



Magyar Mérnöki Kamara  
**ELEKTROTECHNIKAI TAGOZAT**  
Villámvédelmi vizsgára felkészítő tanfolyam 2024



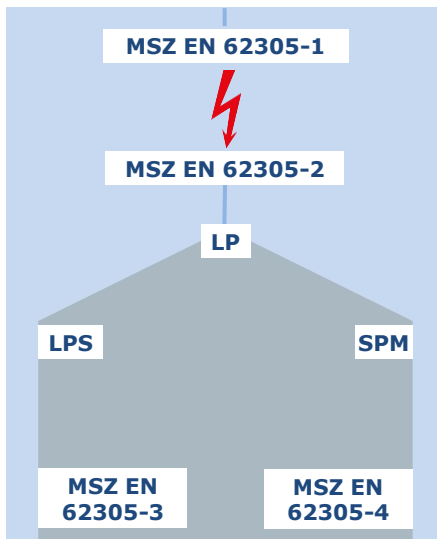
# Villámvédelem az MSZ EN 62305 alapján

1

**MSZ EN 62305-1 Általános  
alapelvek**

2

## Összefüggés az MSZ EN 62305:2011 különböző lapjai között



Villámvesélyeztetés

Kockázat

Villámvédelem  
(LP: **L**ightning **P**rotection )

Villámvédelmi rendszer  
(LPS: **L**ightning **P**rotection **S**ystem)

Védelmi intézkedések a villám  
elektromágneses villámimpulzusa  
ellen (LEMP: Lightning  
Electromagnetic Impulse) (SPM:  
**S**urge **P**rotection **M**easures)

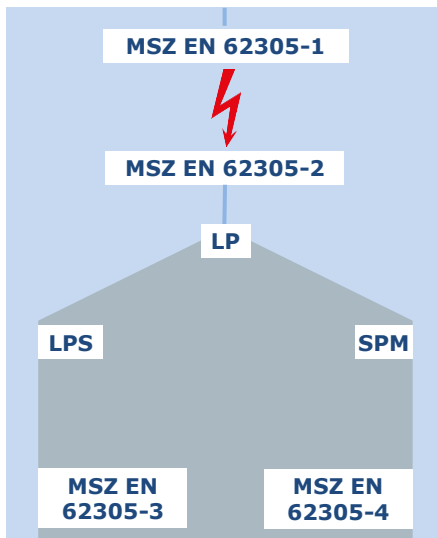
Védelmi intézkedések

Villámvédelem

3

3

## Összefüggés az MSZ EN 62305:2011 különböző lapjai között



### 3 Fogalmak

#### 3.1.39 Villámvédelem

LP

Teljes rendszer építmények védelmére, beleértve az építmények belső rendszereit, és beltartalmát is, valamint a személyek védelmét a villámcsapás hatásai ellen.

#### 3.1.40 Villámvédelmi rendszer

LPS

Teljes rendszer építmények közvetlen villámcsapás okozta fizikai károsodás elleni védelmére.

MEGJEGYZÉS: Ez a külső és a belső villámvédelmi intézkedésekből áll.

#### 3.1.51 Védelmi intézkedések LEMP ellen

SPM

Intézkedések a LEMP következtében az elektronikus és elektromos rendszerek kiesése kockázatának csökkentésére

MEGJEGYZÉS: Ez a védelmi rendszer része a teljes villámvédelemnek.

Villámvédelem

4

4

## Új fogalmak

### MSZ EN 62305-1:2011

#### Villámvédelmi szint, LPL [en: lightning protection level]

A villámparaméterek értékeinek olyan csoportjához rendelt szám, amely akkora valószínűséghez tartozik, amelynél a vonatkozó legnagyobb és legkisebb tervezési értékeket az általában előforduló villámparaméterek nem lépik túl.

MEGJEGYZÉS: A villámvédelmi szint a villámparamétereknek megfelelő védelmi intézkedések tervezéséhez szükségesek.

#### Villámvédelmi zóna LPZ [en: lightning protection zone]

Az a zóna, amelyben a villám elektromágneses erőtere meghatározott.

MEGJEGYZÉS: Az LPZ-zóna határai nem szükségszerűen esnek egybe a fizikai határokkal (pl. falak, padló és mennyezet).

22.12.08 / S6011\_c

5

## Változások - az MSZ EN 62305-1:2011 Fontos fogalmak

### MSZ EN 62305-1:2011

Villámvédelem alatt minden intézkedés összességét értjük melyek a villám- és túlfeszültség-védelmet szolgálják. Csak a teljeskörű villámvédelem (LP), amely külső villámvédelemből (LPS) és LEMP elleni védelmi intézkedésekből (SPM) áll, tud hatékony védelmet nyújtani, az összehangolt védelmi rendszer révén.

#### 3.51 az elektromágneses villámimpulzus LEMP elleni védelmi rendszer, SPM [en: surge protection measures] (korábban: LPMS – LEMP protection measures system)

Intézkedések a villamos és elektronikus rendszerek LEMP következtében történő kiesése kockázatának csökkentésére.

MEGJEGYZÉS: Ezen védelmi intézkedések részei a teljes LP villámvédelemnek.

6

## Fontos fogalmak

### MSZ EN 62305-1:2011

3.49 villámvédelmi potenciálkiegyenlítés **EB** [en: lightning equipotential bonding]  
Különálló fémrészek összekötése a villámvédelmi rendszerrel közvetlen vezetőképes csatlakozással vagy túlfeszültség-védelmi eszközön keresztül abból a célból, hogy csökkentsük a villámáram által okozott potenciálkülönbséget.

## Új fogalmak

### MSZ EN 62305-1:2011

#### Fizikai károsodás [en: physical damage]

A villám mechanikai, hő-, vegyi vagy robbantó hatásai következtében az építményben (vagy a benne lévő javakban) bekövetkezett károsodás.

#### Élőlények sérülése [en: injury of living beings]

A villám által előidézett érintési vagy lépésfeszültség miatt az emberek vagy állatok sérülése, ideértve az élet elvesztését is.

#### Villamos és elektronikus rendszerek meghibásodása [en: failure of electrical and electronic systems]

A villamos és elektronikus rendszerekben keletkezett tartós károsodás a villám elektromágneses impulzusa miatt.

#### Lökőhullám [en: surge]

A LEMP által előidézett tranziens hullám, amely túlfeszültség és/vagy túláram formájában jelentkezik.

MEGJEGYZÉS: A LEMP által előidézett lökőhullámok származhatnak villám(rész)áramoktól, a létesítményben lévő hurkokban fellépő induktív hatásoktól és a túlfeszültség-védelmi eszközök (SPD) által átengedett impulzustól.

## Villámvédelem – 1. lap: Általános alapelv

**MSZ EN 62305-1:2011**

### Bevezetés

Protection measures considered in IEC 62305 are proved to be effective in risk reduction. Az IEC 62305 szabványban lévő védelmi intézkedések bizonyítottan hatékonyak a kockázatok csökkentésére.

**Következtetés:**  
Minden további védelmi intézkedés, amely az IEC 62305 szabványban nem szerepel, a szabvánnyal nem konform, és ezért nem jelképezi a technika általánosan elismert szabályait!

**ESE – Early Streamer Emission**

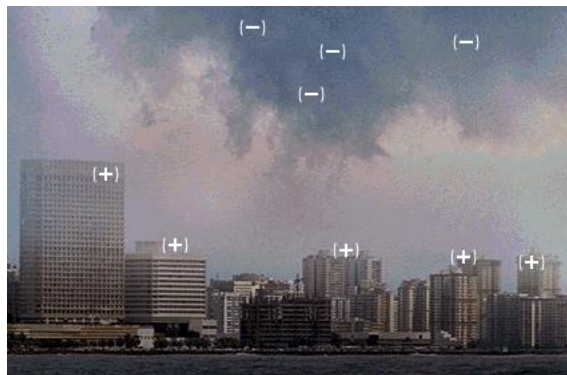


Villámvédelem

9

9

## Villámkisülés keletkezése



23.12.02 / S2930\_a

10

## Villámkisülés keletkezése



23.12.02 / S2930

11

## Villámkisülés keletkezése



23.12.02 / S2930

12

## Villámkisülés keletkezése



23.12.02 / S2930

13

## Villámkisülés keletkezése



23.12.02 / S2930

14

## Villámkisülés keletkezése



23.12.02 / S2930

15

## Villámkisülés keletkezése



23.12.02 / S2930

16



## Villámkisülés keletkezése



23.12.02 / S2930

17

## Villámkisülés keletkezése



23.12.02 / S2930

18

## Villámkisülés keletkezése



23.12.02 / S2930

19

## Villámkisülés keletkezése



23.12.02 / S2930\_k

20

## Villámkisülés keletkezése



23.12.02 / S2930

21

## Villámkisülés keletkezése



23.12.02 / S2930

22

## Villámkisülés keletkezése



23.12.02 / S2930

23

## Villámkisülés keletkezése



23.12.02 / S2930

24

## Villámkisülés keletkezése



23.12.02 / S2930

25

## Villámkisülés keletkezése



23.12.02 / S2930

26

## Villámkisülés keletkezése



23.12.02 / S2930

27

## Villámkisülés keletkezése



23.12.02 / S2930

28

## Villámkisülés keletkezése



23.12.02 / S2930

29

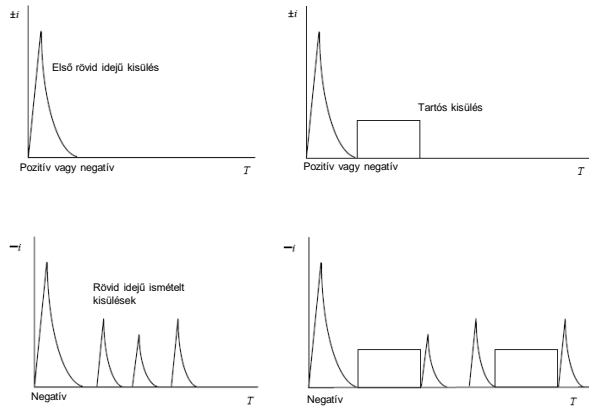
## Villámkisülés keletkezése



23.12.02 / S2930

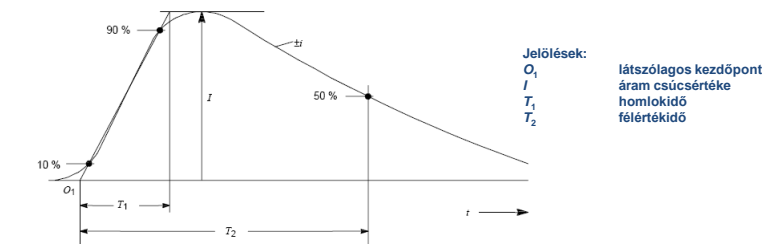
30

## Rövid idejű és tartós kisülések

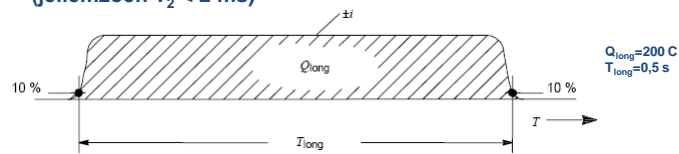


31

## Rövid idejű és tartós kisülés paramétere



**A rövid idejű kisülés paramétereinek meghatározása**  
 (jellemzően  $T_2 < 2$  ms)



**A tartós kisülés paramétereinek meghatározása**  
 (jellemzően  $2$  ms  $< T_{long} < 1$  s)

32



## Villámparaméterek maximális értéke az LPL villámvédelmi szintnek megfelelően

Rövid idejű első kisülés paraméterei	Villámvédelmi szint, LPL		
	I	II	III-IV
Villámáram I (kA)	200	150	100
Fajl. energia W/R (MJ/Ω)	10	5,6	2,5
Töltés Q <sub>rövid</sub> (C)	100	75	50
Időparaméter T <sub>1</sub> /T <sub>2</sub> (μs/μs)	10/350		

30.10.06 / S6006\_a

33

## Villámparaméterek maximális értéke az LPL villámvédelmi szintnek megfelelően

Tartós kisülés paraméterei	Villámvédelmi szint, LPL		
	I	II	III-IV
Töltés Q <sub>long</sub> (C)	200	150	100
Időparaméter T <sub>long</sub> (s)	0,5	0,5	0,5

Lit.: DIN EN 62305-1 (VDE 0185-305-1):2006-10, Tab. 5

30.10.06 / S6006\_a

34

## Villámparaméterek maximális értéke az LPL villámvédelmi szintnek megfelelően

Pozitív rövid idejű első kisülés			LPL			
Villámparaméter	Jelölés	Egység	I	II	III	IV
Áramcsúcs	$I$	kA	200	150	100	
A rövid idejű kisülés töltése	$Q_{short}$	C	100	75	50	
Fajlagos energia	$W/R$	MJ/ $\Omega$	10	5,6	2,5	
Időparaméterek	$T_1/T_2$	$\mu\text{s}/\mu\text{s}$	10/350			
Pozitív rövid idejű ismételt kisülés			LPL			
Villámparaméter	Jelölés	Egység	I	II	III	IV
Áramcsúcs	$I$	kA	50	37,5	25	
Átlagos meredekség	$dI/dt$	kA/ $\mu\text{s}$	200	150	100	
Időparaméterek	$T_1/T_2$	$\mu\text{s}/\mu\text{s}$	0,25/100			
Tartós kisülés			LPL			
Villámparaméter	Jelölés	Egység	I	II	III	IV
A tartós kisülés töltése	$Q_{long}$	C	200	150	100	
Időparaméterek	$T_{long}$	s	0,5			
Villám			LPL			
Villámparaméter	Jelölés	Egység	I	II	III	IV
A villámcsapás töltése	$Q_{flash}$	C	300	225	150	

35

## Negatív rövid idejű első kisülés

Negatív rövid idejű első kisülés, mint a belső rendszerek elektromágneses zavarforrása:

Pozitív rövid idejű első kisülés			LPL			
Villámparaméter	Jelölés	Egység	I	II	III	IV
Áramcsúcs	$I$	kA	200	150	100	
Átlagos meredekség	$dI/dt$	kA/ $\mu\text{s}$	20	15	10	
Időparaméterek	$T_1/T_2$	$\mu\text{s}/\mu\text{s}$	10/350			
Negatív rövid idejű első kisülés			LPL			
Villámparaméter	Jelölés	Egység	I	II	III	IV
Áramcsúcs	$I$	kA	100	75	50	
Átlagos meredekség	$dI/dt$	kA/ $\mu\text{s}$	100	75	50	
Időparaméterek	$T_1/T_2$	$\mu\text{s}/\mu\text{s}$	1/200			

36

## Az építményre jellemző kockázat meghatározása



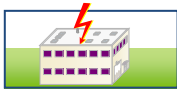
37

## A károsodás forrása

### MSZ EN 62305-2: 2012

A villámáram maga a legfőbb kárforrás.

A villám becsapási pontjától függően a következő kárforrásokat különböztetjük meg:



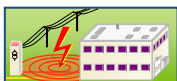
**S1:** építményt érő villámcsapás;



**S2:** építmény környezetét érő villámcsapás;



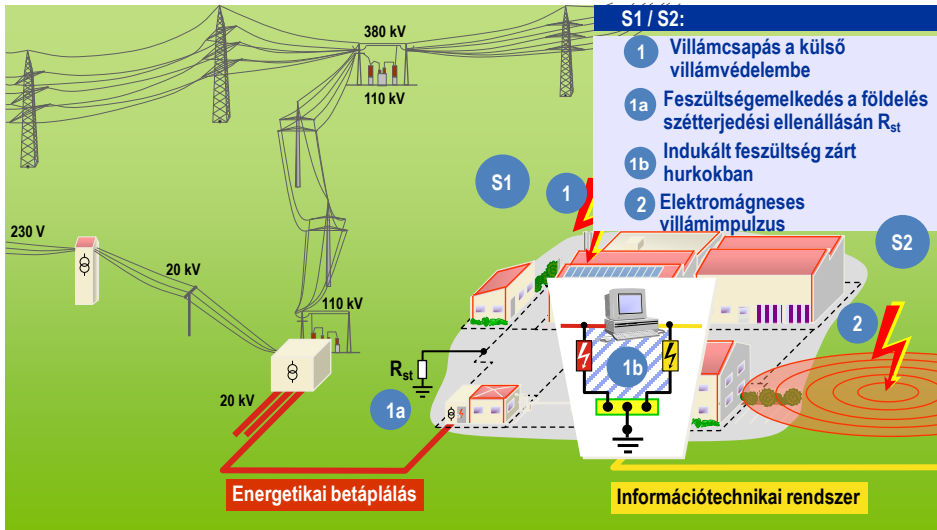
**S3:** csatlakozóvezetékét érő villámcsapás;



**S4:** csatlakozóvezeték környezetét érő villámcsapás.

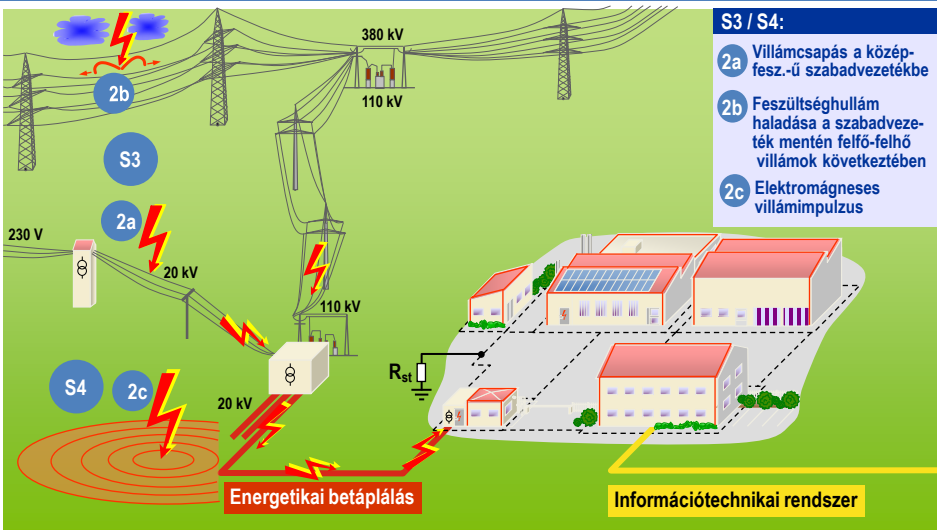
38

## Túlfeszültség okai villámkisülést követően



39

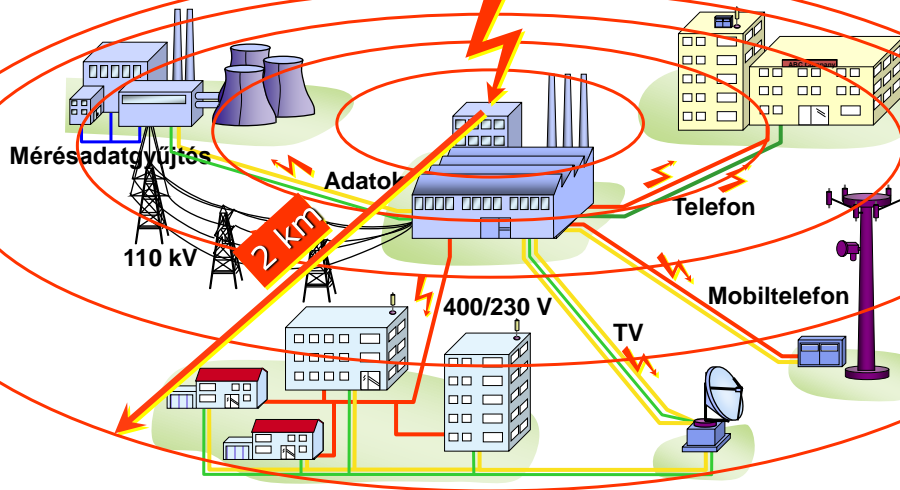
## Túlfeszültség okai villámkisülést követően



40

## Veszélyeztetés villámcsapás következtében

kb. 2.100.000 villámcsapás Németországban évente\*



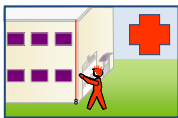
26.03.08 / S1320

41

## A károsodás típusai

**MSZ EN 62305-2: 2012**

Károsodások, amelyek villámcsapás következtében előfordulhatnak:



D1: élőlények sérülése  
érintési- és lépésfeszültség következtében



D2: fizikai károsodás  
(tűz, robbanás, mechanikai roncsolódás, vegyi anyagok felszabadulása) a villámáram hatásainak következtében a szikraképződést is beleértve



D3: villamos és elektronikus rendszerek meghibásodása villám elektromágneses impulzusa (LEMP) következtében



42

## A veszteség típusai

### MSZ EN 62305-2: 2012

Minden károsodás típus önmagában vagy más típusokkal kombinálva, különböző veszteség típusokat okozhat egy védendő objektumon. A lehetségesen fellépő veszteség típusok az objektum jellemzőitől is függnek.



A szabványban a következő veszteség típusokat vesszük figyelembe:



L1: emberi élet elvesztése;



L2: közszolgáltatás kiesése;



L3: kulturális örökség elvesztése;



L4: gazdasági érték elvesztése (építmény és a benne lévő javak, csatlakozóvezeték és tevékenység megszűnése).

Az L1, L2 és L3 veszteség típusok társadalmi értékek elvesztéseként, az L4-es típus pedig tisztán gazdasági veszteségként fogható fel.

43

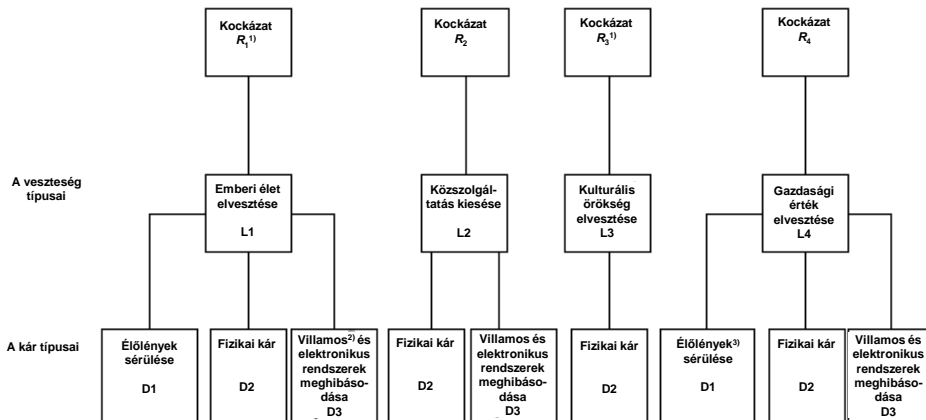
## Az építményben keletkező károsodások és veszteségek

Becsapási pont		A kár forrása	A kár fajtája	A veszteség fajtája
Építmény		S1	D1 D2 D3	L1, L4** L1, L2, L3, L4 L1*, L2, L4
Az építmény közelében		S2	D3	L1*, L2, L4
Az építményhez csatlakozó vezeték		S3	D1 D2 D3	L1, L4** L1, L2, L3, L4 L1*, L2, L4
A csatlakozó vezeték közelében		S4	D3	L1*, L2, L4

\* Csak robbanásveszélyes építmények és kórházak vagy más olyan építmények esetén, ahol a belső rendszerek meghibásodása azonnal emberi életet veszélyeztet. \*\* Csak olyan építmények esetén, ahol állatok pusztulhatnak el.

44

## A különböző típusú károsodásokból származó veszteségek típusai és a hozzá tartozó kockázatok



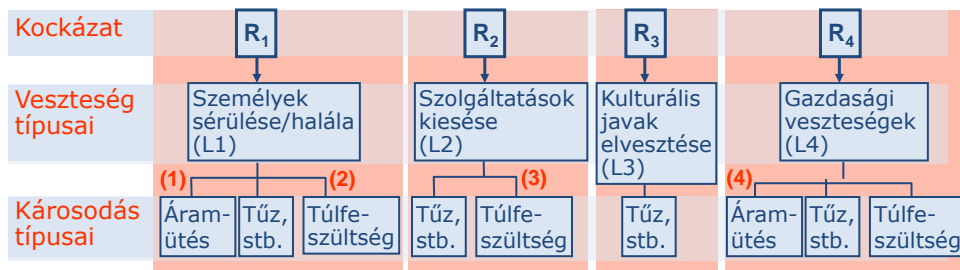
<sup>1)</sup> Csak építmények esetén.

<sup>2)</sup> Csak kórházak és olyan építmények esetén, ahol a belső rendszerek meghibásodása közvetlen életveszélyt okoz.

<sup>3)</sup> Csak olyan esetekben, ahol állatok pusztulhatnak el.

45

## Kárfajták és kockázati összetevők



(1) Ha az érintési- és lépésfeszültségek emberi életet veszélyeztetnek (pl. stadion),

(2) Ha a túlfeszültségek közvetlenül veszélyeztetnek emberi életet (pl. kórházak),

(3) Ha a túlfeszültségek közvetlenül szolgáltatásokat veszélyeztetnek (pl. érzékeny elektronikus berendezésekben),

(4) Ha az érintési- és lépésfeszültségek állatokat veszélyeztetnek (pl. mezőgazdaság).

46

## Villámvédelem szükségessége

Annak megállapítására, hogy az objektum villámvédelmére szükség van-e, az IEC 62305-2-ben szereplő eljárással kockázatelemzést kell végezni. A következő kockázatokat kell figyelembe venni, az 5.3. szakaszban leírt veszteségek fajtáinak megfelelően:

- $R_1$ : emberi élet elvesztésének kockázata;
- $R_2$ : közszolgáltatás kiesésének kockázata;
- $R_3$ : kulturális örökség elvesztésének kockázata.

Villámvédelemre akkor van szükség, ha az  $R$  kockázat ( $R_1$ -től  $R_3$ -ig) nagyobb, mint az elviselhető  $R_T$  kockázat

$$R > R_T$$

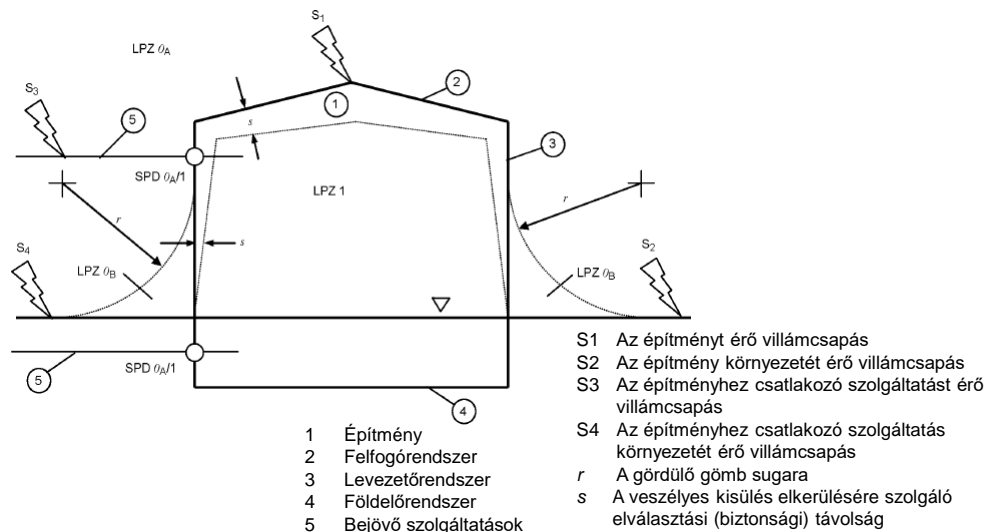
Ebben az esetben védelmi intézkedéseket kell hozni annak érdekében, hogy az  $R$  kockázat ( $R_1$ -től  $R_3$ -ig) az elviselhető  $R_T$  szintre csökkenjen le

$$R \leq R_T$$

Ha a védendő objektumban egynél több fajta veszteség keletkezhet, akkor az  $R \leq R_T$  feltételnek mindegyik fajta veszteségre teljesülnie kell (L1, L2 és L3)

47

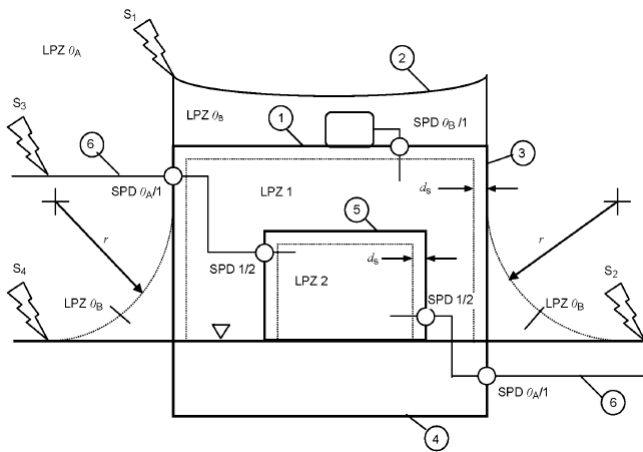
## Villámvédelmi rendszer (LPS) által meghatározott villámvédelmi zónák



48



## A villám elektromágneses impulzusa (LEMP) elleni védelmi intézkedések által meghatározott LPZ zónák



- 1 Építmény
- 2 Felfogórendszer
- 3 Levezetőrendszer
- 4 Földelőrendszer
- 5 Helyiség (LPZ2) árnyékolása
- 6 Bejövő szolgáltatások

- S1 Az építményt érő villámcsapás  
 S2 Az építmény környezetét érő villámcsapás  
 S3 Az építményhez csatlakozó szolgáltatást érő villámcsapás  
 S4 Az építményhez csatlakozó szolgáltatás környezetét érő villámcsapás  
 $r$  A gördülő gómb sugara  
 $d_s$  Védőtávolság a túl nagy mágneses erőter ellen

49

## Villámvédelmi zónák

**LPZ  $0_A$**  az a zóna, ahol az igénybevételt a közvetlen villámcsapás és a teljes elektromágneses villámimpulzus okozza. A belső rendszerek a villám teljes vagy rész- áramimpulzusának ki lehetnek téve;

**LPZ  $0_B$**  az a zóna, amely közvetlen villámcsapás ellen védett, de amelyben az elektromágneses villámimpulzus által okozott teljes igénybevétel megjelenik. A belső rendszerek a villám rész-áramimpulzusának lehetnek kitéve;

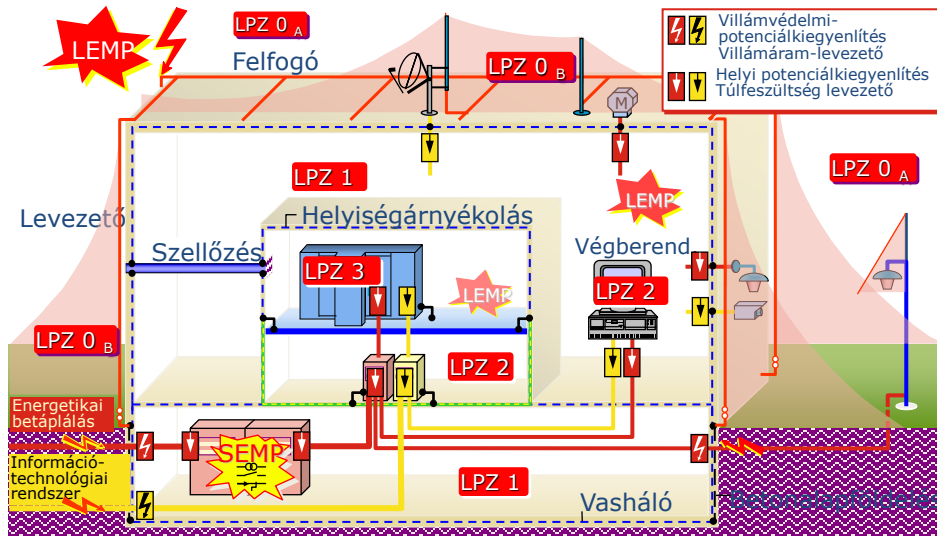
**LPZ 1** az a zóna, amelyben az áramimpulzust az árammegosztás és a határon elhelyezett túlfeszültség-védelmi eszközök korlátozzák. A térbeli árnyékolás csillapíthatja a villám elektromágneses terét.

**LPZ 2, ..., n** az a zóna, amelyben az áramimpulzust az árammegosztás és a határon elhelyezett járulékos túlfeszültség-védelmi eszközök tovább korlátozhatják. Kiegészítő térbeli árnyékolás alkalmazható a villám elektromágneses terének további csillapítására.

**1. MEGJEGYZÉS:** Általában minél nagyobb a villámvédelmi zóna sorszáma, annál kisebbek az elektromágneses környezet paraméterei.

50

## LEMP zónakoncepció az EN 62305 szerint



10.10.06 / S6078\_a

51

## Villámparaméterek legkisebb értékei és a vonatkozó gördülő gömb sugara

Kritérium			Villámvédelmi szint (LPL)			
	Jelölés	Mértékegység	I	II	III	IV
Legkisebb csúcsáram	$I$	kA	3	5	10	16
Gördülő gömb sugara	$r$	m	20	30	45	60

A villámvédelmi rendszer védelmi hatékonysága a legkisebb értékű villámparaméterektől és az ezekhez tartozó gördülő gömb sugarától függ. A közvetlen villámcsapástól védett területek geometriai határát a gördülőgömb módszerrel lehet meghatározni.

A villamos-geometriai modellt követve, a gördülő gömb  $r$  sugara (az orientációs távolság) a rövid idejű első kisülés áramának csúcsértékével függ össze. Egy IEEE munkabizottsági jelentésben[5] a következő összefüggés szerepel:

$$r = 10 \cdot I^{0,65}$$

ahol

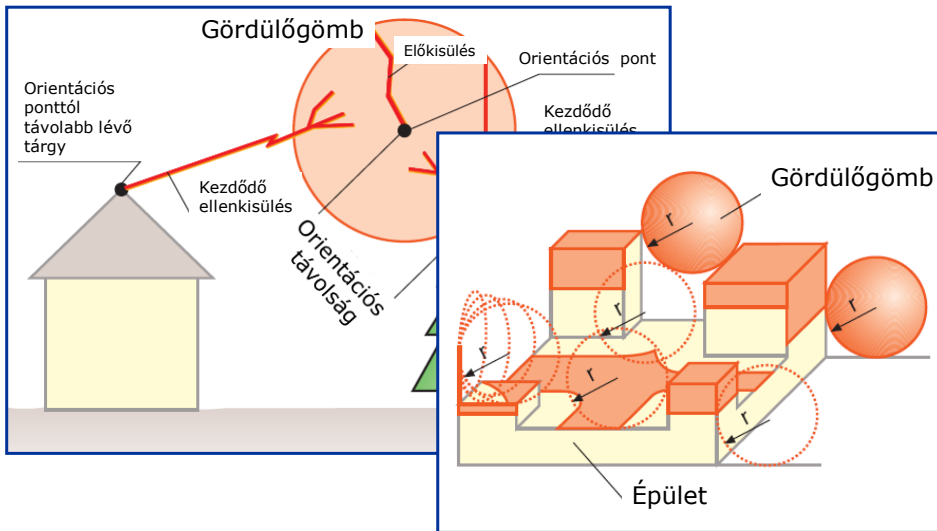
$r$  a gördülő gömb sugara (m);

$I$  az áram csúcsértéke (kA).

Adott  $r$  gördülőgömb-sugár esetén feltételezhető, hogy az ehhez tartozó legkisebb  $I$  csúcsértéknél nagyobb csúcsértékű összes villámot a természetes vagy külön erre a célra létesített felfogók felfognak.

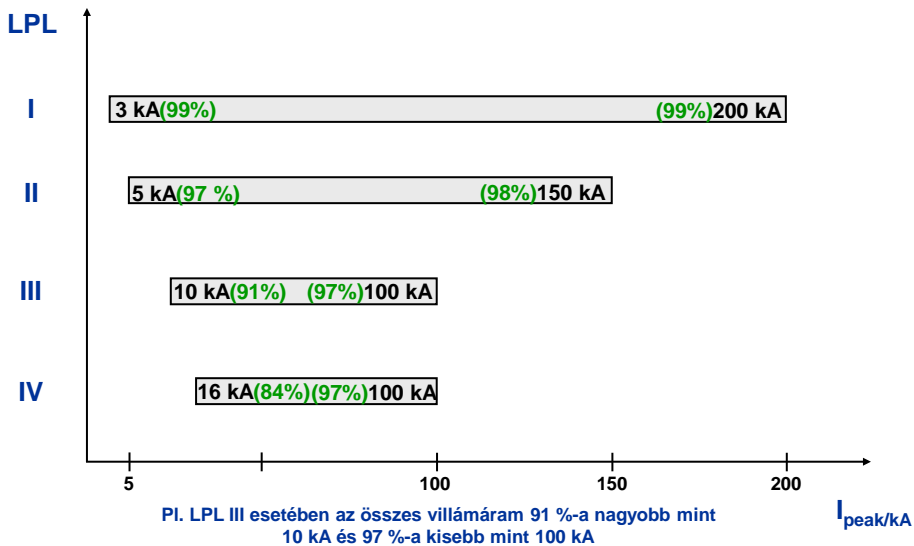
52

## Geometriai - elektromos modell (elektro-geometriai modell) Gördülőgömbös szerkesztés



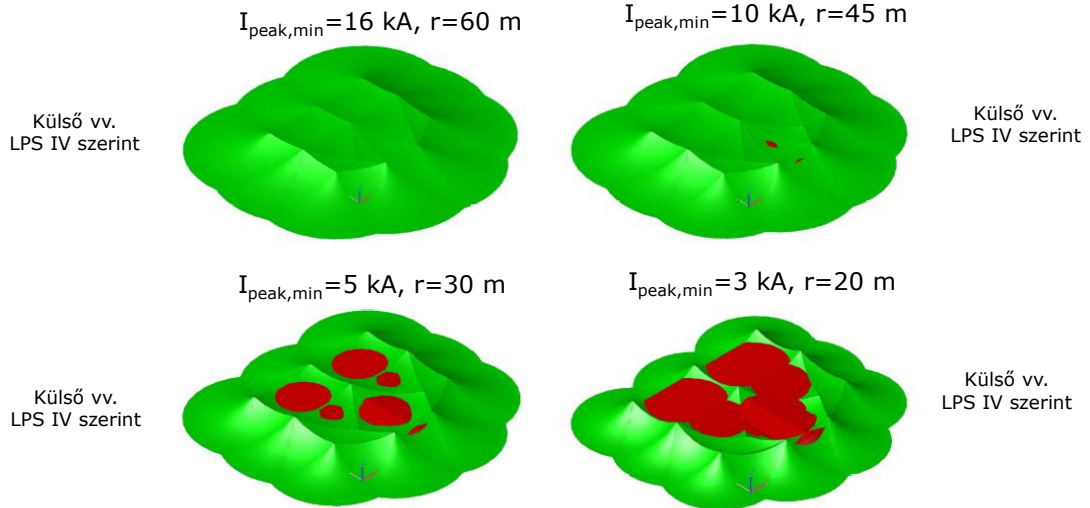
53

## Villámparaméter határértékek valószínűségi értékei



54

## Gördülőgömbös szerkeztés - Villámparaméter határértékek valószínűségi értékei



2024. április 16.

55

55

## A villám lehetséges káros hatásai

- Hőhatás
  - Ohmos melegedés
  - Talpponti melegedés
- Mechanikai hatások
  - Mágneses kölcsönhatás - Elektrodinamikuss erők
  - Akusztikus nyomáshullám által okozott károsodás
  - Kombinált hatások
- Másodlagos kisülés

56

## Ohmos melegedés

Az áram hatására a vezetőben keletkező pillanatnyi teljesítmény, amely hővé alakul át, a következő összefüggéssel fejezhető ki:

$$P(t) = i^2 R$$

**A teljes villámimpulzus által létrehozott hőenergia tehát a villámvédelmi rendszer vizsgált elemének a villám útjába eső ohmos ellenállása és a villámimpulzus fajlagos energiájának a szorzata. Ezt az energiát Joule-ban (J) vagy Wattsekundumban (W·s) lehet kifejezni.**

$$W = R \cdot \int i^2 \cdot dt$$

A villámkísülés során a villámimpulzus nagy fajlagos energiájú fázisa túl rövid ideig tart ahhoz, hogy a vezetőben keletkezett hő jelentős mértékben szétterjedjen. Emiatt a jelenség adiabatikusnak tekinthető.

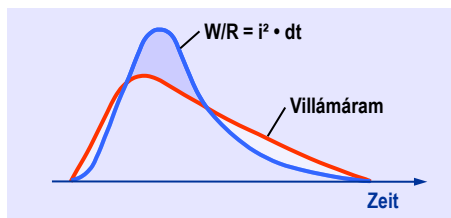
A villámvédelmi rendszer vezetőinek hőmérséklete a következőképpen számítható:

$$\theta - \theta_0 = \frac{1}{\alpha} \left[ \exp \frac{\frac{W}{R} \cdot \alpha \cdot \rho_0}{q^2 \cdot \gamma \cdot C_w} - 1 \right]$$

$\theta - \theta_0$	a vezetők hőmérséklet-növekedése (K);
$\alpha$	az ellenállás hőmérsékleti együtthatója (1/K);
$W/R$	az áramimpulzus fajlagos energiája (J/Ω);
$\rho_0$	a vezető ohmos fajlagos ellenállása környezeti hőmérsékleten (Ωm);
$q$	a vezető keresztmetszete (m <sup>2</sup> );
$\gamma$	tömégsűrűség (kg/m <sup>3</sup> );
$C_w$	fajhő (J/kgK);
$\theta_s$	olvadási hőmérséklet (°C).

57

## Ohmos melegedés - Fajlagos energia W/R

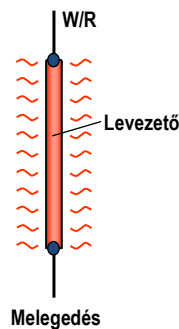


$$W/R = i^2 \cdot dt$$

Védelmi osztály	Fajlagos energia W/R
I	10 MJ/Ω
II	5,6 MJ/Ω
III / IV	2,5 MJ/Ω

Fajlagos energia W/R:

- A villámáram négyzetének és a lefutási időnek a szorzata  $W/R = i^2 \cdot dt$
- Mértékadó a vezeték melegedése szempontjából



01.04.03 / 2492

58

## Különböző keresztmetszetű vezetők melegedése a W/R függvényében

Keresztmetszet mm <sup>2</sup>	Anyag											
	Alumínium			Lágyacél			Réz			Rozsdamentes acél*		
	W/R MJ/Ω			W/R MJ/Ω			W/R MJ/Ω			W/R MJ/Ω		
	2,5	5,6	10	2,5	5,6	10	2,5	5,6	10	2,5	5,6	10
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	564	-	-	-	-	-	169	542	-	-	-	-
16	146	454	-	1120	-	-	56	143	309	-	-	-
25	52	132	283	211	913	-	22	51	98	940	-	-
50 (átm: 8 mm)	12	28	52	37	96	211	5	12	22	190	460	940
100 (átm: 11,4 mm)	3	7	12	9	20	37	1	3	5	45	100	190

\*Ausztenites, nem mágnesezhető.

Forrás: MSZ EN 62305-1:2011, Table D.3

59

## Talpponti melegedés – a villám töltése

A talpponti melegedésből származó sérülések a villámvédelmi rendszer mindazon elemein megfigyelhetők, amelyeken kisülés alakulhat ki, pl. felfogó rendszerek, szikraközök stb.

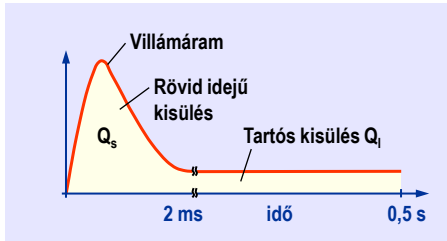
A talppontban megolvadás és anyagfogyás léphet fel. A valóságban a kisülés talppontjában a kisülésből származó nagymértékű hőenergia-bevitel történik, és a nagy áramsűrűségek miatt nagy az ohmos melegedés is. A hőenergia legnagyobb része a fém felszínén, vagy ahhoz nagyon közel keletkezik. **A talppont közvetlen közelében több hőenergia keletkezik, mint amennyit a fém el tud vezetni**, ez egyrészt sugárzás révén távozik, másrészt megolvasztja és elpárologtatja a fémeket. A jelenség mértéke az áram csúcsértékétől és időtartamától függ.

Feltételezésünk szerint a talppontba bevitt  $W$  energia az anód/katódosés  $u_{a,c}$  feszültségének és a villám  $Q$  töltésének a szorzata:

$$W = \int u_{a,c} i dt = u_{a,c} \int i dt = u_{a,c} Q$$

60

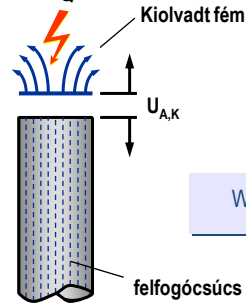
## Villámáram Q töltése



Védelmi osztály	Rövid idejű Kisülés $Q_s$ ( $t < 2$ ms)	Tartós kisülés $Q_i$ ( $t = 0,5$ s)
I	100 As	200 As
II	75 As	150 As
III / IV	50 As	100 As

Töltés Q:

- A villámáram és a lefutási idő szorzata ( $Q = \int i \cdot dt$ )
- Mértékadó a becsapási talppontban felszabaduló energiára



$$W = Q \cdot U_{A,K}$$

Példa:  $W = 100 \text{ As} \cdot 30 \text{ V} = 3000 \text{ Ws}$

01.04.03 / 2491

61

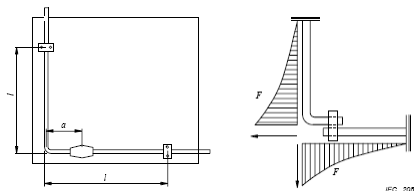
## Mágneses kölcsönhatás - Elektrodinamikus erők

**Az elektrodinamikus erők a felfogó-levezetőelrendezés töréseit igyekeznek kiegyenesíteni, a vezetőt kihúzni a szorítókötésből ill. igyekeznek kitépni a vezetőt a rögzítési pontjából.**

Mágneses erők két árammal átjárt vezető között jönnek létre, vagy egyetlen vezető esetén akkor, ha abban iránytörés van, vagy hurkot alkot.

Ha az áramkörben áram folyik, akkor az áramkör különböző pontjain kialakuló elektrodinamikus erők csúcsértéke a villámáram csúcsértékétől és az áramkör geometriájától függ. Ezeknek az erőknek a mechanikai hatása azonban nemcsak az áram csúcsértékétől, hanem az áramimpulzus alakjától, időtartamtól, valamint a berendezés geometriai elrendezésétől függ.

A villámvédelmi rendszerekben jellemző az olyan elrendezés, ahol a vezetők 90 °C-os szöget zárnak be egymással, és a sarok közelében egy szorító helyezkedik el.



Fajlagos energia W/R:

A villámáram négyzetének és a lefutási időnek a szorzata  $W/R = i^2 \cdot dt$  mértékadó az elektrodinamikus erők szempontjából

62

## Elektrodinamikus erők hatásai

**A fellépő erő szempontjából az elektrodinamikus erő pillanatértéke ( $F(t)$ ) a pillanatnyi áram négyzetével ( $I(t)^2$ ) arányos.**

A villámvédelmi rendszer mechanikai szerkezetét érő igénybevétel szempontjából – amely a villámvédelmi rendszer szerkezetére jellemző rugalmas deformáció ( $\delta(t)$ ) és rugalmassági modulus ( $k$ ) szorzatával fejezhető ki – két hatást kell figyelembe venni. **A villámvédelmi rendszer szerkezetének mechanikai sajátfrekvenciája (amely a villámvédelmi rendszer szerkezetének rugalmas viselkedésével kapcsolatos) és maradandó alakváltozása (amely a képlékeny viselkedésével kapcsolatos) a két legfontosabb paraméter.** Ezen kívül sok esetben még a szerkezeten belül fellépő súrlódási erők is fontos szerepet játszanak.

63

## A villámvédelmi rendszer elemekre vonatkozó szabványsorozat

MSZ EN 62561-1:2017, Villámvédelmi berendezés elemei (LPSC). 1. rész: Az összekötő elemek követelményei (IEC 62561-1:2017).

MSZ EN IEC 62561-2:2018, Villámvédelmi berendezés elemei (LPSC). 2. rész: A vezetők és a földelők követelményei (IEC 62561-2:2018)

MSZ EN 62561-3:2018, Villámvédelmi berendezés elemei (LPSC). 3. rész: Az összecsatoló szikraközök követelményei (IEC 62561-3:2017)

MSZ EN 62561-4:2018, Villámvédelmi rendszer elemei (LPSC). 4. rész: Vezetőtartók követelményei (IEC 62561-4:2017)

MSZ EN 62561-5:2018, Villámvédelmi berendezés elemei (LPSC). 5. rész: A földelők ellenőrző aknáinak és tömitéseinek követelményei (IEC 62561-5:2017)

MSZ EN IEC 62561-6:2018, Villámvédelmi berendezés elemei (LPSC). 6. rész: Villámcsapás-számlálók (LSC) követelményei (IEC 62561-6:2018)

MSZ EN IEC 62561-7:2018, Villámvédelmi berendezés elemei (LPC). 7. rész: Földelésjavító anyagok követelményei (IEC 62561-7:2018)

64



## A villámvédelmi rendszer elemeire vonatkozó szabványsorozat

IEC TS 62561-8:2018, Villámvédelmi berendezés elemei (LPSC). 8. rész: Requirements for components for isolated LPS – Követelmények a szigetelt villámvédelmi rendszer elemeire

65

## A villámvédelmi rendszer elemeire vonatkozó szabványsorozat

**Visszavonva 2015.03.16 hatállyal:**

**MSZ EN 50164-1:2009, Villámvédelmi berendezés elemei. 1. rész: Összekötő elemek követelményei**

**MSZ EN 50164-2:2009, Villámvédelmi berendezés elemei. 2. rész: A vezetők és a földelők követelményei**

**MSZ EN 50164-3:2009, Villámvédelmi berendezés elemei. 3. rész: Az összecsatoló szikraközök követelményei**

**MSZ EN 50164-4:2009, Villámvédelmi berendezés elemei. 4. rész: Vezetőtartók követelményei**

**MSZ EN 50164-5:2009, Villámvédelmi berendezés elemei. 5. rész: A földelők ellenőrzési aknáinak és a földelők tömítéseinek követelményei**

66

## Összekötő elemek vizsgálata

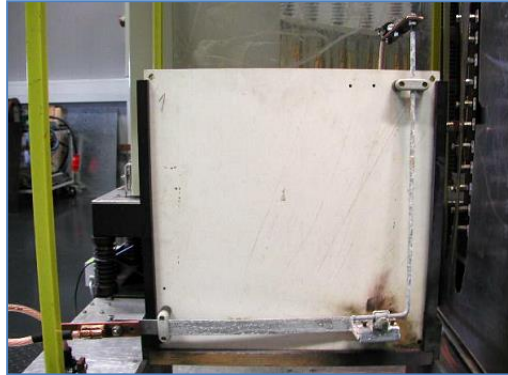
### MSZ EN 62561-1:2017

- Szerelés szigetelőlapra
- Villámáram terhelés 50kA / 100kA

Osztály	$I_{imp}$ $\pm 10\%$ kA	W/R $\pm 35\%$ kJ/ $\Omega$	$T_1$	$t_d$
H	100	2500	$\leq 50$	$\leq 2$
N	50	630	$\leq 50$	$\leq 2$

- Szigetelt villámvédelem esetén:

Classification	$I_{imp}$ kA $\pm 10\%$	W/R kJ/ $\Omega$ $\pm 35\%$
N	50	625
H	100	2 500
H <sub>1</sub>	150	5 600
H <sub>2</sub>	200	10 000



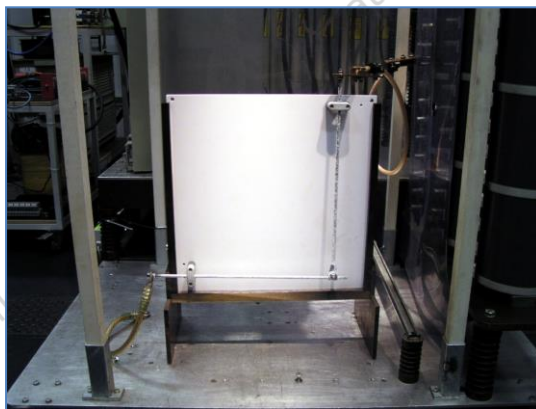
Forrás: IEC 62561-8:2018, Table 2

18.02.2011 / 5884\_m

67

## Összekötő elemek vizsgálata az MSZ EN 62561-1 alapján

- Villámáram 100 kA (10/350  $\mu$ s) a H vizsgálati osztálynak megfelelően
- Meghúzási nyomaték 25 Nm (gyártói adatok alapján)



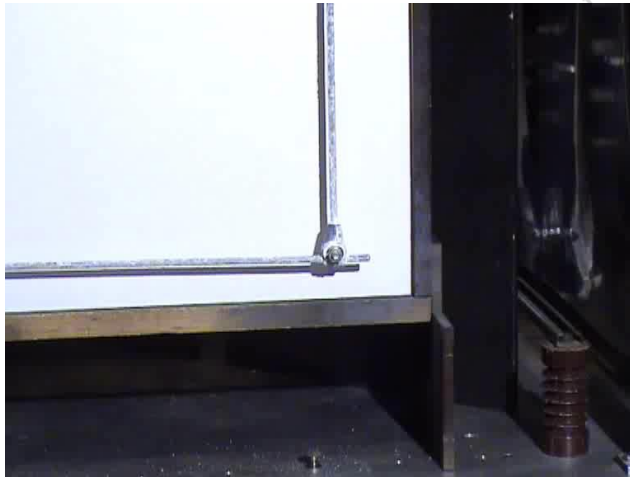
*A vizsgálat sikeres*

DRK - MM

18.02.2011 / 5884\_n

68

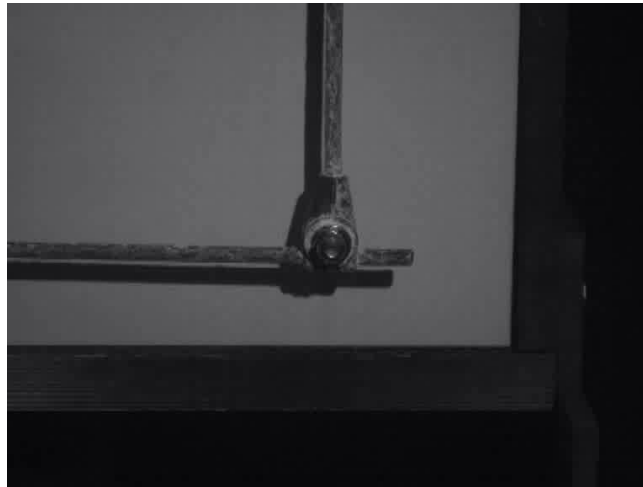
## Összekötő elemek vizsgálata az MSZ EN 62561-1 alapján - Videofelvétel



18.02.2011 / 5884. o

69

## Összekötő elemek vizsgálata az MSZ EN 62561-1 alapján – Nagysebességű videofelvétel

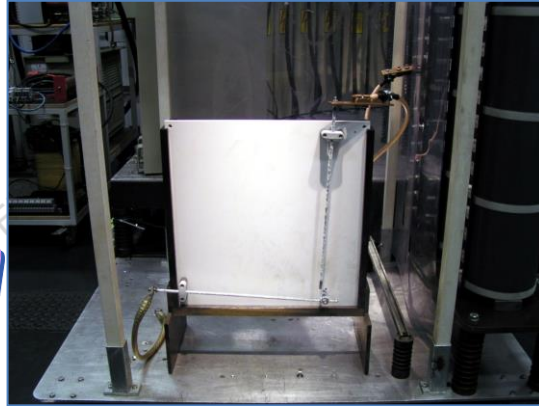


18.02.2011 / 5884. p

70

## Összekötő elemek vizsgálata az MSZ EN 62561-1 alapján

- Villámáram 100 kA (10/350  $\mu$ s) a H vizsgálati osztálynak megfelelően
- Meghúzási nyomaték **csak** 10 Nm (nem a gyártói adatoknak megfelelően)

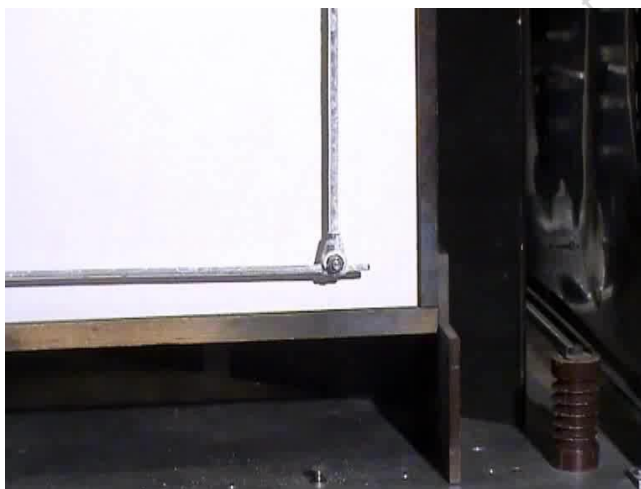


*A vizsgálat sikertelen*

18.02.2011 / 5884\_q

71

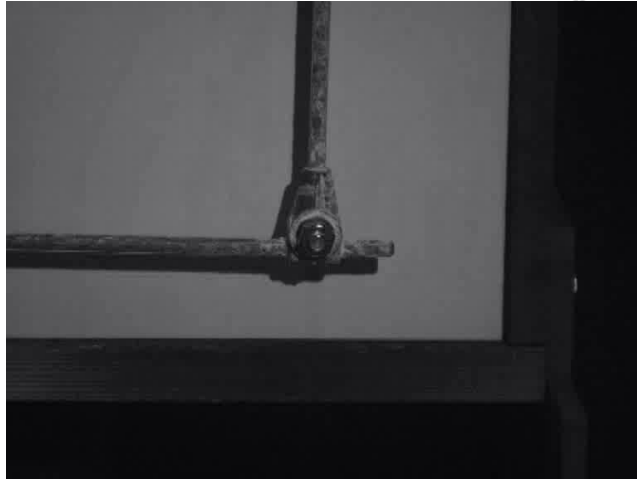
## Összekötő elemek vizsgálata az MSZ EN 62561-1 alapján - Videofelvétel



18.02.2011 / 5884\_r

72

## Összekötő elemek vizsgálata az MSZ EN 62561-1 alapján – Nagysebességű videofelvétel



18.02.2011 / 5884\_s

73

## Követelmények az összekötő elemekkel szemben

**MSZ EN 62561-1:2017**



### Összekötőelem definíciója:

Építőelem vezetékek egymás közötti összekötésére vagy vezetékek és fém konstrukciók összekötésére. Ez tartalmazza az áthidaló elemeket és a tágulási elemeket is.

18.02.2011 / 5884\_a

74

## Összekötő elemek bevizsgálása

### MSZ EN 62561-1:2017

- A vizsgálati kombinációk kiválasztása
- A vizsgálati mintadarabok előkészítése
- Mesterséges öregítés
- Villamos vizsgálat
- Kiértékelés

18.02.2011 / 5884\_b

75

## Összekötő elemek bevizsgálása Vizsgálati mintadarabok előkészítése

### MSZ EN 62561-1:2017

- A mintadarabok előszerelése
- A megfelelő meghúzási nyomatékok beállítása
- Átmeneti ellenállás mérése



Villámvédelem

76

76

## Összekötő elemek bevizsgálása Mesterséges öregítés

MSZ EN 62561-1:2017



- Sós köd kezelés  
3 nap

18.02.2011 / 5884\_e

77

## Összekötő elemek bevizsgálása Mesterséges öregítés

MSZ EN 62561-1:2017



- Kezelés nedves kénes  
atmoszférában  
7 nap

18.02.2011 / 5884\_f

78

## Összekötő elemek bevizsgálása Mesterséges öregítés



18.02.2011 / 5886\_g

79

## Összekötő elemek bevizsgálása Mesterséges öregítés



18.02.2011 / 5886\_h

80



## Összekötő elemek bevizsgálása Mesterséges öregítés Kezelés kénes atmoszférában



18.02.2011 / 5886\_j

81

## Összekötő elemek bevizsgálása Mesterséges öregítés Kezelés kénes atmoszférában



18.02.2011 / 5886\_k

82

## Összekötő elemek bevizsgálása Kiértékelés

### MSZ EN 62561-1:2017

- Optikai vizsgálat



- Az átmeneti ellenállás vizsgálata

$\leq 1 \text{ m}\Omega$  ill.  $< 2,5 \text{ m}\Omega$  (rozsdamentes acél)



- A csavarlazítási nyomaték mérése

$0,25 \times M_{\text{meghúzás}} < M_{\text{lazítás}} < 1,5 \times M_{\text{meghúzás}}$

- Vizsgálati jegyzőkönyv készítése



18.02.2011 / 5884 t