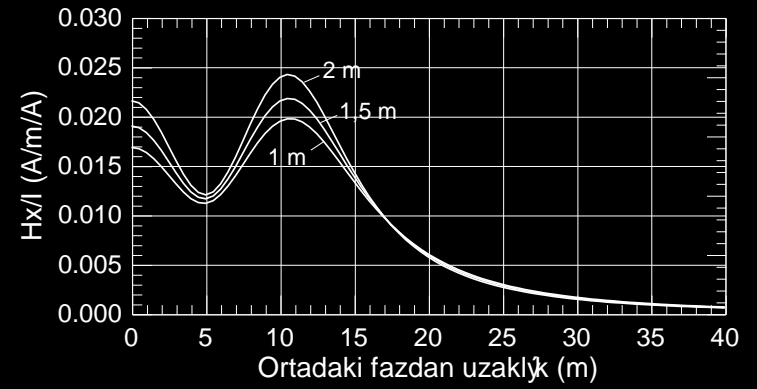
$$B = \mu_0 H$$

380 kV'luk, üç fazlı, tek devreli, iletkenleri yatay düzende yerleşik bir yüksek gerilim hattının manyetik alan dağılımı

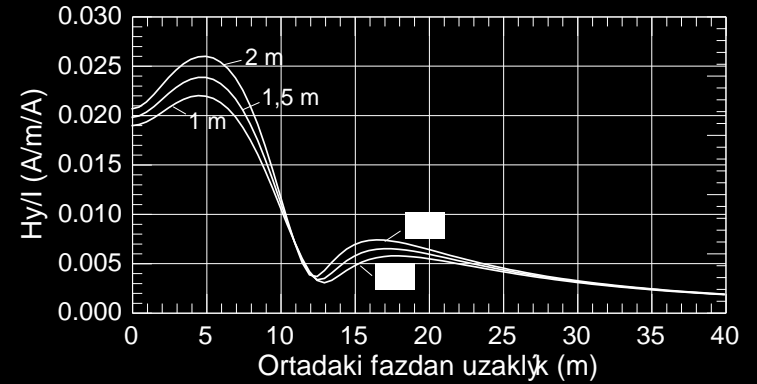
Hattın boyutları:

- Faz iletkenlerinin yerden yüksekliği: 7,67 m,
- Faz iletkenleri arası açıklık: 10,3 m

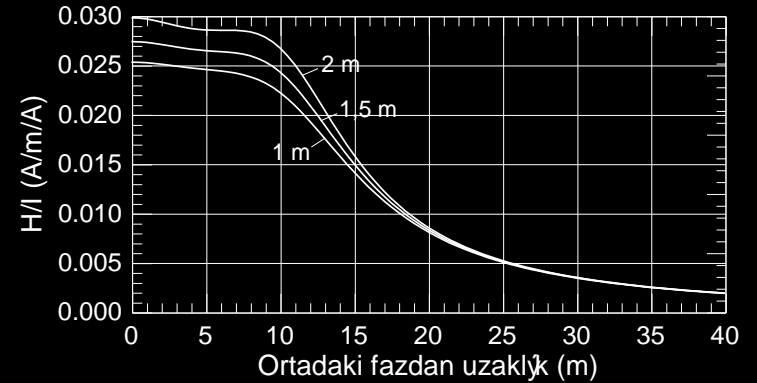
Yerden 1 m, 1,5 m ve 2 m yükseklikte manyetik alan şiddetinin yatay (H_x) (a), düşey (H_y) (b) ve bileşke H (c) değerlerinin ortadaki fazdan uzaklıkla değişimi.



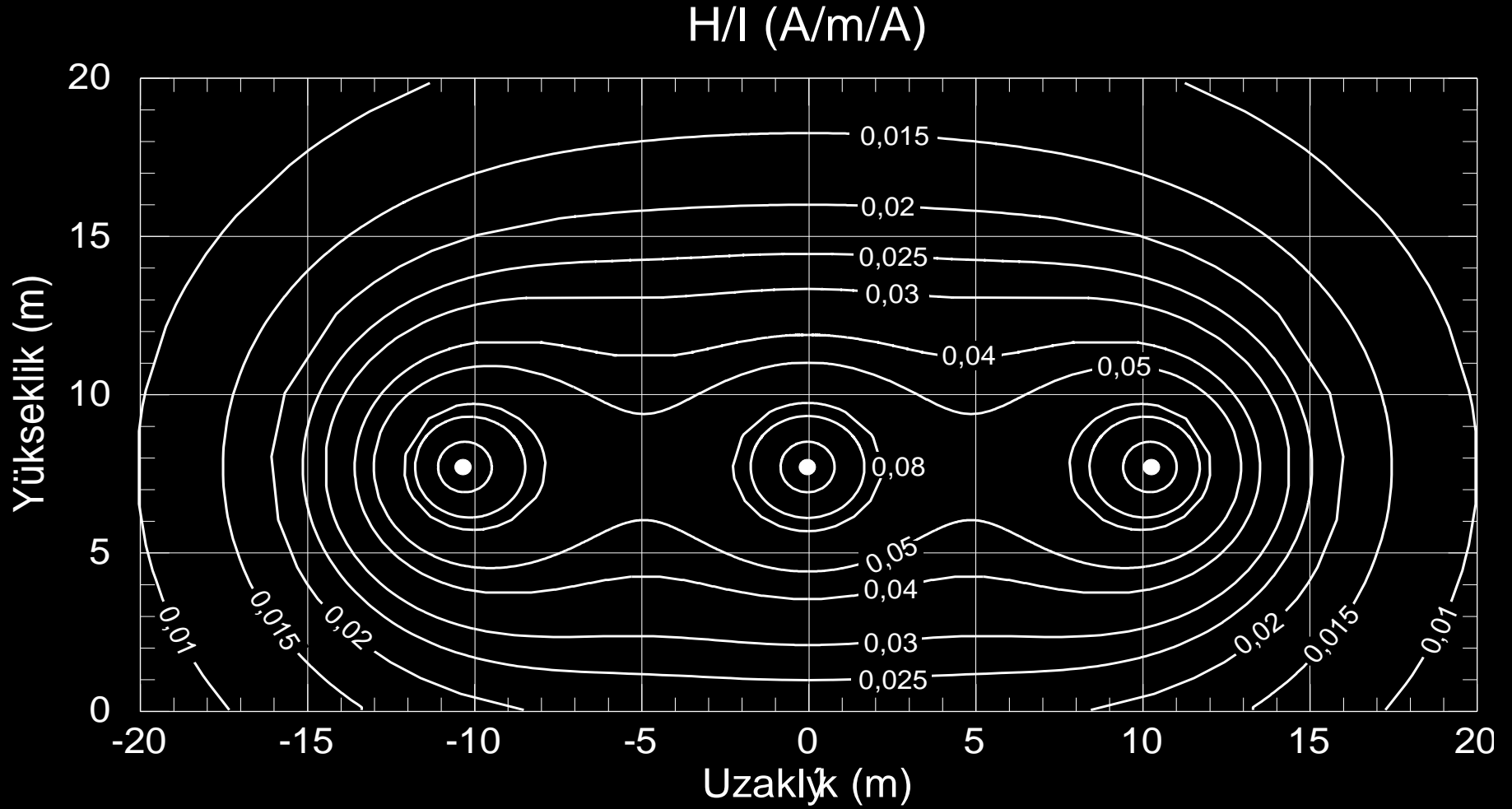
(a)



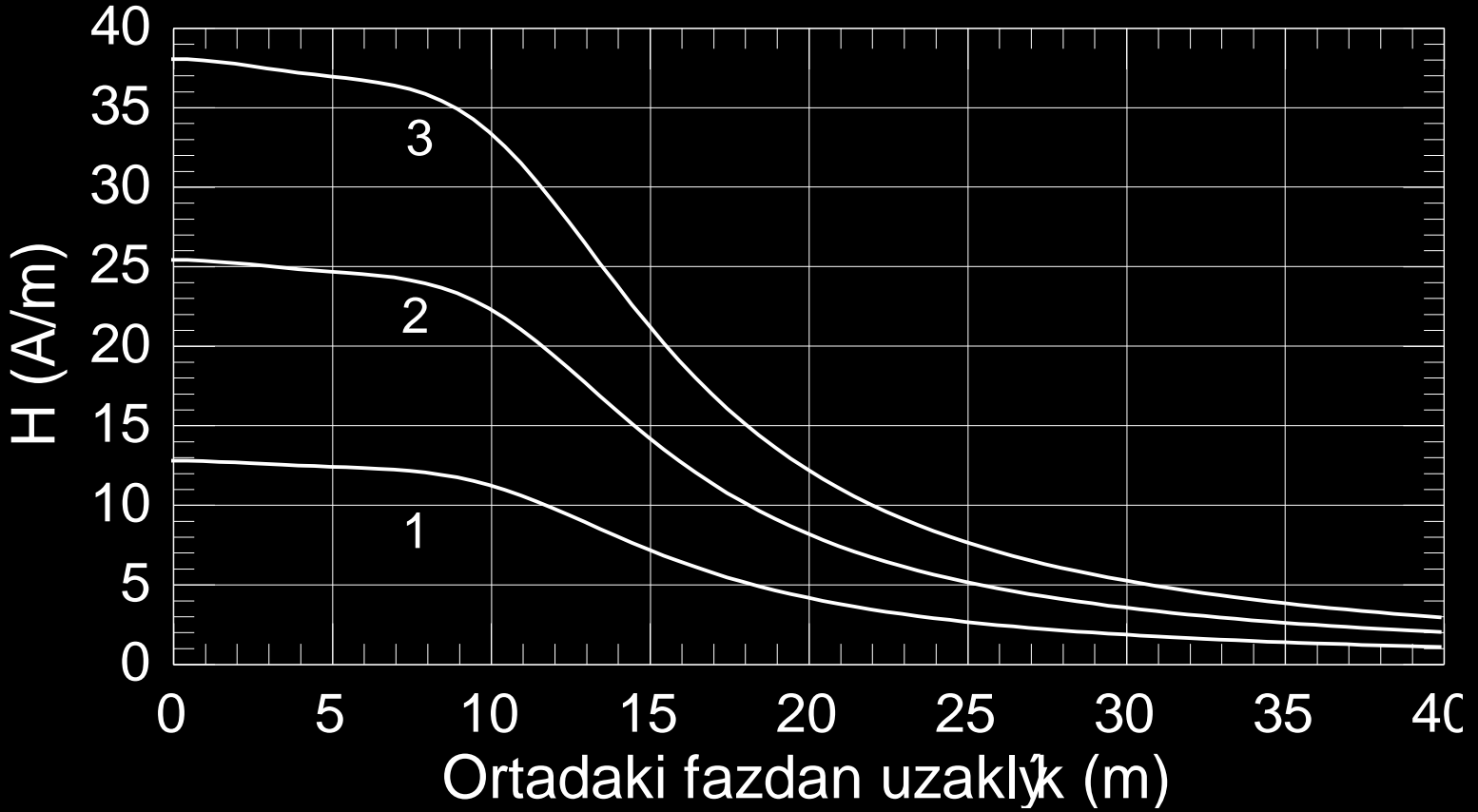
(b)



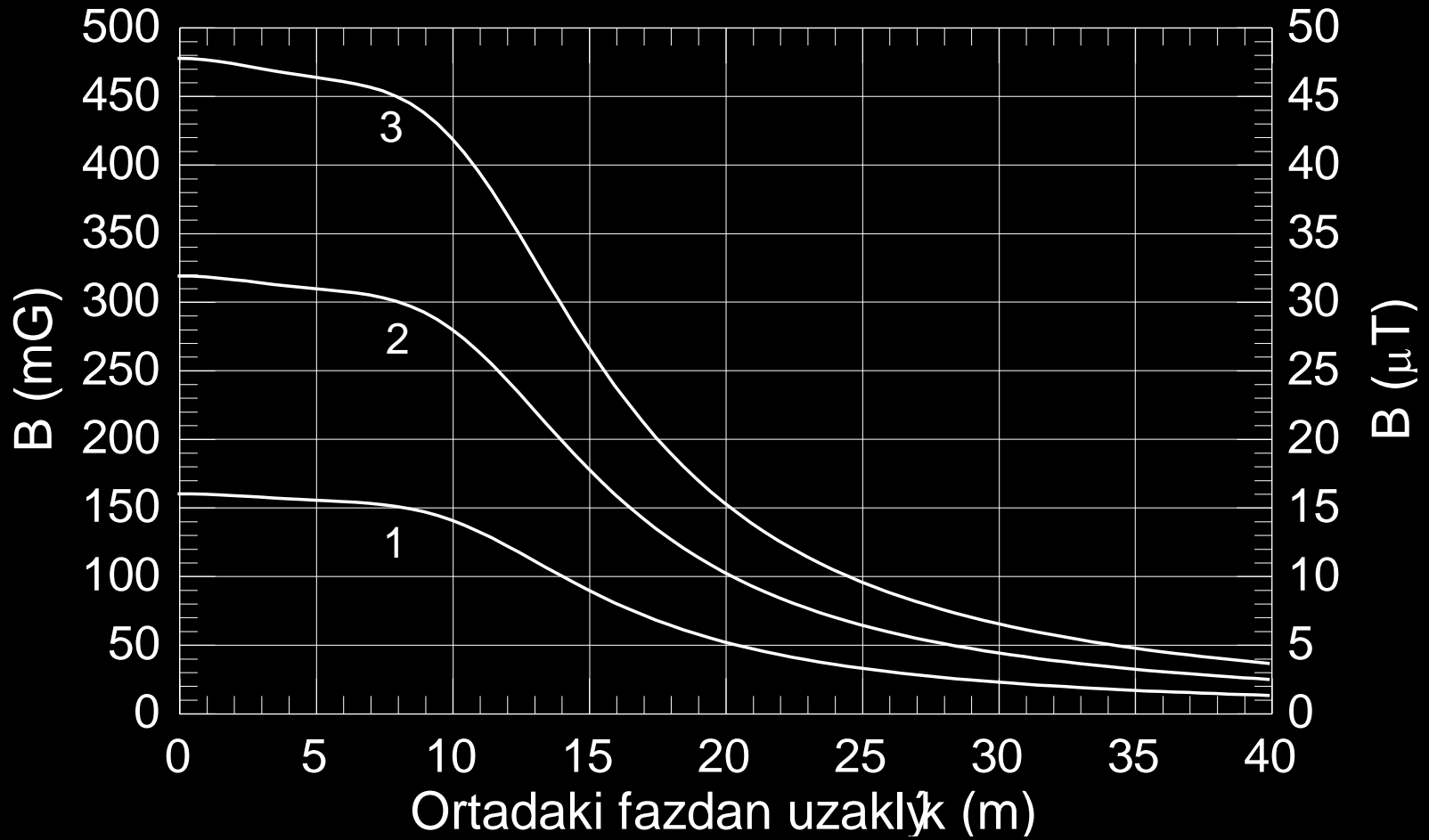
(c)



380 kV'luk bir yüksek gerilim hattı çevresindeki manyetik alan dağılımı
(Eğriler 0,01; 0,015; 0,02; 0,025; 0,03; 0,04; 0,05; 0,08; 0,1; 0,2 A/m/A manyetik alan değerlerine uyan eğrilerdir).



Manyetik alan şiddetinin yerden 1 m yükseklikte 500 A (1), 1000 A (2) ve 1500 A (3) için ortadaki fazdan uzaklıkla değişimi.



Manyetik endüksiyonun yerden 1 m yükseklikte 500 A (1), 1000 A (2) ve 1500 A (3) için ortadaki fazdan uzaklıkla değişimi.

Elektrik ve Manyetik Alan Ölçmeleri





Ölçme yeri
Ölçme tarihi
Çalışma zamanı
Hava durumu
Hava sıcaklığı



Elektromanyetik alan ölçü aleti

Tip: Holaday HI-3604 marka
dijital elektrik ve manyetik alan ölçme aleti

Alıcı elemanlar: Paralel levhalı deplasman akımı ölçmeye dayanan elektrik alan alıcısı 16,5 cm çapında, 400 sarımlı elektriksel olarak ekranlanmış manyetik alan bobini

Alan ölçme aralığı:

Elektrik alanı için 1 V/m -199 kV/m
(1 kV/m = 1000 V/m)
Manyetik alan için 0,1 mG - 20 G
(1 mG = 10^{-3} G = 80 mA/m)
(1 T = 10000 G)

Ölçme frekansı aralığı: 50 - 1000 Hz

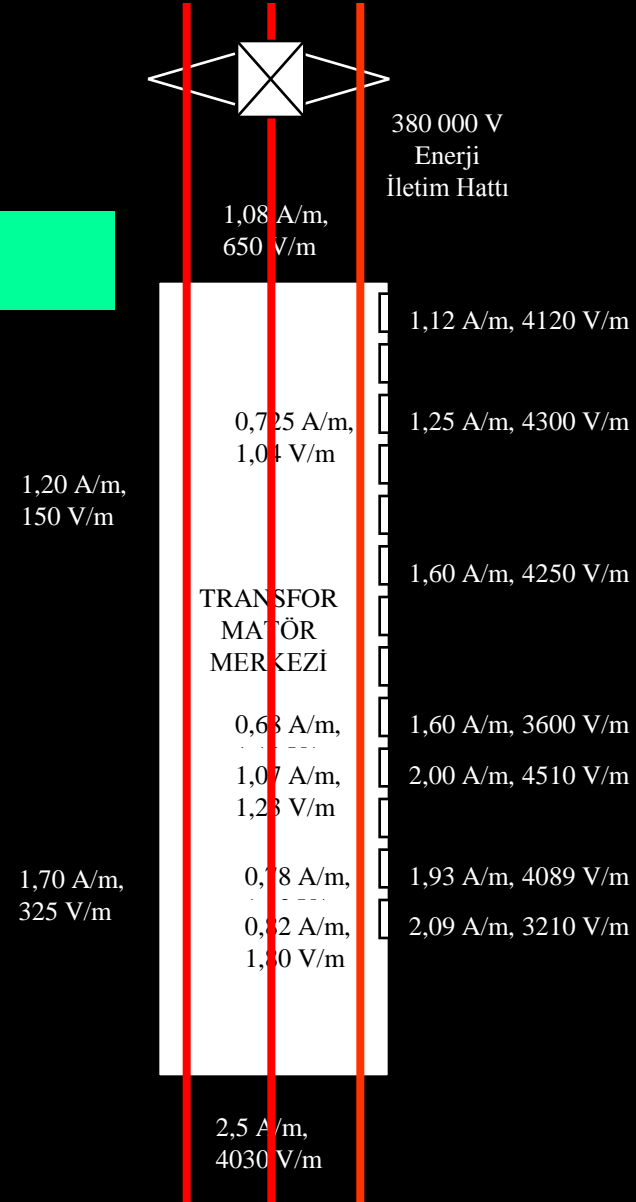


Ölçme örnekleri

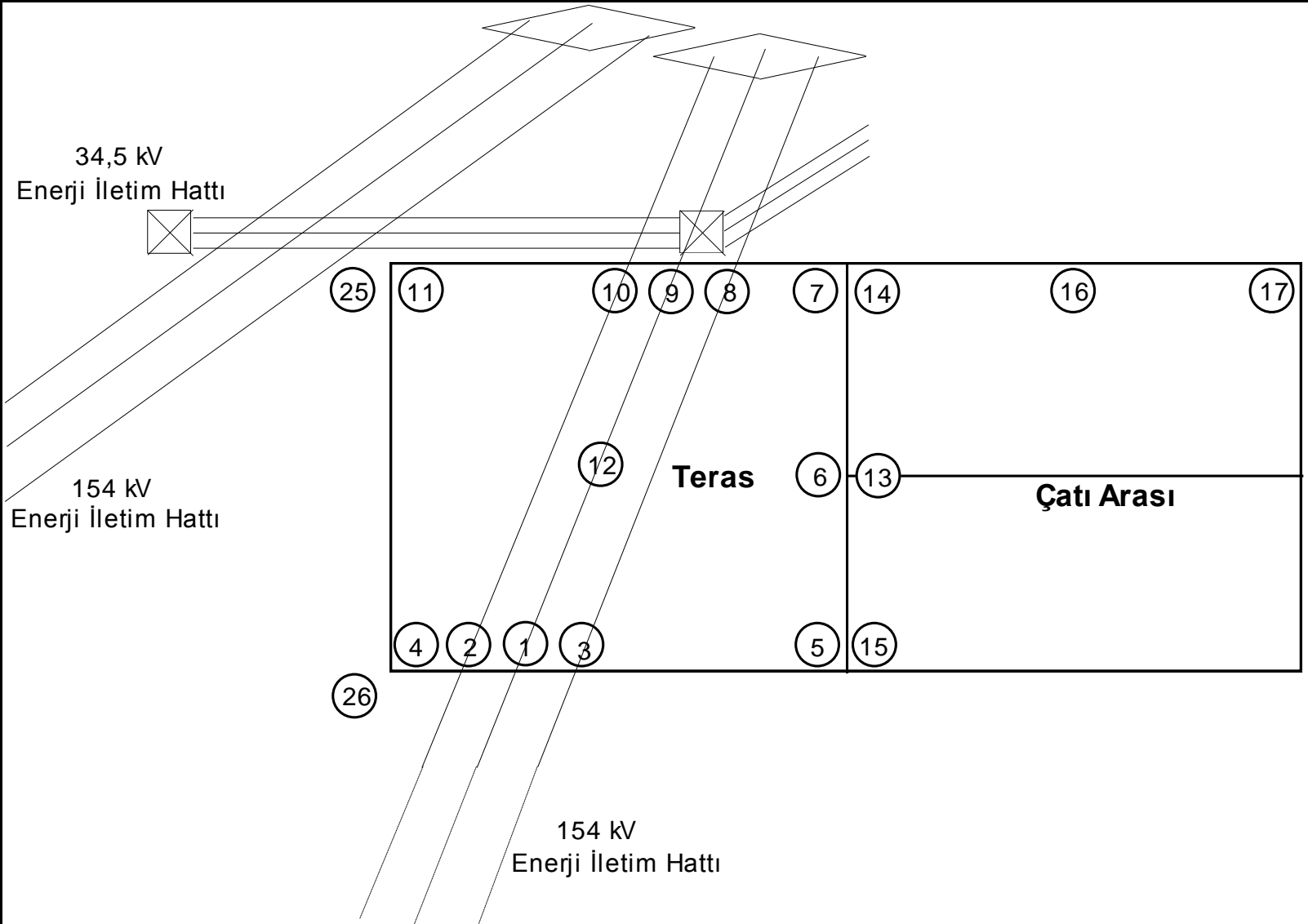
380 kV'luk hattın altında bir bina

Bina dışında ve içinde ölçülen elektrik ve manyetik alan şiddeti değerleri

	Elektrik Alan	Manyetik Alan
Bina dışı	150-4510 V/m	1,08-2,50 A/m
Bina içi	1,04-1,80 V/m	0,69-1,07 A/m



154 kV'luk hatların çevresi

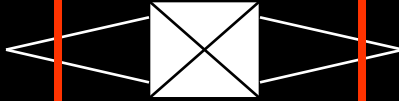


Ölçme Yeri	Ölçme Noktası	Elektrik Alan Şiddeti (kV/m)	Manyetik Alan Şiddeti (mG)
Teras	1	8,5	113
	2	12,5	99
	3	13	112
	4	8	42
	5	2,2	20
	6	1,4	16
	7	4,5	38
	8	6,8	68
	9	4,9	89
	10	8	92
	11	4,5	24
	12	7,4	70
Çatı arası	13	0,012	30
	14	0,002	28
	15	0,001	14
	16	0,001	6,5
	17	0,001	2,9
	18	0,001	3
2. Kat	19	0,003	5,3
	20	0,003	5,5
	21	0,002	39
	22	0,005	23
	23	0,010	48
	24	0,005	14,5
Bina Girişi	25	0,048	8
	26	0,380	14

Ölçülen en büyük elektrik alan şiddeti Ölçülen en büyük manyetik alan şiddeti

13000 V/m (> 5000 V/m*)

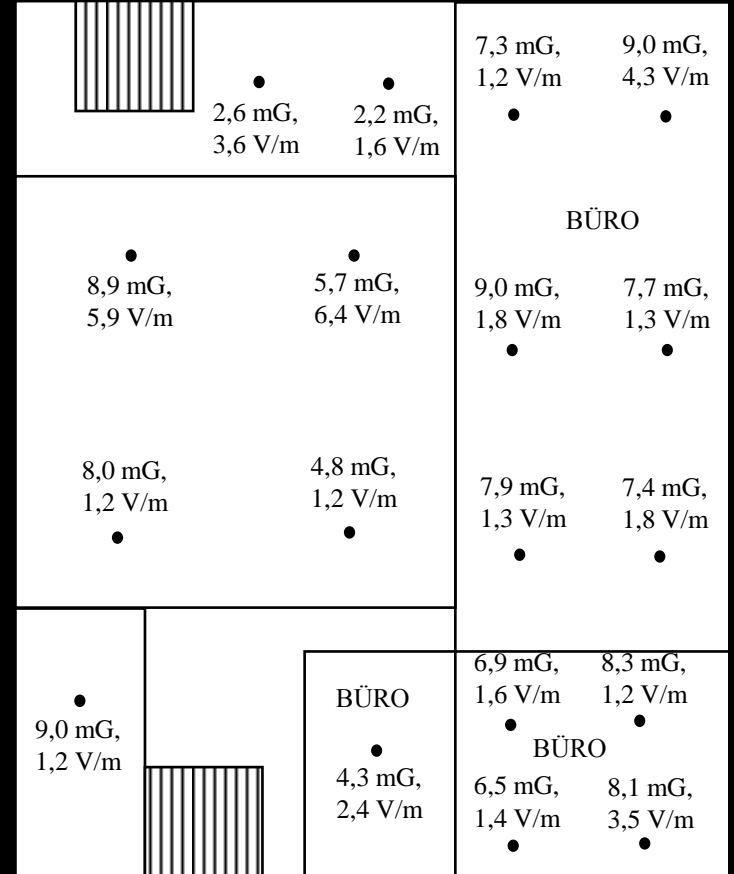
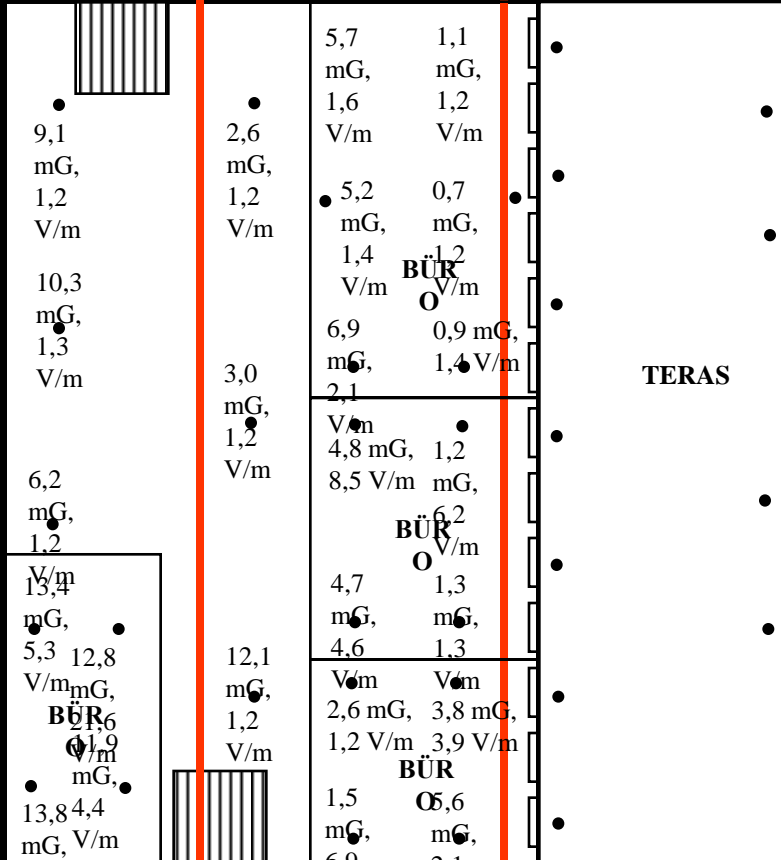
113 mG (< 1000 mG*)



154 000 V
Yüksek Gerilim
Enerji İletim
Hattı

154 kV'luk hat altı

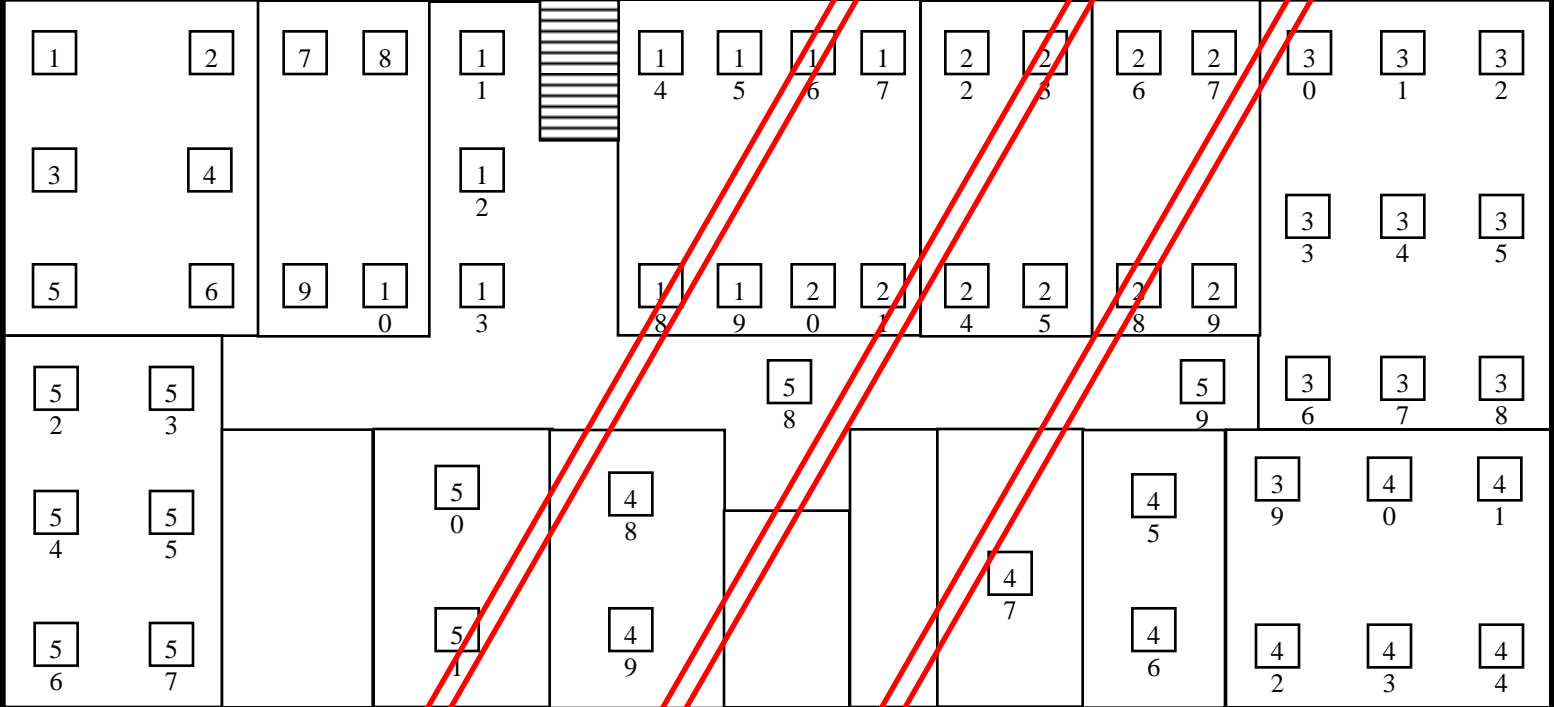
3.
KAT



380 kV'luk hattın altı

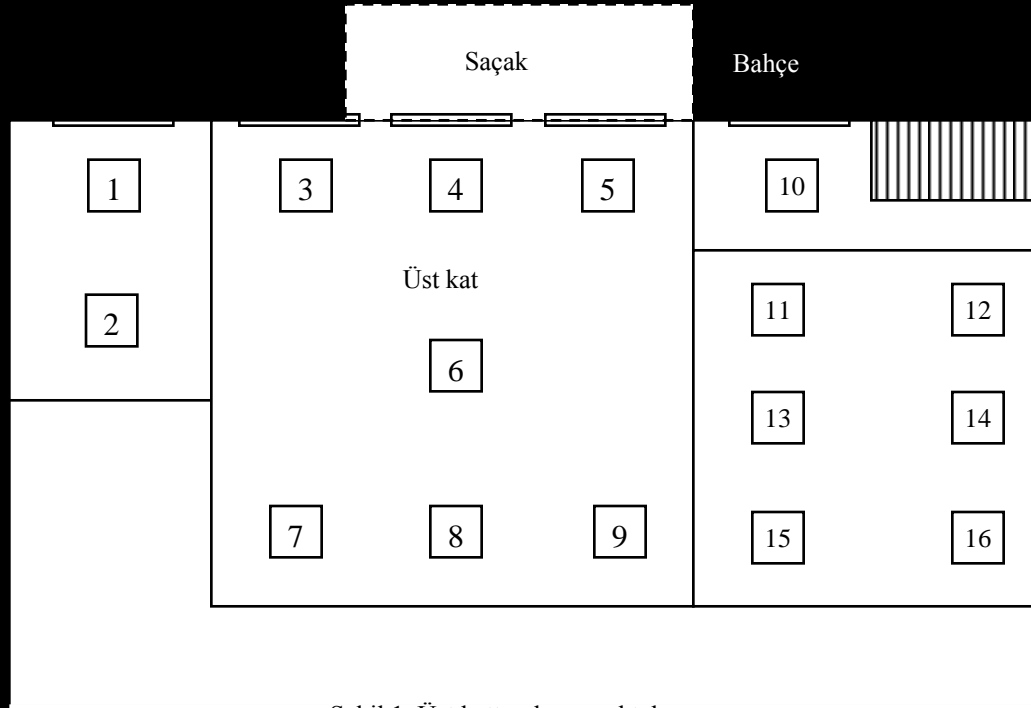
380000 V
Yüksek Gerilim
Enerji İletim Hattı

Üst Kat



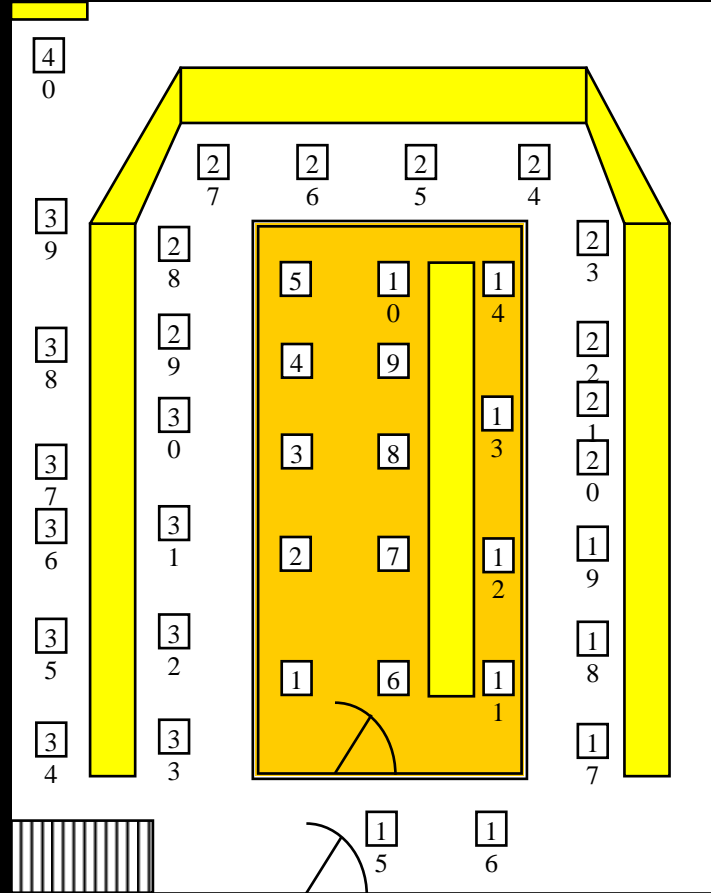
	Elektrik Alan Şiddeti	Magnetik Alan
En küçük	1,2 V/m (Nokta No.18)	2,3 mG (Nokta No.44)
En büyük	141,0 V/m (Nokta No.31)	120,0 mG (Nokta No.19)

36 kV'luk hat çevresi



	Elektrik Alan Şiddeti	Magnetik Alan
En küçük	1,1 V/m (Nokta No.21)	0,3 mG (Nokta No.9)
En büyük	67,5 V/m (Nokta No.17)	19,8 mG (Nokta No.10)

36 kV'luk pano dairesi



	Elektrik Alan Şiddeti	Manyetik Alan
En küçük	1,15 V/m (Nokta No.10)	2,78 mG (Nokta No.14)
En büyük	4,28 V/m (Nokta No.7)	653,0 mG (Nokta No.32)
Standarlarda Verilen Sınır Değerler	5000 V/m	1000 mG

Bina İindeki Elektromanyetik Alanlar:

- ❖ Evdeki Elektrikli Aletler
- ❖ Bilgisayarlar
- ❖ Buro Makinaları
- ❖ İř Yerindeki, Atlyelerdeki Makinalar
- ❖ Hastanedeki Aletler...



Banyodaki Kaynaklar

Kaynaktan Uzaklık	15 cm	30 cm	60 cm	120 cm
Saç Kurutma Makinası				
En Düşük	1			
Orta	300	1		
En Yüksek	700	70	10	1
Tıraş Makinası				
En Düşük	4			
Orta	100	20		
En Yüksek	600	100	10	1





Mutfaktaki Kaynaklar

Kaynaktan Uzaklık	15,25	30,5 cm	61 cm	122 cm
Mikser				
En Düşük	30	5		
Orta	100	10	1	
En Yüksek	600	100	10	
Kahve Makinası				
En Düşük	4			
Orta	7			
En Yüksek	10	1		
Bulaşık Makinası				
En Düşük	10	6	2	
Orta	20	10	4	
En Yüksek	100	30	7	1
Çöp Öğütücüsü				
En Düşük	60	8	1	
Orta	80	10	2	
En Yüksek	100	20	3	





Mikrodalga Fırın		15 cm	30 cm	60 cm	120 cm
En Düşük		100	1	1	
Orta		200	4	10	2
En Yüksek		300	200	30	20
Fırın					
En Düşük		4	1		
Orta		9	4		
En Yüksek		20	5	1	
Buzdolabı					
En Düşük					
Orta		2	2	1	
En Yüksek		40	20	10	
Tost Makinası					
En Düşük		5			
Orta		10	3		
En Yüksek		20	7		





Oturma Odasındaki Kaynaklar

Kaynaktan Uzaklık	15,25	30,5	61	122
Radyo/Teyp				
En Düşük				
Orta	1			
En Yüksek	3	1		
Renkli TV				
En Düşük				
Orta		7	2	
En Yüksek		20	8	4





Temizlik Aletleri					
Kaynaktan Uzaklık		15,25	30,5	61	122
Kurutma Makinası					
En Düşük		2			
Orta		3	2		
En Yüksek		10	3		
Çamaşır Makinası					
En Düşük		4	1		
Orta		20	7	1	
En Yüksek		100	30	6	
Ütü					
En Düşük		6	1		
Orta		8	1		
En Yüksek		20	3		
E'li Süpürge					
En Düşük		100	20	4	
Orta		300	60	10	
En Yüksek		700	200	50	10





Diğer Çeşitli Kaynaklar				
Kaynaktan Uzaklık	15,25	30,5	61	122
Dijital Saat				
En Düşük				
Orta		1		
En Yüksek		8	2	1
Analog Saat				
En Düşük		1		
Orta		15	2	
En Yüksek		30	5	3
Matkap				
En Düşük	100	20	3	
Orta	150	30	4	
En Yüksek	200	40	6	
E'li Testere				
En Düşük	50	9	1	
Orta	200	40	5	
En Yüksek	1000	300	40	4
Pil Şarjı				
En Düşük	3	2		
Orta	30	3		
En Yüksek	50	4		





İşyerlerindeki Kaynaklar

Kaynaktan Uzaklık	15,25	30,5	61	122
Fotokopi Makinası				
En Düşük	4	2	1	
Orta	90	20	7	1
En Yüksek	200	40	13	4
Fax Makinası				
En Düşük	4			
Orta	6			
En Yüksek	9	2		
Florasan Lamba				
En Düşük	20			
Orta	40	6	2	
En Yüksek	100	30	8	4
VDT				
En Düşük	7	2	1	
Orta	14	5	2	
En Yüksek	20	6	3	

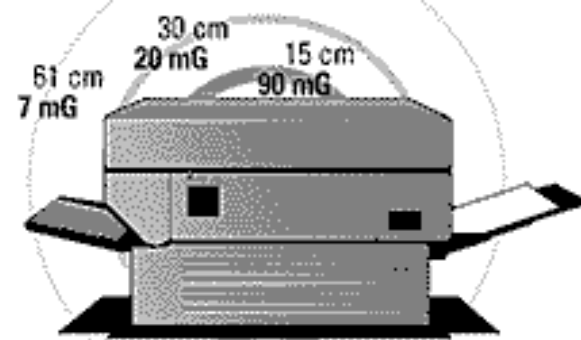


122 cm
1 mG

61 cm
7 mG

30 cm
20 mG

15 cm
90 mG





Genel Ev İçi Aletler			
Kaynaktan Uzaklık	5	30	75
Bulaşık Makinası			
Manyetik Alan	5	2,5	0,6
Elek. Alan	14	2,5	1,7
Televizyon			
Manyetik Alan	11	1,2	0,4
Elek. Alan	220	7	2,3
Buzdolabı			
Manyetik Alan	0,3	0,22	
Elek. Alan	1,4		
Müzik Seti			
Manyetik Alan	6	0,6	0,02
Elek. Alan	84	14	3
Bilgisayar			
Manyetik Alan	0,9	0,2	
Elek. Alan	25	2,8	
Çamaşır Makinası			
Manyetik Alan	4,55	0,82	0,35
Elek. Alan	2,7	1,9	1,5
Su Isıtıcısı			
Manyetik Alan	3		
Elek. Alan	5	2,5	
Saç Kurutma Makinası			
Manyetik Alan	30	0,8	
Elek. Alan	110	35	



Elektrikli Battaniye

5 cm uzakta

Maksimum **40mG**

Ortalama **20 mG**

Özel Kılıflı Elektrikli Battaniye

5 cm uzakta

Maksimum **3 mG**

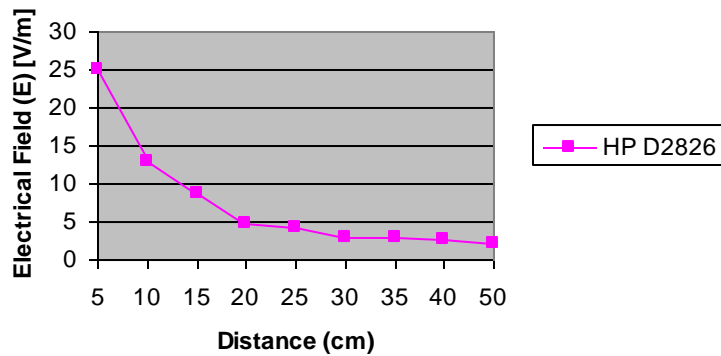
Ortalama **1 mG**



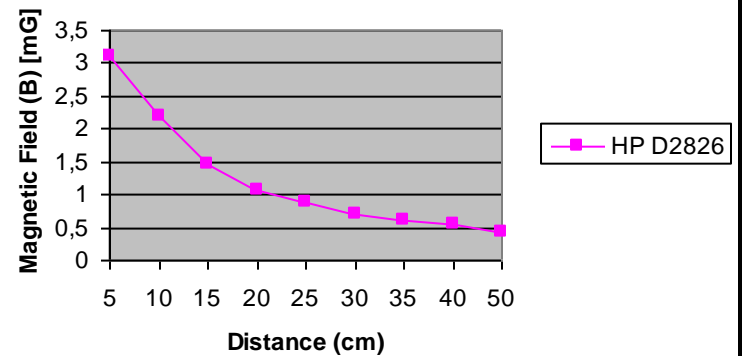
Bilgisayarlar



Infront of the Monitor



Infront of the Monitor



Standartlar



Türk Standardı

Değişken alandaki cisimlere dokunulduğunda oluşan temas akımı ile ilgili sınır değerler aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

Akımın 1 saniyelik süre için ortalama değeri baz alınmıştır.

Halk için 10 kHz üzeri temas akımları için 2 mA sınırı getirilmiştir.

Çizelge 2.1 **İşçiler için temas akımı**

Frekans (Hz)	Akım (mA)
0,1-10 000	3,5

Çizelge 2.2 **Halk için temas akımı**

Frekans (Hz)	Akım (mA)
0,1-7500	1,5
7500-10 000	$2 * 10^{-4} f$

Genel olarak vücuda paralel elektrik alanı için temel sınırlamalar
(Halk için 10 kV/m zaman sınırlaması olmaksızın üst sınır seçilmiştir).

Çizelge 2.3 **İşçiler için** elektrik alanı

Frekans (Hz)	Elektrik Alanı (kV/m)	Zaman (saat)
0-0,1	42	$t < 112/E$
0,1-50	30	$t < 80/E$
50-150	1500/f	$t < 80/E$
150-1500	1500/f	-
1500-10000	1	-

Çizelge 2.4 **Halk için** elektrik alanı

Frekans (Hz)	Elektrik Alanı (kV/m)
0-0,1	14
0,1-60	10
60-1500	600/f
1500-10000	0,4

Manyetik alan için sınırlamalar

(İşçiler için bütün vücudun alan etkisi altında kaldığı düşünülerek sınırlama 2 T olarak belirlenmiştir. Bu değerin üstünde denge kaybı ve bulantılar olabilir. Bu değerler kol ve bacaklarda, büyük kan damarları olmadığından, 5T 'ya çıkabilir).

Çizelge 2.5 **İşçiler için manyetik alan**

Frekans (Hz)	Manyetik Alan (T)
0-0,1	2
0,1-0,23	1,4
0,23-1	320/fmT
1,0-4	320/f ² mT
4-1500	80/f mT
1500-10000	0,053 mT

Çizelge 2.6 **Halk için manyetik alan**

Frekans (Hz)	Manyetik Alan (T)
0-0,1	0,04
0,1-1,15	0,28
1,15-1500	32/f mT
1500-10000	0,021 mT

Değişken alana sürekli maruz kalınması durumunda baş ve kalp bölgelerinde indüklenecek akım yoğunlukları sınırları:

Çizelge 2.7 **İşçiler için** akım yoğunluğu

Frekans (Hz)	Akım Yoğunluğu (mA/m ²)
0-0,1	40
1,0-4	40/f
4-1000	10
1000-10000	f/100

Çizelge 2.8 **Halk için** akım yoğunluğu

Frekans (Hz)	Akım Yoğunluğu (mA/m ²)
0,1-1	16
1,0-4	16/f
4-1000	4
1000-10000	f/250

IRPA/INIRC

IRPA: The International Radiation Protection Association

INIRC: The International Non-Ionizing Radiation Committee

Etkilenen	Etki süresi	Elektrik Alanı	Manyetik Alan
Halk	Tüm gün	5 kV/m	0,1 mT
Halk	Kısa süre	10 kV/m	1 mT
İşçi	Tüm gün	10 kV/m	0,5 mT
İşçi	Kısa süre	30* kV/m	5** mT

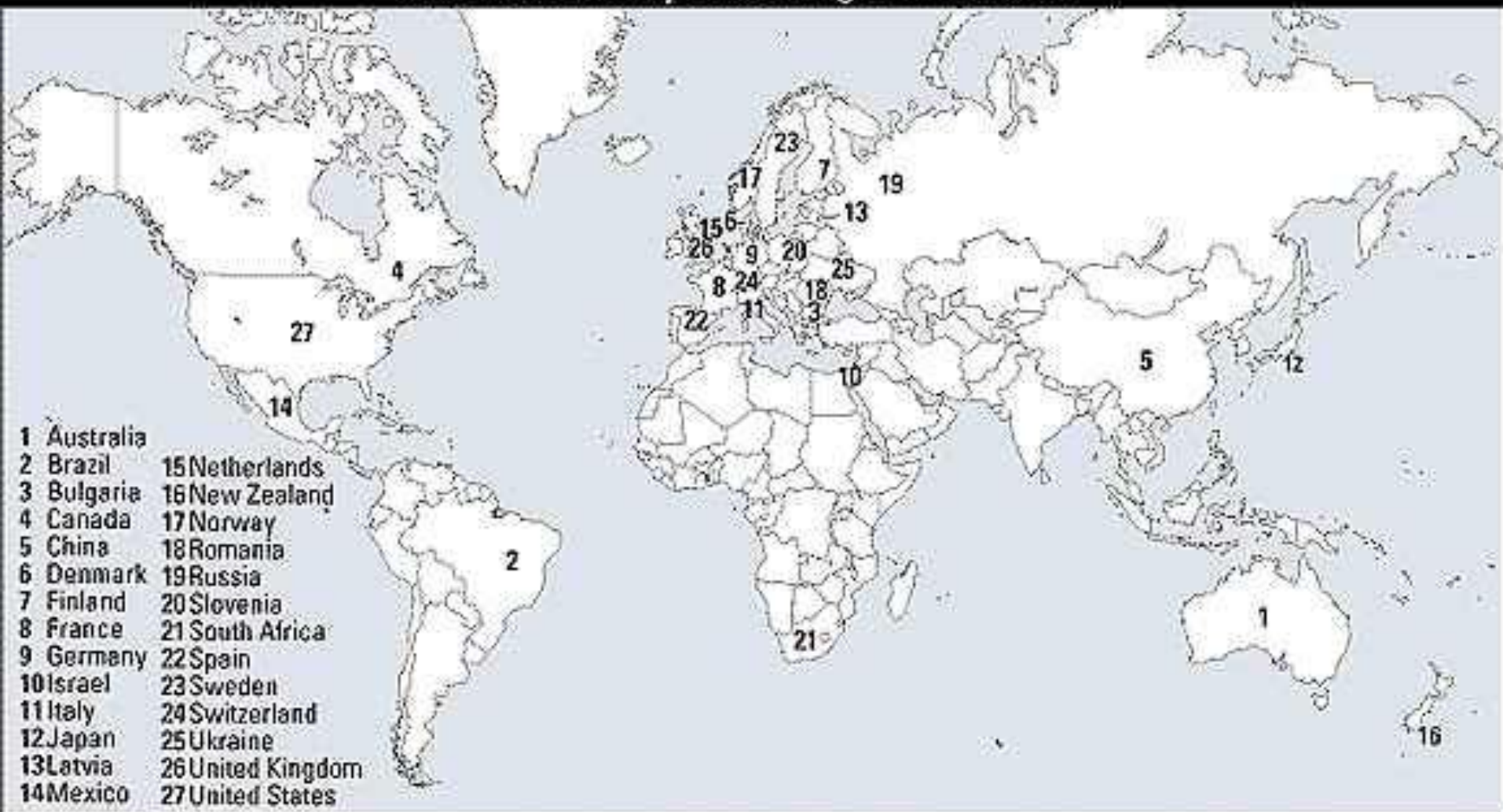
* Etki altında kalma süresi: t (saat) $< 80/E$ (kV/m)

** En çok 2 saat

Avustralya Standardı

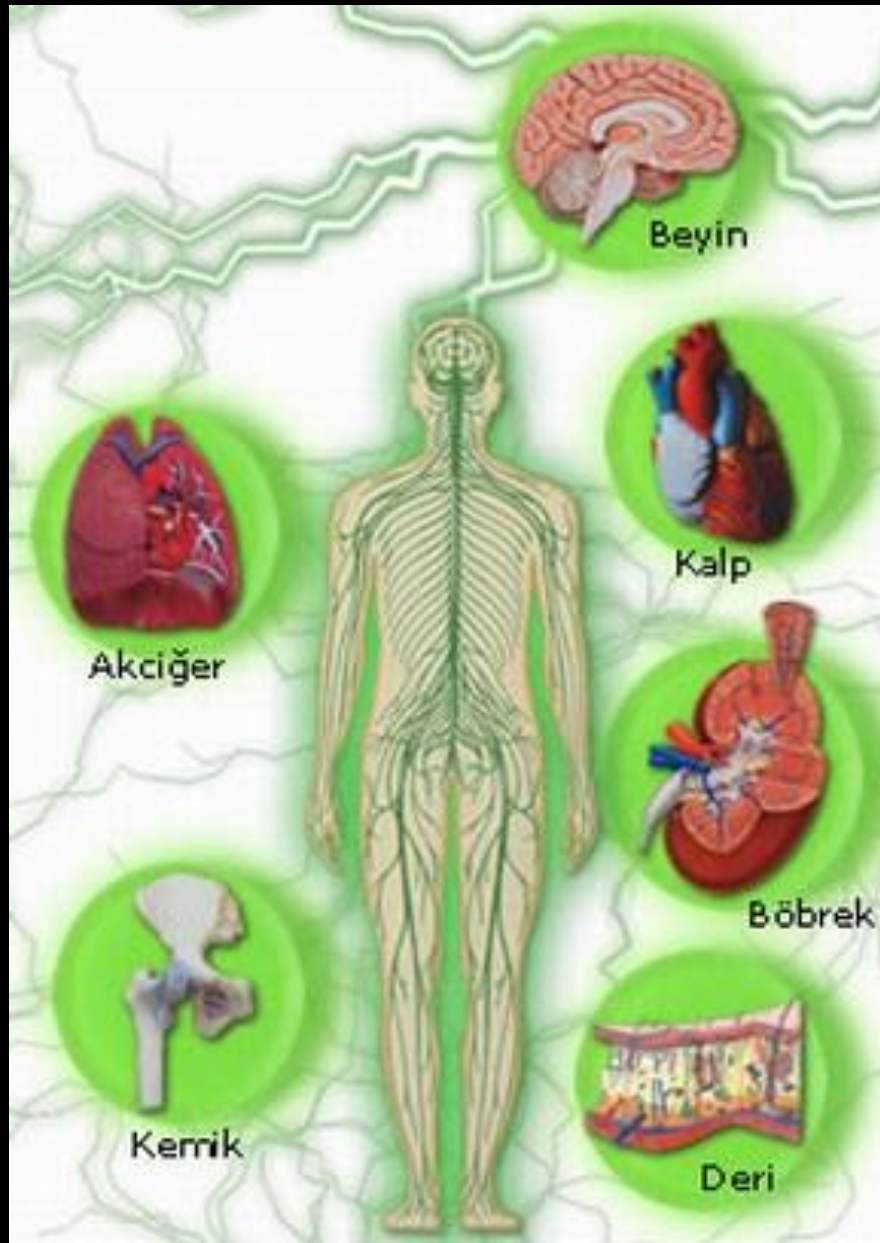
Etkilenen	Etki süresi	Elektrik Alanı	Manyetik Alan
Halk	Tüm gün	5 kV/m	1 G
Halk	Kısa süre	10 kV/m	10 G
İşçi	Tüm gün	10 kV/m	5 G
İşçi	Kısa süre	30 kV/m	50 G (Günde 2 saat)

Countries Currently Conducting EMF Research





SAĞLIK



Beyin

Kalp

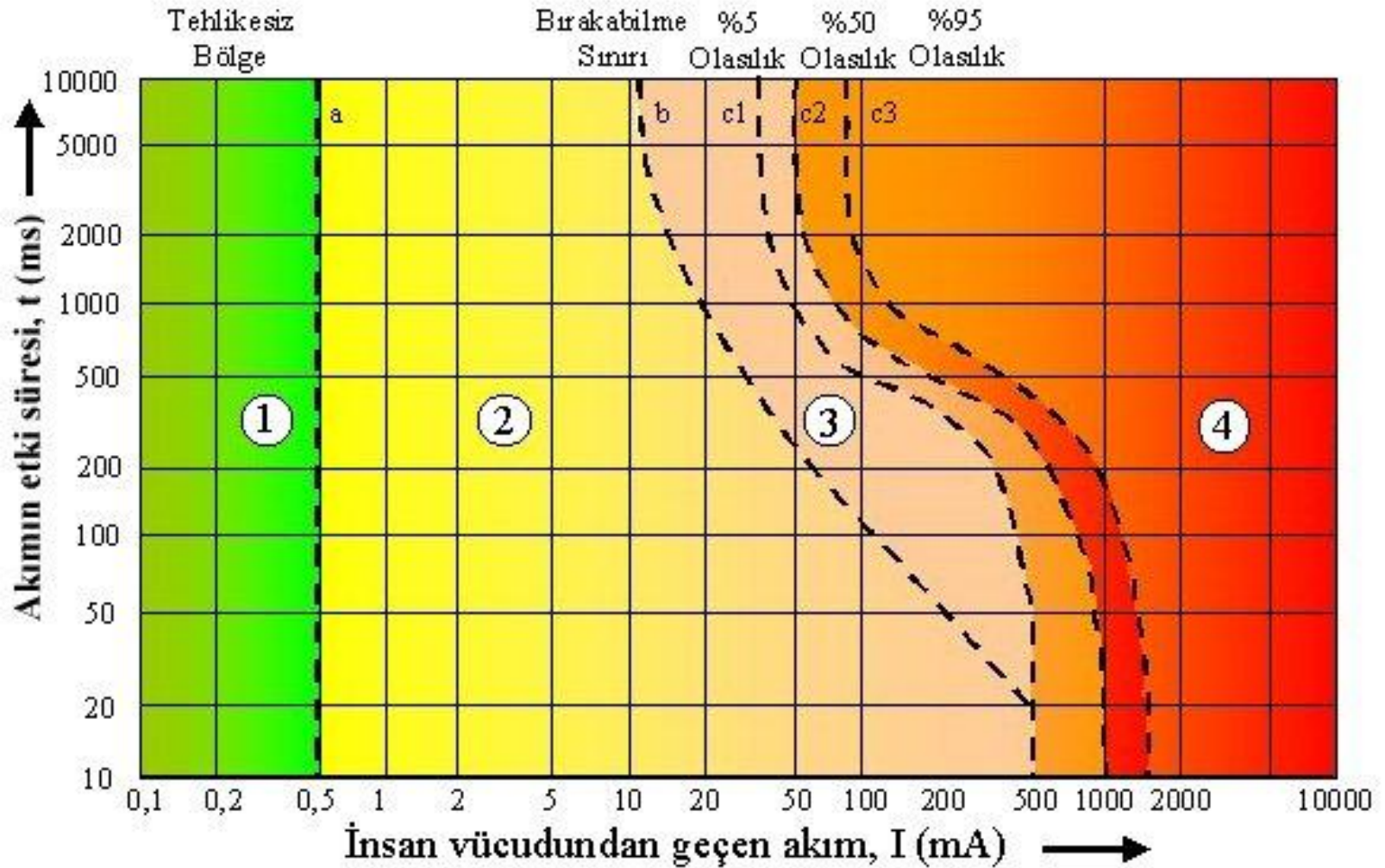
Akciğer

Böbrek

Kemik

Deri

Elektrik Akımının Etkisi



ELEKTRİK ve MANYETİK ALANIN ETKİSİ

EPİDEMİYOLOJİ: geniş halk kitlelerinde çeşitli hastalık türlerini ve bunlara sebep olan etkileri inceleyen bilim dalı

KANSER İLE ELEKTROMANYETİK ALAN İLİŞKİSİ

Kan kanseri

Beyin tümörü

Lenf kanseri

Göğüs Kanseri

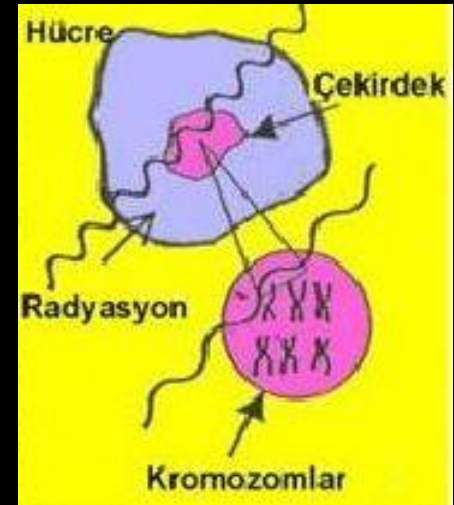
Akciğer Kanseri

Alzheimer hastalığı



EM ALANIN LABORATUVAR ÇALIŞMALARINDA GÖRÜLEN ETKİLERİ

- Hücre ve doku fonksiyonlarında değişimler
- Melatonin hormonunda azalma
- Bağışıklık sisteminin değişmesi
- Tümör gelişiminde hızlanma
- Bioritmde değişiklikler
- Beyin aktivitelerinde ve kalp atışlarında düzensizlikler



EM RADYASYONUNUN BİYOLOJİK ETKİLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

1) Şok ve yanıklar

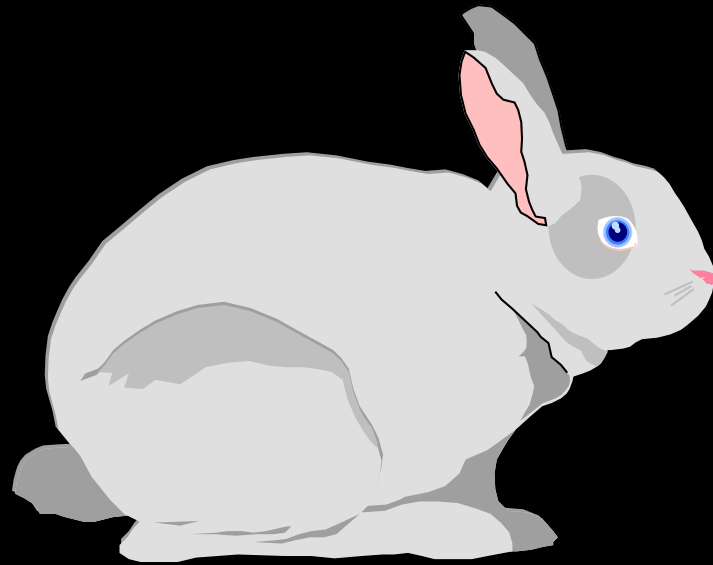
2) Vücudun ısınmasıyla oluşan ısı etkileri

3) Isıl olmayan etkiler

(doku ile elektromanyetik alan arasında direk temas varsa)

Fiziksel etkiler

Kimyasal etkiler



Elektrik ve Manyetik Alanlardan Korunma



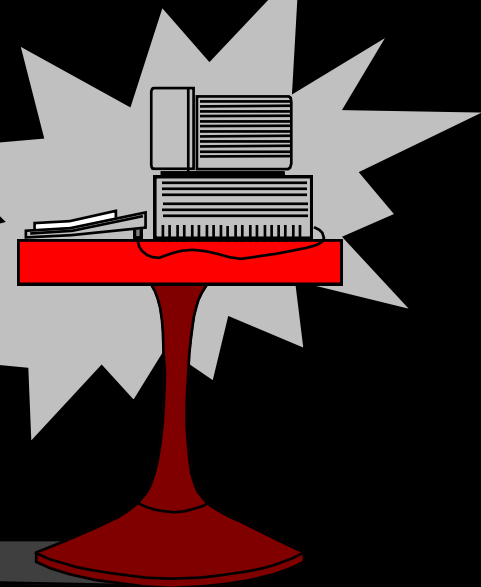
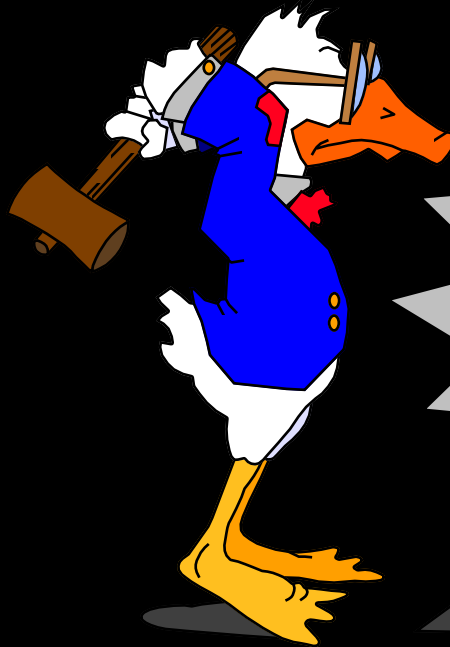
KORUNMA YOLLARI



1) Alan kaynağının etkisiz duruma getirilmesi

kapatılması,
durdurulması,
yok edilmesi,
ortadan kaldırılması...

~~KAYNAK~~

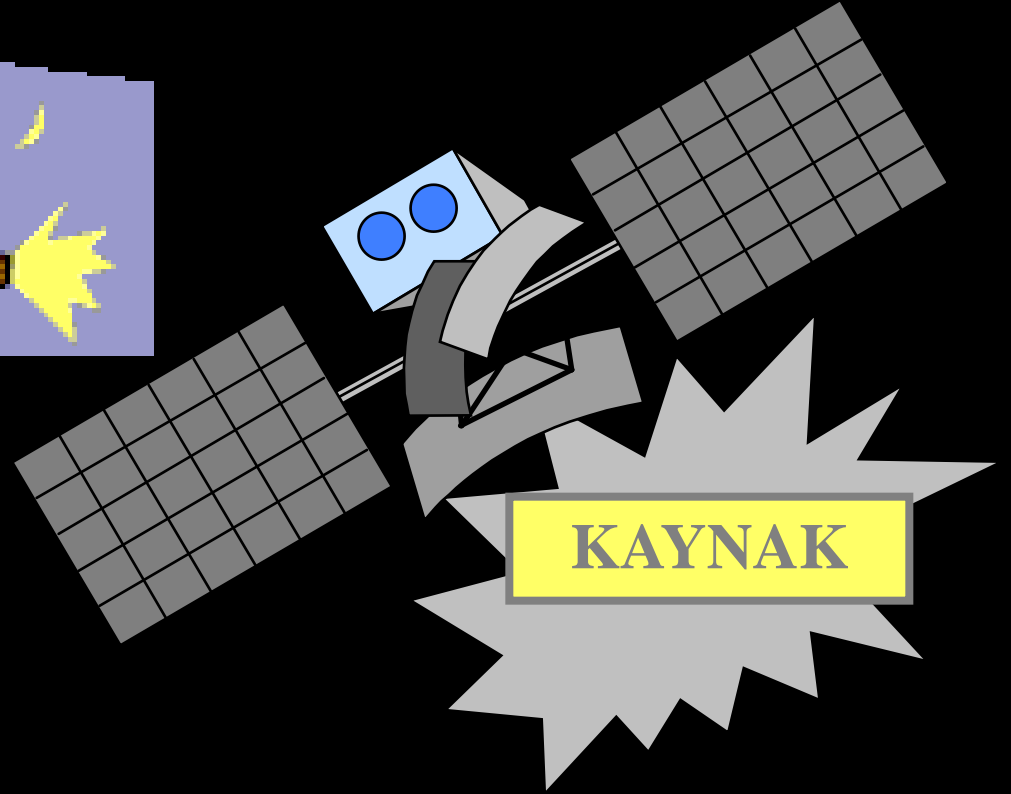
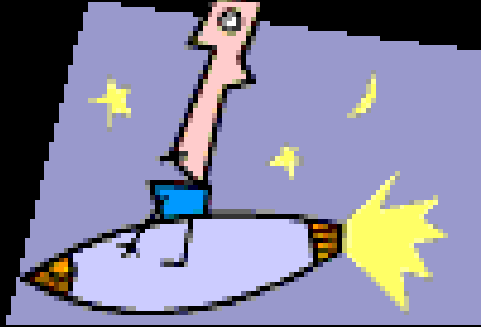


KORUNMA YOLLARI



2) Alan kaynağının uzaklaştırılması

taşımak,
başka yere götürmek,
başka yerden geçirmek...



KAYNAK

KORUNMA YOLLARI

3) Alan kaynağından uzaklaşılması

uzağıa gitmek,
ortamdan ayrılmak,
kaçmak...

KAYNAK

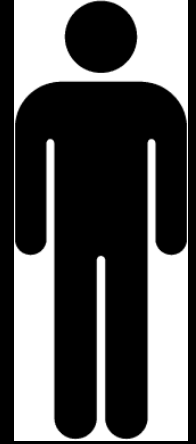


KORUNMA YOLLARI



4) Alan kaynağının ekranlanması

kutuya, kasaya, kafese koymak,
ayrı odaya koymak,
duvar örmek,
paravana koymak,
sarmak...



KAYNAK

Ekran

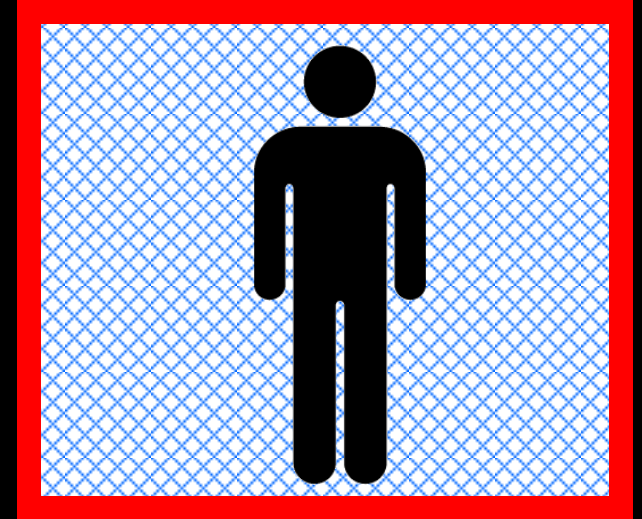
KORUNMA YOLLARI

5) Etkilenecek olanların ekranlanması

kişisel ekranlama,
binaların veya odaların Faraday kafesine
alınması,
çitle çevirmek,
ağaçlandırma...

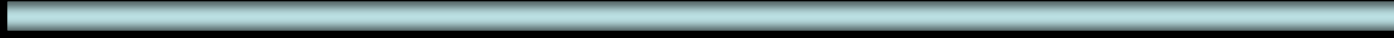


KAYNAK

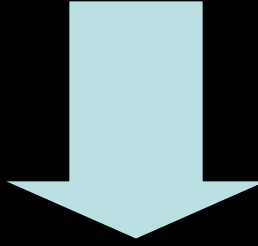


Ekran

Ekranlama için



E



H



**Yalıtkan
malzeme**

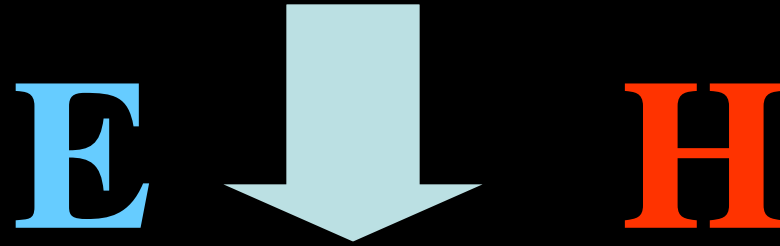
E



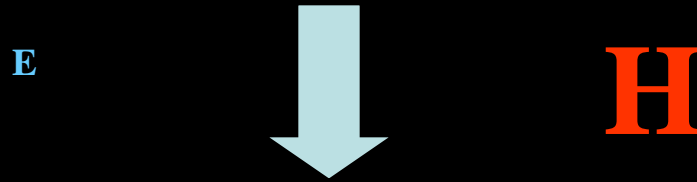
H

Elektrik alanı yalıtkan malzemelerde zayıflar,
Manyetik alan yola devam...

Ekranlama için



**İletken
malzeme**



Elektrik alanı iletken malzemelerde zayıflar,
Manyetik alan manyetik malzemelerde zayıflar...

Malzemelerin manyetiklik özelliği:

Diyamanyetik ($\mu_r < 1$) Bakır, Hava, ...

Paramanyetik ($\mu_r > 1$) Alüminyum, ...

Ferromanyetik ($\mu_r \gg 1$) Demir, ...

Ferrimanyetik ($\mu_r \gg 1$) Mumetal, ...



**Manyetik
alanı**

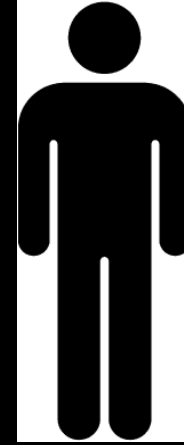
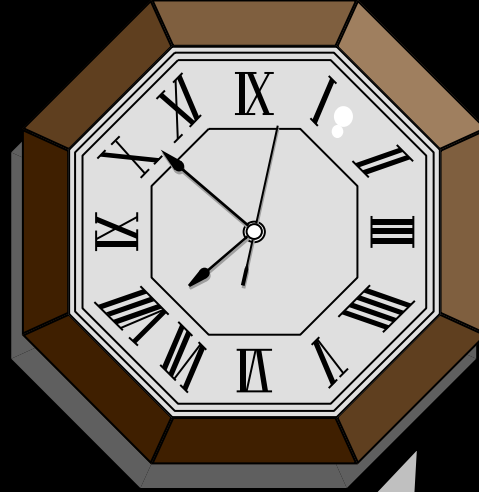


zayıflatır

KORUNMA YOLLARI

6) Etki süresini kısaltmak

kısa süreli çalışma...



KAYNAK

Kullanmıyorsan kapat!

**Hem elektrikten hem paradan tasarruf et!
hem de sağlıklı kal...**

Teşekkürler...

Sağlıklı Yaşam Dileklerimle...

Özcan Kalendarli