



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME)
Villamos Energetika Tanszék
Nagyfeszültségű Technika és Berendezések Csoport

KÜLÖNLEGES ÉPÜLETEK, ÉPÍTMÉNYEK ÉS OBJEKTUMOK VILLÁMVÉDELME

Dr. Berta István professzor emeritus
berta.istvan@vik.bme.hu

ESZK 2021. 09. 16.

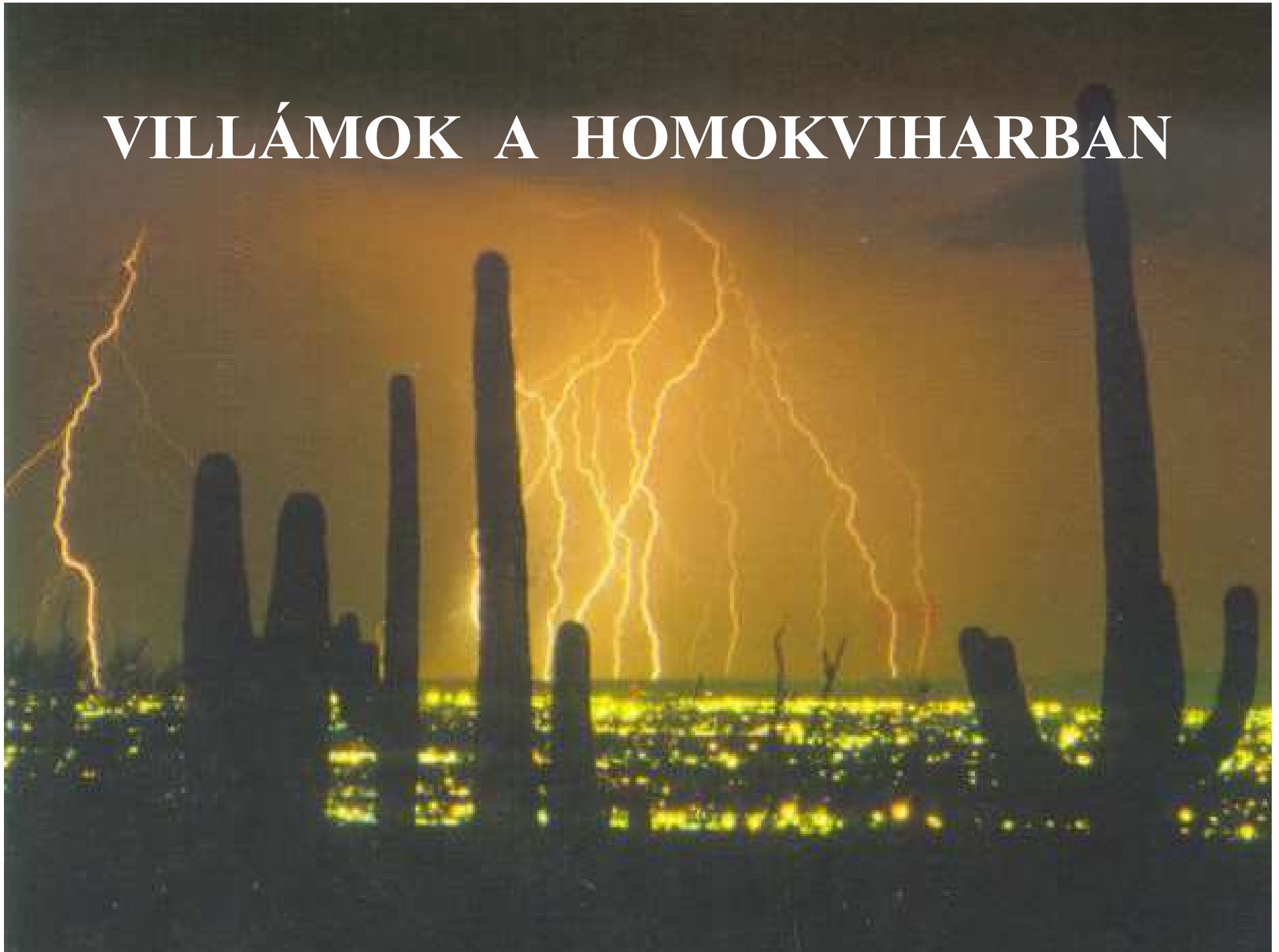


BME Villamos Energetika Tanszék
Nagyfeszültségű Technika és Berendezések Csoport

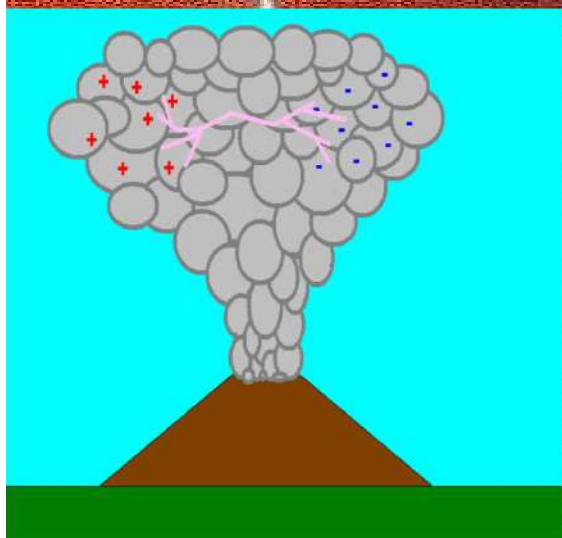
A VILLÁM TERMÉSZETI CSAPÁS! TORNÁDÓ ÉS VILLÁM



VILLÁMOK A HOMOKVIHARBAN



VILLÁMOK A VULKÁNOK FELETTI HAMUFELHŐBEN





VILLÁMOK A GEJZÍREKBŐL

VILLÁMOK ÉS ERDŐTÜZEK



TŰZVIHAR AUSZTRÁLIÁBAN

ERDŐTÜZEK ÉS VILLÁMOK



**NAGYON SZÉP,
DE
FÉLELMETES IS LEHET!**





**FÉLJÜNK,
DE
NE RETTEGJÜNK A VILLÁMOKTÓL!**

VÉDEKEKEZNÜNK KELL!

A villámvédelem feladata, hogy a villámcsapások káros hatásaitól megvédjen minden objektumot

- **az építményeket**
(építési tevékenységgel létrehozott helyhez kötött műszaki alkotások, pl. adótoronyok, villamos távvezetékek, föld feletti csővezetékek, kötélpályák)
- **az épületeket**
(emberi tartózkodás céljára szolgáló építmény, amely szerkezeteivel részben vagy egészben teret, helyiséget vagy ezek együttesét zár körül pl. középületek, lakóházak)
- **minden egyéb objektumot**
(különleges célra szolgáló helyszínek, pl. szabadtéri kulturális vagy sportrendezvények részére előkészített területek, vagy közlekedési eszközök, pl. gépkocsi, hajó, repülőgép, rakéta)



Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.

ZIVATARFELHŐK ÉS VILLÁMCSAPÁSOK



Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.

A ZIVATARFELHŐ KIALAKULÁSAKOR A MELEG, NEDVES LEVEGŐ NAGY SEBESSÉGGEL ÉS ERŐS TURBULENCIÁVAL ÁRAMLIK FELFELÉ



TURBULENCIA



ZIVATARFELHŐ

SZUPERCELLA



szélnyírás



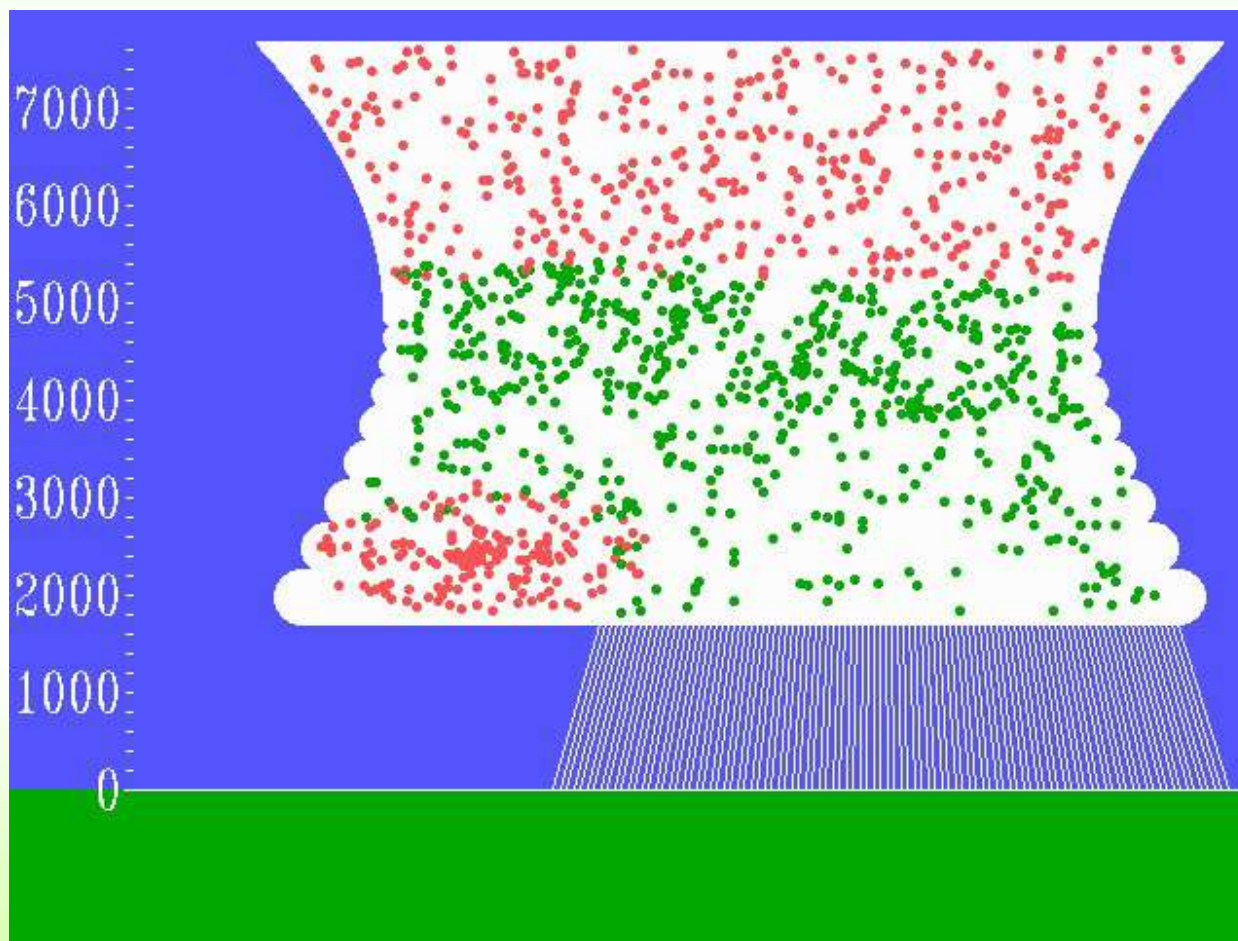
A ZIVATAR

**Viharos szél,
csapadék (eső, hó vagy jég) a felhőből,
villámlás és mennydörgés**



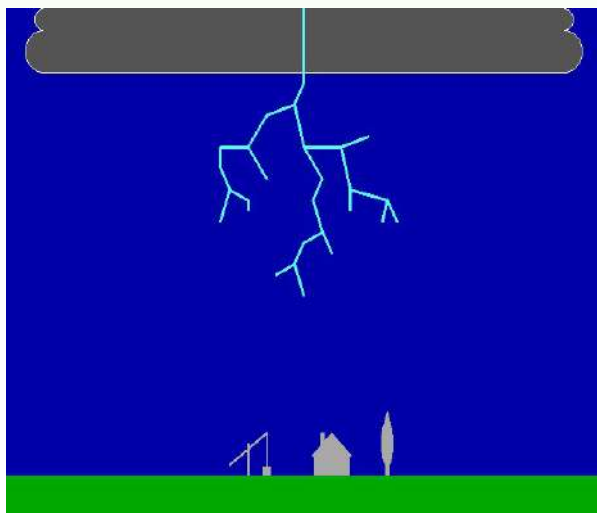
Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.

A POZITÍV • ÉS A NEGATÍV • TÖLTÉSEK ELOSZTLÁSA A ZIVATARFELHŐBEN



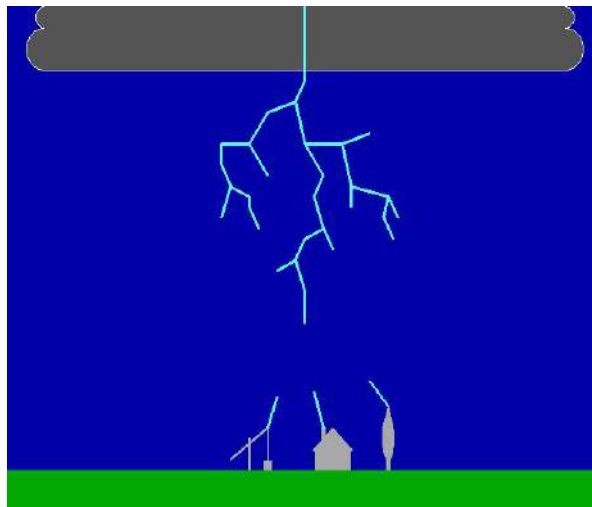
A villámcsapás kialakulása

Előkisülés



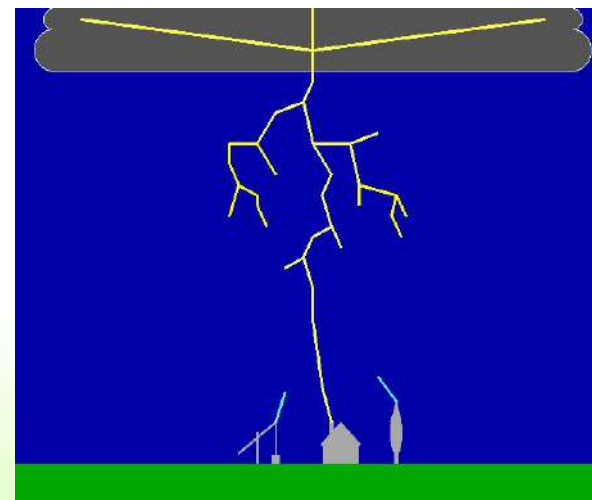
100 - 200 A

Ellenkisülés



10 - 20 A

Főkisülés



10 – 100 – 1000 kA



VILLÁMVÉDELEM

- **Külső (primer) villámvédelem**
- **Belső (szekunder) villámvédelem**
- **Preventív villámvédelem**
- **Az emberek védelme**



Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.

KÜLSŐ (PRIMER) VILLÁMVÉDELEM

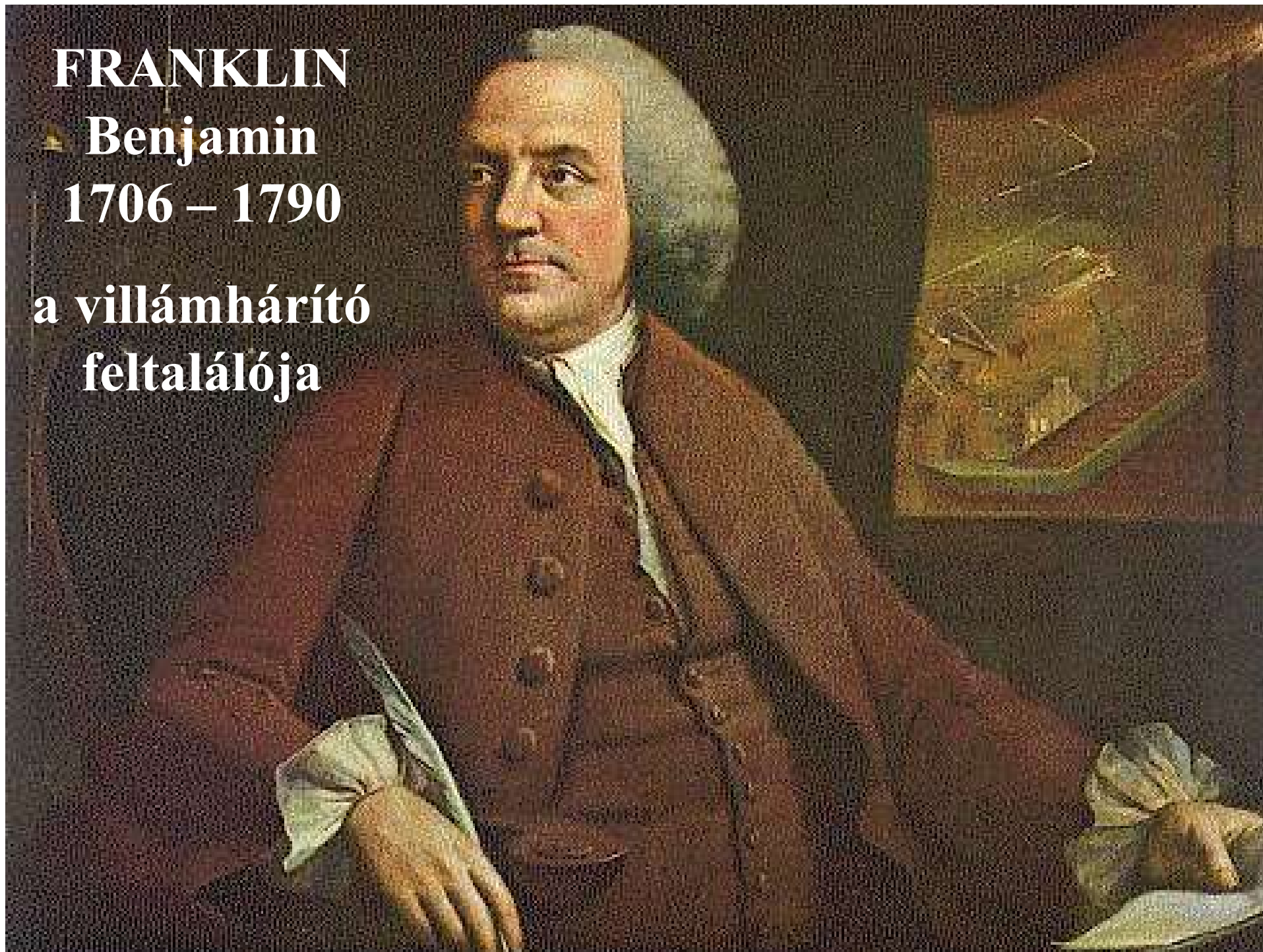


FRANKLIN

Benjamin

1706 – 1790

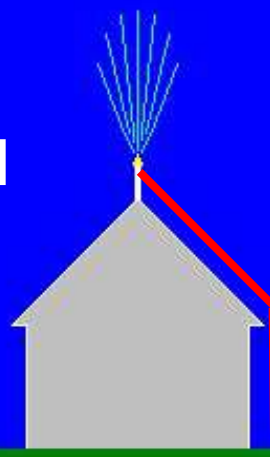
**a villámhárító
feltalálója**



felhő

FRANKLIN BENJAMIN EREDETI GONDOLATA

földelt rúd

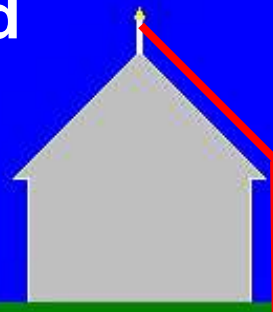


föld

felhő

A KORONAKISÜLÉS SEMLEGESÍTI A FELHŐ TÖLTÉSEIT

földelt rúd



föld

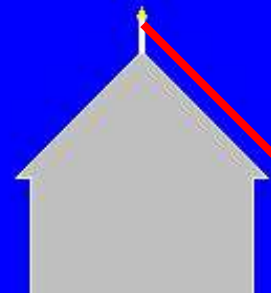
felhő

NEM IGAZ !

A FÖLDELT RÚDON KIALAKÚLÓ
KORONAKISÜLÉS

NEM
SEMLEGESÍTI A FELHŐ TÖLTÉSEIT

földelt rúd



föld

Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.

HOGYAN MŰKÖDIK VALÓJÁBAN A VILLÁMHÁRÍTÓ ?



HOGYAN MŰKÖDIK VALÓJÁBAN A VILLÁMHÁRÍTÓ ?

**FELKÍNÁLUNK A VILLÁMNAK EGY
BIZTONSÁGOS BECSAPÁSI PONTOT**

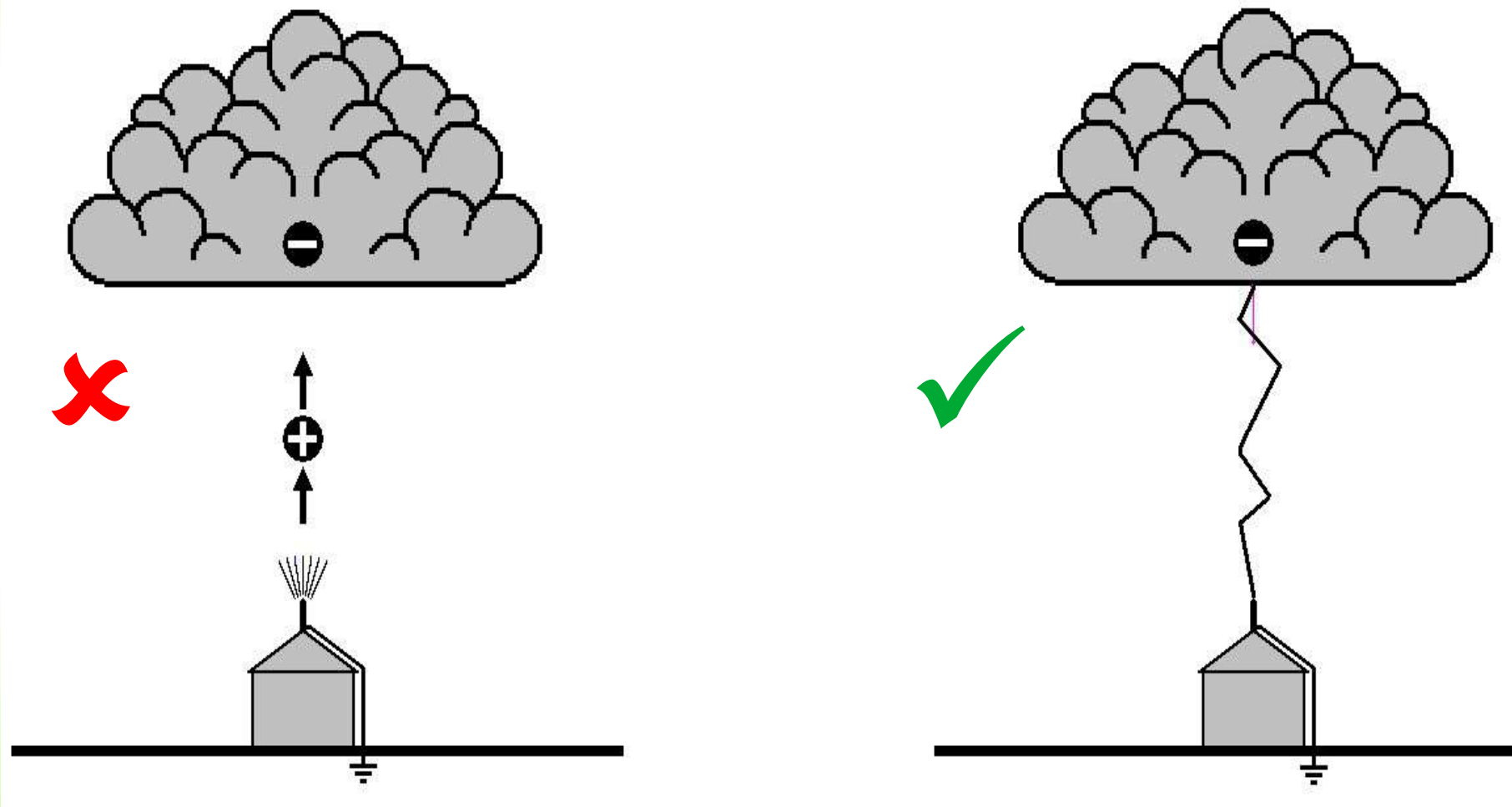
ÉS

**EGY BIZTONSÁGOS UTAT A
VILLÁMÁRAM LEVEZETÉSÉRE**



Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.

HOGYAN MŰKÖDIK VALÓJÁBAN A VILLÁMHÁRÍTÓ ?



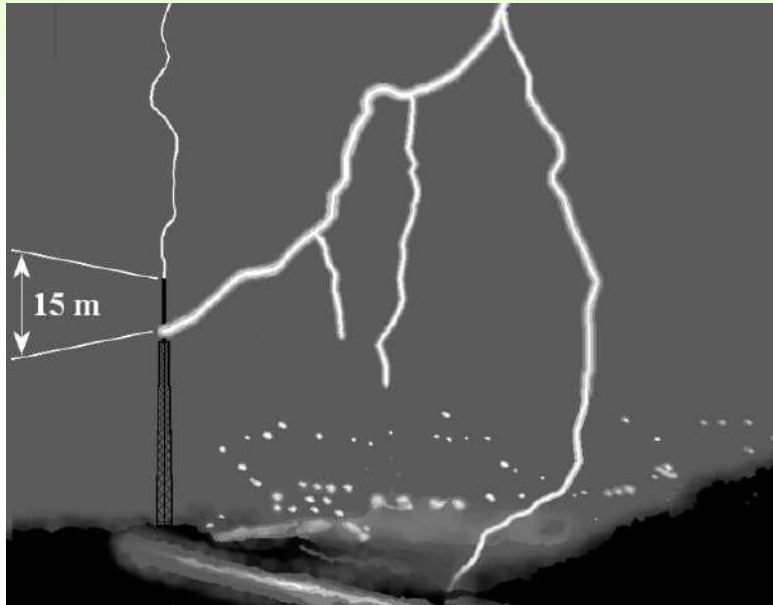
Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.

A kutatók javasolták a VÉDETT TÉR meghatározását egy adott villámvédelem jellemzésére



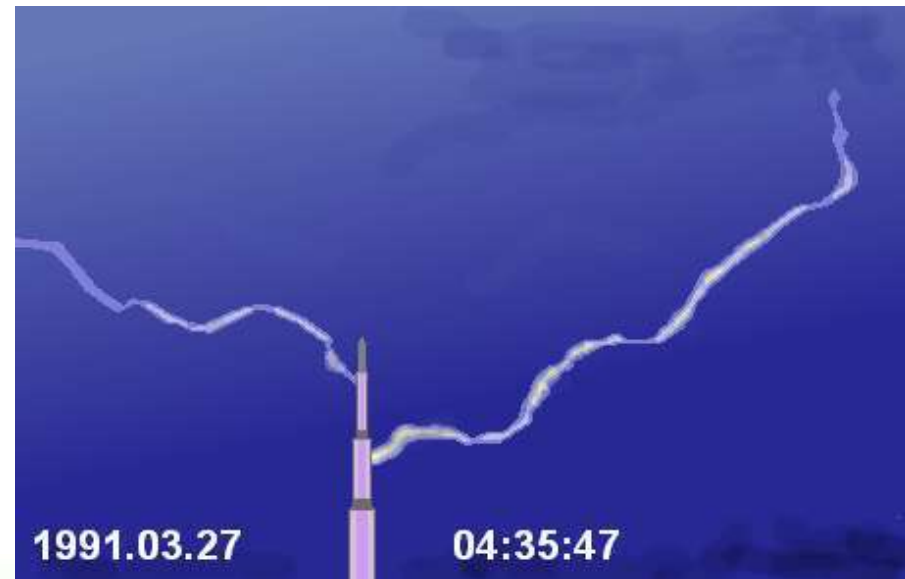
Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.

Problémák a védett térrel



**Villámfigyelő állomás
Monte San Salvatore
Lugano, Svájc**

**CN Tower
Toronto, Kanada**



**A villámok nem a tornyok csúcsába csapnak!
A tornyok még saját magukat sem képesek megvédeni!**



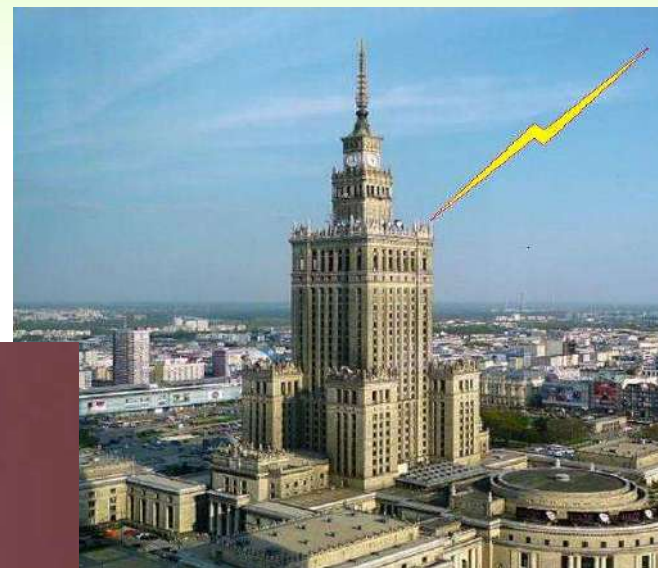
Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.

Problémák a védett térrel



Empire State Building
USA, New York

Washington Emlékmű
555 láb magas obeliszk
USA, Washington



Kultúra és Tudomány
Palotája
Lengyelország, Varsó



A védett tér egzakt módon nem értelmezhető

Nem határozható meg

A VÉDETT TÉR NEM LÉTEZIK!



Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.

BELSŐ (SZEKUNDER) VILLÁMVÉDELEM



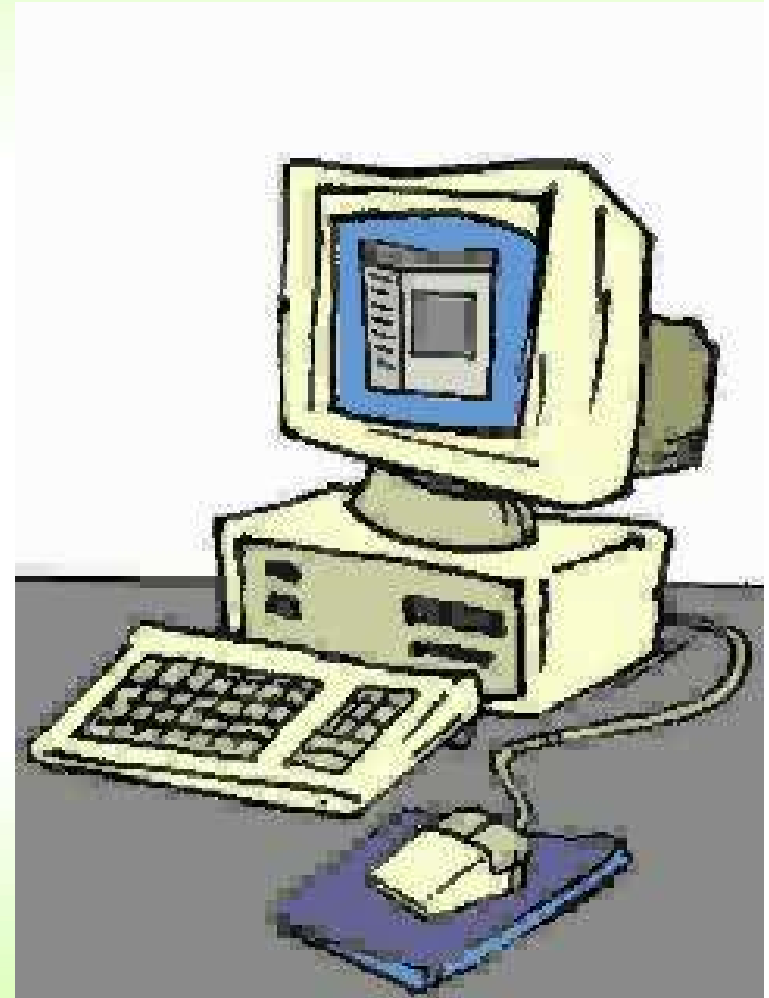
Az épületek belsejében elhelyezkedő, a túlfeszültségekre érzékeny objektumok védelme

- Rohamosan terjednek a rendkívül érzékeny információs és kommunikációs technológiák (IKT) , készülékek, rendszerek és berendezések
- Munkánk során, de mindennapi életünkben is egyre inkább ki vagyunk ezeknek szolgáltatva
- Mindezek biztonságos üzemelése életünk alapvető feltételei közé tartozik
- A gazdaság működésnek elengedhetetlen feltételévé vált az egyes szereplők közötti folyamatos kapcsolattartás
- A adatvesztés estén a statisztikák szerint ma már csupán néhány napig vagyunk képesek feladatainkat elvégezni
- Ma már egy villámcsapás következtében bekövetkezett kár nem csupán az eszközeink elvesztéséből adódik, de nagyobb részben a kapcsolataink és az adataink elvesztéséből származik



BELSŐ VILLÁMVÉDELEM

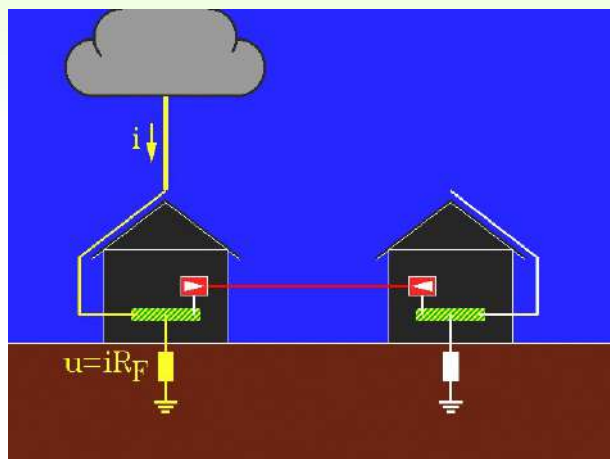
- **Túlfeszültségek**
 - az erősáramú rendszerben
 - a kommunikációs hálózatban
 - a számítógépes rendszerekben
- **Csatolások**
 - **konduktív**
 - **induktív**
 - **kapacitív**



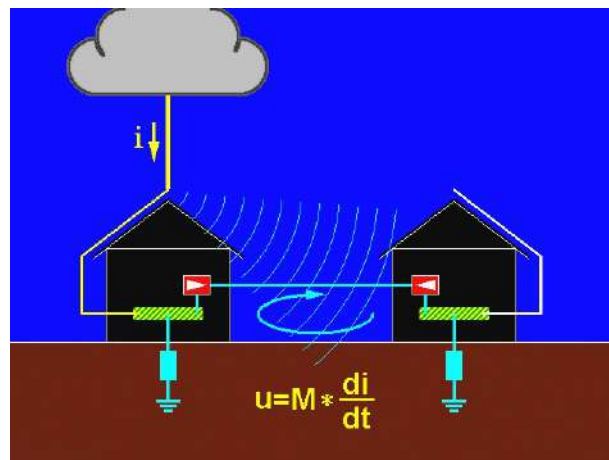
Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.

CSATOLÁSI MÓDOK

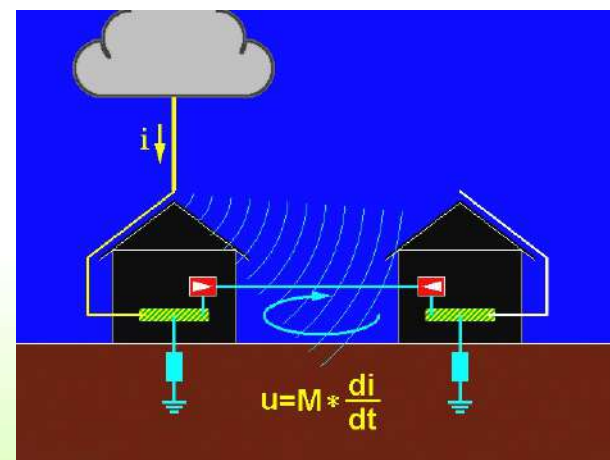
Konduktív csatolás



Induktív csatolás

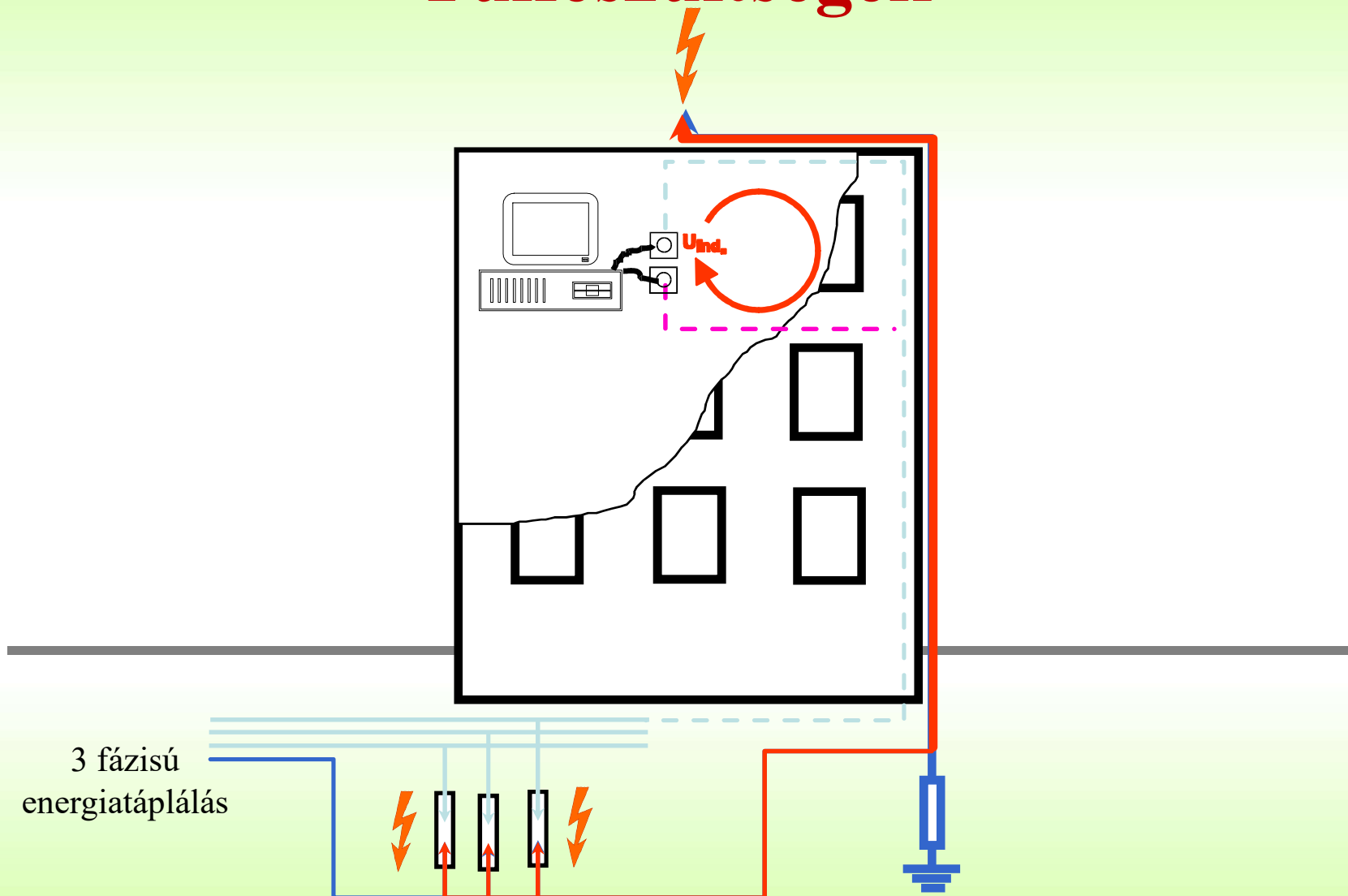


Kapacitív csatolás

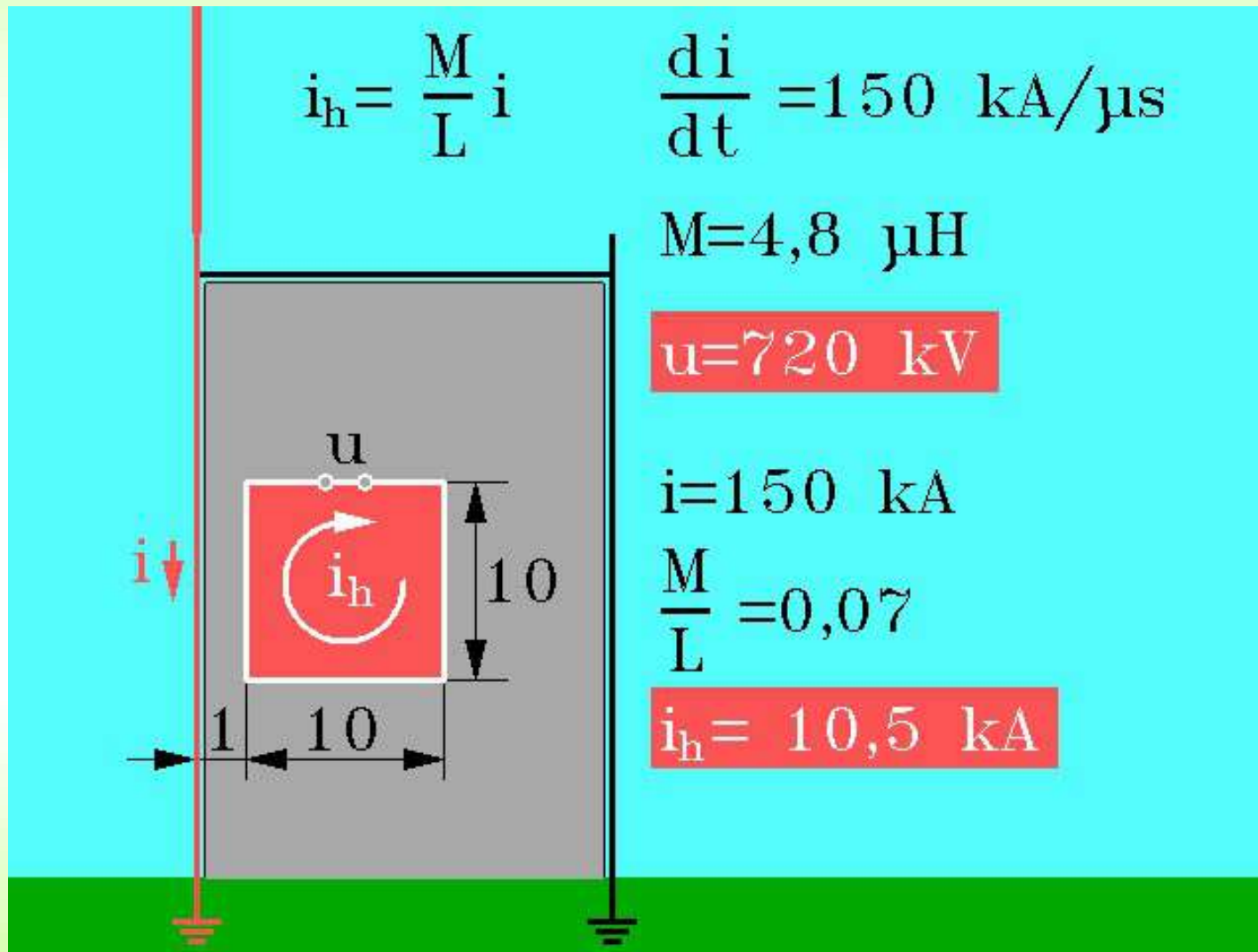


Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.

Túlfeszültségek



Épületek túlfeszültség védelme



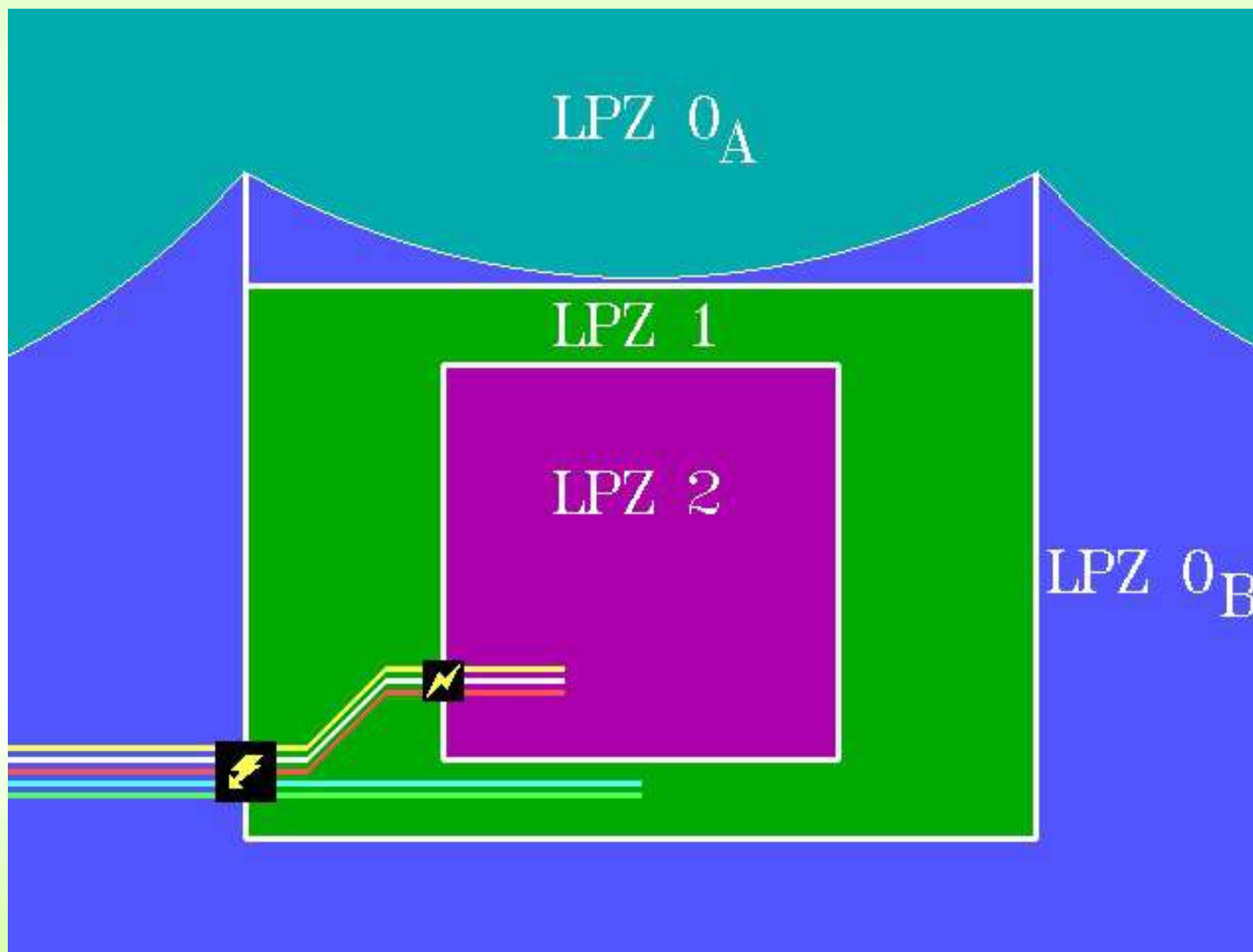
Új megközelítés a belső villámvédelemben

- **Zóna koncepció
(villámvédelmi zónák)**
- **Többfokozatú védelmi rendszer
(a túlfeszültség elleni védelem 3 szintje)**
- **Kockázatszámítás a villámcsapások frekvenciája
(évenkénti száma), és az átlagos becsapásmentes
időszak alapján**

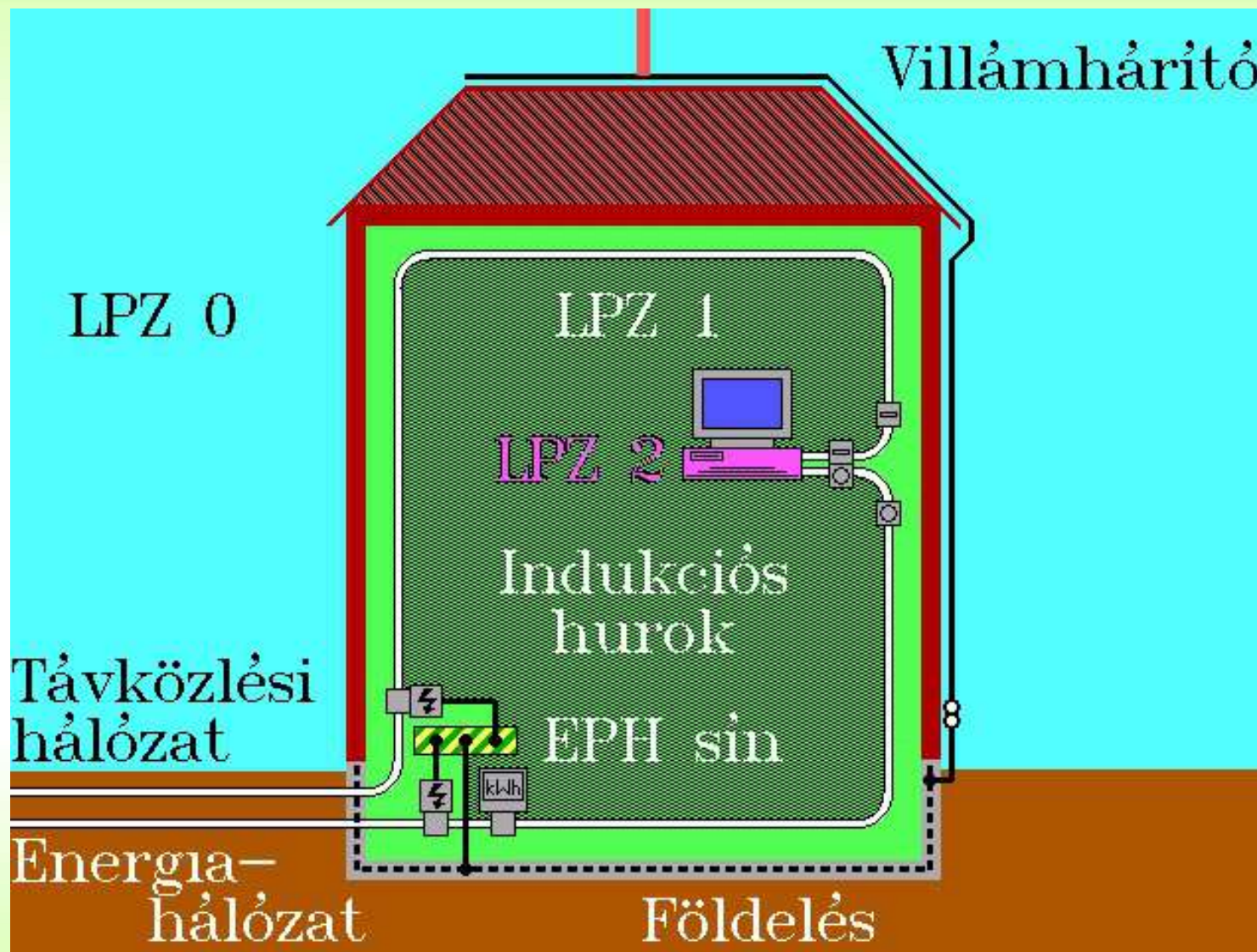


Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.

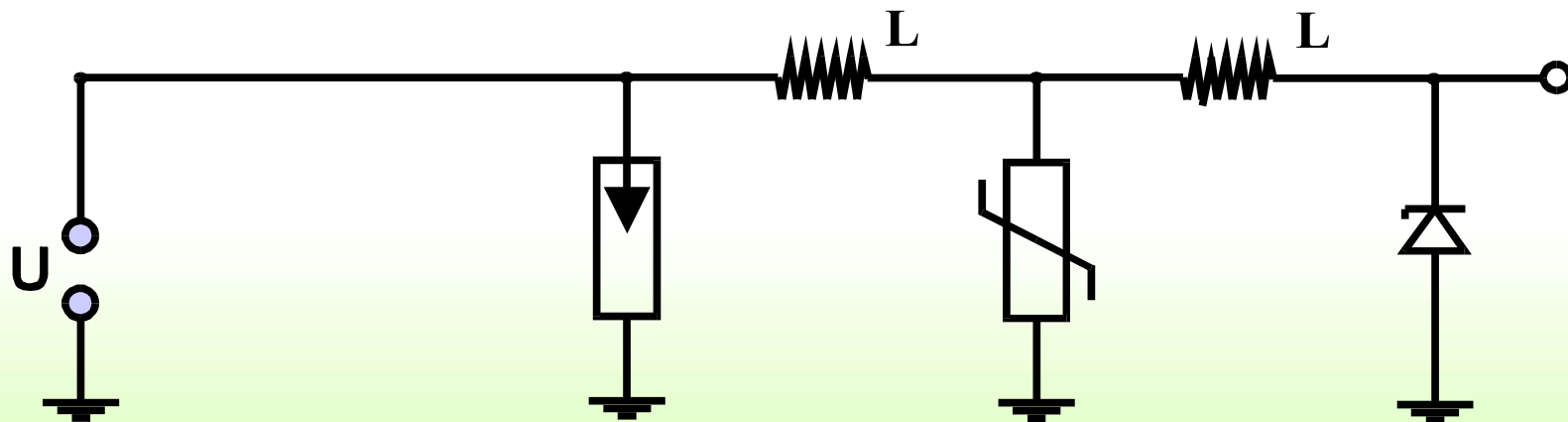
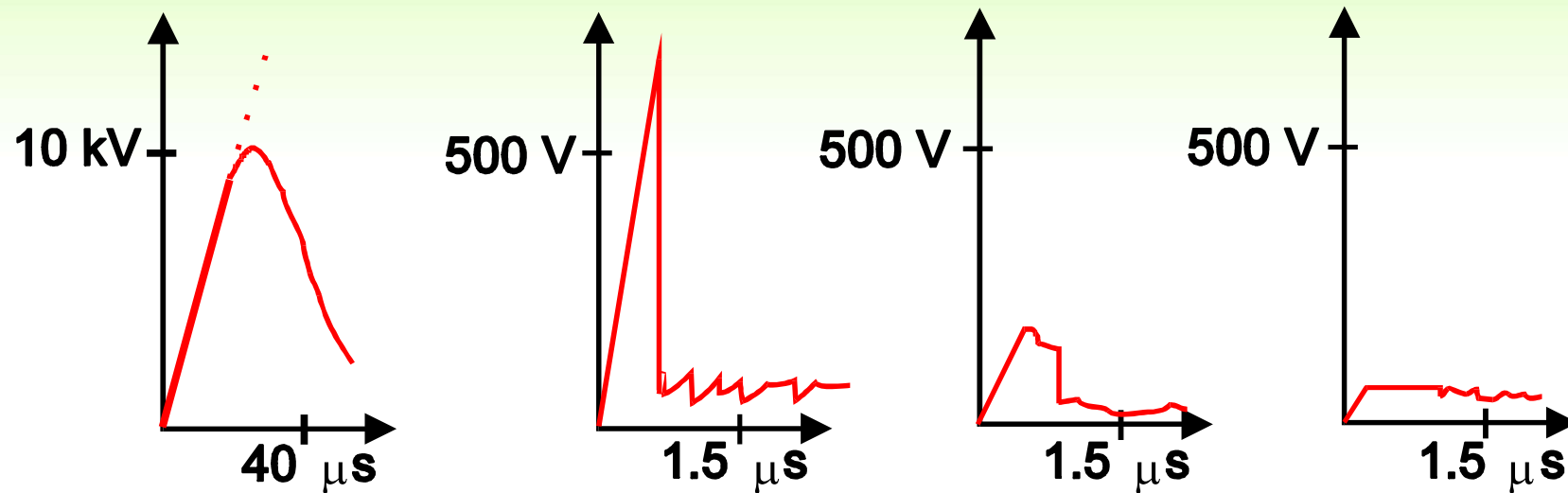
Túlfeszültségvédelmi zónák



Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.



Többfokozatú (három szintes) túlfeszültségvédelem



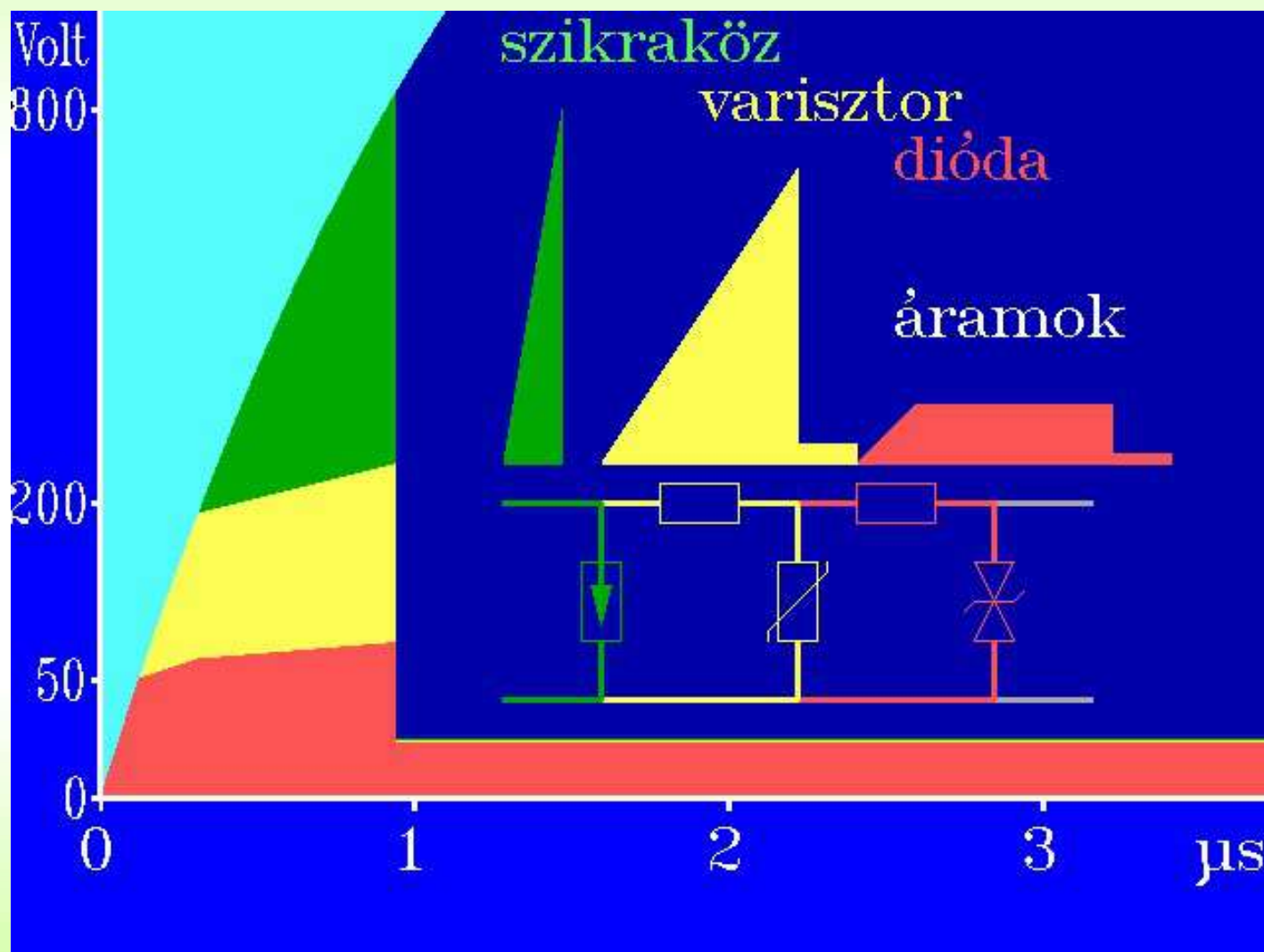
szikraköz

varisztor

szupresszor dióda



Túlfeszültségvédelmi eszközök



AZ EDDIGIEK ALAPJÁN ALAPVETŐ HIÁNYOSSÁGKÉNT FELMERÜLT ÍGÉNYEK

- **Számszerűsíteni kellene a villámvédelem védő hatását**
- **Össze kellene hasonlítani a védelem nélküli és a védett esetet**
- **Össze kellene hasonlítani két különböző költséggel kiépített védelem védő hatását**



Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.

A KÖVETKEZŐKBEN VÁZLATOSAN BEMUTATOM A BUDAPESTI VILLÁMVÉDELMI ISKOLA VÁLASZAIT

AZ ELMÚLT IDŐSZAK TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEI ALAPJÁN



BME Villamos Energetika Tanszék
Nagyfeszültségű Technika és Berendezések Csoport

41



BUDAPESTI VILLÁMVÉDELMI ISKOLA

1948-tól

**Több mint 2500 hallgató,
több mint 300 diploma,
több, mint 20 PhD disszertáció,
20 könyv 4 nyelven.**

Dr. Horváth Tibor professzor emeritus, 1948 - 1998
Dr. Berta István professzor emeritus és 1998 - 2019
Dr. Kiss István docens vezetésével. 2019 - től

**30 - 40 új hallgató szemeszterenként,
2 - 3 új doktorandusz évente,
4-5 kutatói-oktatói generáció vesz részt folyamatosan a
nemzetközi villámvédelmi közéletben.**

Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.

A Budapesti Villámvédelmi Iskola néhány fontos elméleti és gyakorlati eredménye

A több, mint 70 éve a Műegyetemen létrejött Budapesti Villámvédelmi Iskola az elért elméleti és gyakorlati eredményei révén a villámkutatás és a villámvédelem egyik kiemelkedő központjává vált a világnak.

- Az előadás bemutatja a **Dr. Horváth Tibor** nevéhez fűződő, a konkrét kockázatot számszerűsítő, a különböző villámvédelmi rendszereket összehasonlító eszközt, a **valószínűséggel súlyozott vonzási tér elméletet (Probability Modulated Attractive Space theory - PMAS)**.
- Foglalkozik a kiépített villámvédelmet ellenőrző szerkesztési eljárással, a **gördülő gömb módszerrel (Rolling Sphere Method - RSM)**, amely a világon elsőként a magyar szabványban jelent meg (MSZ 274-62).
- Vázolja az időben változó kockázatú objektumok villámvédelmére kialakított **preventív villámvédelem (Preventive Lightning Protection - PLP)** rendszerét.
- Kiemeli a magyar és angol nyelveken kidolgozott **multimédiás villámvédelmi oktató programot**, melyet alkalmaznak itthon és külföldön.

A Dr. Horváth Tibor professzor emeritus által alapított, majd vezetett iskola új eredményeit világszerte alkalmazzák a kutatók, a villámvédelmi tervezők, a kivitelezők és a felülvizsgálók.

Az eredményekre rendszeresen hivatkoznak a hazai és a nemzetközi szakirodalomban, és felhasználják a nemzetközi szabványokban.



Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.

A valószínűséggel súlyozott vonzási tér elmélet



**A védett tér egzakt módon nem
értelmezhető**

Nem határozható meg!

A VÉDETT TÉR NEM LÉTEZIK!

**A VONZÁSI TÉR
MEGHATÁROZHATÓ!**



Dr. HORVÁTH Tibor

1928 – 2018

**Villamosmérnök,
Professzor emeritus,
a Nagyfeszültségű Technika és
Készülékek Tanszék vezetője,
az Erősáramú Intézet igazgatója,
a Magyar Elektrotechnikai
Egyesület elnöke,
a Magyar Mérnökakadémia
Tagja,
a Budapesti Villámvédelmi Iskola
megalapítója**



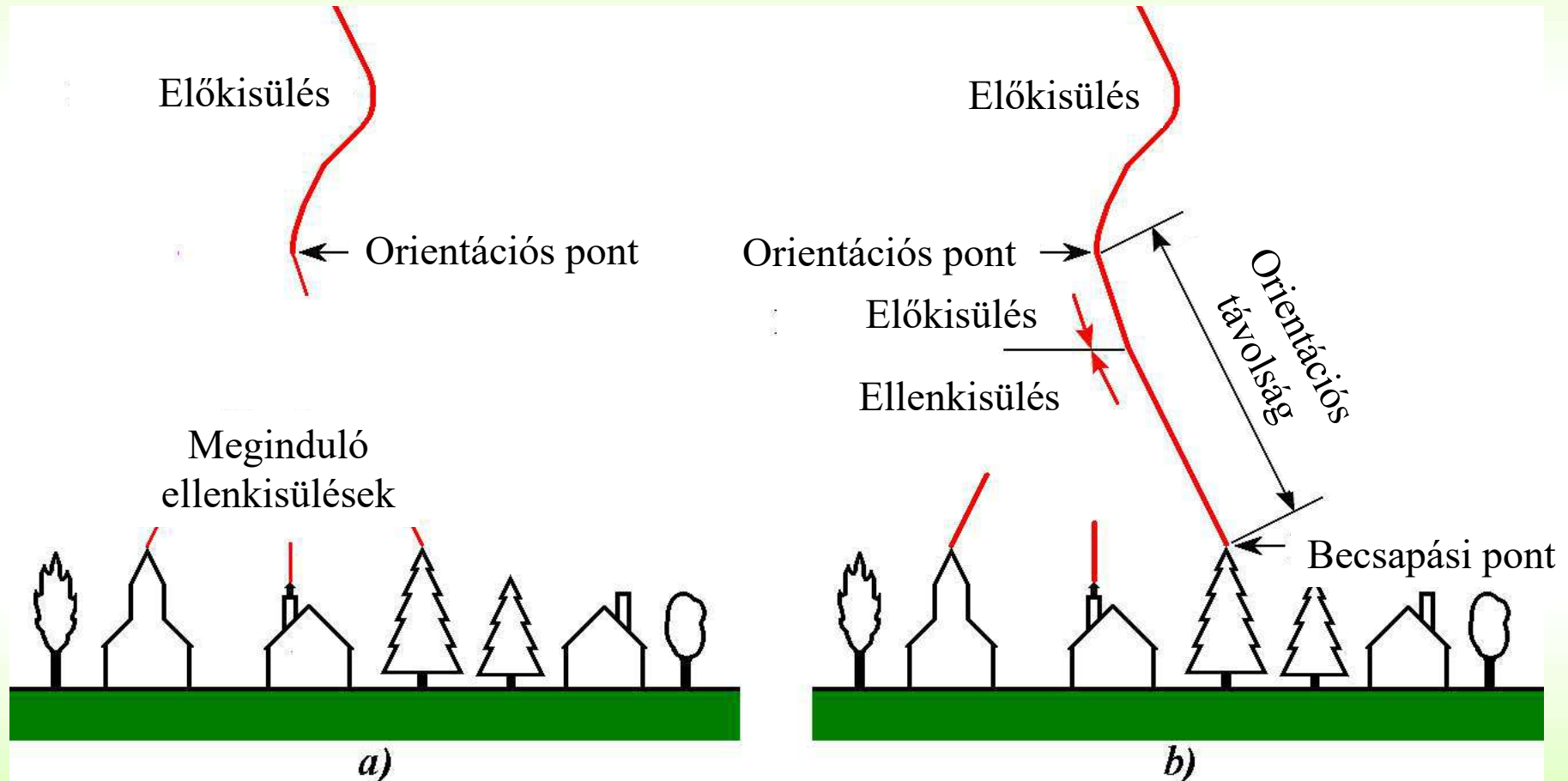
VALÓSZÍNŰSÉGGEL SÚLYOZOTT VONZÁSI TÉR ELMÉLET

(Probability Modulated Attractive Space theory - PMAS)

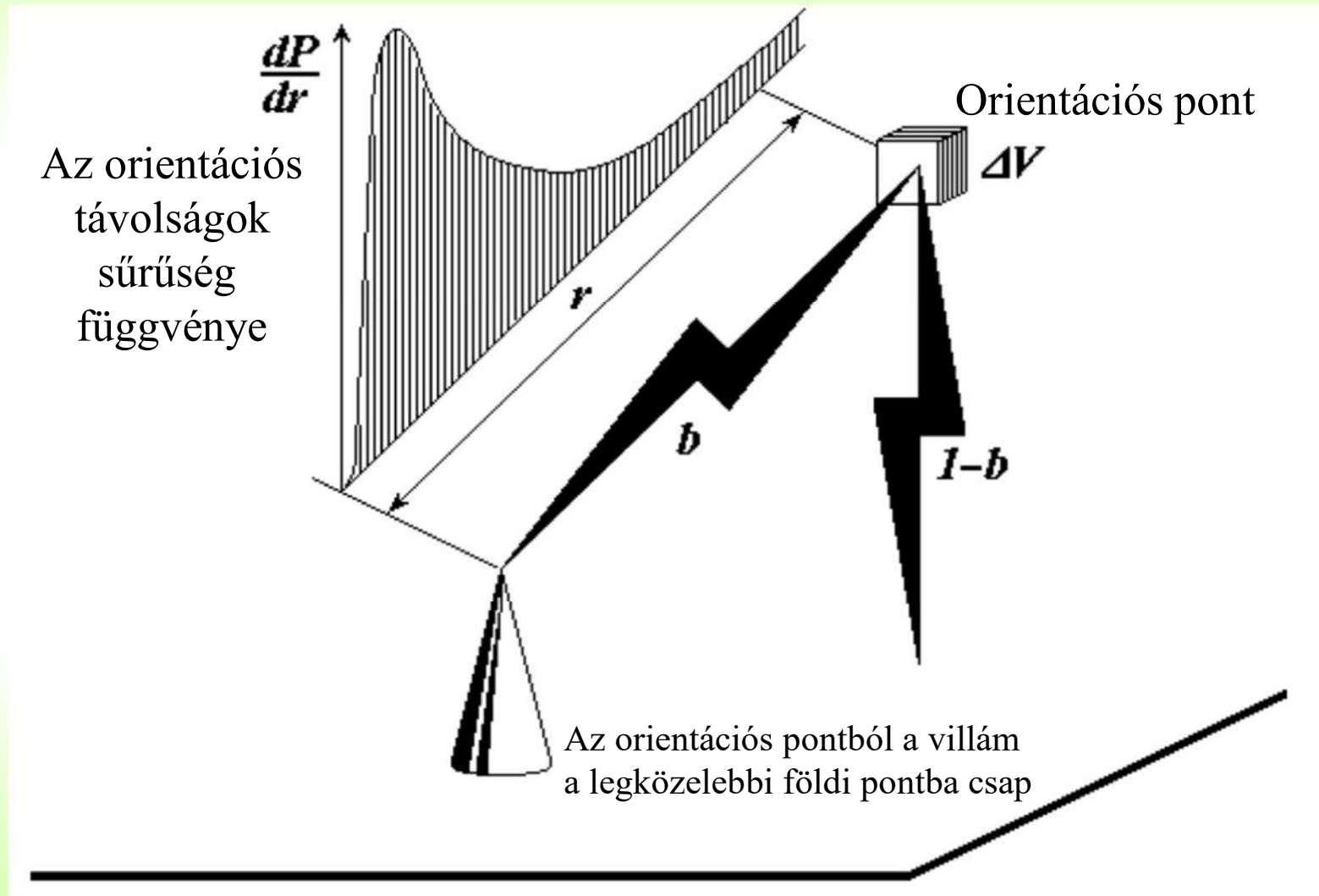
- A becsapás helyére vonatkozó elméleti alapokat egységes rendszerként először Dr. Horváth Tibor a Budapesti Villámvédelmi Iskola alapítója és vezetője írta le a „Villámcsapás valószínűségének meghatározása elméleti úton” című, a műszaki tudomány doktora cím (DSc) megszerzésére készített értekezésében **1972**-ben.
- Az előadás bemutatja a **Dr. Horváth Tibor** nevéhez fűződő, a konkrét kockázatot számszerűsítő, a különböző villámvédelmi rendszereket összehasonlító eszközt.
- Az elmélet figyelembe veszi a különböző polaritású villámok arányát, illetve a polaritásból származó fizikai különbségeket.



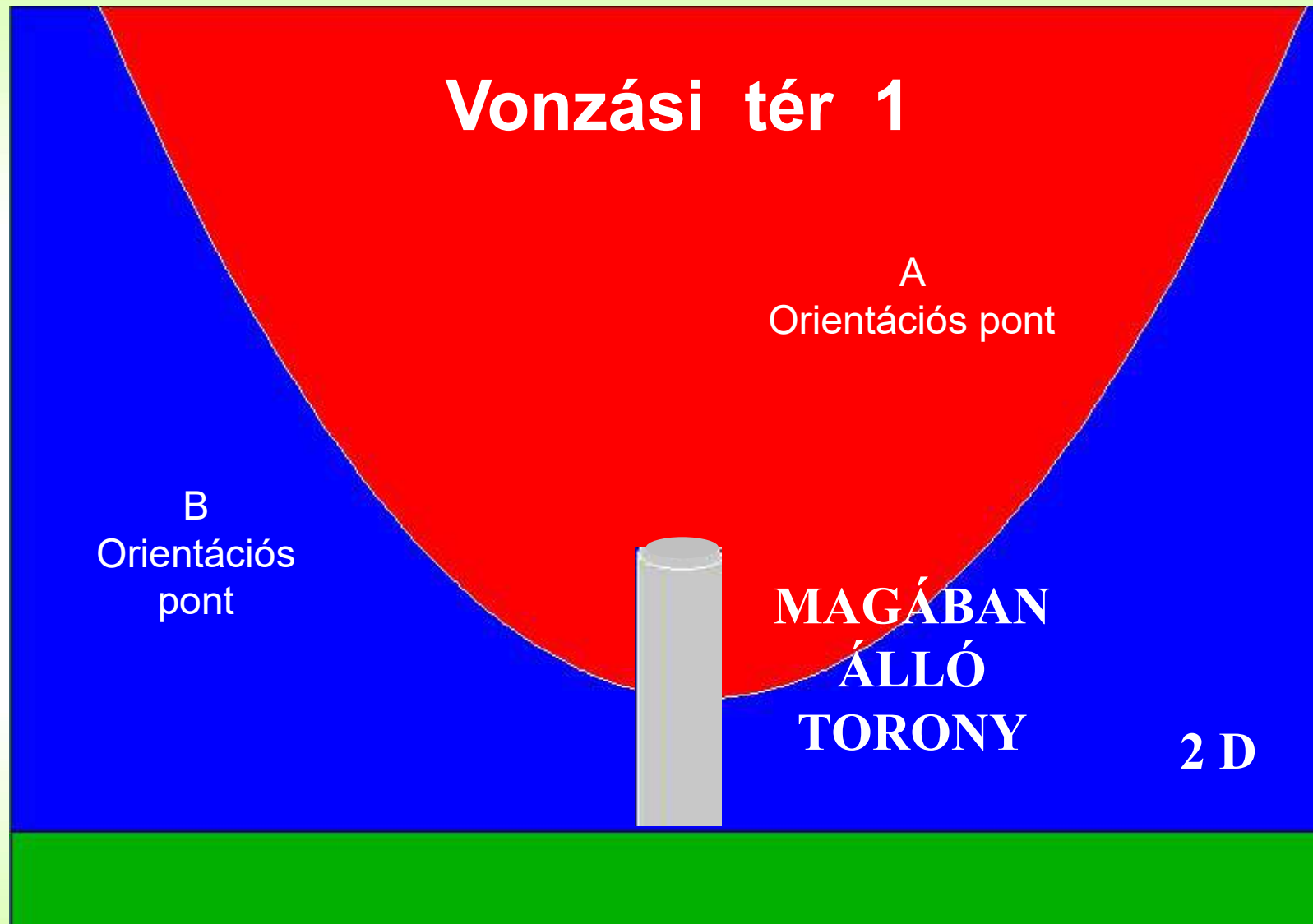
A fizikai háttér



A javasolt számítási módszer



Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.



Vonzási tér 2

**VÉDENDŐ TORONY
VILLÁMHÁRÍTÓ
FELFOGÓ RÚDDAL
A TETEJÉN**



C
Orientációs
pont



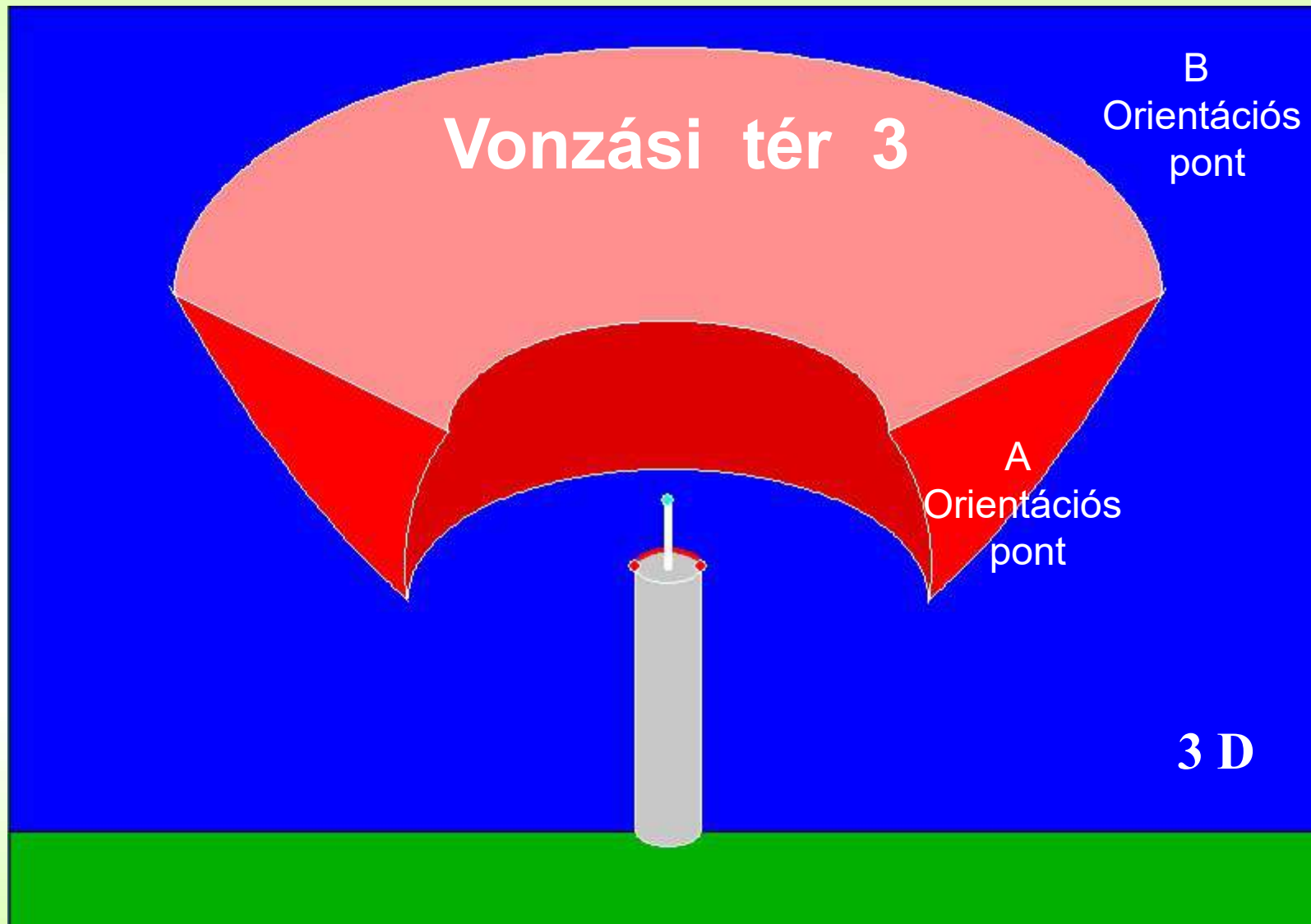
A
Orientációs
pont

B
Orientációs
pont

2 D



Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.



Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.

Számítások a valószínűséggel súlyozott vonzási tér elmélet alapján



Valószínűséggel súlyozott vonzási tér elmélet (PMAS)

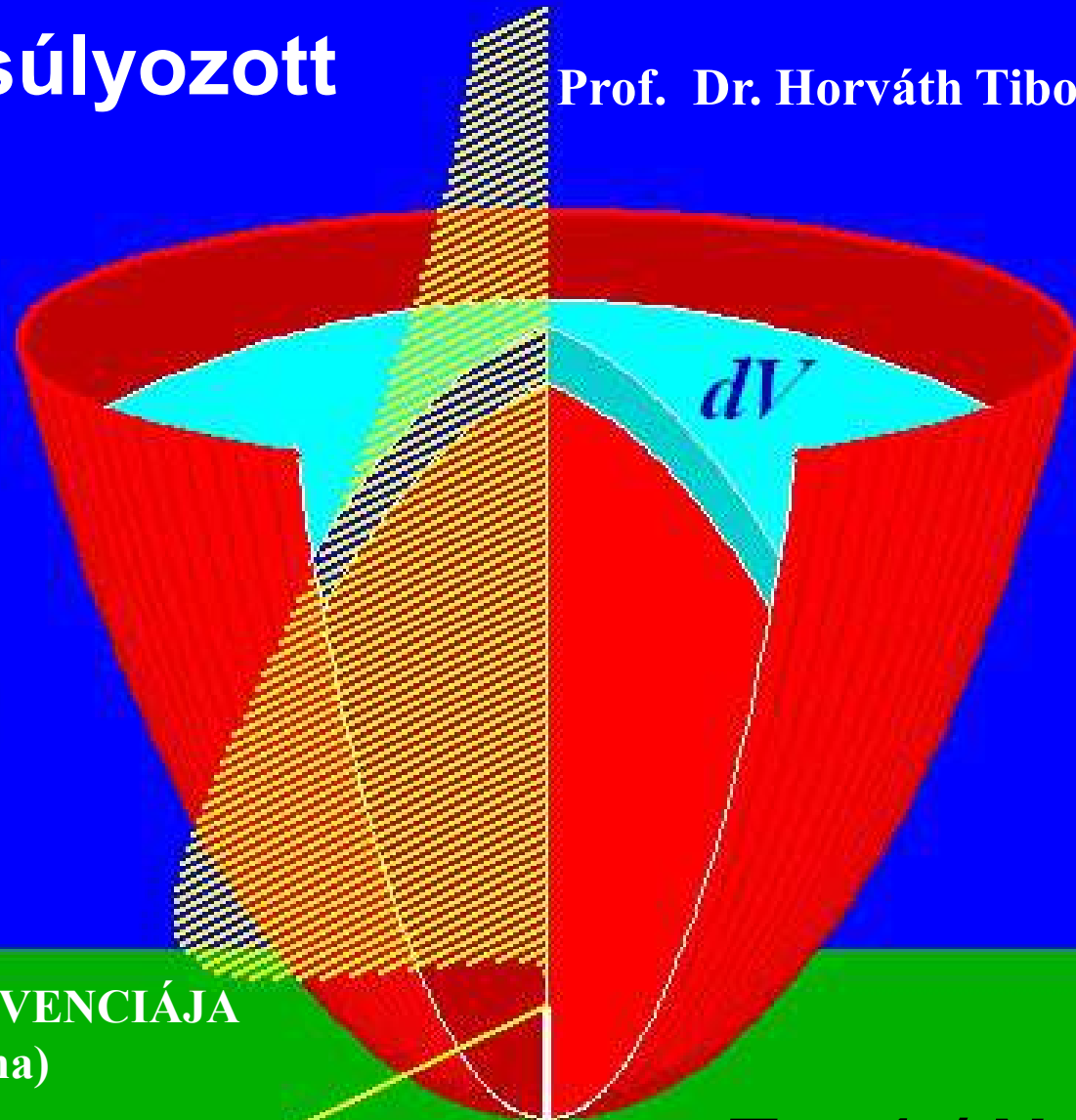
Prof. Dr. Horváth Tibor

$$N_F = N_G \int_{V_A} \frac{dP}{dr} dV$$

N_F – VILLÁMCSAPÁSOK FREKVENCIÁJA
(a becsapások évenkénti száma)

N_G – VILLÁMSŰRŰSÉG
[villám/km²/év]

V_A – vonzási tér



$\frac{dP}{dr}$

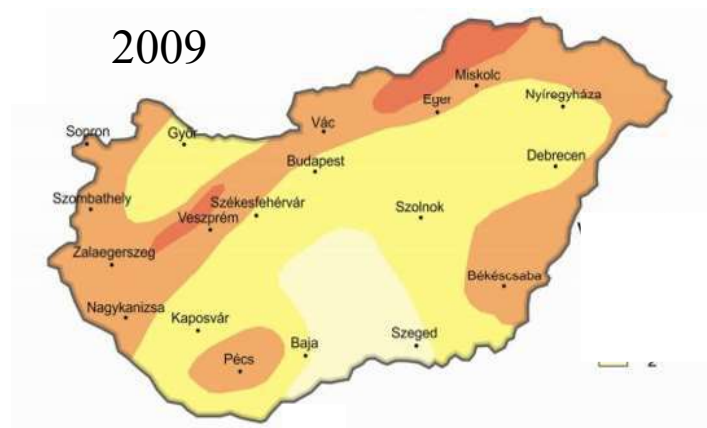
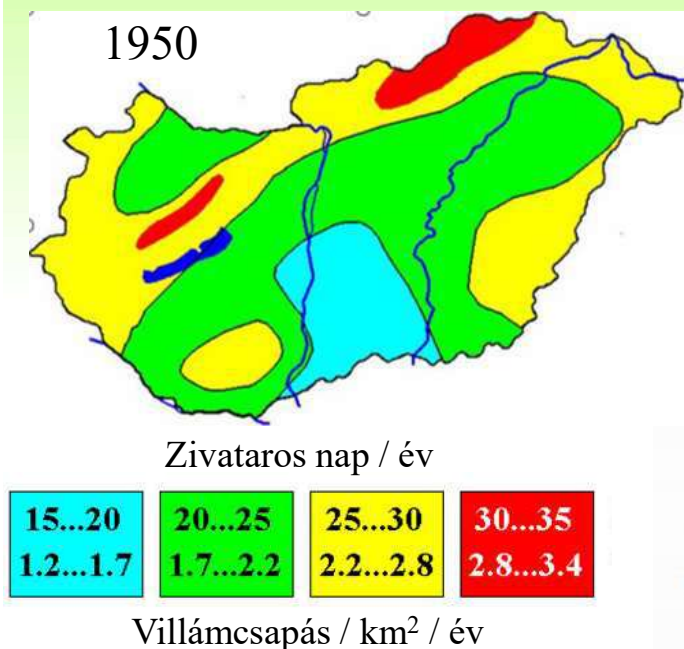
AZ ORIENTÁCIÓS
TÁVOLSÁGOK
SŰRŰSÉG-
FÜGGVÉNYE

$$T = 1 / N_F$$

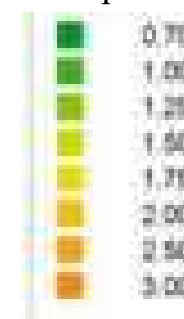
T = ÁTLAGOS
BECSAPÁSMENTES
IDŐSZAK

Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.

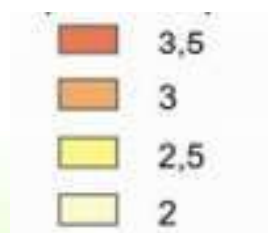
Villámsűrűség térképek Magyarországról



Villámcsapás / km² / év

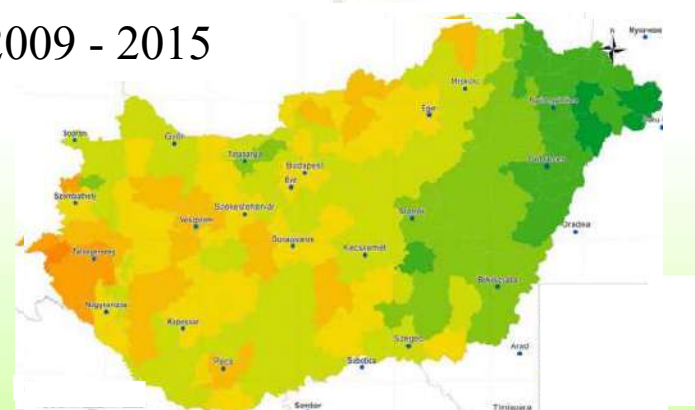


**Módosult-e
a klímaváltozás
során?**



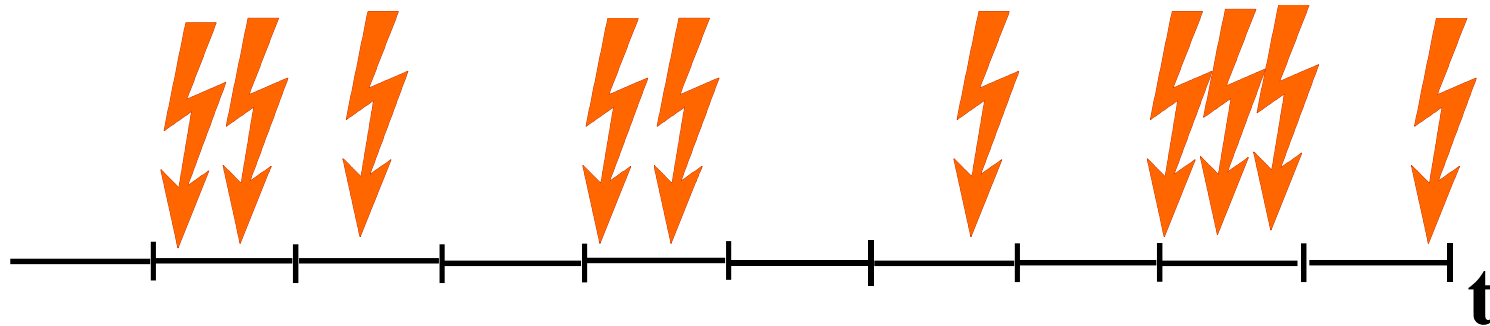
Villámcsapás / km² / év

2009 - 2015

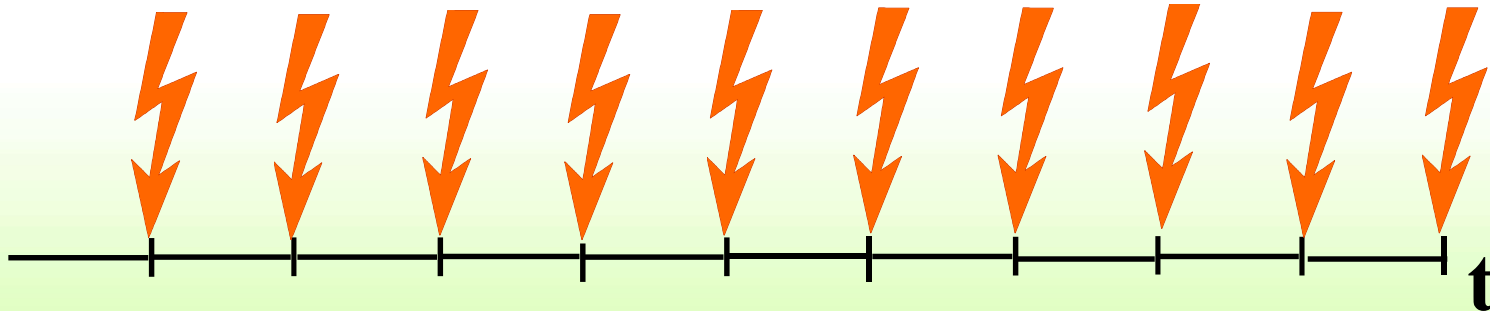


ÁTLAGOS BECSAPÁSMENTES IDŐSZAK

Villámcsapások a valós időben egymást követően

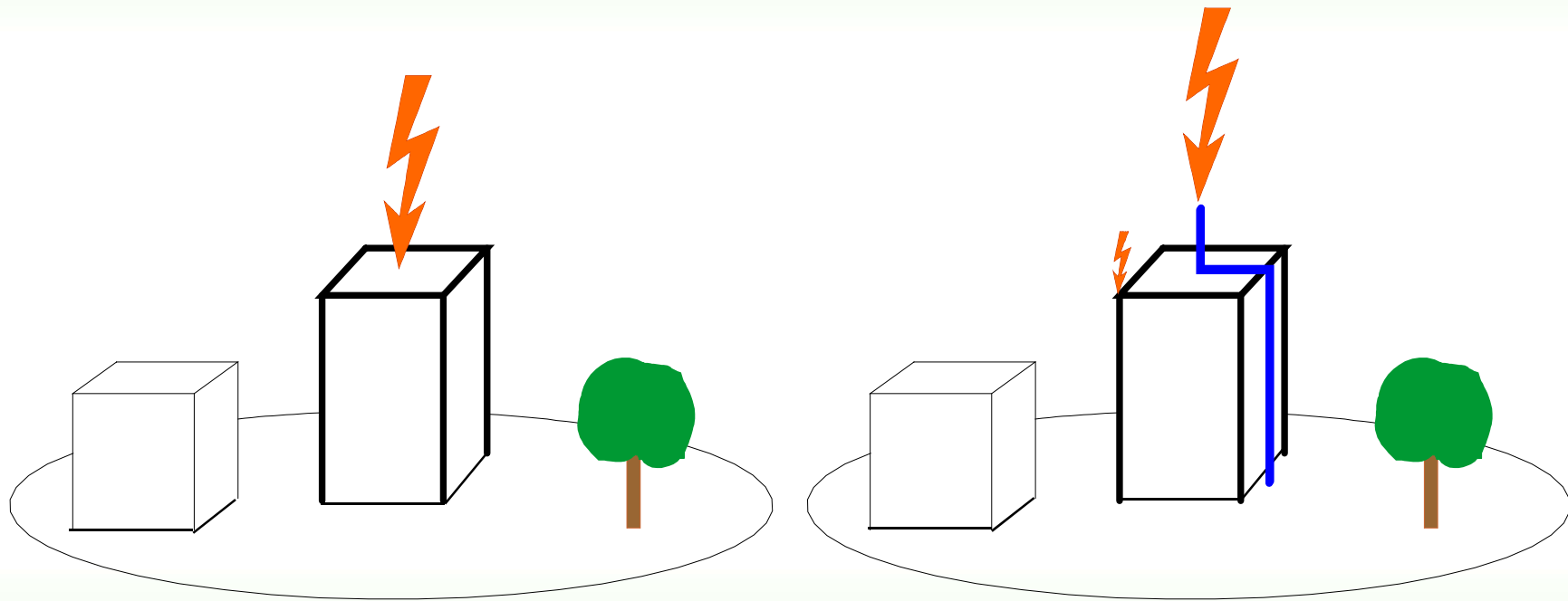


Villámcsapások az időben egyenletesen elosztva



KÜLSŐ VILLÁMVÉDELEM

KOCKÁZATSZÁMÍTÁS



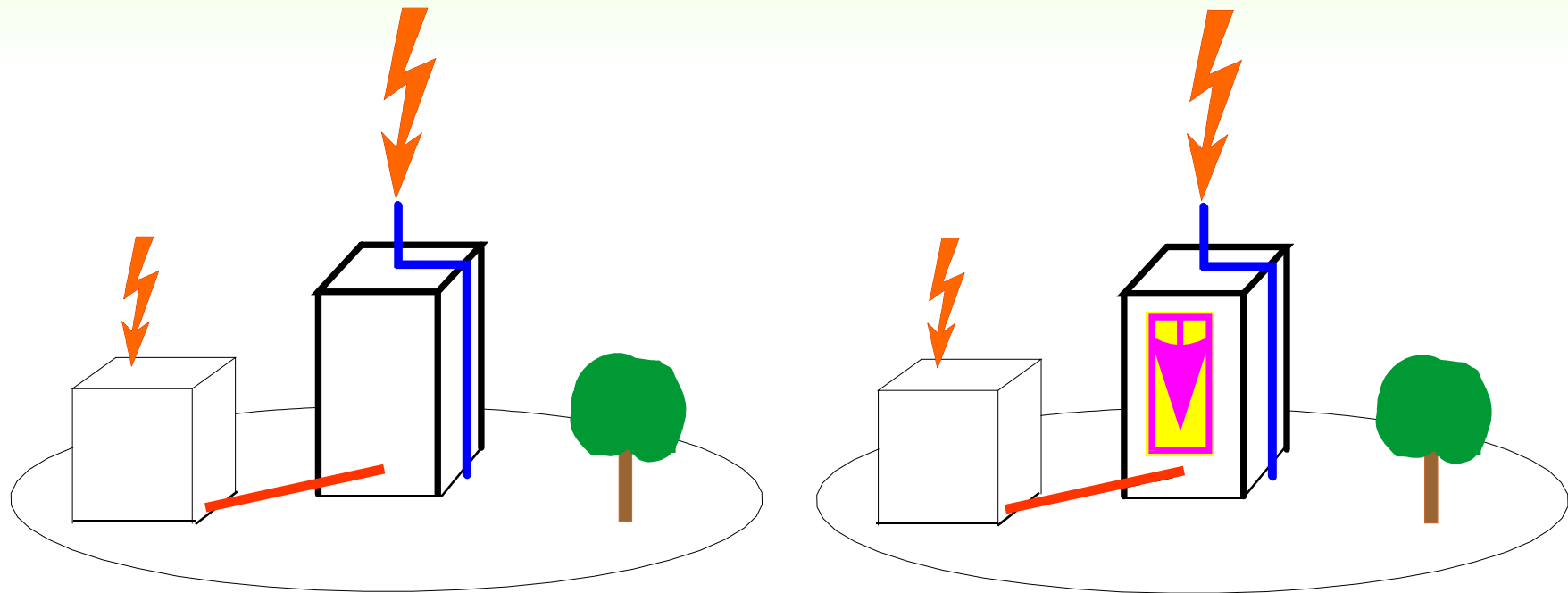
T = átlagos becsapásmentes időszak
27 év

T = átlagos becsapásmentes időszak
8000 év



Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.

BELSŐ VILLÁMVÉDELEM, KOCKÁZATSZÁMÍTÁS ELSŐ ÉS MÁSODIK SZINT (KONDUKTÍV CSATOLÁS)



T = átlagos becsapásmentes időszak
3-4 év

T = átlagos becsapásmentes időszak
3000 év

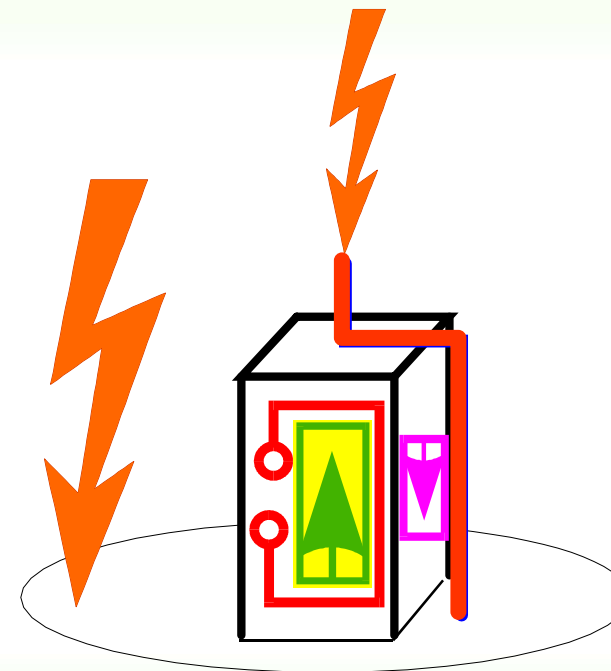
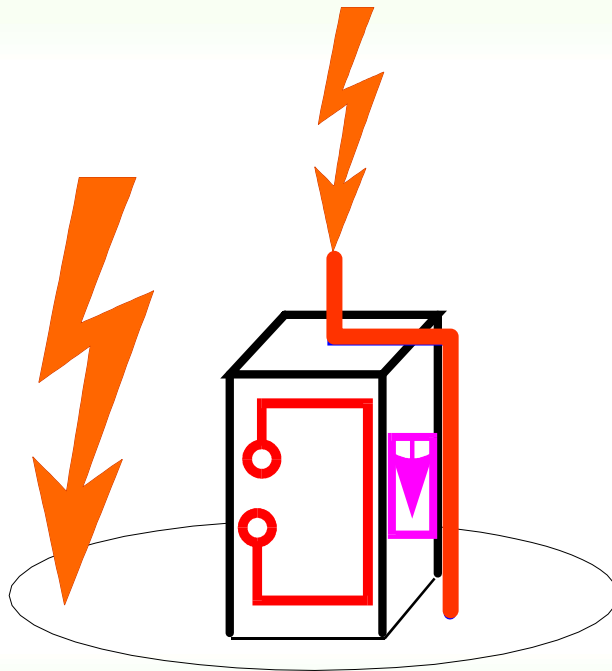


Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.

BELSŐ VILLÁMVÉDELEM

KOCKÁZATSZÁMÍTÁS

HARMADIK SZINT (INDUKTÍV CSATOLÁS)



T = átlagos becsapásmentes időszak T = átlagos becsapásmentes időszak
1.3-3.6 év 1 000 000 év



KOCKÁZAT

- **A villámcsapások frekvenciája a villámok évenkénti számát jelenti $N_F = N_G A_E$ [1/év]**
(ahol A_E az egyenértékű terület, amelyet minden évben ugyanannyi villámcsapás ér, mint a vizsgált objektumot)
- **A kockázat $R = N_F P L$, ahol P az a valószínűség, amely megmutatja, hogy mekkora valószínűséggel okoz kárt a védendő objektumban a villámcsapás, L pedig a kár nagyságát jelenti (emberi életben és javakban) [Euro/év]**
- **$R \leq R_{\text{elviselhető}}$ (IEC EN 62 305)**



POISSON ELOSZLÁS – POISSON FOLYAMAT

- **T** az objektum várható élettartama [év]
- **k** az események száma az adott időszak alatt
- **R** a villámcsapások okozta várható évenkénti kockázat [Euro/év]
- **P** annak a valószínűsége, hogy az események száma kisebb, vagy egyelő **k** [$0 < P < 1$]



Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.

A gördülő gömb módszer



A gördülő gömb módszer 1

(Rolling Sphere Method - RSM)

- A kiépített primer villámvédelem tervezésére és ellenőrzésére szolgáló szerkesztési eljárást először **Dr. Horváth Tibor** a Budapesti Villámvédelmi Iskola alapítója és vezetője dolgozta ki és publikálta.
- A **gördülő gömb módszer** a világon elsőként 1962-ben a magyar szabványban jelent meg (MSZ 274 - 62).



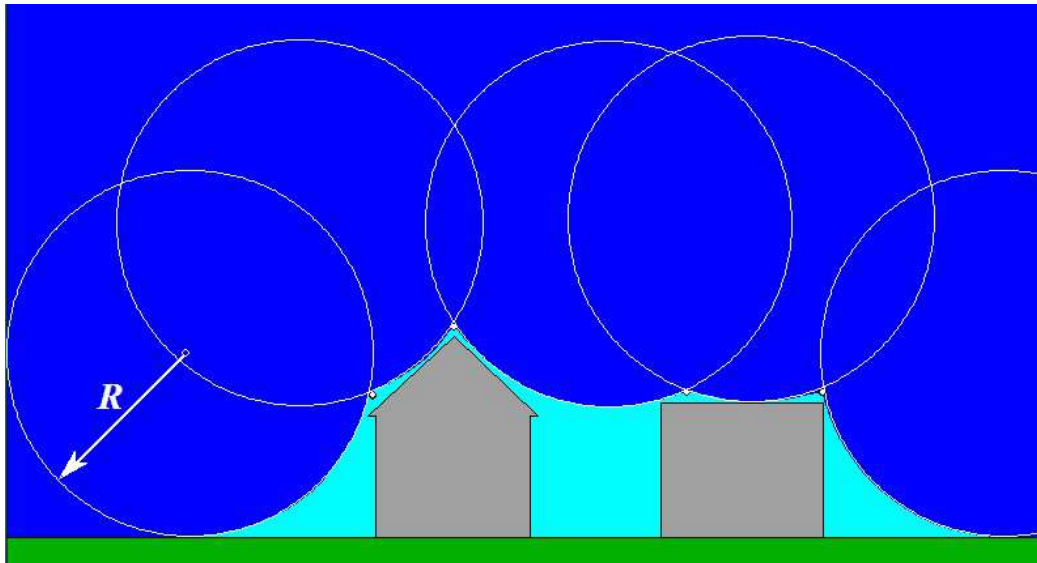
A gördülő gömb módszer 2

(Rolling Sphere Method - RSM)

- **Az eljárás alkalmazásakor a villámhárító rendszer felépítése akkor megfelelő, ha meg tudja akadályozni, hogy egy képzeletbeli gömbbel megérintsük a védendő objektumot, miközben minden irányból megpróbáljuk a gömbbel azt megközelíteni.**
- **Különleges esetben a gömb egyetlen pontban, vagy egy vonal mentén megérintheti a védendő objektum szerkezetét, miközben minden irányból átgördítjük a villámvédelmi rendszeren.**

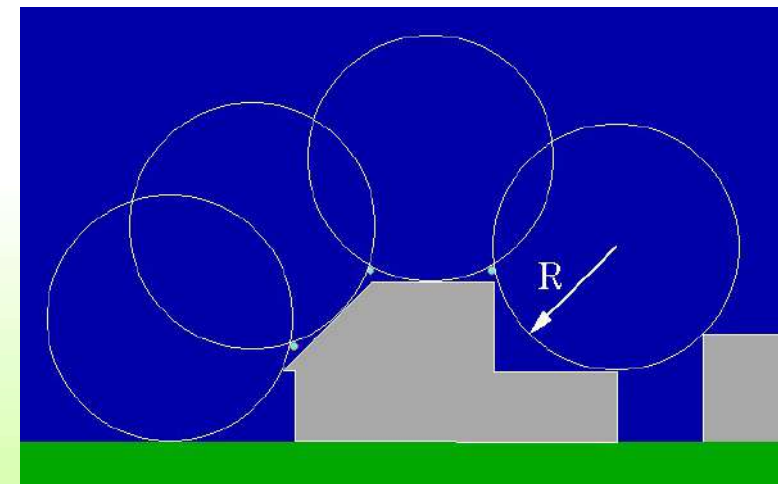


A gördülő gömb módszer 3 (Rolling Sphere Method - RSM)



**A primer villámvédelmi rendszer
tervezésére és ellenőrzésére szolgáló
szerkesztési módszer**

**Dr. Horváth Tibor
professzor emeritus**



A gördülő gömb módszer 4

(Rolling Sphere Method - RSM)

- **A gördülő gömb szerinti eljárás csak annyit mutat, hogy egyetlen, az adott gömbsugárhoz tartozó áramnál nagyobb csúcsértékű villámcsapás sem érheti el a védendő objektumot.**
- **Ez nem azt jelenti, hogy valamennyi ennél kisebb maximális árammal rendelkező villámcsapás az adott gömbsugárral megszerkesztett vonzási térből az objektumot fogja érni.**
- **Így a gömbsugárhoz tartozó villámáramok valószínűsége akár nagyságrendekkel nagyobb lehet, mint a védendő objektumot érő villámcsapásokhoz tartozó tényleges valószínűség értéke.**



Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.

A preventív villámvédelem



A preventív villámvédelem 1

(Preventive Lightning Protection - PLP)

- A preventív villámvédelem során **a villámcsapások káros hatásait speciális megelőző akciók révén akadályozzuk meg**
- A preventív villámvédelem célja, hogy úgy csökkentsük a károk kockázatát, hogy **a megelőző intézkedéseket csak a zivatar idején alkalmazzuk** (tervezés, időzítés, végrehajtás)
- A megelőző intézkedéseket csupán **a veszély megjelenésekor indítjuk el, és annak elmúlásával leállítjuk**
- A preventív villámvédelem **különösen jól használható időben változó kockázatú védendő objektumok esetén**



A preventív villámvédelem 2

(Preventive Lightning Protection - PLP)

**különösen alkalmas időben és térben változó kockázatot jelentő
objektumok esetén**

- **Repülőgépek újratöltésekor** repülőtereken
- **Javítási és felújítási munkák elvégzésénél** érzékeny hírközlési rendszereken, magas antennatornyokon elhelyezett műszerek és berendezések javítása esetén
- **Szabadtéri tömegrendezvények szervezésénél** (stadionokban, Forma 1-es autóversenyeken, szabadtéri tömegrendezvényeken, rock-koncerteken), tragikus lehet a menekülési útvonalak szűk keresztmetszete
- **Nagyfeszültségű villamos távvezetékeken** (nagy magasságban) végzett munka során
- **Űrrakéták fellövésekor**



A preventív villámvédelem 3

(Preventive Lightning Protection - PLP)

**időben és térben változó kockázatot jelentő szabadtéri
tömegrendezvények esetén**

**IDŐBEN VÁLTOZÓ KOCKÁZAT SPORTESEMÉNYEK
(atlétikai stadion, Formula 1 versenypálya)**

ÉS

**SZABADTÉRI RENDEZVÉNYEK ESETÉN
(opera előadások, rock koncertek)**

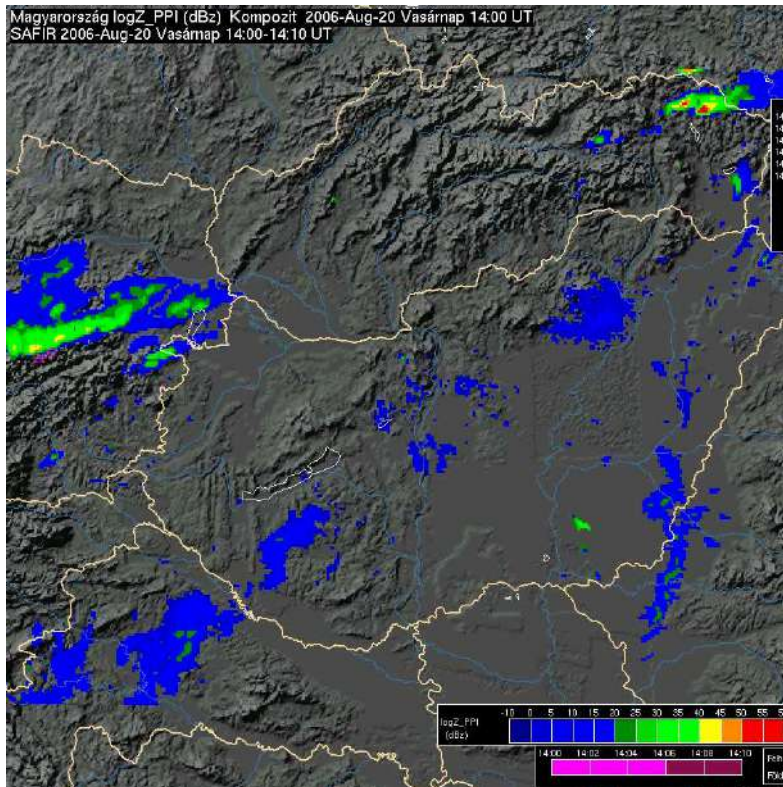
- üres állapotban (A)
- különleges, drága technológiák kiépítését követően (B)
- a rendezvény közben rendkívül sok ember jelenlétében (C)

Külön gondot jelent a menekülési utak szűk áteresztő képessége!



Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.

2006. augusztus 20. NEMZETI ÜNNEP tűzijáték és zivatar a budapesti Duna parton



Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.

HEVES ZIVATAR MAGYARORSZÁGON

2006. augusztus 20.

**Nemzeti ünnep, tűzijáték és heves zivatar,
5 halálos áldozat, több, mint 300 sérült,
az anyagi kár több, mint 4 millió EURÓ.**



A veszélyről az értesítés nem jutott el időben a hatóságokhoz!



BME Villamos Energetika Tanszék
Nagyfeszültségű Technika és Berendezések Csoport

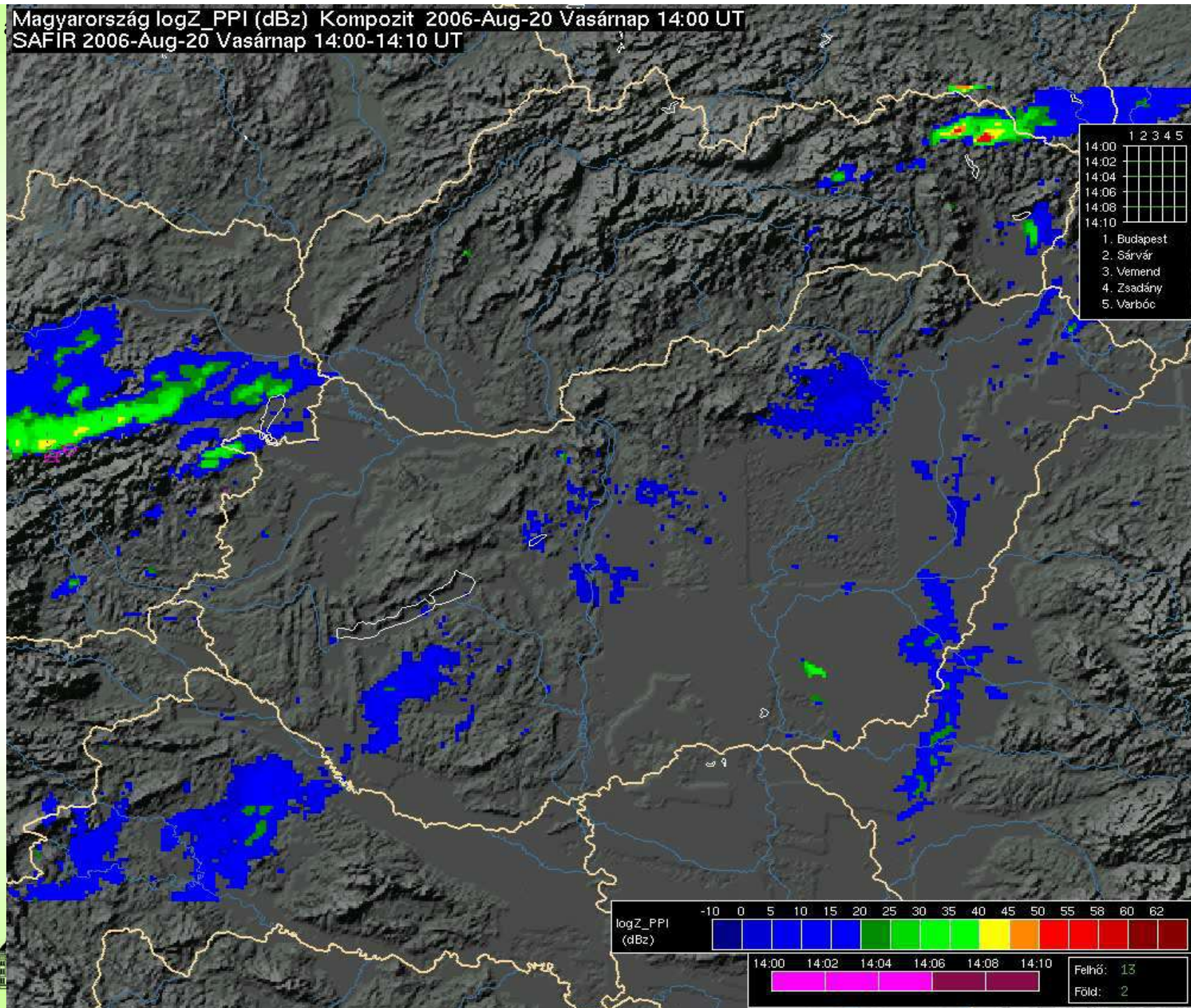
72



Ez

Magyarország logZ_PPI (dBz) Kompozit 2006-Aug-20 Vasárnap 14:00 UT
SAFIR 2006-Aug-20 Vasárnap 14:00-14:10 UT

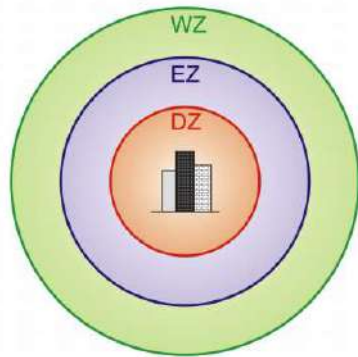
mű.



Zónarendszer és Preventív villámvédelem

(Preventive Lightning Protection - PLP)

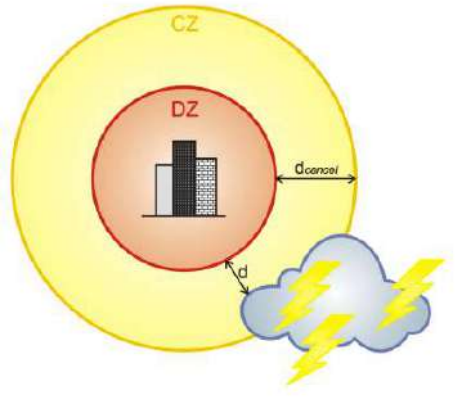
Adótorony karbantartási munkái zivatarfelhő közeledése esetén



- **FIGYELMEZTETŐ ZÓNA (Warning Zone)** **WZ**

- **EVAKUÁCIÓS ZÓNA (Evacuation Zone)** **EZ**

- **VESZÉLYZÓNA (Danger Zone)** **DZ**



- **FELOLDÁSI ZÓNA (Cancellation Zone)** **CZ**



Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.

Villámfigyelő rendszerek és a preventív villámvédelem



A villámfigyelő rendszerek

Világszerte működő automatikus riasztási rendszerek:

- **villámcsapásokat lokalizáló és detektáló rendszerek**
- **radar rendszerek**
- **lokális rendszerek**

Automatikus rendszerek a villámcsapások káros hatásainak megelőzésére

1970-es évek – nemzeti rendszerek

1980-as évek – nemzetközi kooperációs rendszerek

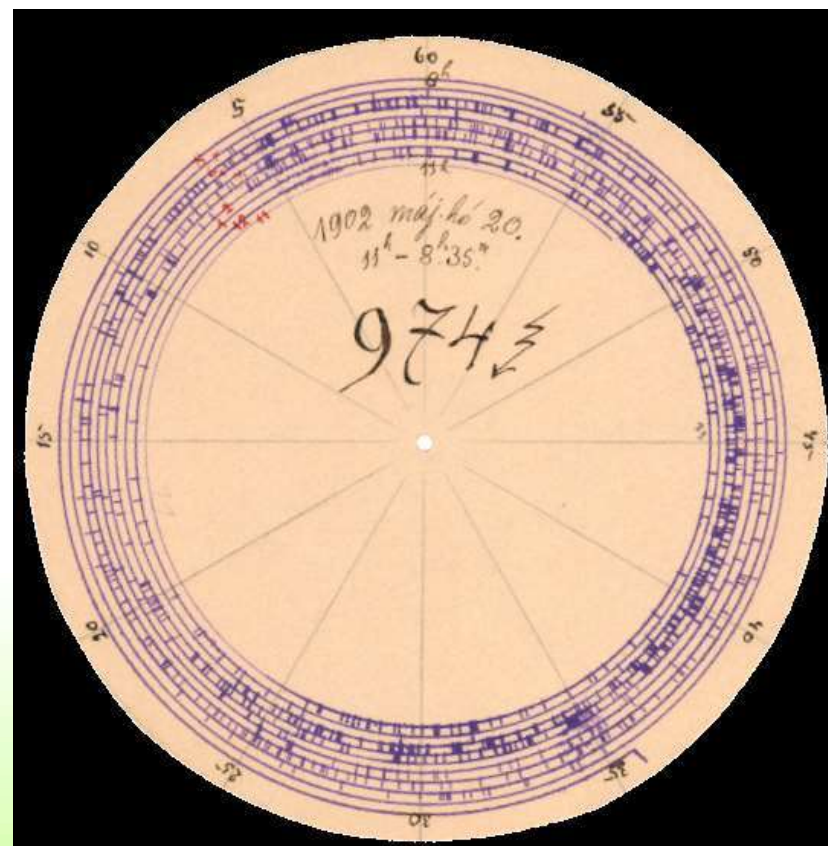
**1990-es évek – a különféle elveken működő endszerek
együttes működtetése**

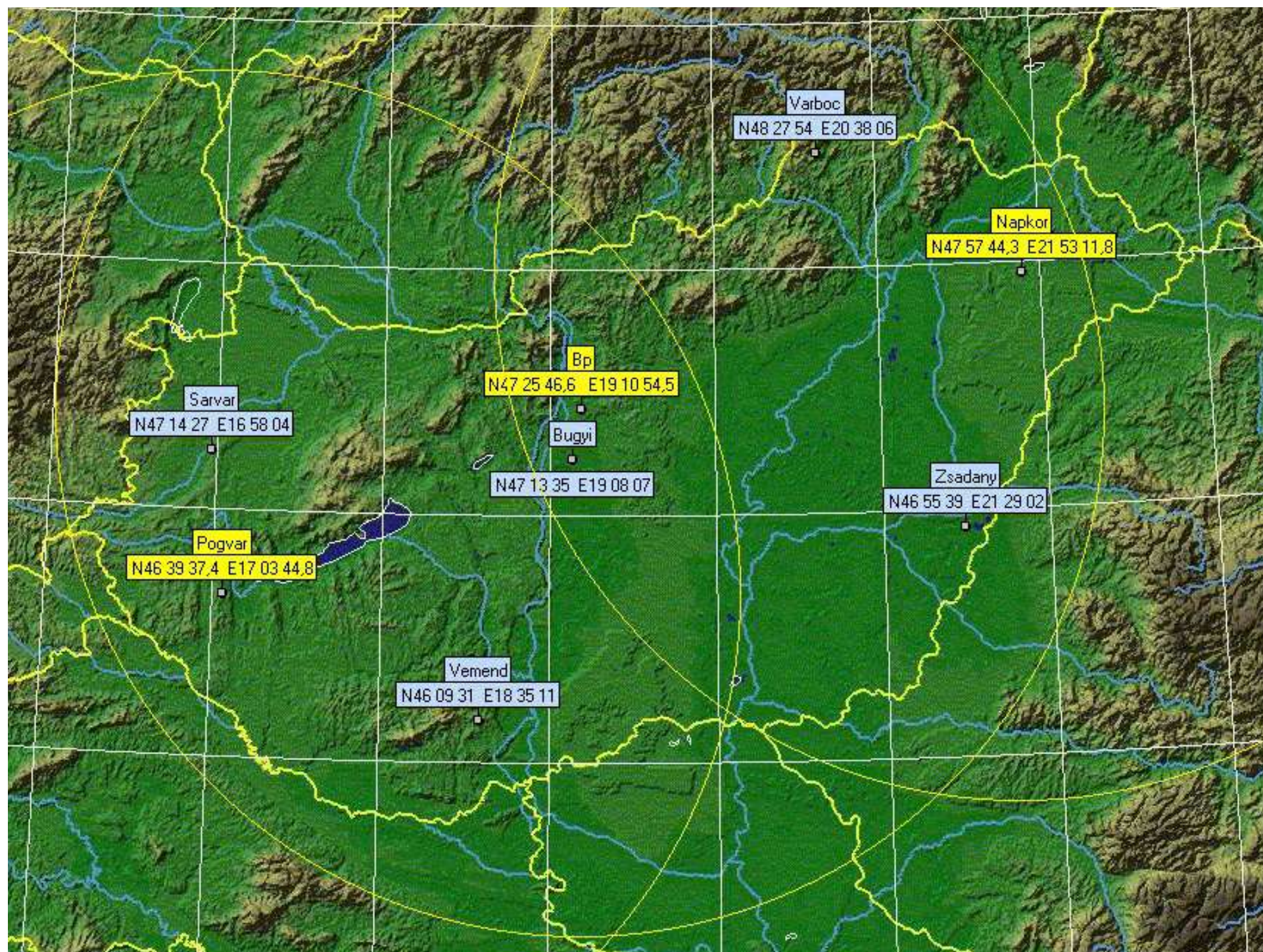


Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.

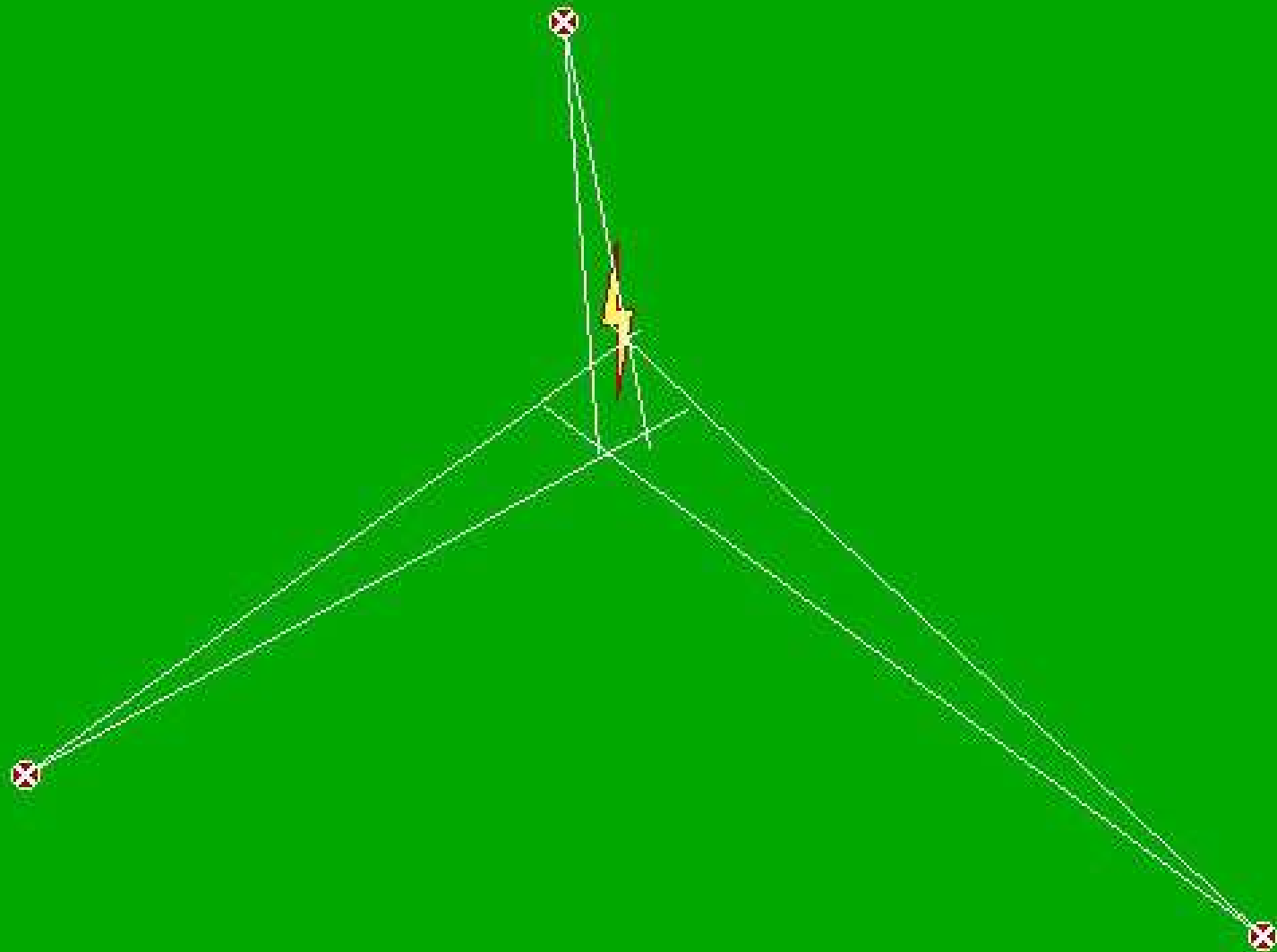
Villámcsapásokat regisztráló készülék

Palatin Gergely, Pannonhalma, 1901



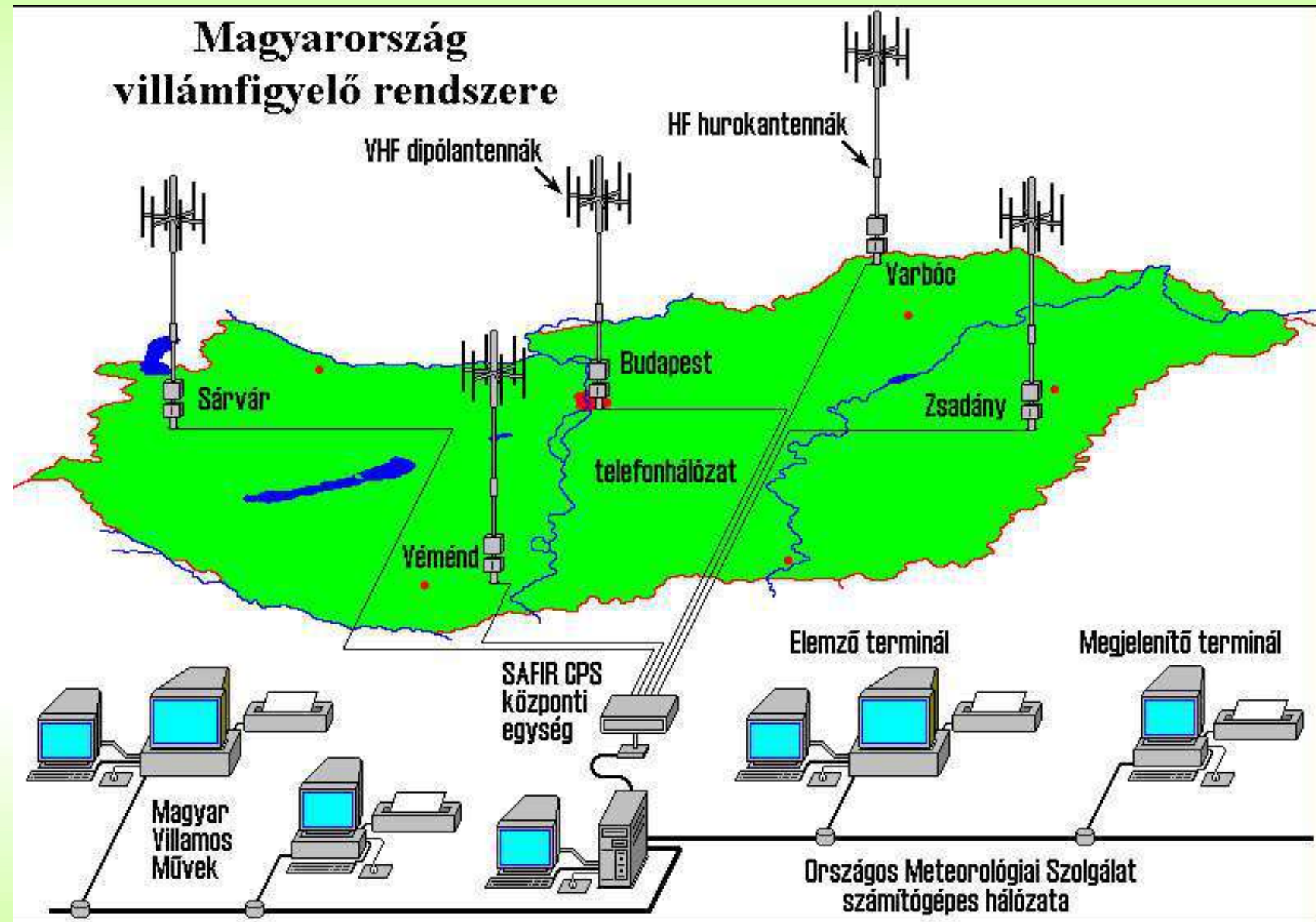


Helymeghatározás irányméréssel

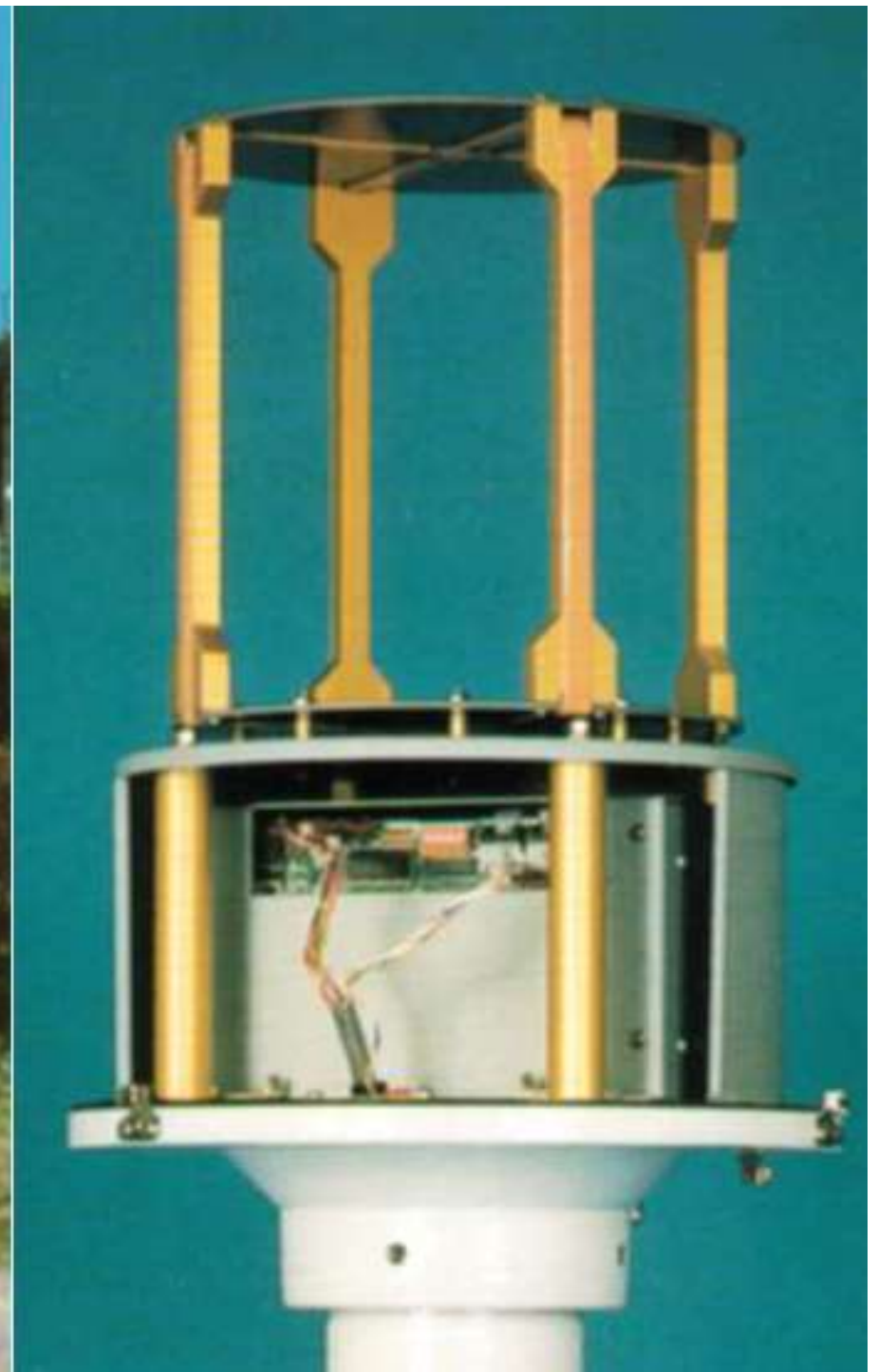


ENTER

Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.



Antennák



20/06/2004

01:30:00

LOCALIZATION

Codage: Temporal

from 20/06/2004 01:30:00
to 20/06/2004 02:41:59

95 Intra-Clouds
16 Return Strokes

VILLÁMFIGYELŐ RENDSZER ÁLTAL SZOLGÁLTATOTT ADATOK

Edge: Gyor0620

02:41:59

20/06/2004



Magyar
Villamos
Művek Rt.



SAFIR
DIMENSIONS



Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.

Multimédiás villámvédelmi oktató program



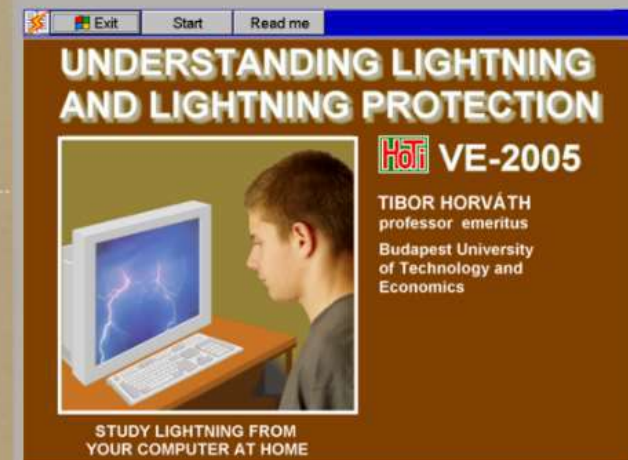
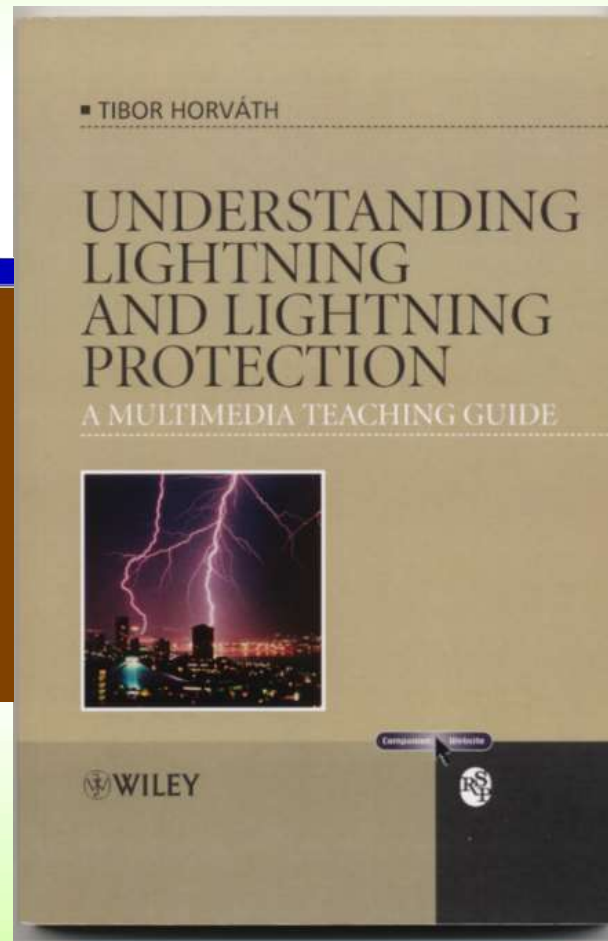
A villámvédelem oktatása a Műegyetemen

- **A Budapesti Villámvédelmi Iskola fejlődésében jelentős szerepe volt a „Villámvédelem” című választható tantárgynak, amely az 1970-es években, heti két előadással kezdődött.**
- **Az 1990-es években fokozatosan készült az előadásokat szemléltető számítógépi program, amelyet a hallgatók a tanteremben foglalkozhattak. 1995-től a teljes anyagot átfogó programot minden hallgató megkapta mágneslemezen.**
- **2000-től már mindkét félévben folyt előadás, mindkét alkalommal 120-150 hallgatóval, akik vizsgán számoltak be tudásukról.**
- **A teljes szemléltető anyagot, angol nyelvű magyarázó szöveggel jelentette meg a John Wiley & Sons kiadó Angliában. Azóta a program az internetről letölthető.**
- **A hallgatók felkészülten fogadták be villámvédelemnek, közöttük a Budapesti Villámvédelmi Iskola kutatásainak a félvezetős elektronika terjedésével egyre fontosabbá váló kutatási eredményeit.**



Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.

A magyar és angol nyelveken kidolgozott multimédiás villámvédelmi oktató program - HoTi



The accompanied web-based animation program
<http://www.wiley.com/go/horvath>



BME Villamos Energetika Tanszék
Nagyfeszültségű Technika és Berendezések Csoport

85



Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.

ÚJ ÉS KÜLÖNLEGES VILLÁMVÉDELMI MEGOLDÁSOK



Új villámvédelmi megoldások

- Az előadás bemutatja a különleges objektumok villámvédelemére szolgáló legújabb elméleti és gyakorlati eredményeket.
- Az elmúlt évtizedekben az épületek hagyományos külső (primer) és belső (szekunder) villámvédelme mellett különös hangsúlyt kapott néhány új eredmény, mely döntően a különleges építmények és objektumok védelmét szolgálja.
- Az új villámvédelmi megoldások kifejlesztését a környezetünkben bekövetkezett megváltozott feltételek és igények indokolták.

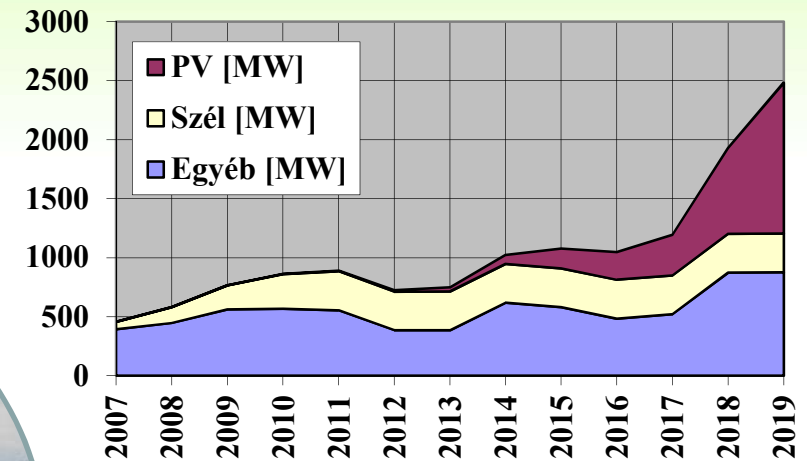


KÜLÖNLEGES VILLÁMVÉDELMI MEGOLDÁSOK A KÖZELMÚLTBAN MEGVÁLTOZOTT FELTÉTELEK ÉS IGÉNYEK SZERINT

- Előtérbe kerülnek az emberi időléptékben megújulni képes energiaforrások (**megújulók**: **napenergia**, biomassa, **szélerenergia**, vízenergia, geotermikus energia, árapály energia).
- Rohamosan terjednek az egyre **növekvő feszültség szintű**, növekvő oszlopmagasságú és növekvő hosszúságú **átviteli hálózatok** (nagyfeszültségű [HV], extra- nagyfeszültségű [EHV] és ultra-nagyfeszültségű [UHV] váltakozófeszültségű [AC] és egyenfeszültségű [DC] rendszerek).
- Rendkívül gyorsan fejlődnek az **információs és kommunikációs technológiák** (IKT).
- Egyre inkább teret hódít az **e-mobilitás** (e-autók, villanykamionok és e-buszok, az e-hajók és napelemes hajók, az elektromos repülőgépek, rakéták és műholdak),
- Megjelent az **5. generációs mobilhálózat** (5G).
- Egyre több **smart megoldás** jelentkezik (okos város, okos ház, okos otthon, okos eszközök).
- Rendkívüli mértékben megnövekedett az **emberi élet védelmének** fontossága.



Néhány példa a különleges villámvédelmet igénylő rendszerekre



A magyar VER megújuló energiaforrásból származó kapacitása MW-ban éves bontásban [IRENA, 2017, 2020]

**Új kérdések és új igények
merültek fel
Különleges villámvédelmi
megoldások szükségesek**

**Válaszok:
ICLP, IEC, CIGRÉ**



Különleges villámvédelmi megoldások

- 1. különleges geometriájú objektumoknál**
- 2. különleges helyszínen és/vagy környezetben lévő objektumoknál**
- 3. kiemelten érzékeny információs és kommunikációs (IKT) technológiákhoz, azok készülékeihez, rendszereihez és berendezéseihez kapcsolódó objektumoknál**
- 4. időben változó kockázatú helyszínek, mint védendő objektumok**



1. Különleges villámvédelmi megoldások különleges geometriájú objektumok esetén

- 1.1. Rendkívül **magas lakóépületek, középületek**, illetve azok tetején elhelyezkedő nagyforgalmú **nyitott teraszok**
- 1.2. Nagy magasságú **adótornyok**, mint építmények
- 1.3. Nagy magasságú és rendkívül hosszú nagyfeszültségű **távvezetékek**, mint építmények
- 1.4. Nagy magasságú, egymáshoz közel elhelyezkedő, közel azonos elemekből álló **szélerőmű park**, mint egyéb objektum
- 1.4. Kis magasságú, de nagy vízszintes kiterjedésű, közel azonos elemekből álló **naperőmű park**



2. Különleges villámvédelmi megoldások különleges helyszínen és/vagy környezetben lévő objektumok esetén

- 2.1. Hegytetőn, vagy hegygerincen elhelyezkedő **épületek**
- 2.2. Hegycsúcson, vagy hegygerincen elhelyezkedő **adótornyok**
- 2.3. Hegycsúcsra, vagy hegygerincre felvezető **távvezetékek**, vagy nyitott **felvonók**
- 2.4. Szabadtéren, vagy nyílt vízfelületen sok ember számára kialakított **tartózkodási helyek**
- 2.5. Szabadtéren, vagy nyílt vízfelületen közlekedő **nyitott járművek**



3. Különleges villámvédelmi megoldások kiemelten érzékeny információs és kommunikációs (IKT) technológiákhoz, azok készülékeihez, rendszerihez és berendezéseihez kapcsolódó objektumok esetén

- 3.1. Nagyforgalmú rendezvények épületei (**múzeumok, mozik, színházak**)
- 3.2. Nagyforgalmú rendezvények építményei (**kilátók, nyitott teraszok**)
és **épületek tetejére épített** nyitott helyszínek, mint építmények
- 3.3. Szabadtéren és nyílt vízfelületen közlekedő **nyitott járművek**



4. Különleges villámvédelmi megoldások időben változó kockázatú helyszínek, mint védendő objektumok esetén

4.1. Épületek

4.1.1. jelentős embertömegnek egy épületben való tartózkodása idejére

4.2. Építmények

4.2.1. **távvezetékeken**, tornyokon a tartózkodás idejére, föld feletti **csővezetékeken**
a végzett munka idejére

4.2.2. **lefedetlen stadionok, szabadtéri koncertek, tömegrendezvények kiszolgáló
létesítményei a rendezvény idejére**

4.3. Objektumok

4.3.1. **szabadtéri opera előadások, rock koncertek, Formula 1-es autóversenyek
nézőtere a rendezvény idejére**

4.3.1. **repülőtéren a repülőgép fedélzetén a földi tankolás idejére**



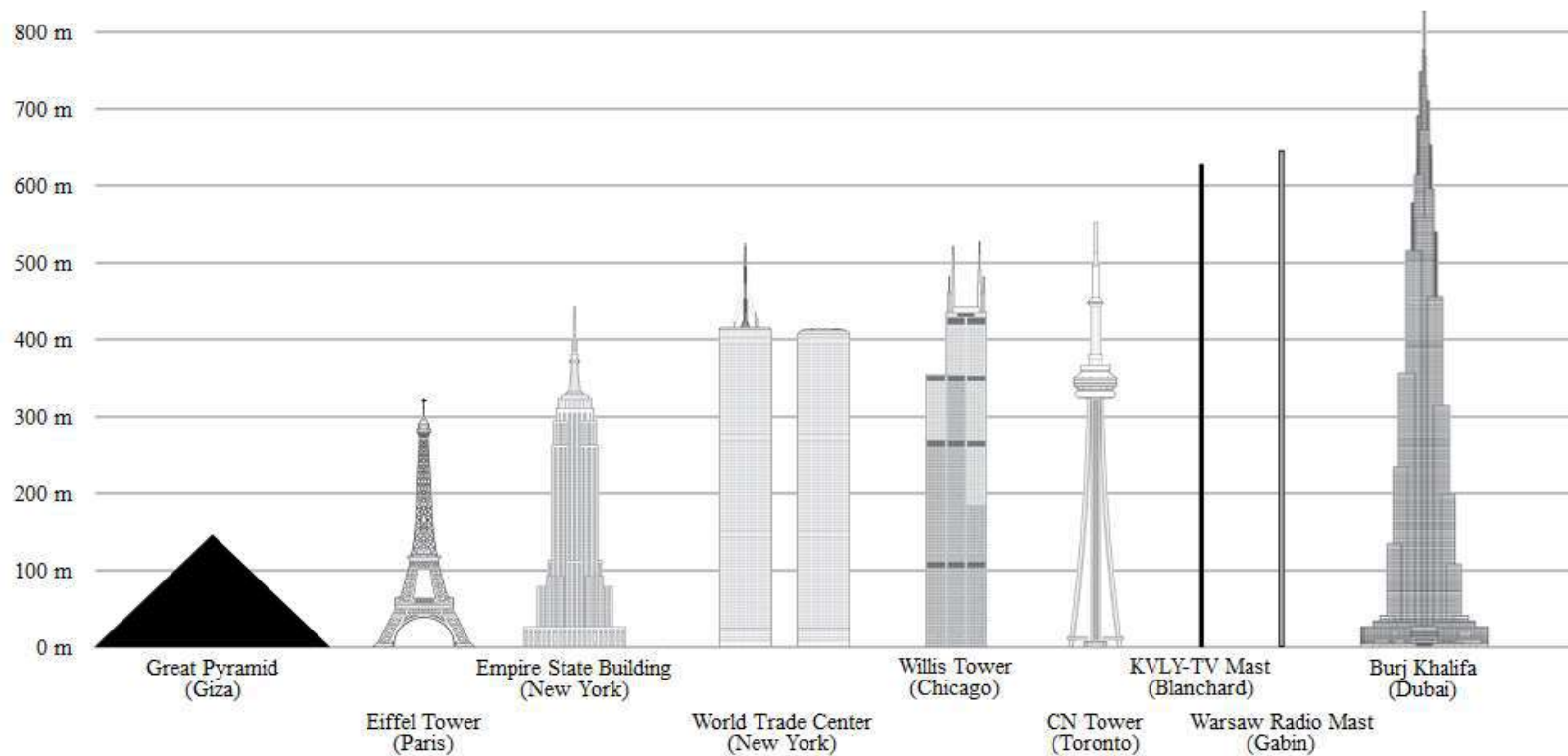
Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.

Magas épületek, építmények és nyitott tetőteraszok különleges villámvédelme



Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.

A világ legmagasabb épületei



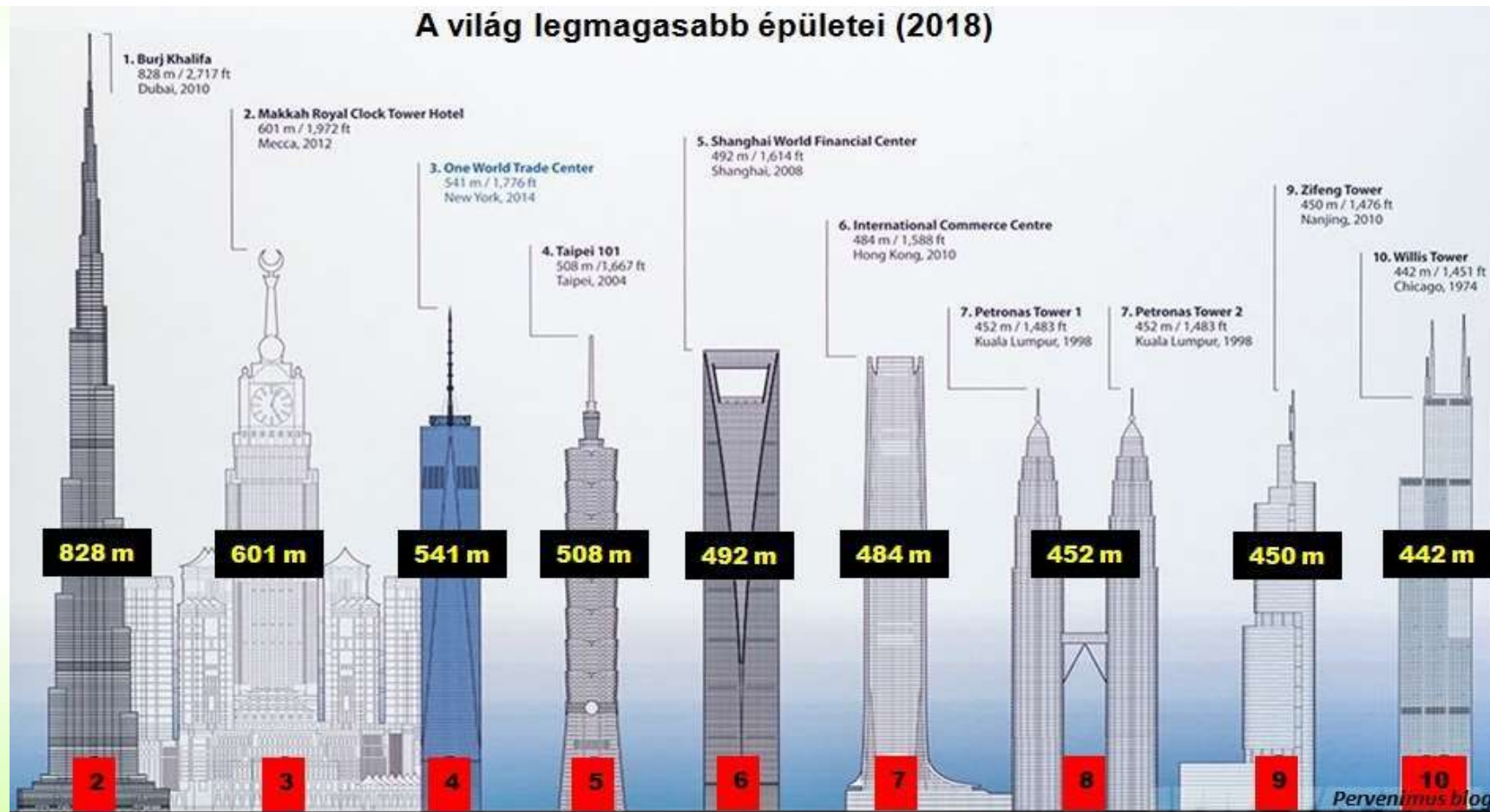
Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.

Burj Khalifa, Dubai, Egyesült Arab Emírségek



Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.

2021-ben tervezik a Kingdom Tower (1008 m) átadását Szaúd-Arábiában, Dzsiddában



Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.

Nyitott tetőteraszok villámvédelme nagy látogatottságú létesítményekben



Az épületekre épített teraszokon tartózkodó emberek villámvédelme

- Megoldás, ha **az épület villámvédelmét úgy tervezzük meg, hogy a teraszon tartózkodók védelmét is elássa**, ekkor sérülhet a terasz nyitott jellege
- Ha a zivatarveszély esetén **a teraszon való tartózkodást megtiltjuk**, akkor az jelent problémát, hogy meg kell valósítani a zivatarjelzést, és a terasz tényleges kiürítését
- Ha csupán a táblázást (a **tiltó felírat kihelyezése**) választjuk, akkor nehézséget jelent, hogy mit jelent a zivatarveszély (dörgést hallunk, villámlást látunk, esik az eső), mindez **az emberekre van bízva**
- A teraszon álló emberre vonatkozó egyszerűsített kockázatszámításról – melyet a nemzetközi szabványosításban célszerű lenne alkalmazni – **szakmai vita folyik**



Felmerülő kérdések és válaszok

- Milyen kockázatot kell vizsgálni?
(az MSZ EN 62305-2:2012 - Kockázatkezelés szerint)

R1: emberi élet elvesztésének kockázata (!)

FIGYELMEZTETŐ TÁBLÁK ÉS FELÍRATOK

ZIVATARVESZÉLY ESETÉN TILTÁS

R2: közszolgáltatás kiesésének kockázata (-)

R3: kulturális örökség elvesztésének kockázata (-)

R4: gazdasági érték elvesztésének kockázata (!)

**EL KELL VÉGEZNI A PMAS SZERINTI SZÁMÍTÁST
AZ EREDMÉNY ADJA MEG A VÁLASZT**



Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.

Táblák és feliratok



Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.

Táblák és feliratok kilátókon



Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.

Hosszú nagyfeszültségű távvezetékek különleges villámvédelme



Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.



Nagyfeszültségű AC szabadvezetékek



Nagyfeszültségű AC távvezetékek

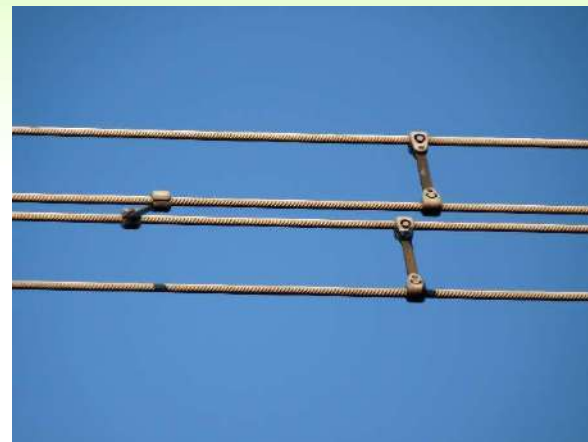
Év	Feszültség
1980	1000 kV
1990	1200 kV
2000	1500 kV

Feszültség	Teljesítmény
400kV	640 MW
700kV	2000 MW
1000kV	4000 MW
1200kV	5800 MW
1500kV	9000 MW



Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.

A 750 kV-os nagyfeszültségű távvezeték



Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.

Megsérült szigetelők cseréje nagyfeszültségű távvezetéken – feszültség alatti munkavégzés



A nagyfeszültségű távvezetékek (AC és DC) feszültség szintjei

HV ... Nagyfeszültség

60kV < AC feszültség ≤ 220kV

60kV < DC feszültség ≤ 220kV

EHV ... Extra Nagyfeszültség

220kV < AC feszültség ≤ 800kV

220kV < DC feszültség ≤ 600kV

UHV ... Ultra Nagyfeszültség

800kV < AC feszültség

600kV < DC feszültség



Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.

A DC nagyfeszültségű távvezetékeknel a nyomvonal szélessége lényegesen kisebb, az oszlop szerkezete egyszerűbb, mint az AC vezetékeknel



**937 km hosszú, ± 500 kV, 1800 MW,
Bipole 1 egyenáramú (DC) távvezeték,
1985**



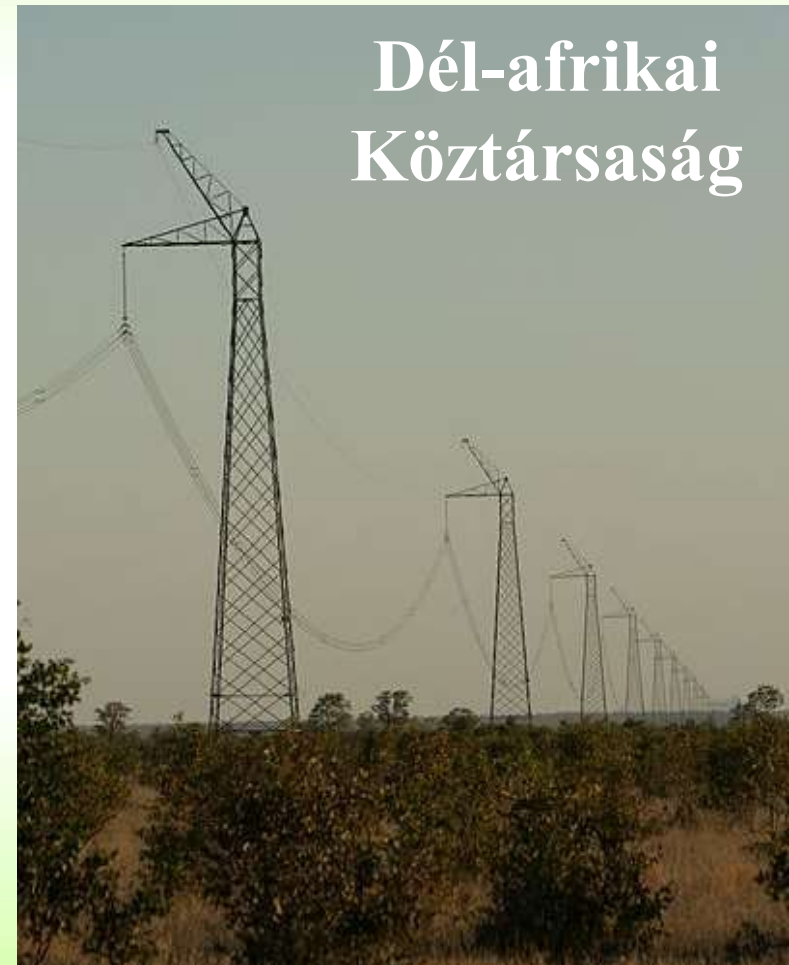
A DC távvezeték különleges felépítésű oszlopain 1 fázisvezető köteg és 1 villámvédelmi védővezető helyezkedik el

1414 km hosszú, ± 533 kV, 1920 MW átviteli képességű bipoláris egyenáramú (DC) nagyfeszültségű távvezeték.

Az 1977 és 1979 között épült 7000 oszlopos vezeték két, egymástól 1 km-re lévő oszlopsoron halad, az áramvezető 4×565 , a villámvédelmi védővezető $1 \times 117 \text{ mm}^2$ -es.

Földvezetéke a kb. 2000 km hosszban elnyúló, mintegy 150 m vastag feketeszén mező, melybe le kellett fúrni.

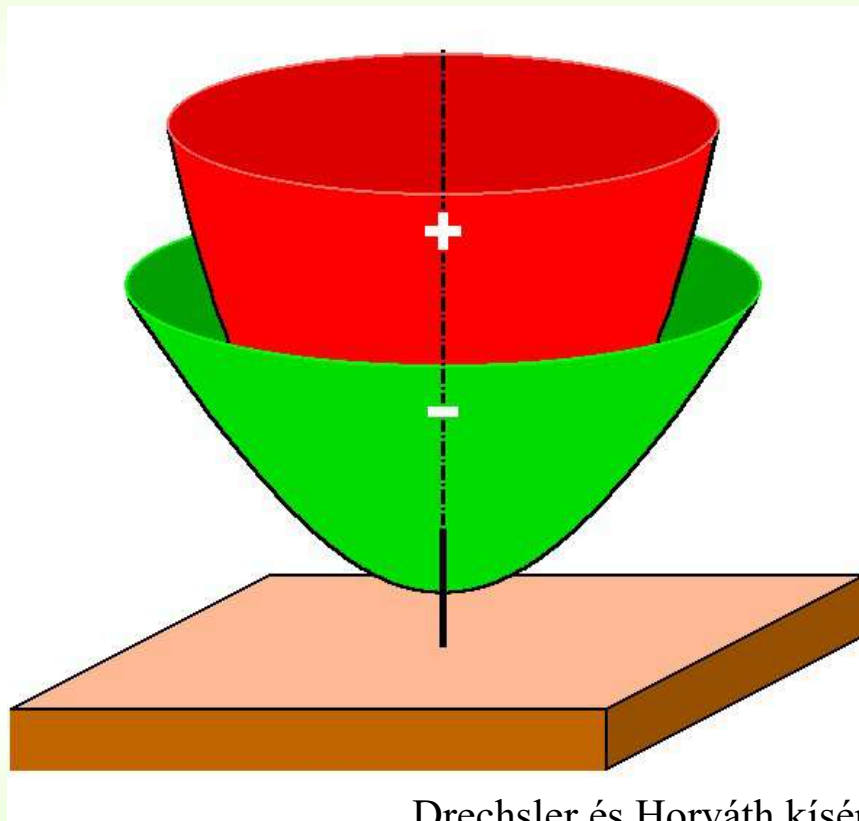
Aktív kutató munka folyik az AC és a DC nagyfeszültségű távvezetékek közötti vonzási terek jellemzőinek tisztázására



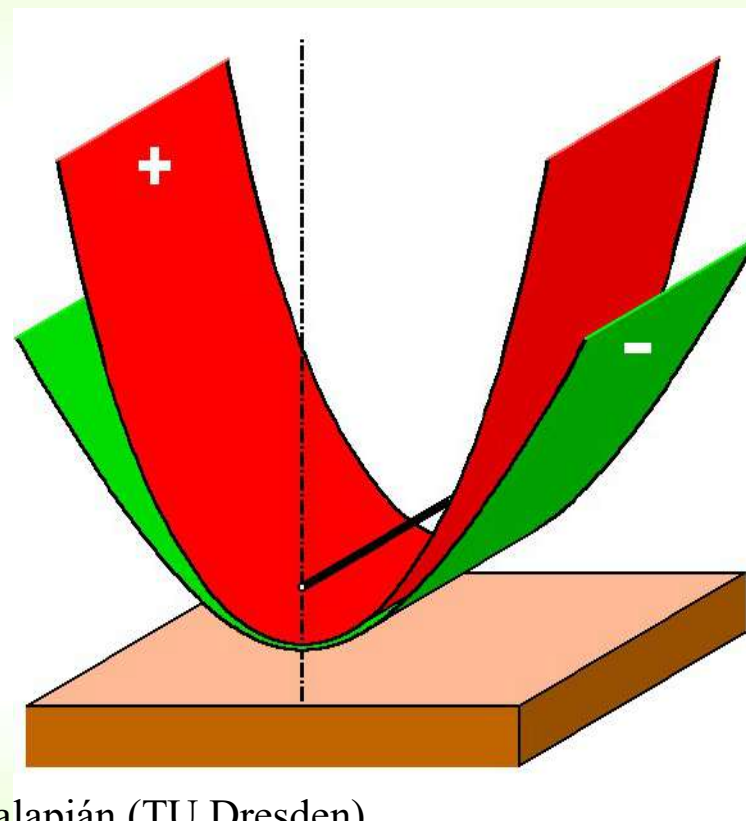
Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.

1. A villám polaritásának hatása a vonzási térre

Torony



Távvezeték



Drechsler és Horváth kísérletei alapján (TU Dresden)

2. Adott szigetelés $\sqrt{2}$ -ször nagyobb feszültséget bír el



Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.

Naperőmű parkok különleges villámvédelme

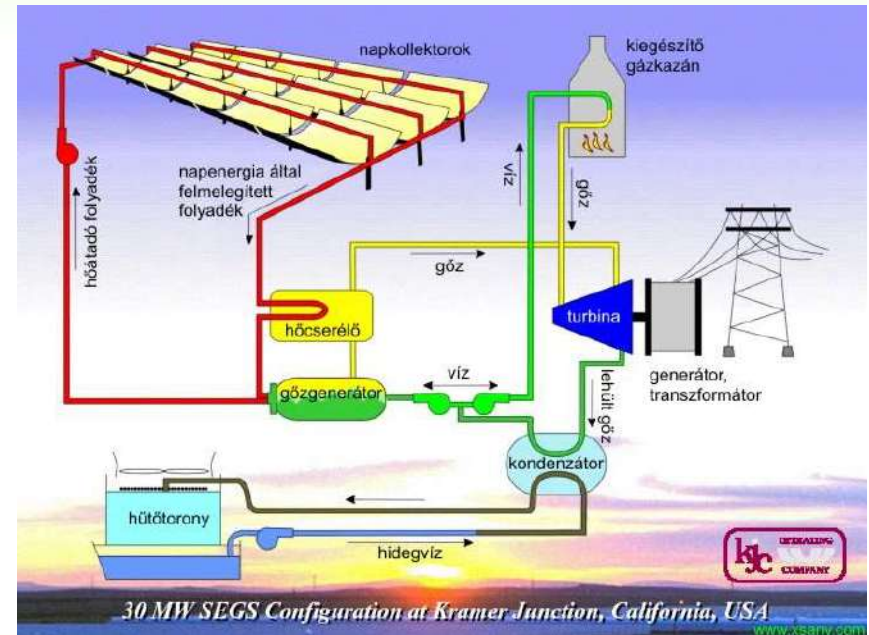


Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.

Naperőmű



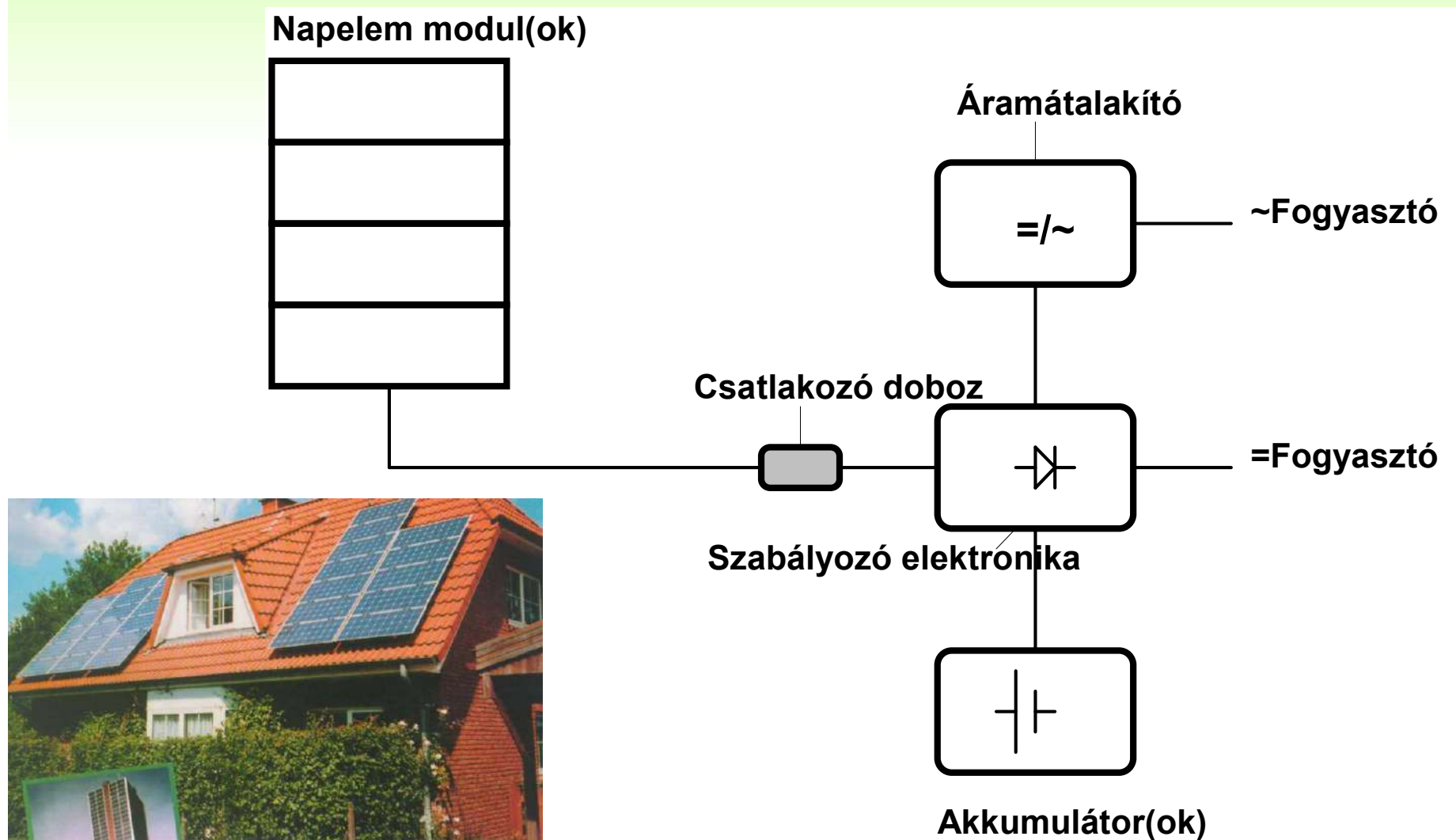
napelemes



napkollektoros



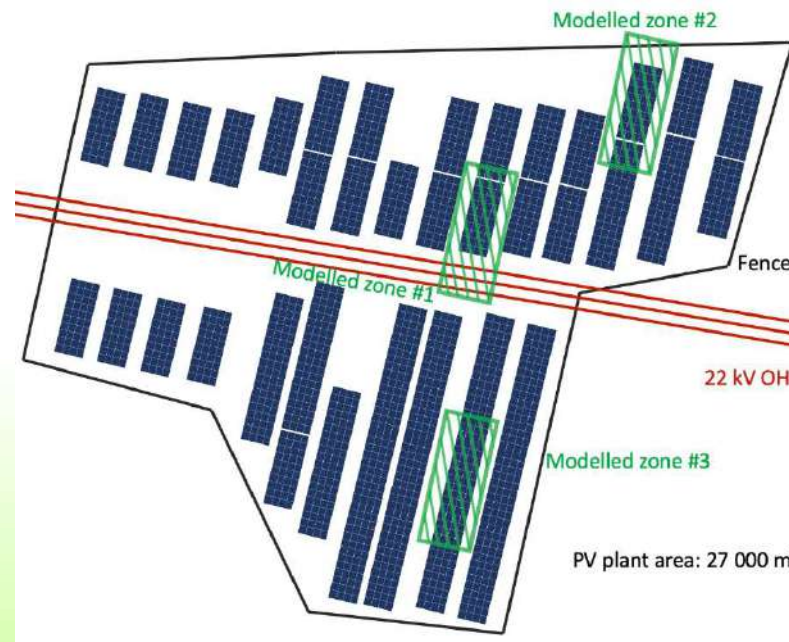
A lakossági napelemes berendezések felépítése



Fotovoltaikus erőművek 1

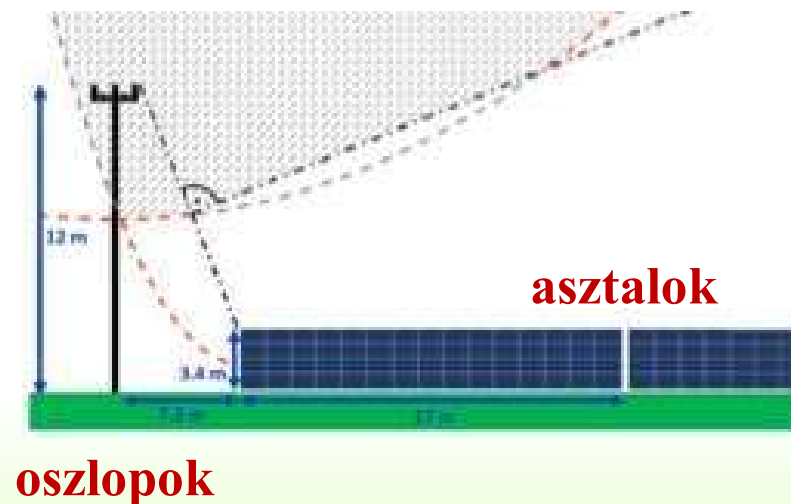
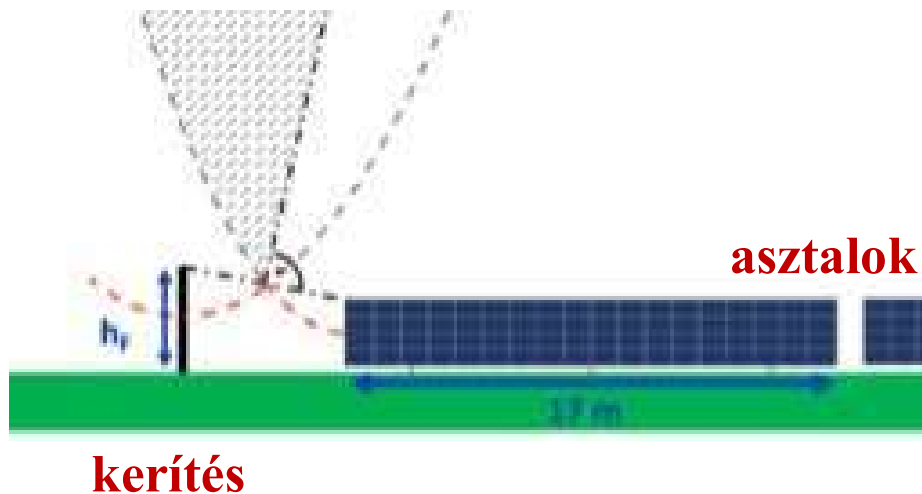
- Az erőmű főként kis magasságú, közel azonos, ismétlődő elemekből áll (napelem modulok, asztalok, sorok)
- A növekvő teljesítménnyel törvényszerűen növekszik a terület
- Az erőművet érő villámcsapás valószínűsége a védendő objektum nagy vízszintes kiterjedés miatt nagy

alapterület



Fotovoltaikus erőművek 2

- Az erőműben különféle vagyonvédő elemeket (védőkerítést kaput, világítási és kamera oszlopokat) kell építeni



- A védőkerítést és az oszlopokat célszerű felhasználni a primer villámvédelem részeként



Fotovoltaikus erőművek 3

- A csatlakozó berendezéseket és készülékeket (transzformátorok, kapcsoló berendezések, teljesítményelektronikai eszközök stb.) a sorok között földelt és árnyékol szekrényekben, **kiegészítő épületekben** kell elhelyezni
- A naperőmű területén egyrészt érintésvédelmi, másrészt villámvédelmi célokra összefüggő **földelőhálót** kell kiépíteni



Fotovoltaikus erőművek 4

- A **primer villámvédelem** az ismétlődő elemeket (napelem modulokat, asztalokat, sorokat), a vagyonvédő oszlopokon elhelyezett érzékeny szerkezeteket és a kiegészítő épületeket védi a közvetlen villámcsapásoktól.
- A jelenlegi szabályozás szerinti a primer védelem
 - **nem veszi figyelembe** a környezeti adottságokat és a tereptárgyakat,
 - emiatt **felesleges primer villámvédelmi elemek** kerülhetnek kiépítésre
- A zónás és többlépcsős **szekunder villámvédelem** főként a teljesítményelektronikai eszközök védelmére szolgál



Felmerülő kérdések és válaszok 1

- Szükség van-e a fotovoltaikus erőművek primer villámvédelmének kiépítésére?
- A válasz csak kockázatszámítás alapján dönthető el!
- Milyen kockázatot kell vizsgálni?

(az MSZ EN 62305-2:2012 - Kockázatkezelés szerint)

R1: emberi élet elvesztésének kockázata (rendelkezések, táblázás)

R2: közszolgáltatás kiesésének kockázata (?)

R3: kulturális örökség elvesztésének kockázata (-)

R4: gazdasági érték elvesztésének kockázata (!)

**EL KELL VÉGEZNI A PMAS SZERINTI SZÁMÍTÁST,
AZ EREDMÉNY ADJA MEG A VÁLASZT**

- Szükség van-e szekunder villámvédelem kiépítésre?
- Erre a kérdésre is a PMAS szerinti kockázatszámítás eredményének alapján lehet megadni a választ



Felmerülő kérdések és válaszok 2

- Ki kell-e építeni az **összefüggő villámvédelmi földelési rendszert**?

Az összefüggő földelési rendszer kiépítését a **szabványos érintésvédelemi előírások** önmagukban indokolják

Amennyiben akár a primer, akár a szekunder villámvédelem esetén a **gazdasági érték elvesztésének kockázata** indokolja (a számított kockázat, meghaladja az elviselhető kockázat értékét az MSZ EN 62305-2:2012), ki kell építeni az összefüggő földelési rendszert



Új villámvédelmi eredmények

(a primer és a szekunder villámvédelem működése)

- A fotovoltaikus erőműveknél a **PMAS elmélet alapján** végzett, az eddigieknél pontosabb számítások választ tudnak adni arra a kérdésre, hogy **szükséges-e primer villámvédelem**, illetve ha igen, akkor **milyen védelmi szintet érdemes alkalmazni esetleg eltérve a szokásos gyakorlattól**.
- Fontos eredmény, hogy a számítás során **nem hanyagolhatók el** a fotovoltaikus erőmű területén, vagy annak közvetlen környezetében lévő, a PV asztalokkal összemérhető magasságú objektumok (**vagyonsvédelmi elemek pl. a kerítés, a kamerákat tartó, és a világítási oszlopok**), azokat a primer villámvédelem részének kell tekinteni.



Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.

Szélerőmű parkok különleges villámvédelme



SZÉLERŐMŰ



SZÉLERŐMŰ

GYÖNYÖRŰ
DE
HAMIS KÉP



SZÉLERŐMŰ PARK



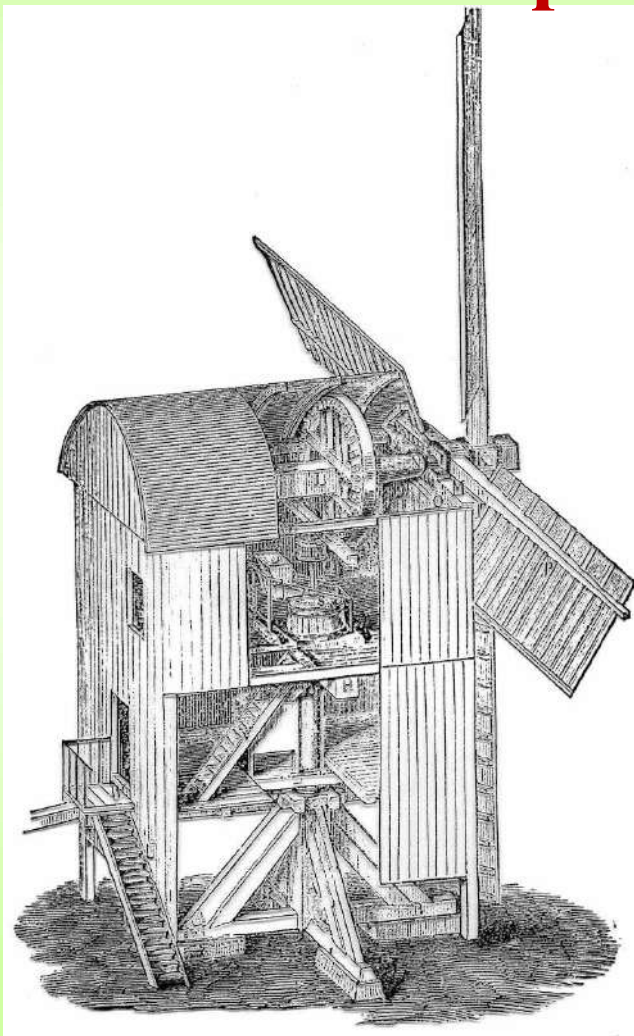
VESZÉLYES HULLADÉK



Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.

Szélmalom metszet

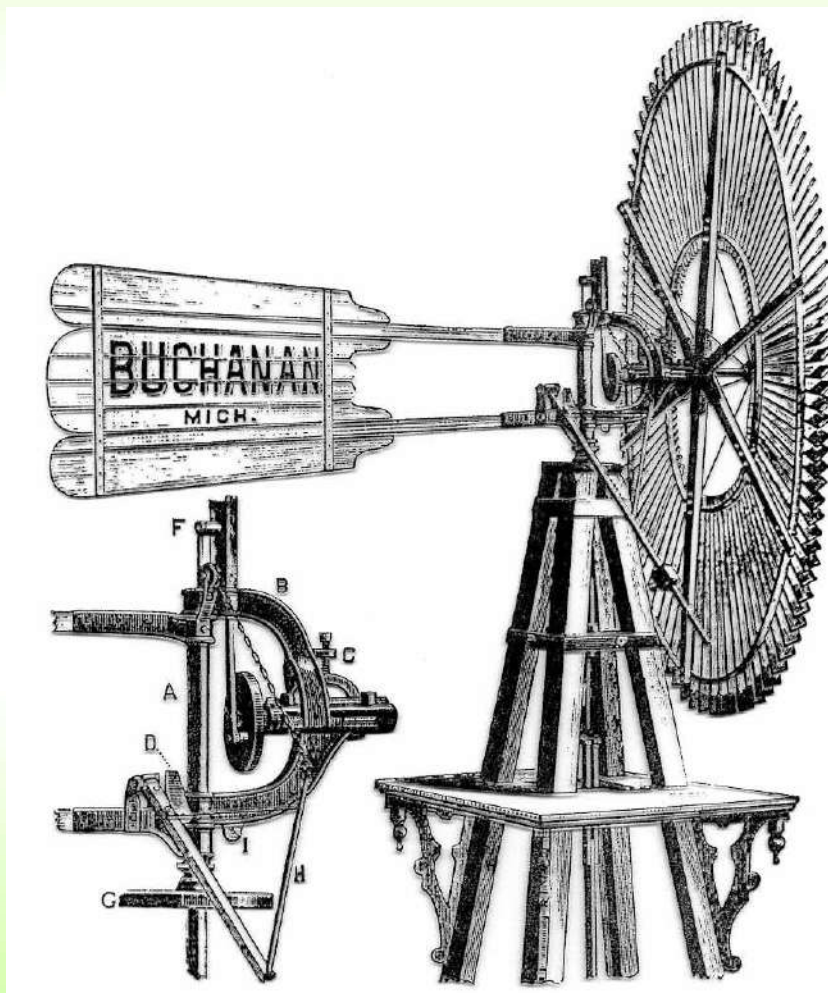
Közel keletről került Európába (IX-X sz.)



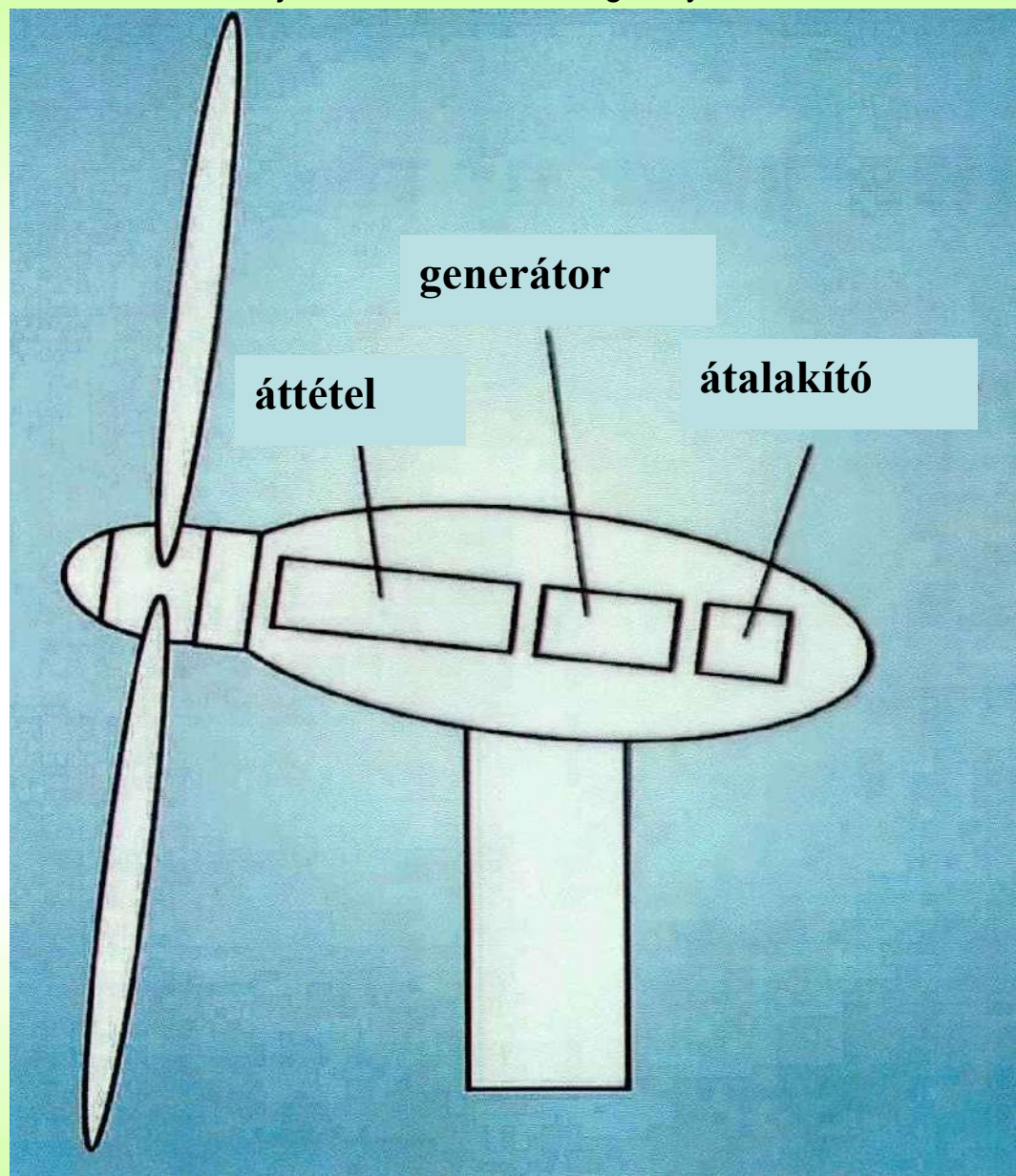
Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.

Szélkerék

(Amerika XVIII-XIX sz. főleg szivattyúzásra)



Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.

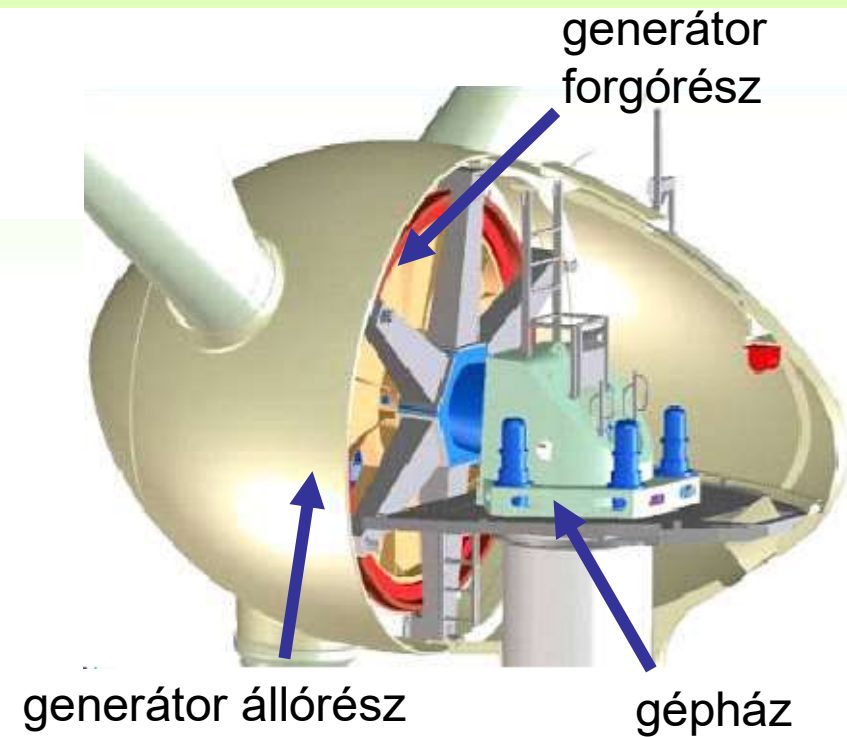


Hagyományos szélturbina felépítése



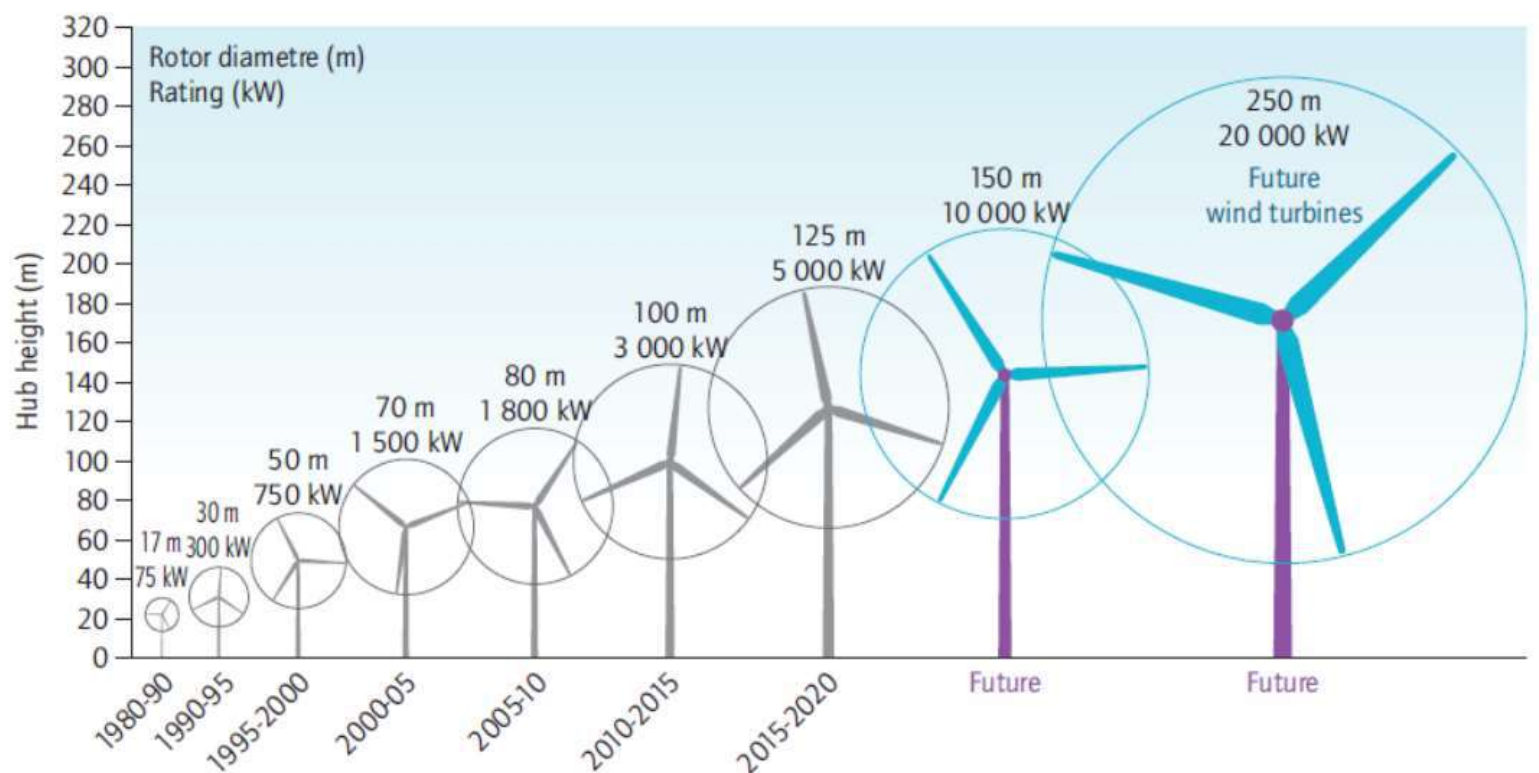
Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.

Szélturbina



Szélerőmű villámvédelme - magasság

A növekvő beépített teljesítménnyel együtt nő a magasság,
és a villámok becsapási valószínűsége is

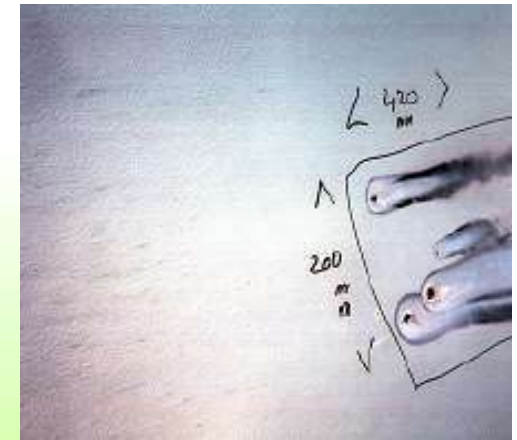


International Energy Agency, "Technology Roadmap - Wind Energy" in International Energy Agency, 9 rue de la Fédération, 75015 Paris, France, 2013



Szélerőmű villámvédelme – rossz japán példa

- Szélerőmű és villámvédelmi torony (turbina: 100,25 m, torony: 105 m)
- Villámcsapások okozta sérülések, kisülési talppontok, lyukak a lapátokon



Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.

Villámcsapás miatt megsérült szélkeréklapátok **(a primer villámvédelem hibás működése)**



BME Villamos Energetika Tanszék
Nagyfeszültségű Technika és Berendezések Csoport

134



Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.

Villámcsapás miatt megsérült gondola (a primer és/vagy a szekunder villámvédelem hibás működése)



Új villámvédelmi eredmények, szélgenerátorok

(a primer villámvédelem működése)

- A szélerőműveknél a **szélgenerátorok lapátjait szigetelő műanyagból készítik**, de primer villámvédelmi céllal a lapátokra **fémről készült földelt felfogókat** szerelnek.
- A szélgenerátorok villámvédelmének tervezése során – az általános felfogással ellentétben – **nem elegendő csak a szélerőmű lapátjának fémes szerkezeti részeit figyelembe venni.**
- **A lapátok szigetelő felületei az azokat közvetlenül érő villámcsapások miatt gyakran megsérülnek.**
- A lapát szerkezetének kialakításakor részletesen **vizsgálni kell** az alkalmazott **szigetelőanyagok villamos anyagjellemzőit**, és azoknak a környezettől függő változásait.
- A **szigetelőanyagok kisülésállósága** mellett figyelembe kell venni a szigetelő felületeknek a **vonzási tér megváltoztatására** gyakorolt hatását.



Ez az oktatási segédanyag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatója által kidolgozott szerzői mű.
Kifejezett felhasználási engedély nélküli felhasználása szerzői jogsértésnek minősül.

Szabványosítás



NEMZETKÖZI SZABVÁNYOK – HAZAI SZABÁLYOZÁS

A jelenlegi villámvédelmi szakmai háttér az alábbi dokumentumok adják:

Nemzetközi szabványok

- = MSZ EN 62305-1:2011, MSZ EN 62305-2:2012, MSZ EN 62305-3:2011, MSZ EN 62305-4:2011
- = MSZ EN 62561-1:2017, MSZ EN 62561-2:2012, MSZ EN 62561-3:2018, MSZ EN 62561-4:2018
MSZ EN 62561-5:2018, MSZ EN 62561-6:2012, MSZ EN 62561-7:2012
- = MSZ EN 61643-11:2013

Hazai szabályozás

- = 54/2014 (XII. 05) BM rendelet, OTSZ
- = Villamos TvMI 7.4:2020.01.22, Felülvizsgálati TvMI 12.3:2020.01.22,
- = MSZ 274/1-77, MSZ 274/2-81, MSZ 274-2-1M-2, MSZ 274/3-81, MSZ 274-3-2M, MSZ 274-3-1M,
MSZ 274/4-77
- = MSZ IEC 1312-1:1997
- = 2/2002. (I. 23.) BM rendelet
- = 9/2008. (II. 22.) ÖTM rendelet



MSZ 274 Villámvédelem

- Dr. Horváth Tibor 1962-ben, a **becsapási valószínűségen és a kockázaton alapuló, teljesen új elvek szerint dolgozta át a magyar villámvédelmi szabványt (MSZ 274-62)**. E szerint a védendő épületeket a veszélyességük szerinti csoportokba kell besorolni, és ennek megfelelő fokozatú villámvédelemmel kell ellátni. A szabvány a villámhárító minden elemére meghatározza a fokozatokhoz tartozó műszaki követelményeket. Ez a rendszer bonyolult számítások nélkül valósítja meg azt az elvet, hogy a kockázat növekedésével egyre nagyobb hatékonyságú villámvédelmet kell létesíteni.
- A világon először ez a szabvány vezette be a **gördülő gömb módszert**, amely tíz évvel később a felfogórendszer szerkesztésének alapja lett. A nemzetközi szakirodalomban ekkor jelentek meg az első elmélkedések arról, hogy ez lehet a jövő fejlődés útja, de a módszert még 20 év múlva is sokfelé visszautasították. A gördülő gömb módszer mára már nemzetközi szabványban szereplő eljárássá vált.



Villámvédelmi szabványosítás

(tervezői, műszaki ellenőri és felülvizsgálói jogosultság)

- **Norma szerinti villámvédelem**

(az MSZ EN 62305 szabvány hatálya alá tartozó villámvédelem)

MSZ EN 62305-1:2011- Általános alapelvek

MSZ EN 62305-2:2012 - Kockázatkezelés

MSZ EN 62305-3:2011 - Építmények fizikai károsodása és életveszély

MSZ EN 62305-4:2011 - Villamos és elektronikus rendszerek építményekben

- **Nem norma szerinti villámvédelem**

(az MSZ EN 62305 szabvány hatálya alá nem tartozó villámvédelem)

MSZ 274/ 1 – 4 Villámvédelem

54/2014 (XII. 05) BM rendelet az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról (OTSZ)

Villamos Tűzvédelmi Műszaki Irányelvek (TvMI) 7.4:2020.01.22,

Felülvizsgálati Tűzvédelmi Műszaki Irányelvek (TvMI) 12.3:2020.01.22



A védendő objektumok villámvédelmi vizsgálatánál felmerülő különféle kockázatok

(az MSZ EN 62305-2:2012 - Kockázatkezelés szerint)

R1: emberi élet elvesztésének kockázata

R2: közszolgáltatás kiesésének kockázata

R3: kulturális örökség elvesztésének kockázata

R4: gazdasági érték elvesztésének kockázata





Hová vezet az út?

**KÖSZÖNET ILLETI MINDAZON KOLLÉGÁKAT, AKIK
A BUDAPESTI VILLÁMVÉDELMI ISKOLA EGYMÁST
KÖVETŐ 6 GENERÁCIÓJÁBÓL A JELEN ELŐADÁS
TUDOMÁNYOS ANYAGÁNAK ÖSSZEÁLLÍTÁSÁHOZ
HOZZÁJÁRULTAK**

- **Dr. Horváth Tibor professzor emeritus (1928-1918)**
Kimpián Aladár tiszteleti oktató
- **Dr. Berta István professzor emeritus**
- **Dr. Szedenik Norbert tiszteletbeli egyetemi docens**
- **Dr. Kiss István egyetemi docens**
- **Dr. Németh Bálint egyetemi docens és**
Dr. Gulyás Attila okleveles villamosmérnök
- **Dr. Tóth Zoltán tudományos segédmunkatárs és**
Káleczy György doktorandusz

**KÖSZÖNÖM
A
FIGYELMET!**

