

5. İZMİR RÜZGÂR SEMPOZYUMU ve SERGİSİ

3-4-5 Ekim 2019



Rüzgâr Santrallerinin Yıldırımından Korunması

Prof. Dr. zcan KALENDERLİ

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

Elektrik Mühendisliđi Bölümü

Rüzgar Santrali (Türbini)

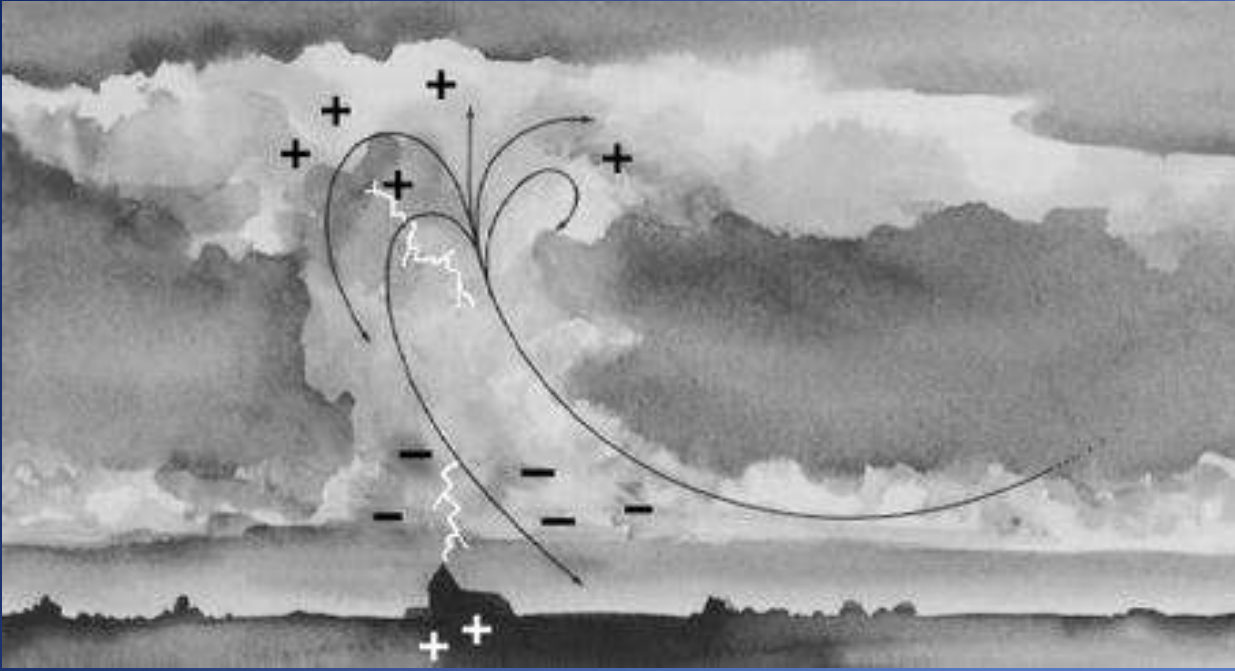


Rüzgâr Çiftlikleri



Rüzgâr Santrali ve Yıldırım





Yıldırım

Yıldırım Bulutu

Kümülü-nimbus

Çap: yaklaşık 10 km

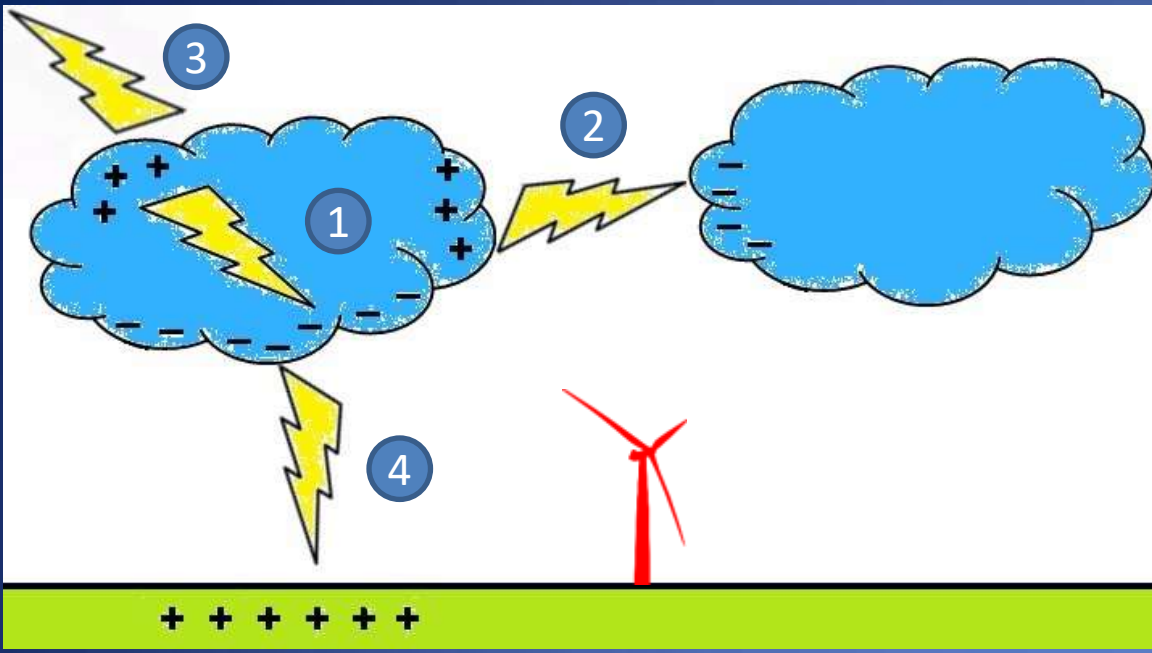
Yükseklik: yaklaşık 14-15 km

Hız: 5-10 km/h

Yeryüzündeki ortalama elektrik alanı:

İyi havada: $100 \text{ V/m} = 0,1 \text{ kV/m}$

Fırtınalı (yıldırım) havada: $15-20 \text{ kV/m}$



Yıldırım Türleri

1. Bulutiçi (IC: Intra-Cloud)
 2. Bulutlararası (IC: Inter-Cloud) (C2C)
 3. Buluttan havaya (IC)
 4. Bulut-yer (CG: Cloud to Ground)
- } %80



Bulut-yer yıldırımları, elektriksel boşalmanın gelişme yönüne (yukarı veya aşağı) ve gelişen yüklerin kutbiyetine (pozitif veya negatif olmasına) göre dört türdür.

- 4.1. Negatif buluttan yere (% 70-90); (C2G)
 - 4.2. Pozitif buluttan yere (% 10-30) (C2G)
 - 4.3. Negatif yerden buluta (G2C)
 - 4.4. Pozitif yerden buluta (G2C)
- } %20

Yıldırımın Özellikleri

Yıldırım, yüksek akımlı, yüksek gerilimli, en büyük açıklıkta gerçekleşen güçlü bir elektriksel boşalma olayıdır.

Yüksek akımlı (2 kA – 400 kA)

Yüksek gerilimli (100 MV – 1000 MV)

Çok güçlü (200 GW, 400 TW)

Hızlı (m/mikro saniye – m/mili saniye)

Gürültülü (> 120 dB)

Çok parlak (> 2000 lux)

Çok sıcak (~30000 °C) ...

Yıldırımın Doğrudan + Dolaylı etkiler

Yıldırımın Etkileri

1. Termik (ısı) etki

(Joule kaybı nedeniyle ortaya çıkan ısı), (yangın, erime)

2. Termodinamik veya elektrodinamik etki

(şekil değiştirme, deformasyon)

3. Elektromanyetik etki (endüksiyon etkisi)

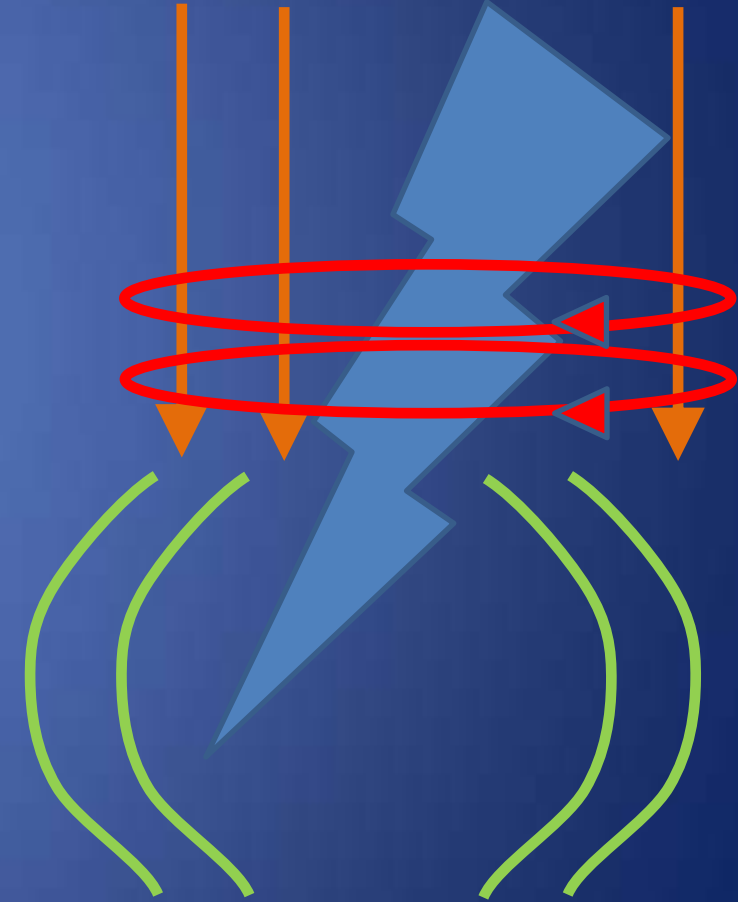
4. Akustik etki (gök gürültüsü) (yaklaşık 10 km'ye kadar)

5. Görsel etki (ışık etkisi) (şimşek)

6. Elektrokimyasal etki (Ozon, NO)

7. Canlılara (insan ve hayvanlara) etkisi

tehlikeli yanıklar, kas kasılmaları, kalp ve solunum sorunu, adım gerilimi





IEC 62305-1

Edition 2.0 2010-12

INTERNATIONAL
STANDARD

Protection against lightning –
Part 1: General principles



IEC 62305-2

Edition 2.0 2010-12

INTERNATIONAL
STANDARD

Protection against lightning –
Part 2: Risk management



IEC 62305-3

Edition 2.0 2010-12

INTERNATIONAL
STANDARD

Protection against lightning –
Part 3: Physical damage to structures and life hazard



IEC 62305-4

Edition 2.0 2010-12

INTERNATIONAL
STANDARD

Protection against lightning –
Part 4: Electrical and electronic systems within structures

Yıldırımdan Korunma İçin Temel Standartlar

Rüzgâr Enerji Üretim Sistemlerinin Yıldırımdan Korunması Standartları -2019



IEC 61400-24

Edition 2.0 2019-07

INTERNATIONAL STANDARD

3 Temmuz 2019



Wind energy generation systems –
Part 24: Lightning protection



TÜRK STANDARDI
TURKISH STANDARD

TS EN IEC 61400-24

30 Eylül 2019

ICS 27.180

**RÜZGAR ENERJİSİ ÜRETİM SİSTEMLERİ - BÖLÜM 24:
YILDIRIMA KARŞI KORUMA**

Wind energy generation systems - Part 24: Lightning
protection

Yıldırım Çarpma Değerlendirmesi

Hasar Kaynakları

S1: Rüzgar türbinine yıldırım çarpması

S2: Rüzgar türbini yakınına yıldırım düşmesi

S3: Rüzgar türbinine bağlı hatlara
(elektrik, veri, haberleşme hatlarına) yıldırım çarpması

S4: Rüzgar türbinine bağlı hatların yakınına yıldırım düşmesi

Yıldırım arpma Değerlendirmesi

Hasar Türleri

- D1:** Dokunma ve adım gerilimleri nedeniyle canlıların zarar görmesi
- D2:** Yıldırım akımından ve onun ısıl etkisinden meydana gelen hasar (yangın, patlama, mekanik hasar, kimyasal boşalma)
- D3:** LEMP aşırı gerilimleri nedeniyle elektrikli ve elektronik sistemler gibi iç sistemlerin arızalanması

Yıldırım Çarpma Değerlendirmesi

Kayıp Türleri

L1: Can kaybı

L2: Kamu hizmetlerinin kaybı

L3: Kültürel miras kaybı

L4: Ekonomik kayıp (hizmet ve faaliyet kaybı)

Yıldırım Çarpma Değerlendirmesi

TS EN 62305-2 Yıldırımdan Korunma

Bölüm 2: Risk Yönetimi

standardına göre risk değerlendirmesi yapmak gerekir.

R1: Can kaybı riski

R2: Kamu hizmetlerinin kaybı riski

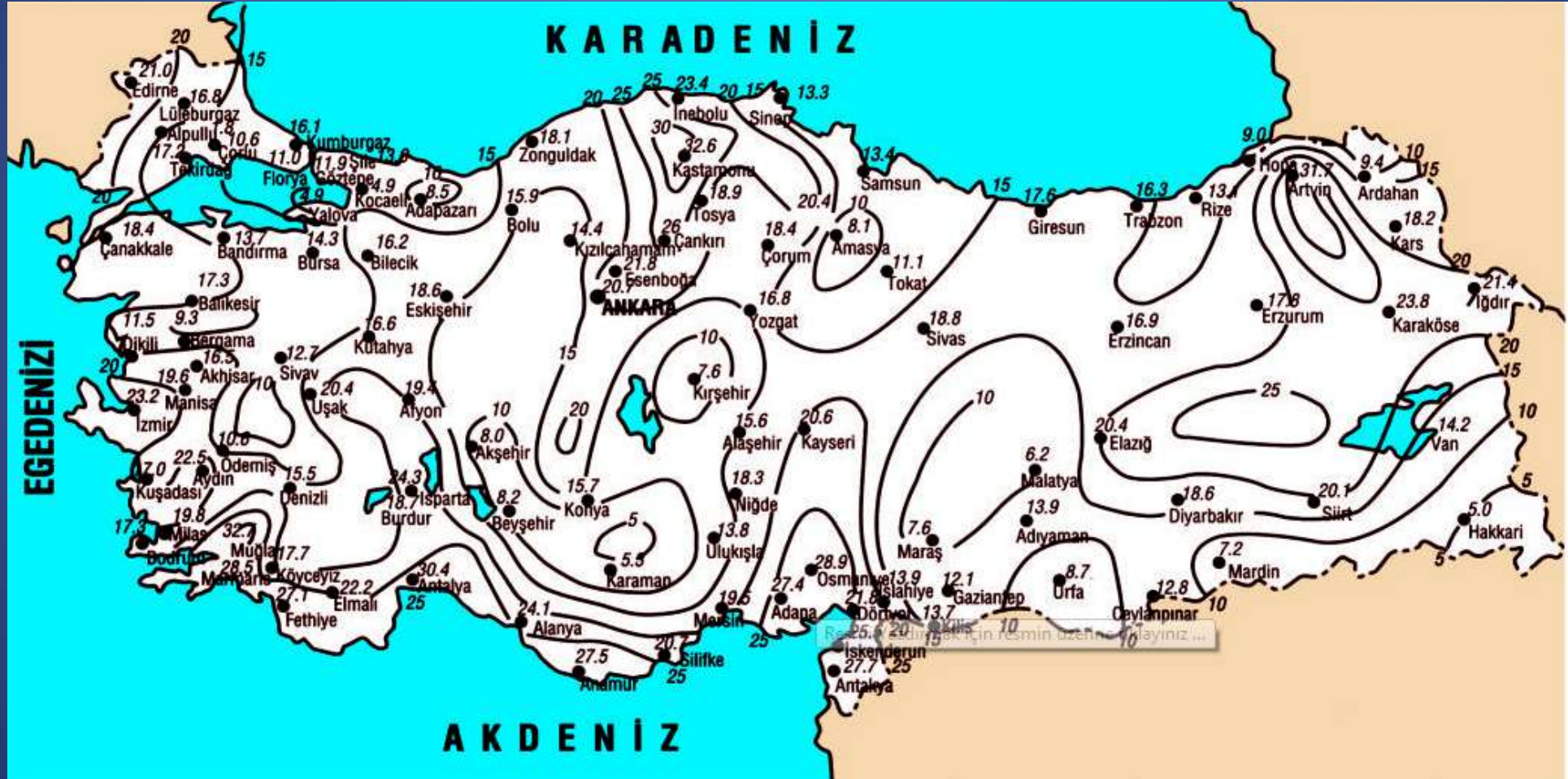
R3: Kültürel miras kaybı riski

R_T: Katlanılabilir risk düzeyi ve **$R = R1 + R2 + R3$** olmak üzere

$R > R_T$ ise koruma gereklidir.

$R \leq R_T$ ise koruma gerekli değildir.

Yıldırım Çarpma Değerlendirmesi

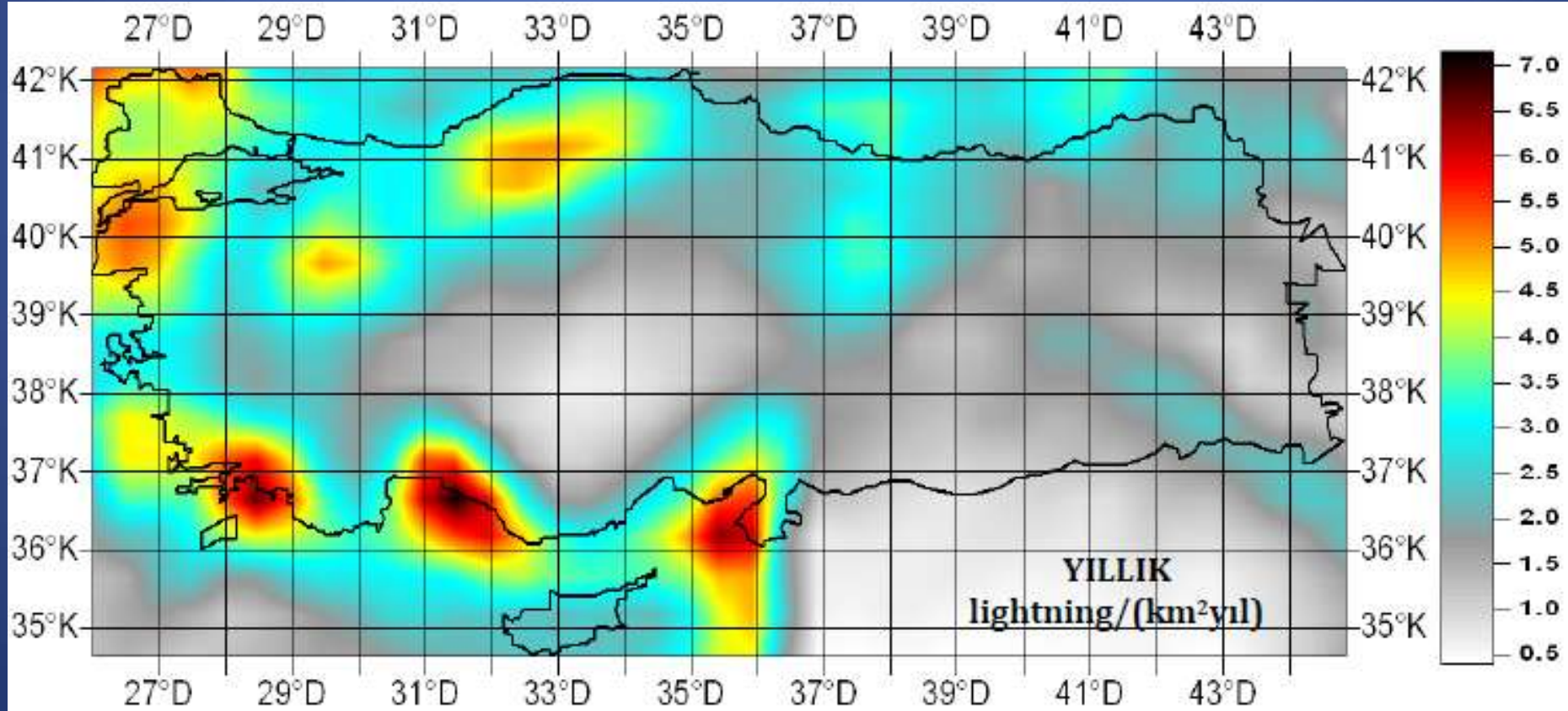


Türkiye için izokronik harita

(yıllık ortalama yıldırım gürültü gün sayısı haritası)

Yıldırım Çarpma Değerlendirmesi

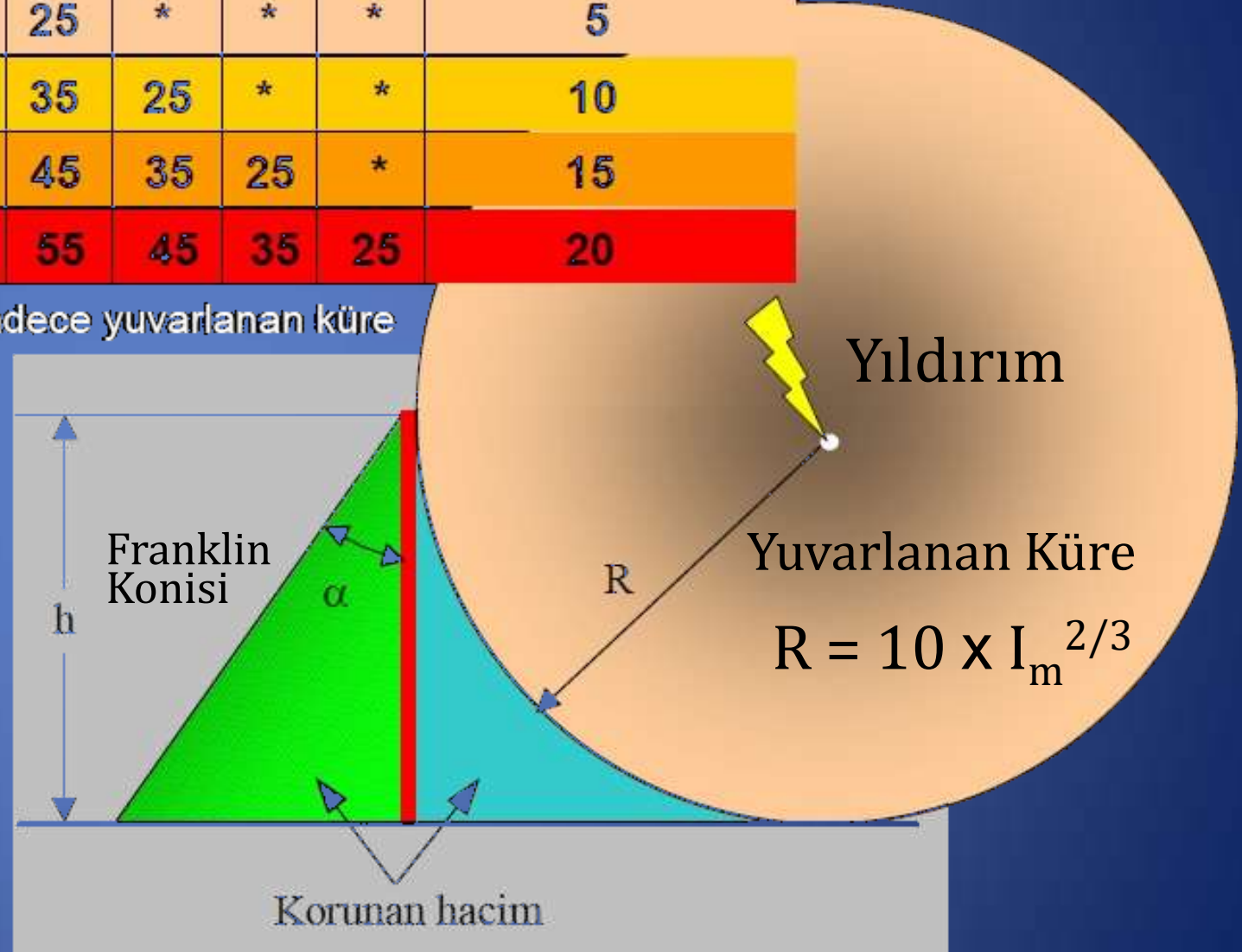
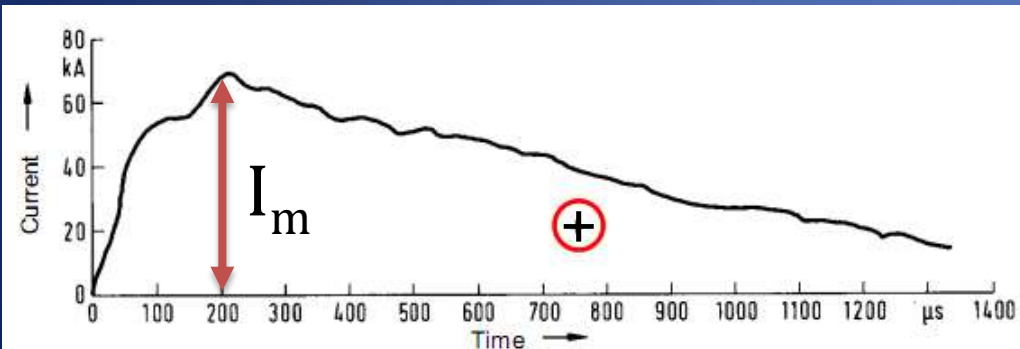
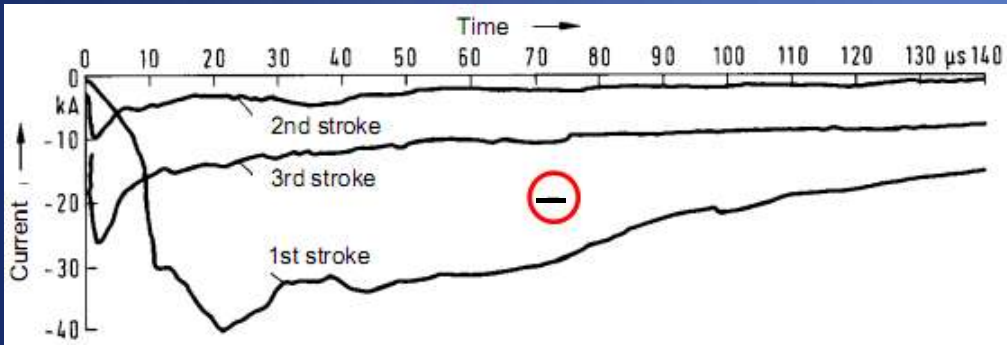
Yıldırım ve şimşek olaylarının Türkiye'deki yıllık dağılımı (2010-2014)



Yıldırımdan Koruma

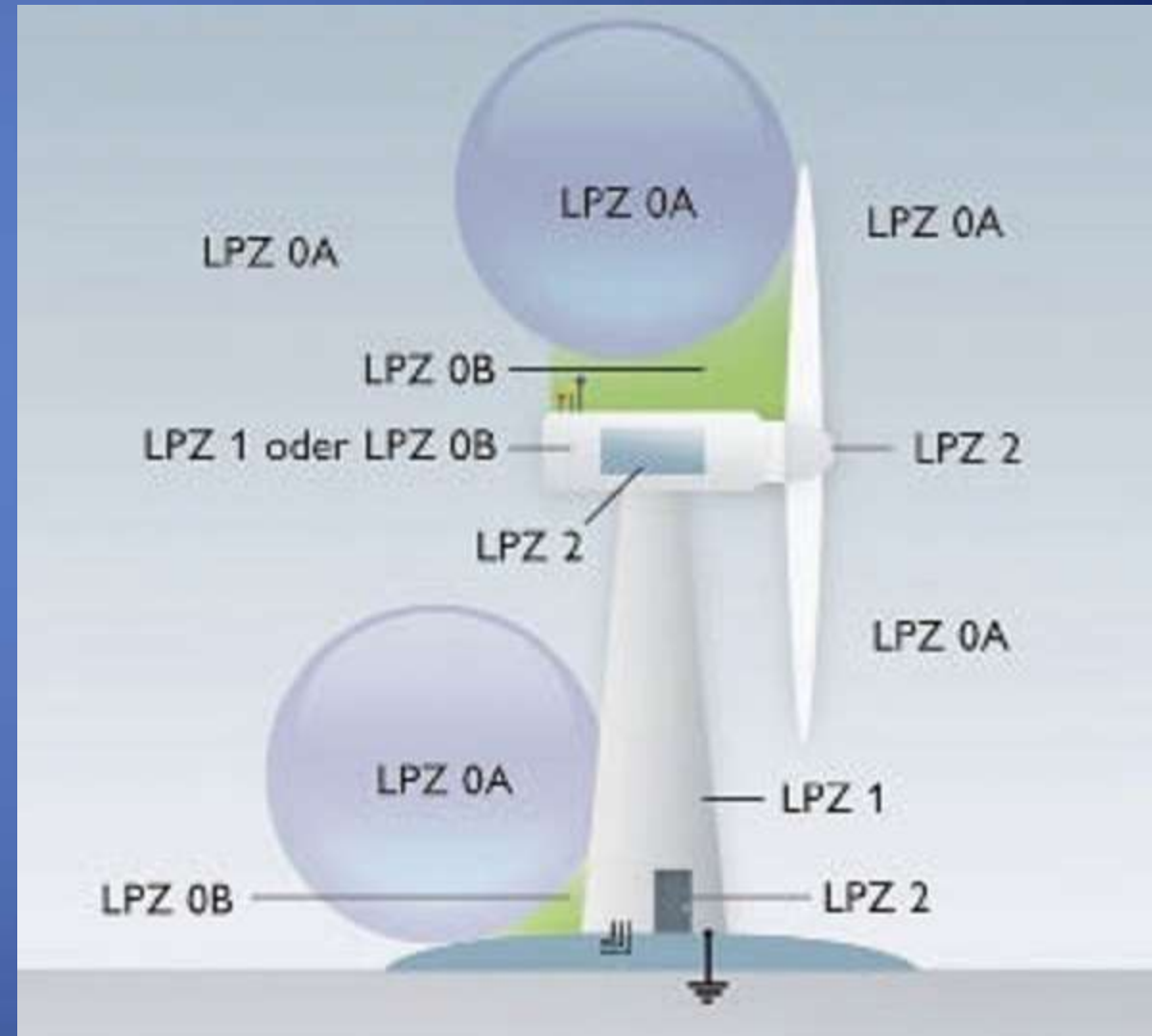
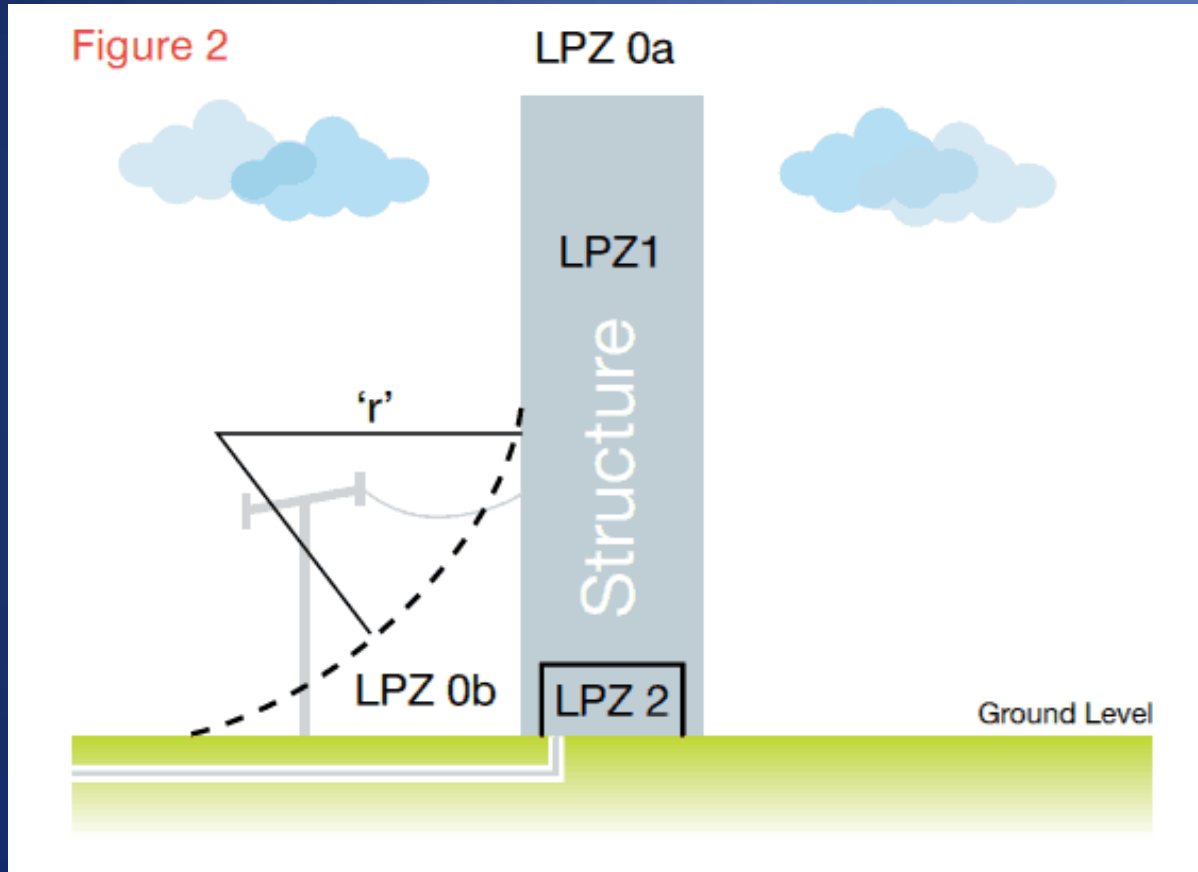
Koruma Seviyesi	h (m)	20	30	45	60	Kafes genişliği (m)
	R (m)	$\alpha(^{\circ})$	$\alpha(^{\circ})$	$\alpha(^{\circ})$	$\alpha(^{\circ})$	
I	20	25	*	*	*	5
II	30	35	25	*	*	10
III	45	45	35	25	*	15
IV	60	55	45	35	25	20

* Bu durumlarda sadece yuvarlanan küre yöntemi kullanılır.



Yıldırım Koruma Bölgeleri

LPZ: Lightning Protection Zone



Yıldırımdan Korunma Düzeyleri

LPL: Lightning Protection Level

Dört koruma düzeyi vardır:

LPL 1

LPL 2

LPL 3

LPL 4

Yıldırımdan Korunma Önlemleri

1) Canlıların zarar görmesini azaltmak için önlemler

- Açıktaki iletkenlerin yalıtılması
- Eş potansiyelleme
- Fiziksel kısıtlamalar ve uyarı levhaları

2) Fiziksel hasarı azaltmak için önlemler

- Yapılar için LPS
- Hizmet tesisatları için ekranlama

3) Elektrikli ve elektronik sistemlerin arızasını azaltmak için önlemler

Yapılar için

- Topraklama
- Manyetik ekranlama
- Hat güzergahı seçimi
- Koordineli SPD koruması

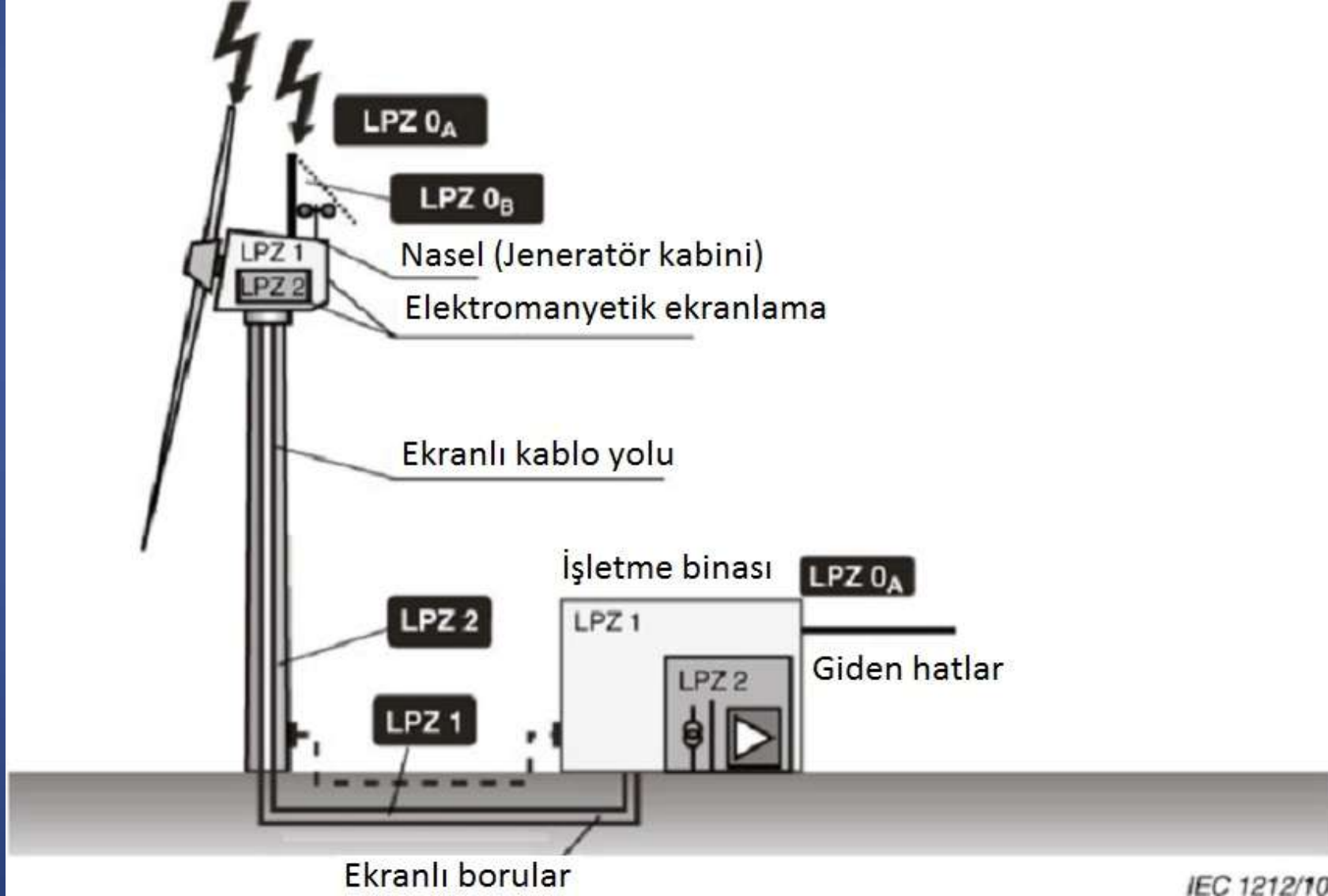
Hizmet tesisatları için

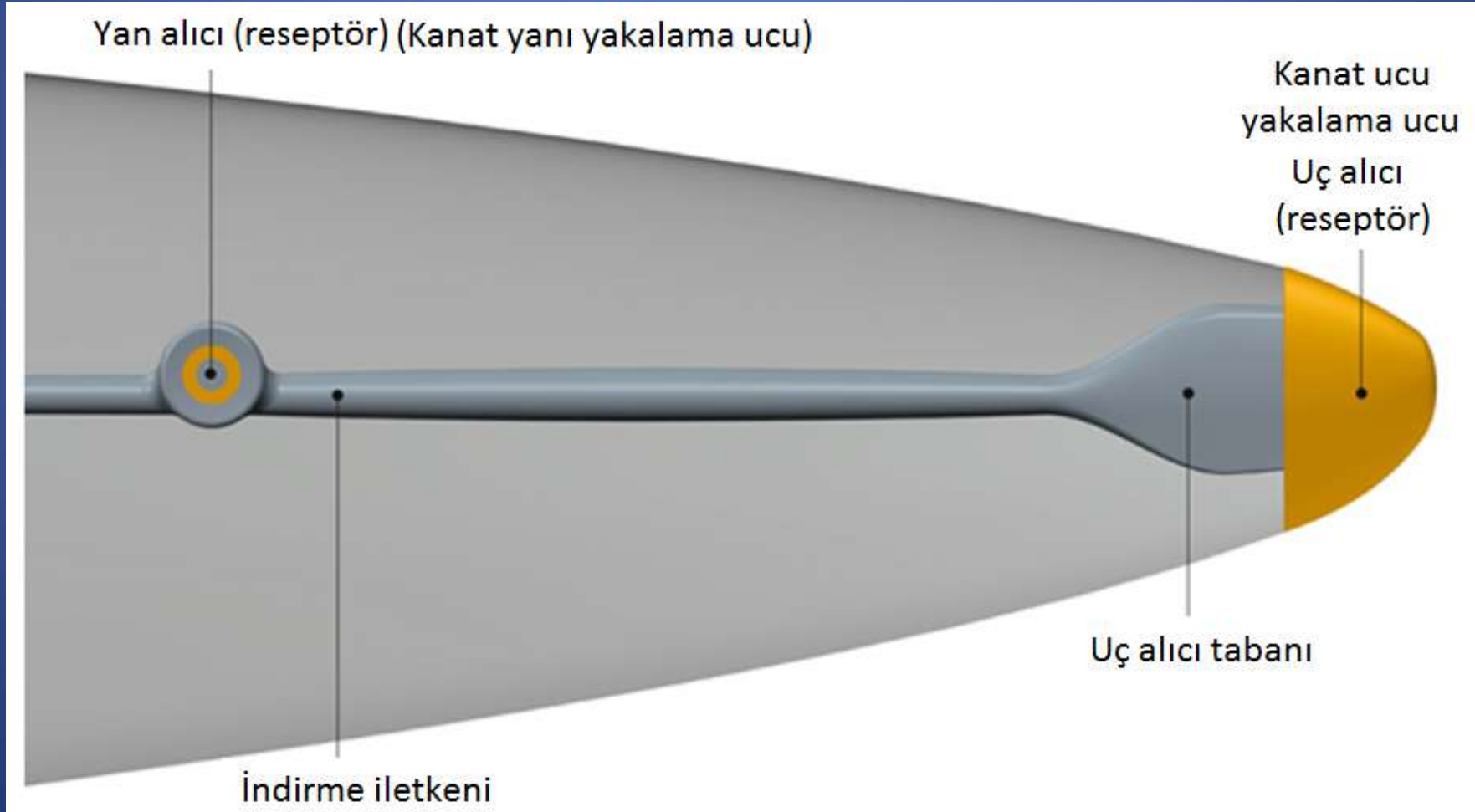
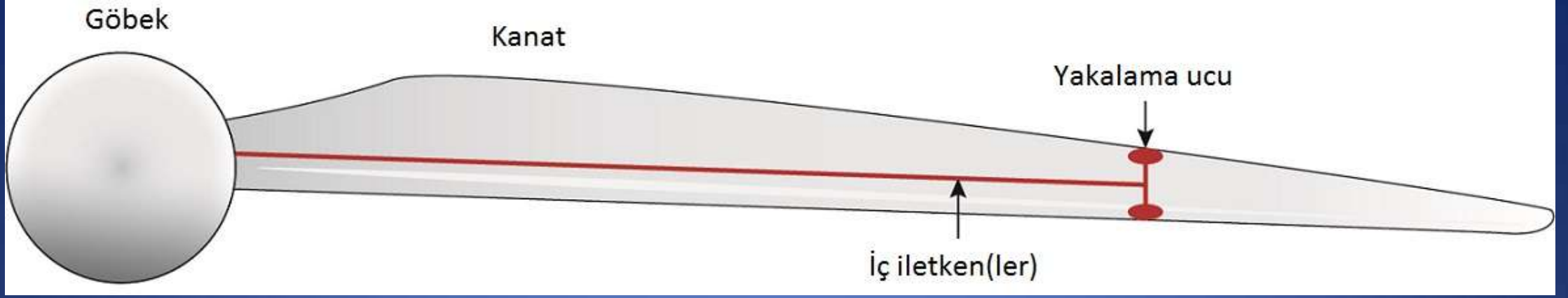
- SPD kullanımı
- Manyetik ekranlama

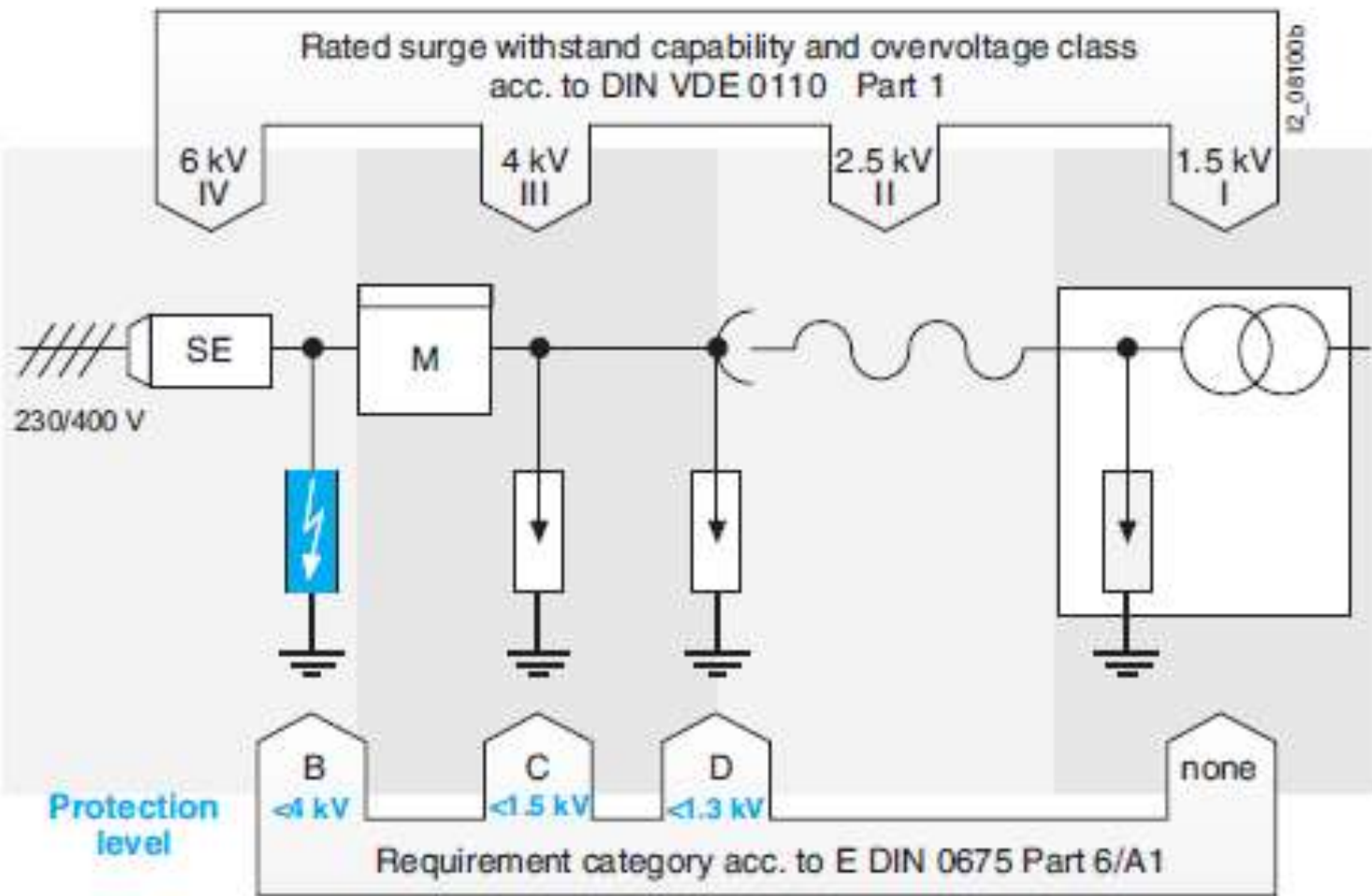
SPD: Surge Protection Device

DKD: Darbe Koruma Düzeni

Bileşenlerin Yıldırımdan Korunması







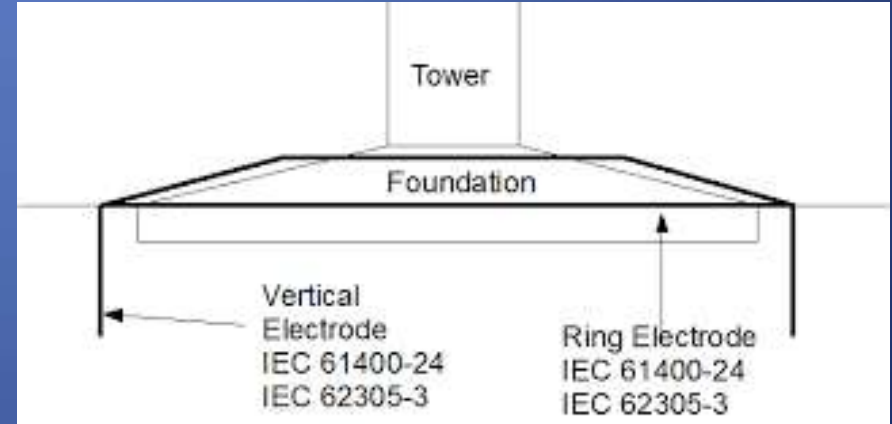
German draft standard VDE 0675-6	International standard IEC 61643-1	European standard EN 61643-11	Designation
Class B	Class I	Type 1	Lightning arresters
Class C	Class II	Type 2	Surge arresters for distribution
Class D	Class III	Type 3	Surge arresters for terminal device

Rüzgar Santrallerinin Topraklanması

Topraklama Sistemleri

Yıldırımdan koruma sistemlerinde topraklama, **çubuk**, **halka** ve **temel topraklaması** şeklinde olabilir.

Yakalama iletkenleri, indirme iletkenleri üzerinden topraklama sistemine bağlanır.



Rüzgar Santrallerinin Topraklanması

Topraklama sistemleri iki türe ayrılır.

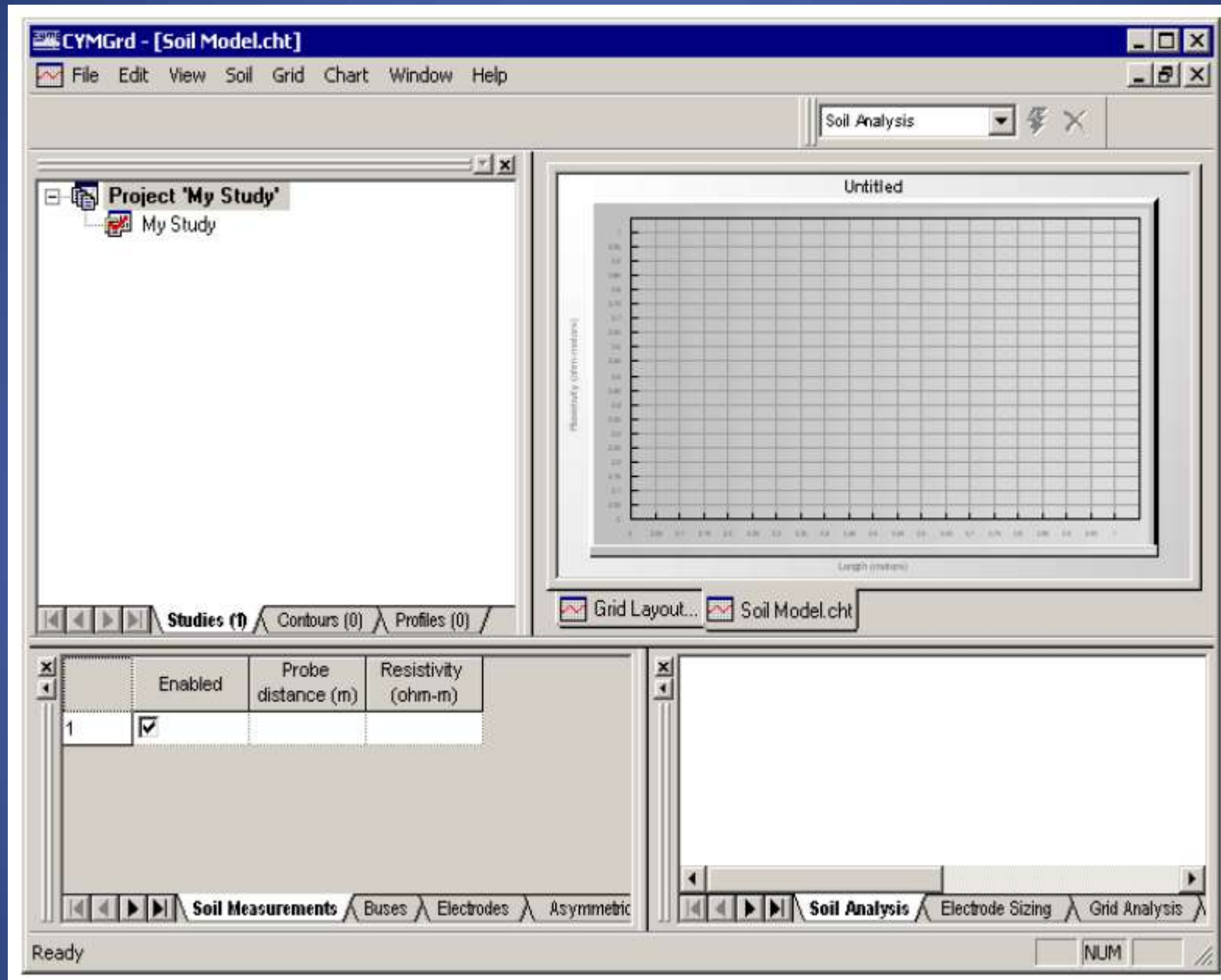
1. A türü topraklama

- Yüzeysel topraklama
- Derin topraklama

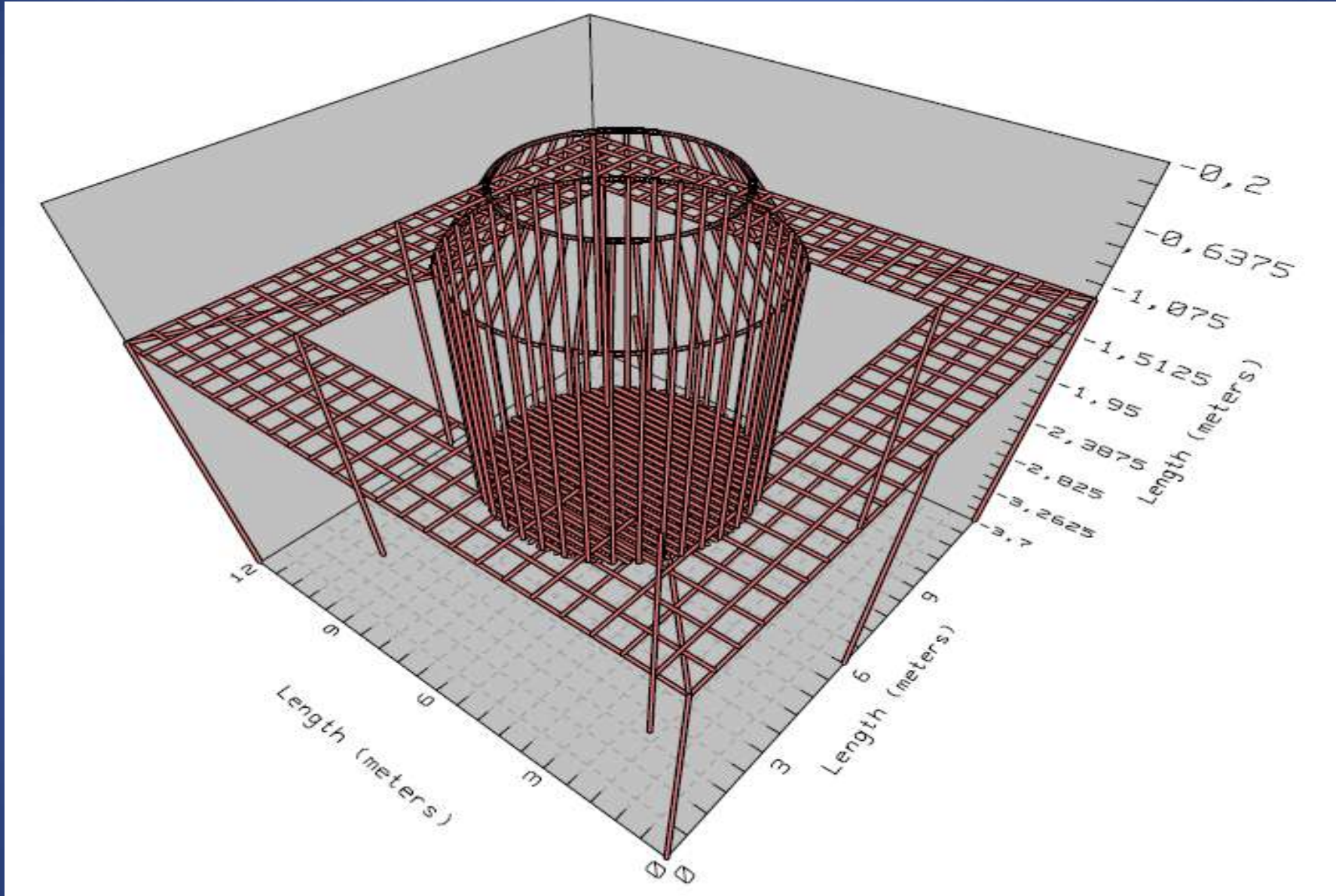
2. B türü topraklama

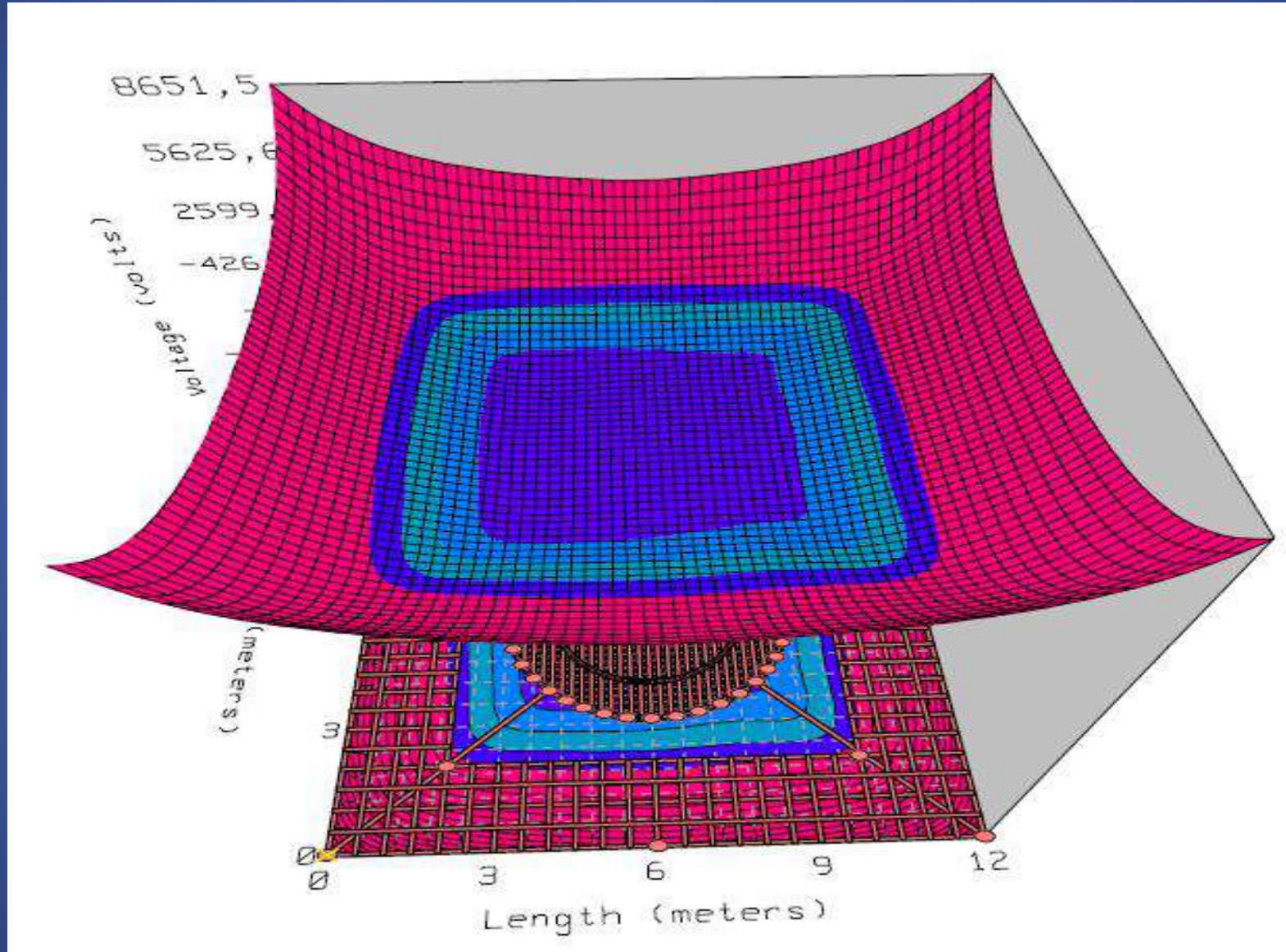
- Halka topraklama
- Temel topraklaması





CYMGRD Arayüzü





Personel Güvenliđi

Santralin korunması kadar **operatör** ve **personelin** can güvenliklerinin de sağlanması önemlidir. Bu çerçevede;

- Yıldırım uyarı sistemi kullanılmalı
- Güvenli bölgeler belirlenmeli
- Yıldırım ya da yıldırım kaynaklı elektrik kazalarına karşı ilk yardım eğitimi alınmalı



Sonuç

- Rüzgar enerjisi ile elektrik üretim santralleri, rüzgar türbinleri, boyutları ve konumları nedeniyle yıldırım çarpmaya öncelikli aday yapılardır. Yıldırımdan koruma değerlendirmesi yapılmalıdır.
- Yıldırım akımı rüzgar santralına zarar vermeden toprağa akıtmak yıldırımdan korumanın ilkesidir.
- Güvenli yıldırım akımı yolu oluşturulmalı ve topraklama hem bu akımı dağıtacak hem santralde aşırı gerilim oluşturmayacak hem de personel güvenliğini göz önünde tutacak şekilde yapılmalıdır.
- Koruma ve tasarımlarda konuyla ilgili standartlardan rehber olarak yararlanılmalı ve uymaya özen gösterilmelidir.