



ZAŠČITA SE PRED DELOVANJEM STRELE

Ljubljana 07.06.2023.

Janez Podlipnik, univ.dipl.inž.el.



Sončna elektrarna



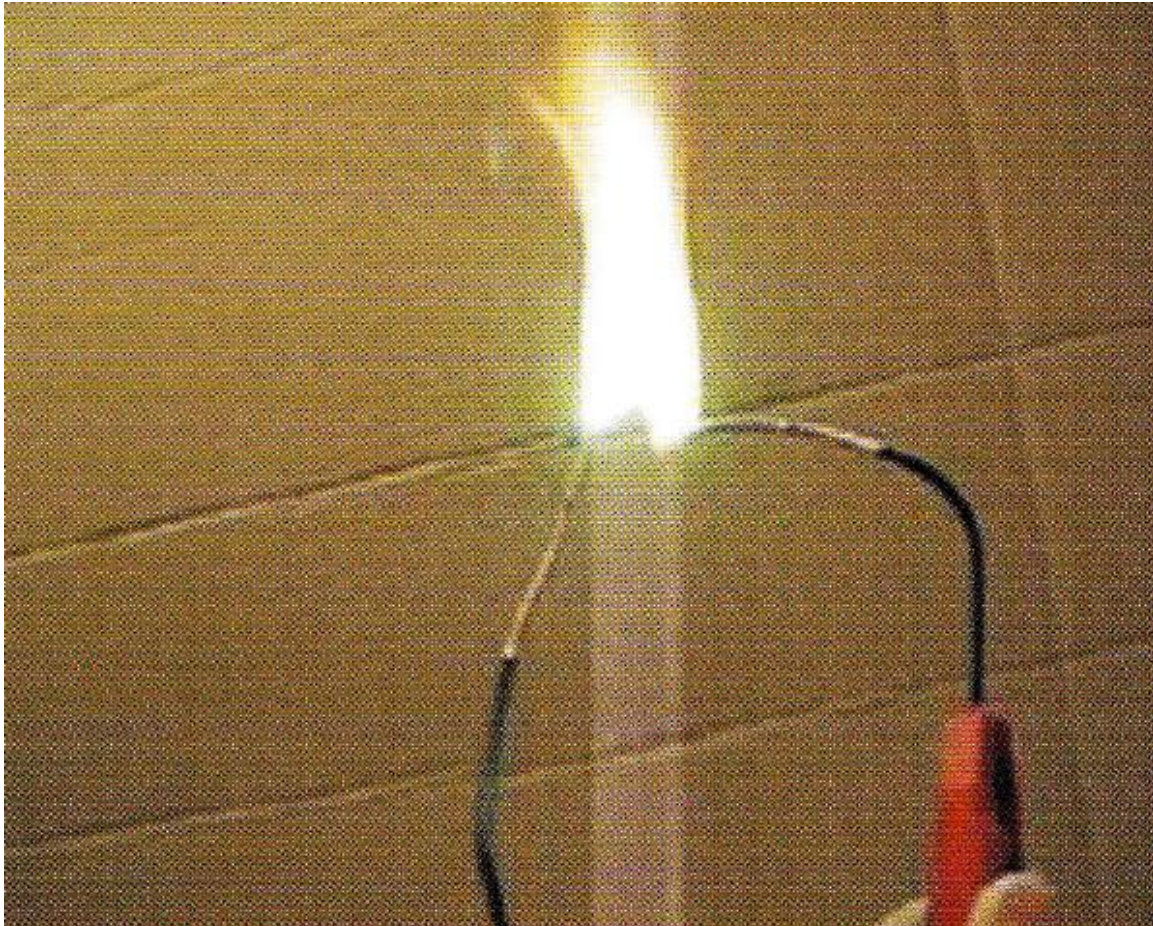
Sončna elektrarna je naprava, katere namen je proizvodnja električne energije s pomočjo sonca.

Sončna elektrarna je najpogostejše nameščena na strehi objekta ali drugem izpostavljenem mestu.

Mehanske poškodbe



„Električne“ poškodbe



Električni lok

Vzroki:

- Slabi spoji
- prenapetosti
- Napačne povezave
- Udar strele



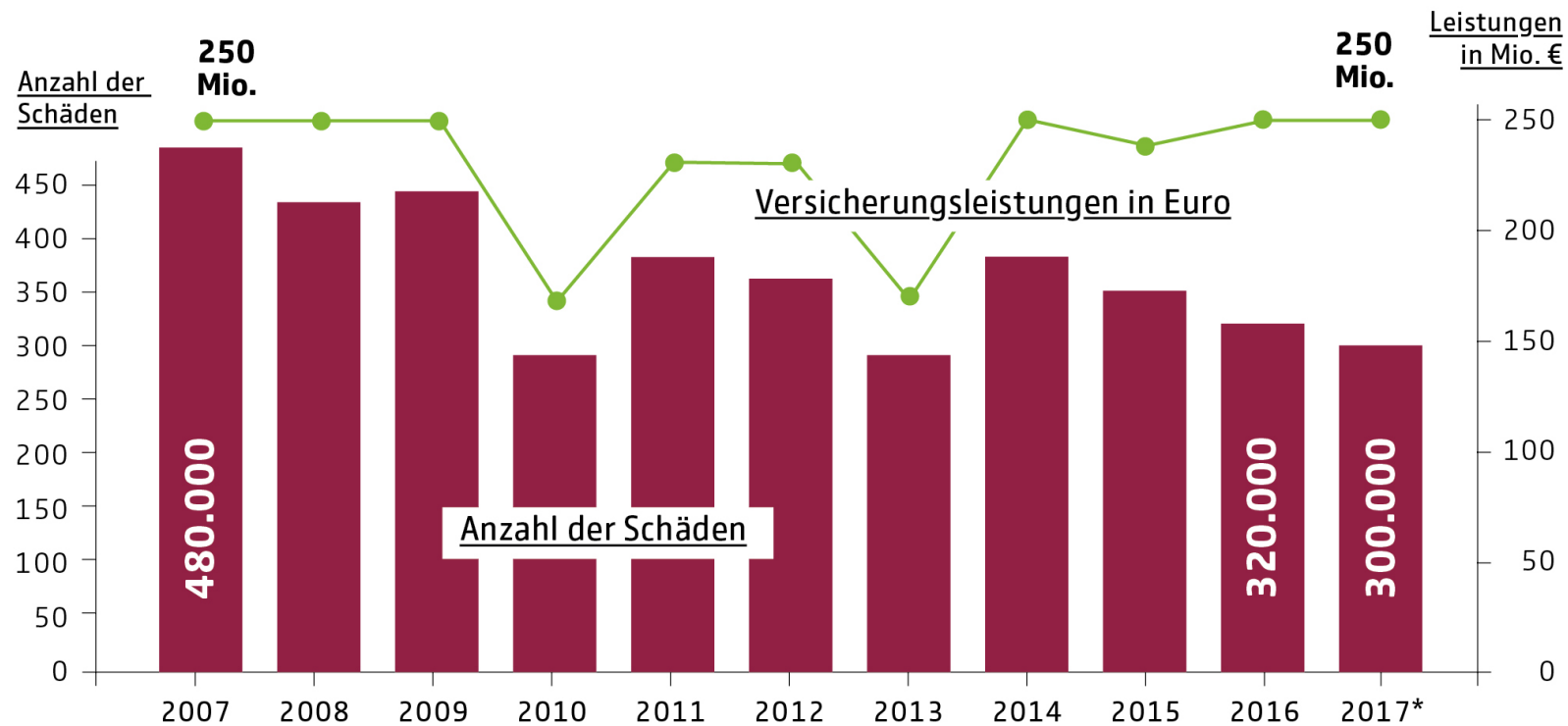






Blitz-Bilanz 2017

Anzahl der Blitz- und Überspannungsschäden und Leistungen in der Hausrat- und Wohngebäudeversicherung*



*) vorläufig, Stand Juni 2018

Quelle: GDV
© www.gdv.de | Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV)

STANDARDI ZA PROJEKTIRANJE ZAŠČITE PRED DELOVANJEM STRELE:

- EN 62305-1: Protection against lightning – Part 1:
General Principles
- EN 62305-2: Protection against lightning – Part 2:
Risk management
- EN 62305-3: Protection against lightning – Part 3:
Physical damages to structures and life hazard
- EN 62305-4: Protection against lightning – Part 4:
Electrical and electronic systems within structures

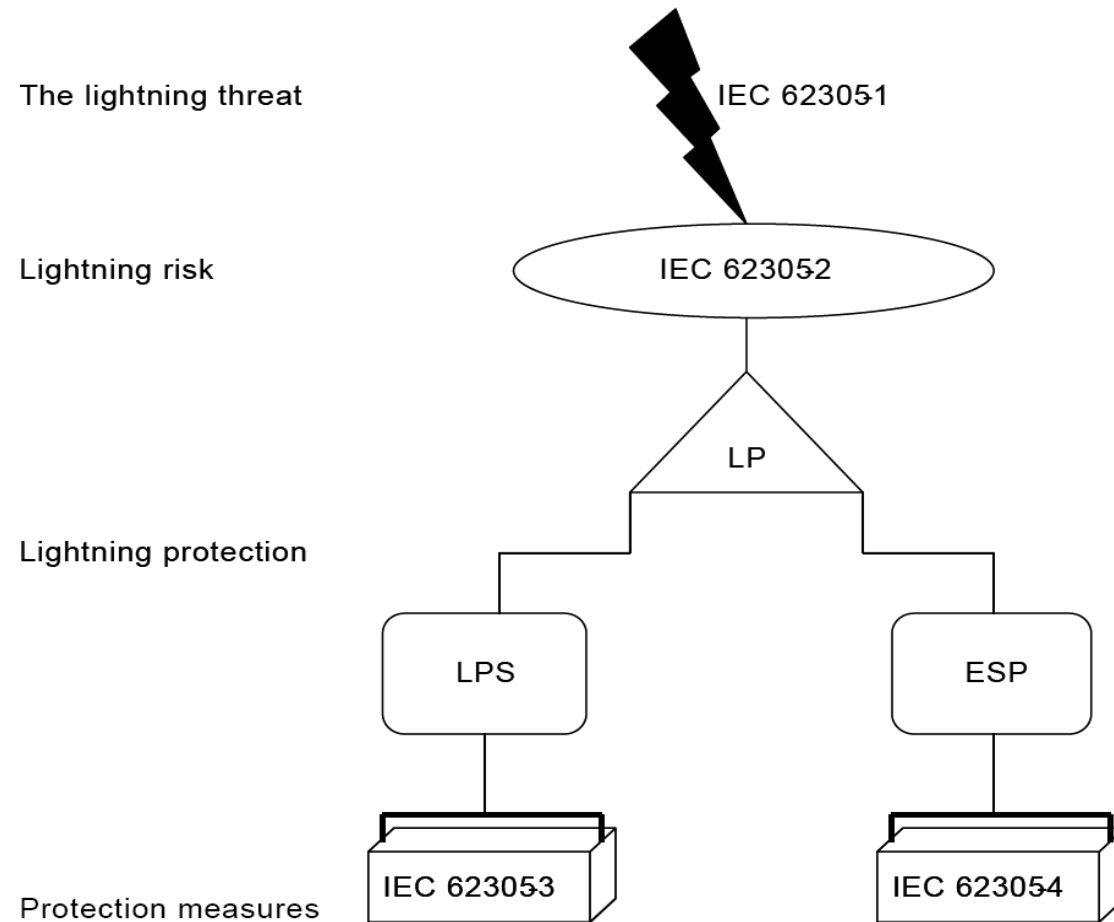
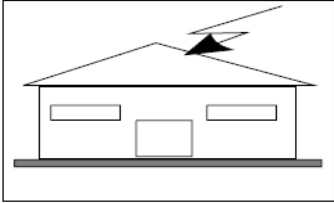
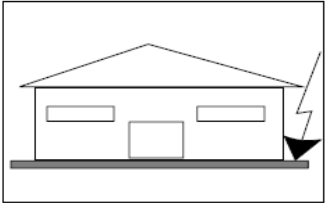
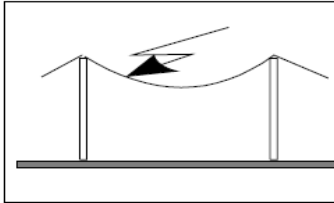
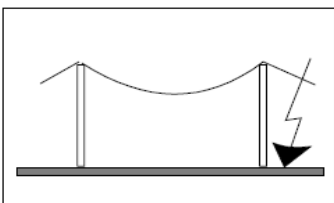
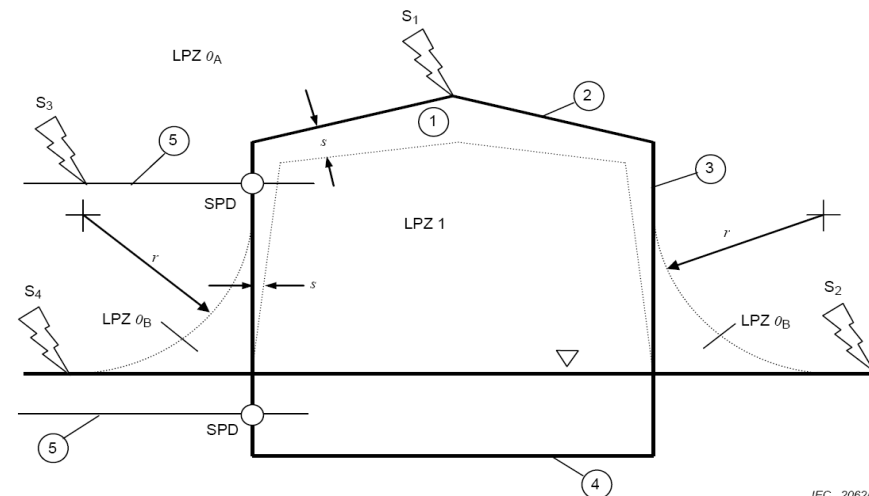


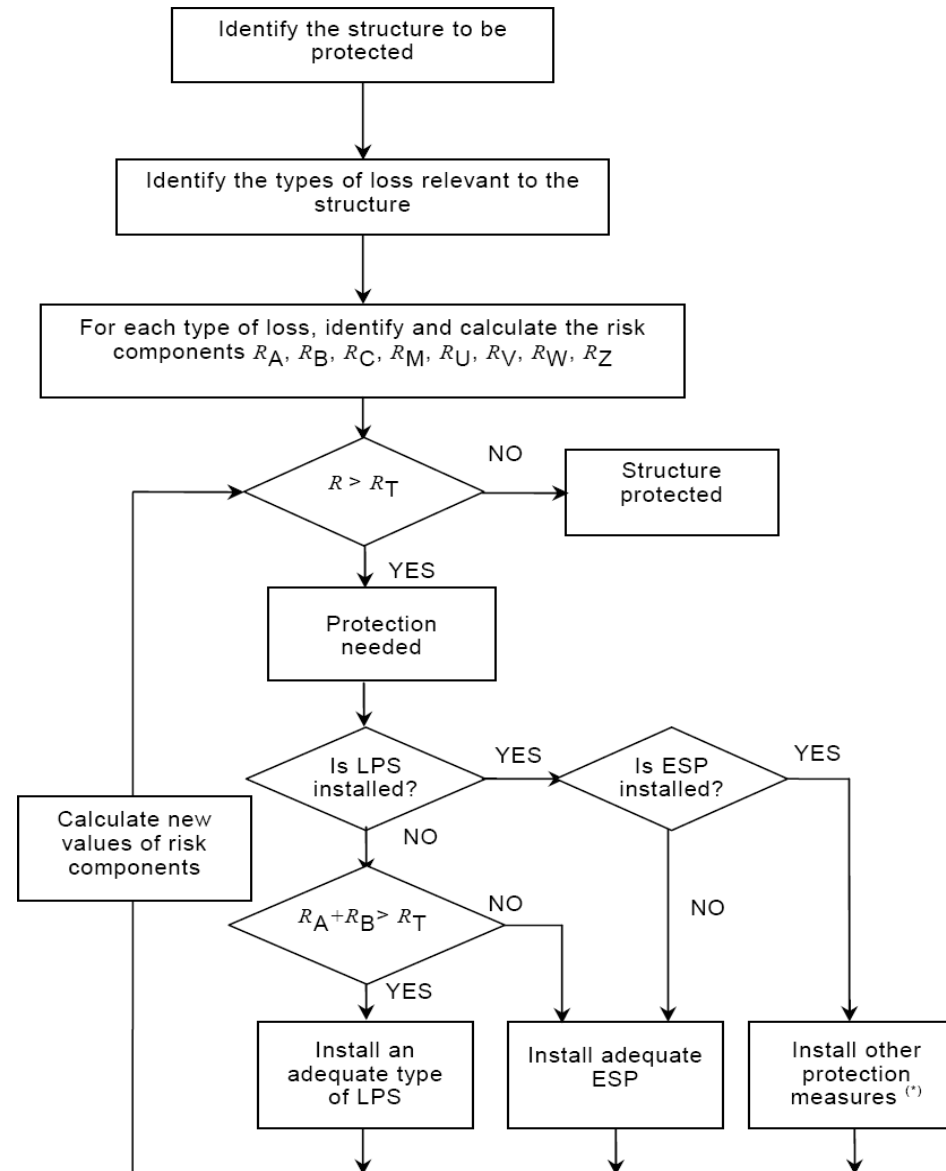
Figure 1 The connection between the parts of this standard

Point of strike		Source of damage	Type of damage	Type of loss
Structure		S1	D1 D2 D3	L1, L4** L1, L2, L3, L4 L1*, L2, L4
Near a structure		S2	D3	L1*, L2, L4
Line connected to the structure		S3	D1 D2 D3	L1, L4** L1, L2, L3, L4 L1*, L2, L4
Near a line		S4	D3	L1*, L2, L4
* Only for structures with risk of explosion and for hospitals or other structures where failure of internal systems immediately endangers human life. ** Only for properties where animals may be lost.				

Interception criteria			LPL			
	Symbol	Unit	I	II	III	IV
Minimum peak current	I	kA	3	5	10	16
Rolling sphere radius	r	m	20	30	45	60

First positive impulse			LPL			
Current parameters	Symbol	Unit	I	II	III	IV
Peak current	I	kA	200	150	100	
Impulse charge	Q_{short}	C	100	75	50	
Specific energy	W/R	MJ/ Ω	10	5,6	2,5	
Time parameters	T_1 / T_2	$\mu\text{s} / \mu\text{s}$	10 / 350			





Ustvari nov izračun

 Rezultati

Tveganje izgube človeškega življenja

Tveganje izgube javne oskrbe

Tveganje izgube kulturne dediščine

Tveganje izgube ekonomske vrednosti

Zgradba

Objekt

Vodi

Ocena tveganja

Identifikacija objekta

Naziv objekta

SE BREND

Tip objekta

poslovni objekt

Izgube

☒ Izguba človeškega življenja☐ Bolnica☒ Izguba javne oskrbe☐ Nevarnost eksplozije☒ Izguba kulturne dediščine☐ Izguba živali☐ Gospodarske izgube

Vnos parametrov za izračun rizika

Letno število nevihtnih dni

51

1/leto

Parametri ščitenega objekta

Dožina objekta

51

m

Širina objekta

21

m

Višina objekta

11

m

Parametri priključenega objekta

za EE vod

Dožina objekta

51

m

Širina objekta

21

m

Višina objekta

11

m

za TK vod

51

m

21

m

11

m

Shrani spremembe

[Nazaj na seznam](#)

HERMI

☰

Janez Podlipnik

🏠 Domov

🏢 Podjetja

👤 Uporabniki

📊 Ocene tveganja

Ocene tveganja / Ustvari

Ustvari nov izračun

Rezultati

Tveganje izgube človeškega življenja

Tveganje izgube javne oskrbe

Tveganje izgube kulturne dediščine

Tveganje izgube ekonomske vrednosti

ZgradbaObjektVodiOcena tveganja

Poročilo

Download PDF

KOMPONENTE TVEGANJA ZA ZGRADBO GLEDE NA VRSTE IN VZROKE IZGUB

Izvor izgube / Vrsta izgube	Neposredni udar v objekt	Udar v bližino objekta	Udar v oskrbovalni vod	Udar v bližino oskrbovalnega voda	Skupno tveganje glede na vrsto izgube
Električni udar za živa bitja	$R_{A-L1} = 2,36\text{E-}009$		$R_{A-U1} = 1,57\text{E-}009$		$R_{S-L1} = R_A + R_U = 3,92\text{E-}009$
	$R_{A-L4} = 2,36\text{E-}009$		$R_{A-U4} = 6,24\text{E-}010$		$R_{S-L3} = R_A + R_U = 2,98\text{E-}009$
Gospodarske izgube	$R_{B-L1} = 4,71\text{E-}007$		$R_{V-L1} = 3,13\text{E-}007$		$R_{F-L1} = R_B + R_V = 7,85\text{E-}007$
	$R_{B-L3} = 0,00\text{E+}000$		$R_{V-L3} = 0,00\text{E+}000$		$R_{F-L3} = R_B + R_V = 0,00\text{E+}000$
	$R_{B-L3} = 0,00\text{E+}000$		$R_{V-L3} = 0,00\text{E+}000$		$R_{F-L3} = R_B + R_V = 0,00\text{E+}000$
	$R_{B-L4} = 1,18\text{E-}005$		$R_{V-L4} = 7,84\text{E-}006$		$R_{F-L4} = R_B + R_V = 1,96\text{E-}005$
Okvare električnih in elektronskih sistemov	$R_{C-L1} = 0,00\text{E+}000$	$R_{M-L1} = 0,00\text{E+}000$	$R_{W-L1} = 0,00\text{E+}000$	$R_{Z-L1} = 0,00\text{E+}000$	$L_I = R_C + R_M + R_W + R_Z = 0,00\text{E+}000$
	$R_{C-L3} = 0,00\text{E+}000$	$R_{M-L3} = 0,00\text{E+}000$	$R_{W-L3} = 0,00\text{E+}000$	$R_{Z-L3} = 0,00\text{E+}000$	$L_B = R_C + R_M + R_W + R_Z = 0,00\text{E+}000$
	$R_{C-L4} = 1,39\text{E-}005$	$R_{M-L4} = 2,58\text{E-}003$	$R_{W-L4} = 9,40\text{E-}006$	$R_{Z-L4} = 9,18\text{E-}005$	$L_I = R_C + R_M + R_W + R_Z = 2,70\text{E-}003$
Skupno tveganje glede na izvor škode	$R_D = R_A + R_B + R_C = 1,23\text{E-}005$ (tveganje zaradi neposrednih udarov)	$R_I = R_M^* + R_U + R_V + R_W^* + R_Z^* = 8,15\text{E-}006$ (tveganje zaradi posrednih udarov)			$R = R_D + R_I = 2,04\text{E-}005$
					$R = R_B + R_F + R_O = 2,72\text{E-}003$

SKUPNO TVEGANJE ZA OBJEKT

SKUPNO TVEGANJE ZA OBJEKT	TVEGANJE	DOPUSTNO TVEGANJE	STATUS
Tveganje izgube človeškega življenja $R_I = R_{A-L1} + R_{B-L1} + R_{C-L1}^* + R_{M-L1}^* + R_{U-L1} + R_{V-L1} + R_{W-L1}^* + R_{Z-L1}^* =$	7,80E-007	$R_{T1} = 1,00\text{E-}005$	TVEGANJE JE SPREJEMLJIVO
Tveganje izgube javne oskrbe oz. storitev $R_B = R_{B-L3} + R_{C-L3}^* + R_{M-L3}^* + R_{V-L3} + R_{W-L3}^* + R_{Z-L3}^* =$	0,00E+000	$R_{T3} = 1,00\text{E-}003$	TVEGANJE JE SPREJEMLJIVO
Tveganje izgube kulturne dediščine $R_B = R_{B-L3} + R_{V-L3} =$	0,00E+000	$R_{T3} = 1,00\text{E-}004$	TVEGANJE JE SPREJEMLJIVO
Tveganje izgube ekonomske vrednosti $R_I = R_{A-L4}^{**} + R_{B-L4} + R_{C-L4} + R_{M-L4} + R_{A-U4}^{**} + R_{V-L4} + R_{W-L4} + R_{Z-L4} =$	2,72E-003	$R_{T4} = 1,00\text{E-}003$	TVEGANJE NI SPREJEMLJIVO

Tveganja, označena z zvezdico (*) se upoštevajo samo za bolnišnice in objekte z nevarnostjo eksplozije

Tveganja označena z dvema zvezdicama (**) se upoštevajo samo v primeru nevarnosti izgube živali

Tveganje ni sprejemljivo, potrebno je izvesti dodatne zaščitne ukrepe!

Shrani spremembe

Nazaj na seznam

EN 62305-3: Protection against lightning – Part 3: Physical damages to structures and life hazard



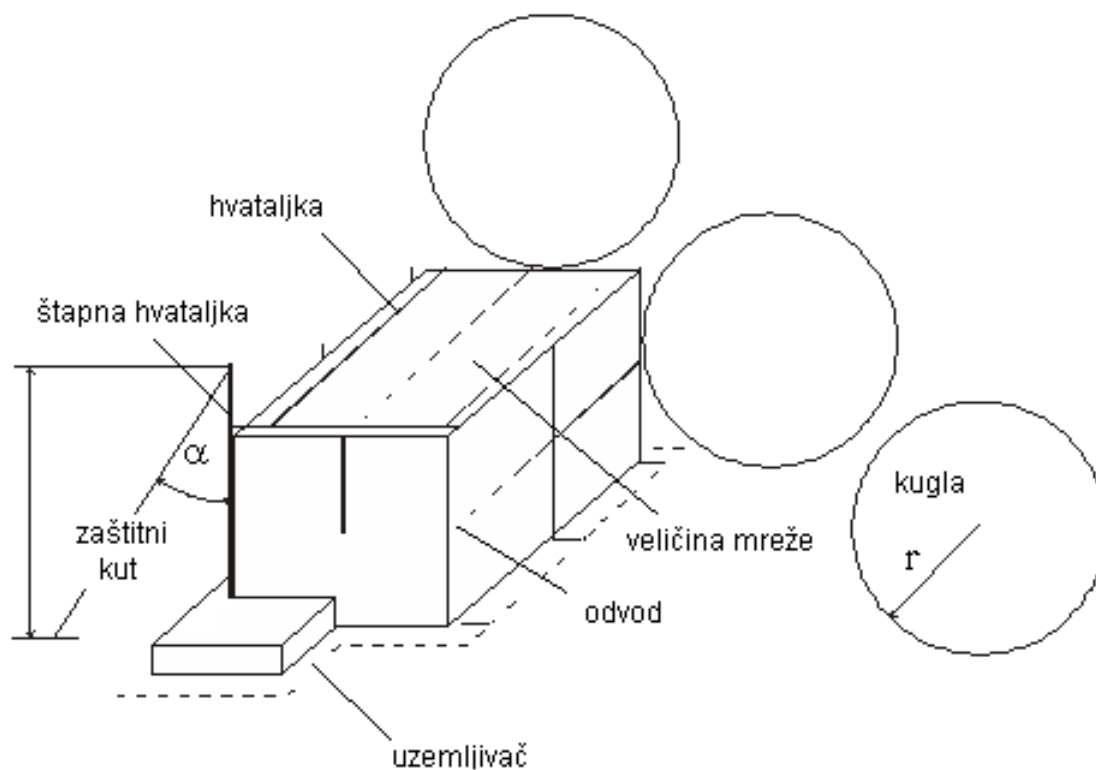
- Lovilni sistem

- Odvodni sistem

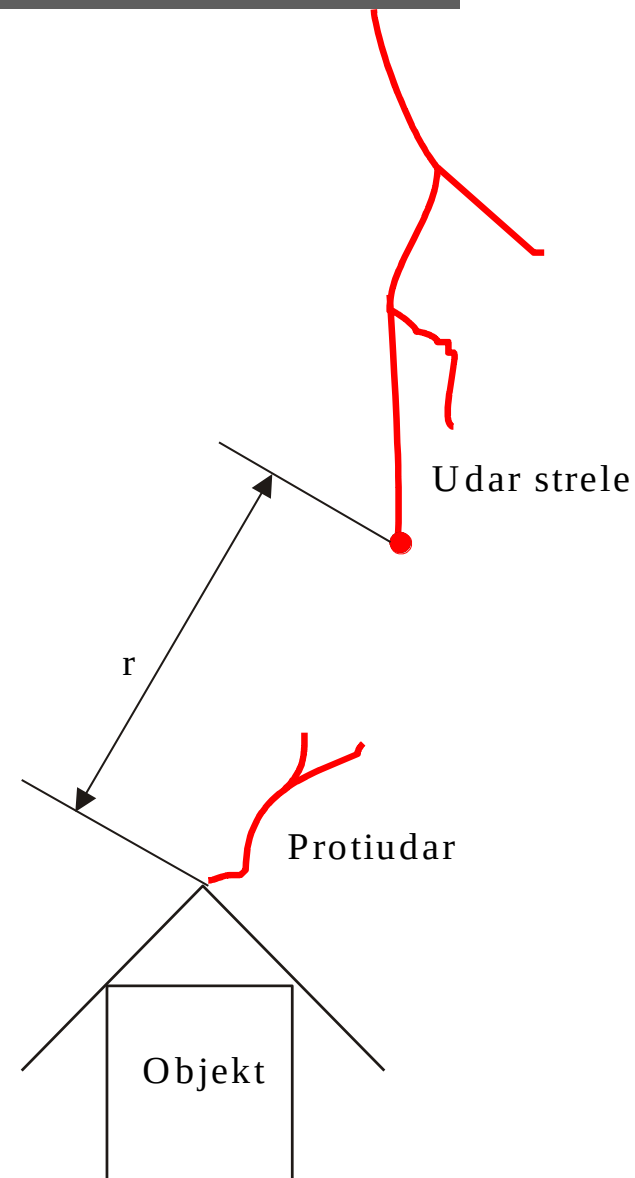
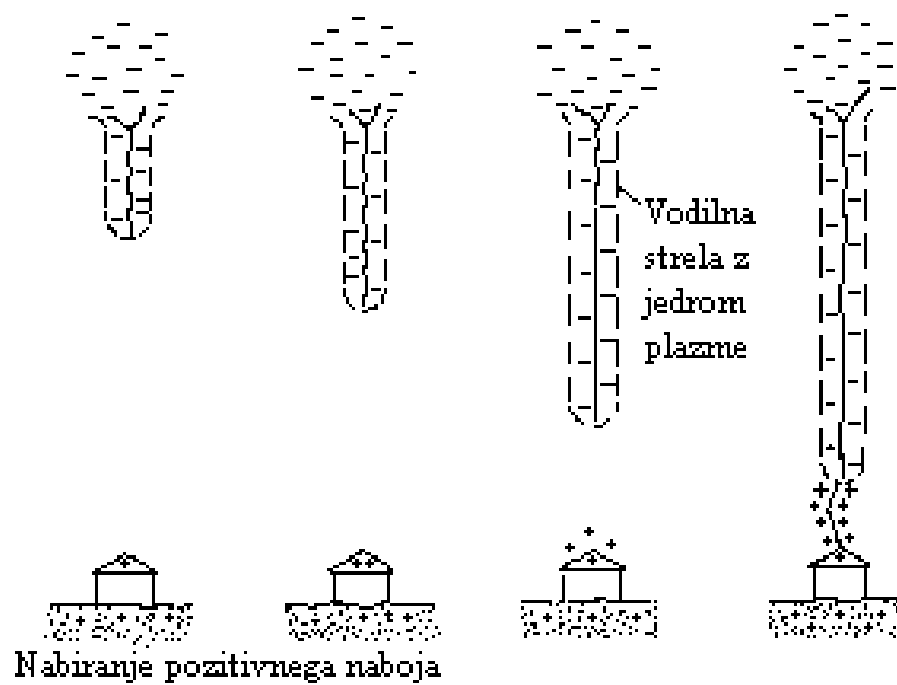
- Ozemljilni sistem

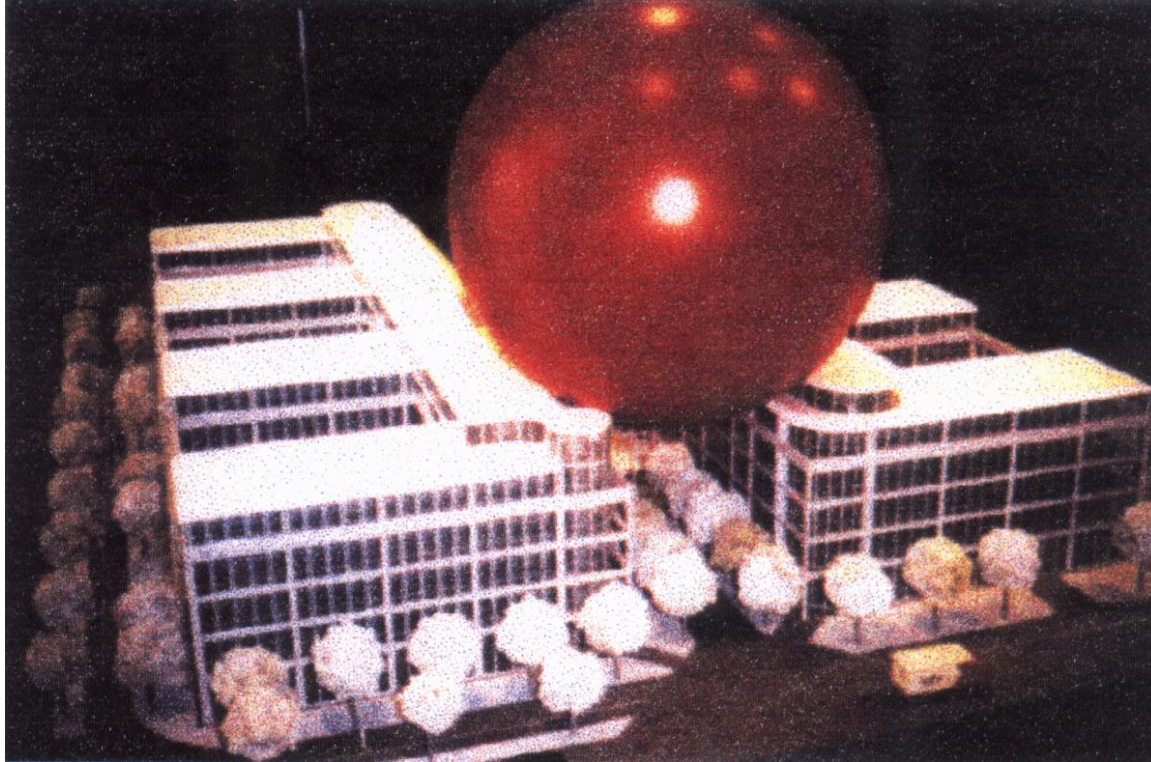
Lovilni sistem:

- Metoda kotaleče krogle
- Metoda zaščitnega kota
- Metoda zaščitne mreže



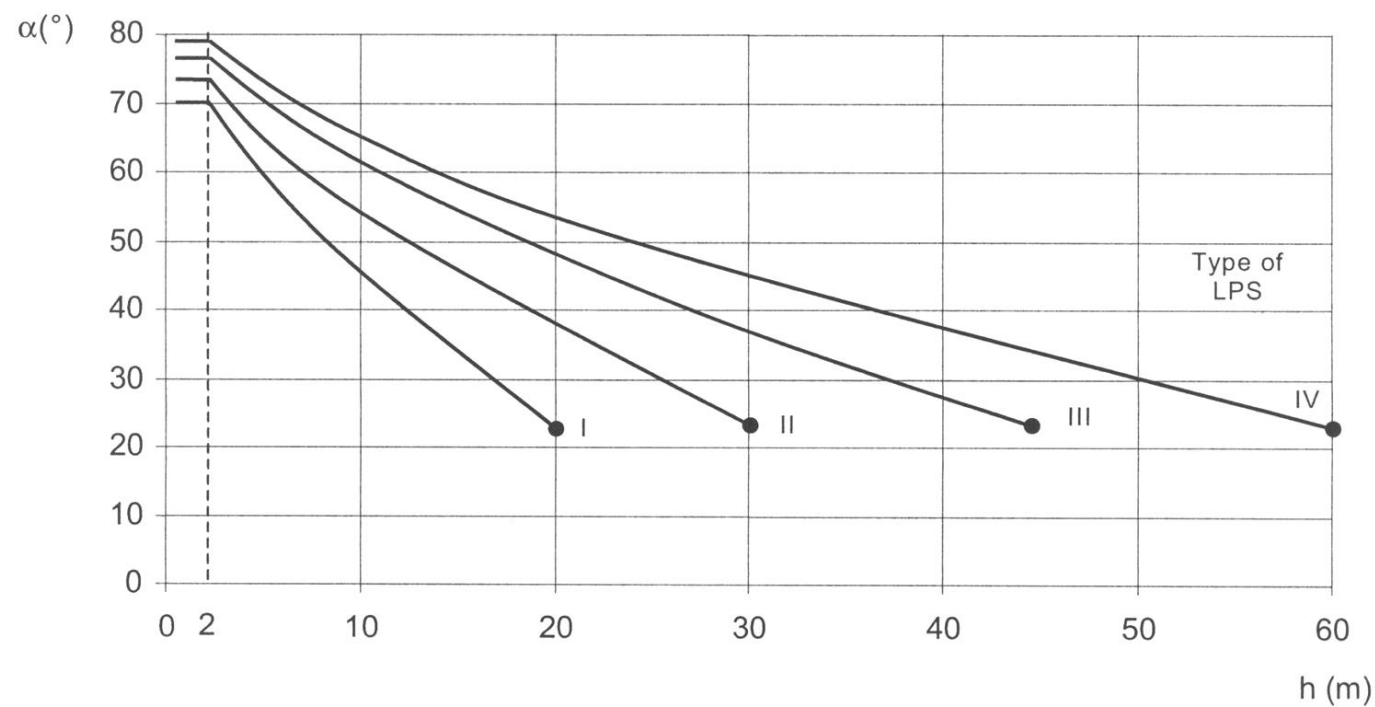
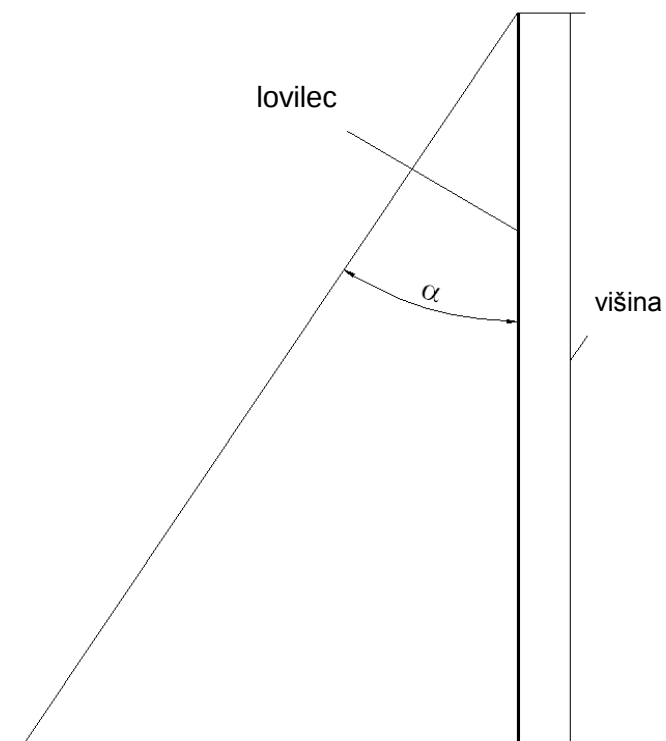
Metoda kotaleče krogle



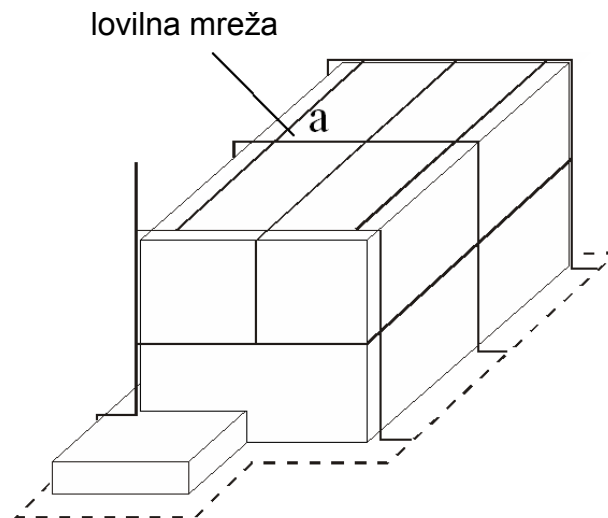


Interception criteria			LPL			
	Symbol	Unit	I	II	III	IV
Minimum peak current	I	kA	3	5	10	16
Rolling sphere radius	r	m	20	30	45	60

Metoda zaščitnega kota



Metoda lovilne mreže



Zaščitni nivo (LPL)	Dimenzije mreže
I	5 x 5 m
II	10 x 10 m
III	15 x 15 m
IV	20 x 20 m

„Naravni“ deli:

Class of LPS	Material	Thickness ^a <i>t</i> mm	Thickness ^b <i>t'</i> mm
I to IV	Lead	–	2,0
	Steel (stainless, galvanized)	4	0,5
	Titanium	4	0,5
	Copper	5	0,5
	Aluminium	7	0,65
	Zinc	–	0,7
^a <i>t</i> prevents puncture. ^b <i>t'</i> only for metal sheets if it is not important to prevent puncture, hot spot or ignition problems.			

Zunanja zaščita pred strelo – namestitev strelovodne instalacije

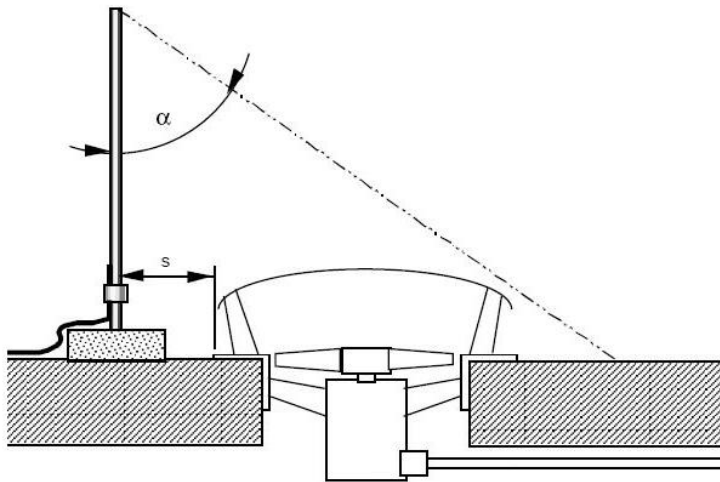


Izračun ocene tveganja in izbira ustreznega nivoja zaščite

Izoliran sistem zaščite pred strelo

Neizoliran sistem zaščite pred strelo

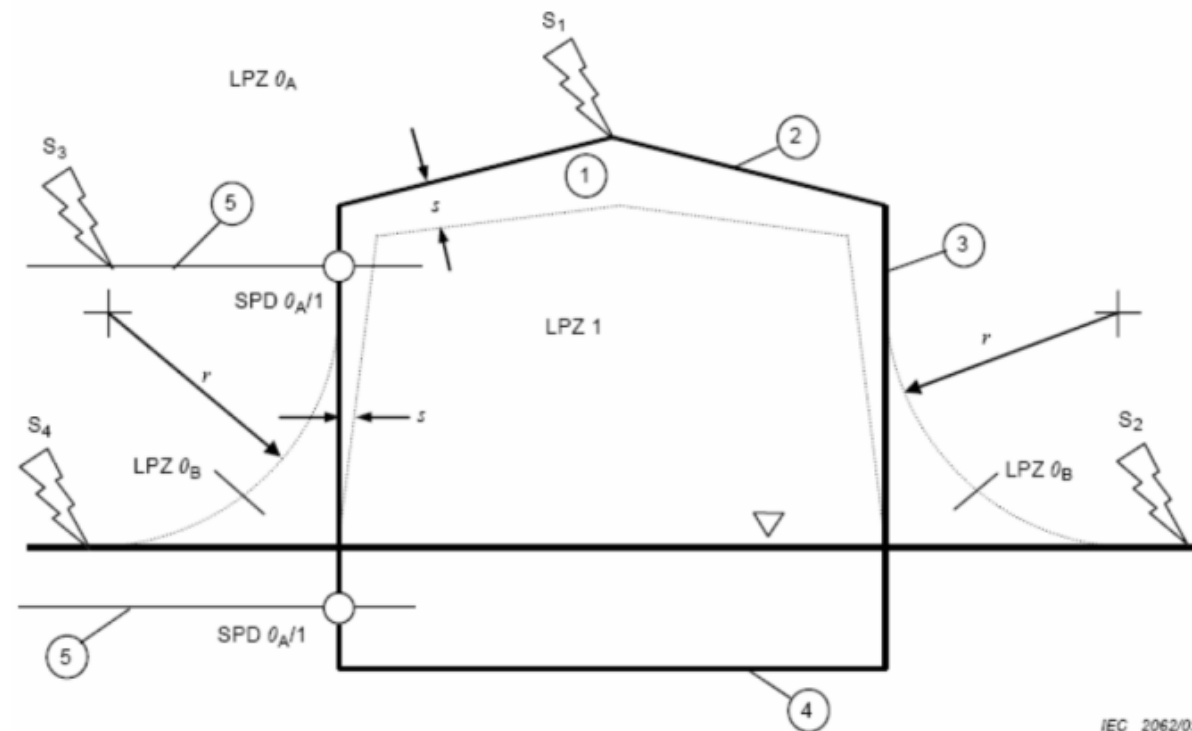
Izoliran sistem zaščite



Izračun ščitenega področja

Izračun preskočne razdalje:

$$s = k_i \frac{k_c}{k_m} l$$

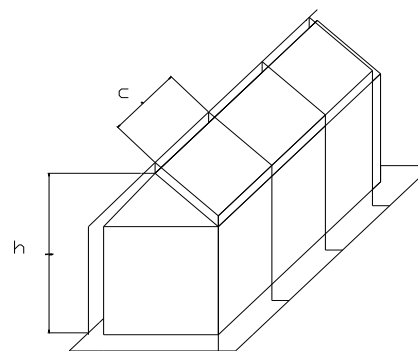
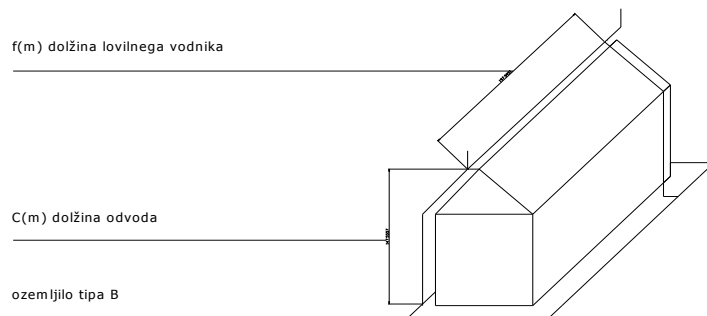


Izračun preskočne razdalje

$$s = k_i \frac{k_c}{k_m} l$$

Nivo zaštite	k_i
I	0,08
II	0,06
III	0,04
IV	0,04

Number of down-conductors n	k_c
1 (only in case of an isolated LPS)	1
2	0,66
3 and more	0,44



Broj odvodnih vodova	k_c
1	1
2	Jednačina 2
3 i više	Jednačina 3

$$k_c = \frac{(c + f)}{2 * c + f}$$

$$k_c = \frac{1}{2 * n} + 0,1 + 0,2 * \sqrt[3]{\frac{c}{h}}$$

IZRAČUN LOČILNE RAZDALJE (SIST EN 62305-3)

Določitev koeficienta geometrijske razdelitve odvodov k_c :

število odvodov	n	10
razdalja do sosednjega odvoda	c [m]	18
enakomernost odvodov		da
vertikalna razdalja med potencialnimi obroči	h [m]	15
koeficient porazdelitve toka	k_c	0,363

Določitev koeficienta odvisnega od zaščitnega nivoja k_i :

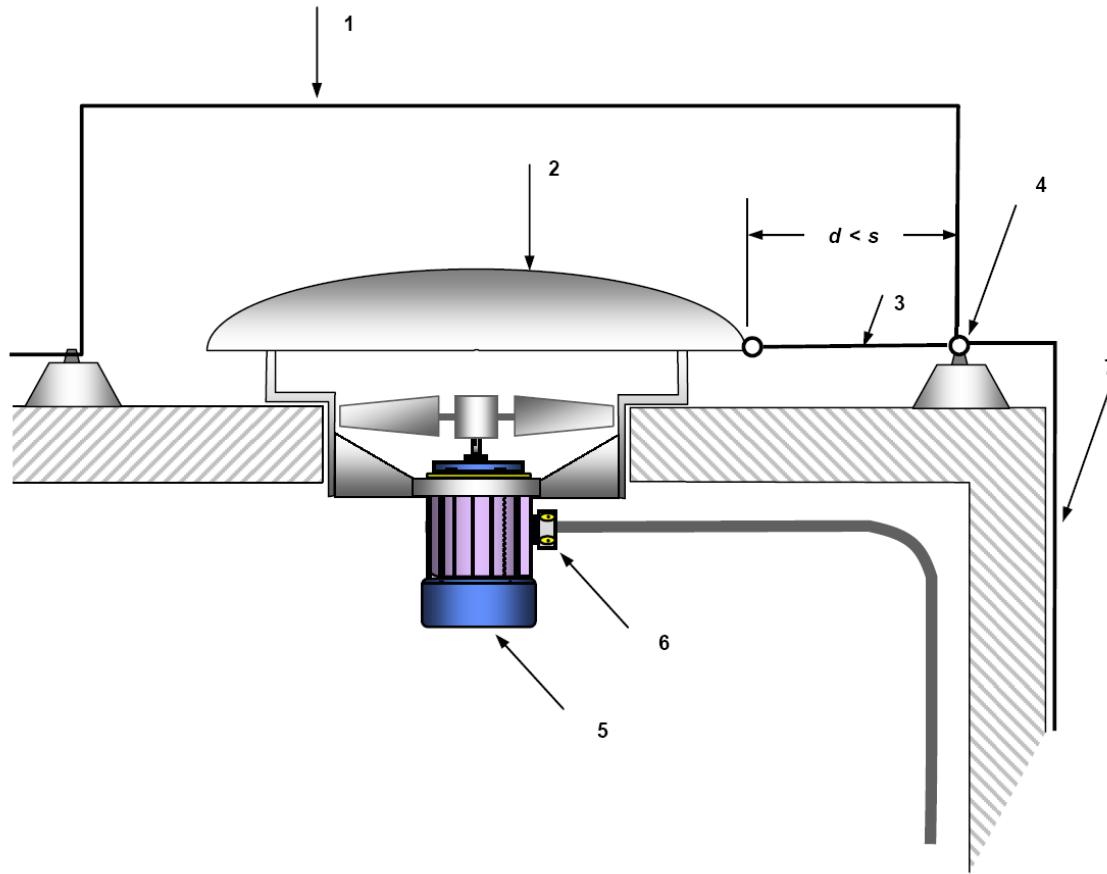
Zaščitni nivo		IV.
koeficient zaščitnega toka	k_i	0,04

Določitev koeficienta odvisnega od materiala k_m :

material		zrak
koeficient materiala	k_m	1
razdalja do točke približanja	l [m]	25

Varnostna razdalja:	s [m]	0,36
----------------------------	--------------	-------------

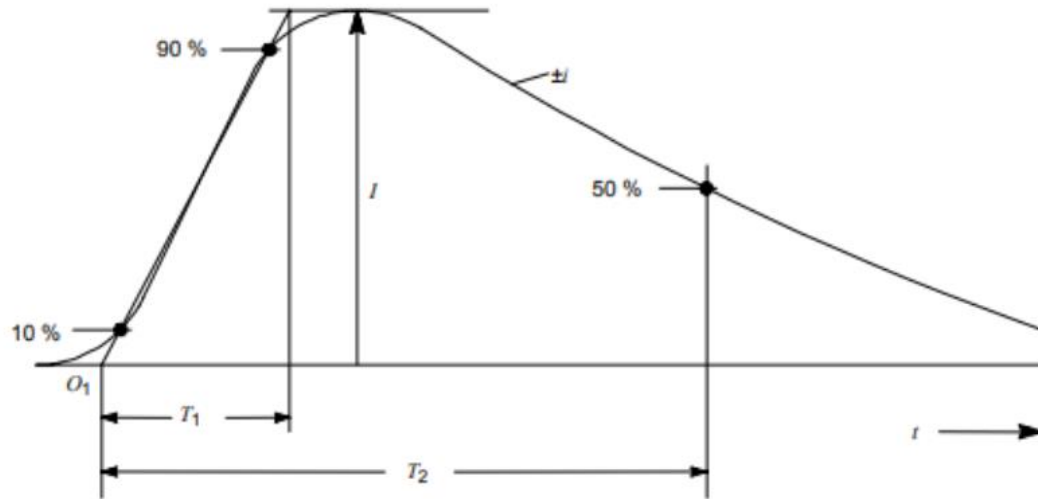
Neizoliran sistem zaštite



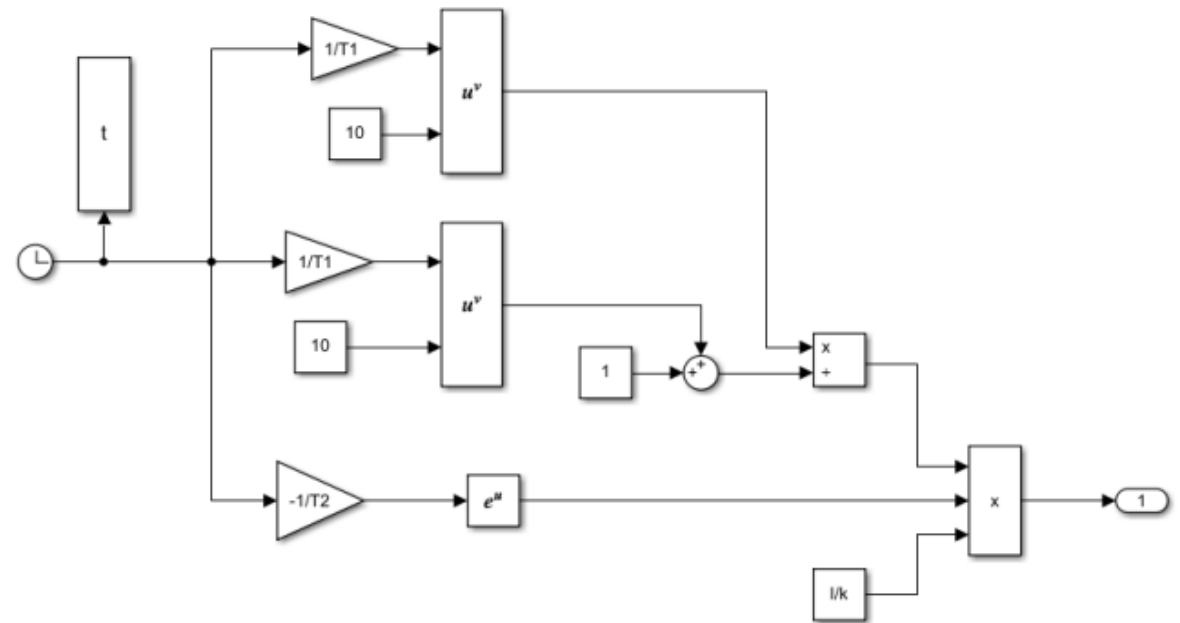
Key

- 1 Air-termination conductor
- 2 Metallic cover
- 3 Bonding conductor
- 4 Horizontal air-termination conductor
- 5 Electric equipment
- 6 Electric power junction box with SPD
- 7 Down-conductor

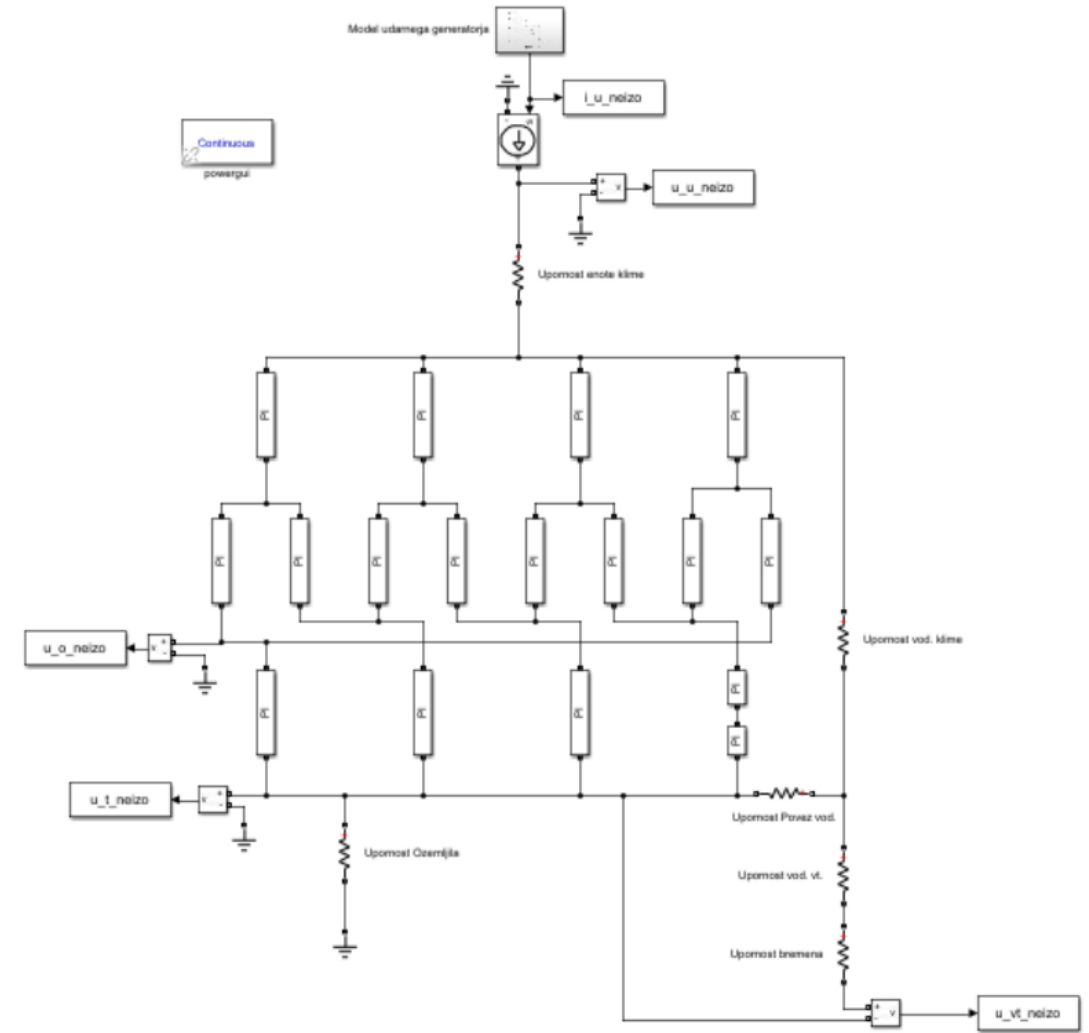
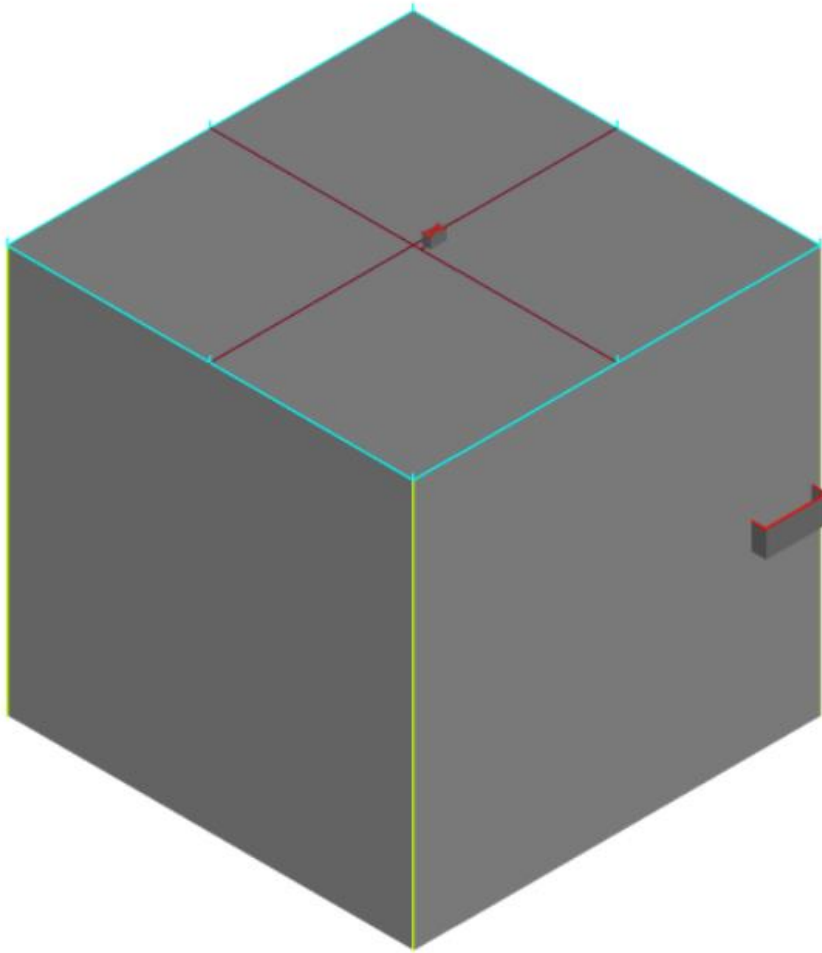
- Oblika prvega pozitivnega vala: 10/350 μ s
 - Maksimalen tok: 100 kA
- (IV. nivo zaščite)



$$i_m = \frac{I_m}{k} \cdot \frac{\left(\frac{t}{\tau_1}\right)^{10}}{1 + \left(\frac{t}{\tau_1}\right)^{10}} \cdot \exp\left(-\frac{t}{\tau_2}\right)$$

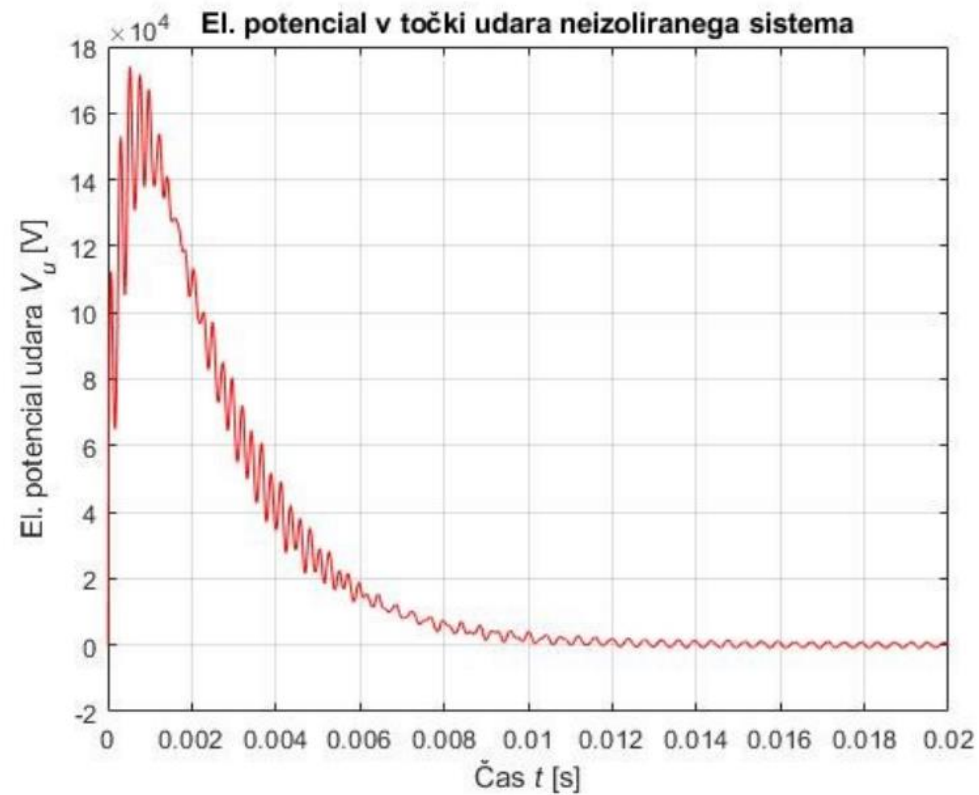


Neizoliran sistem zaštite

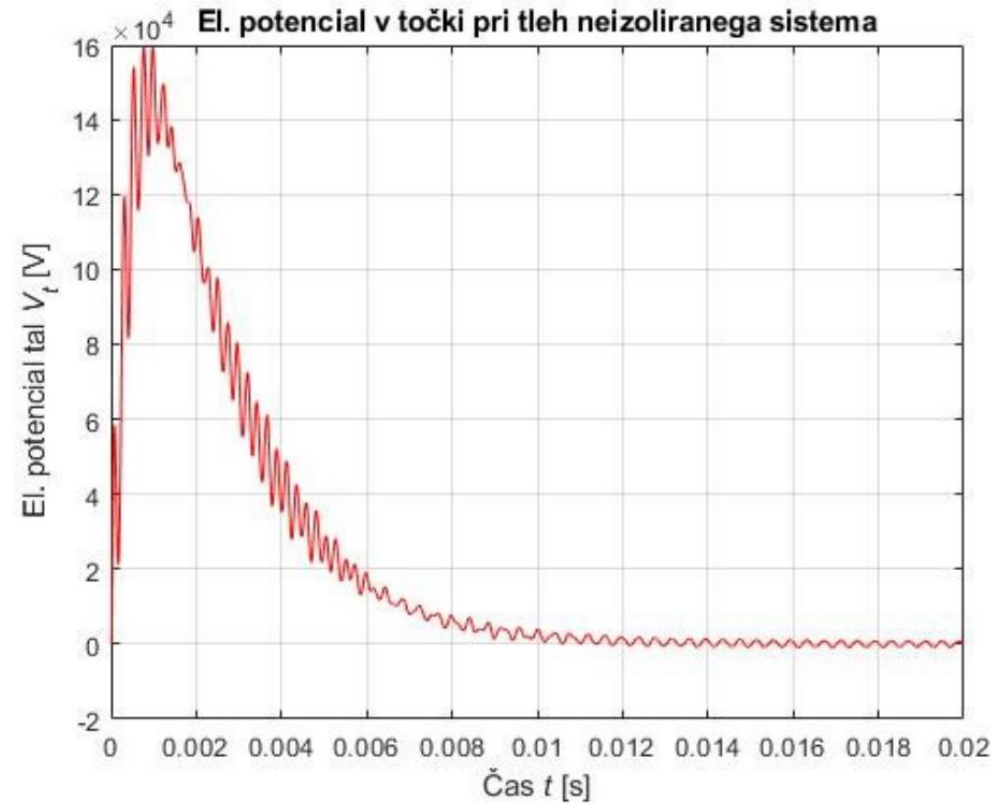


■ Potencial v točki udara

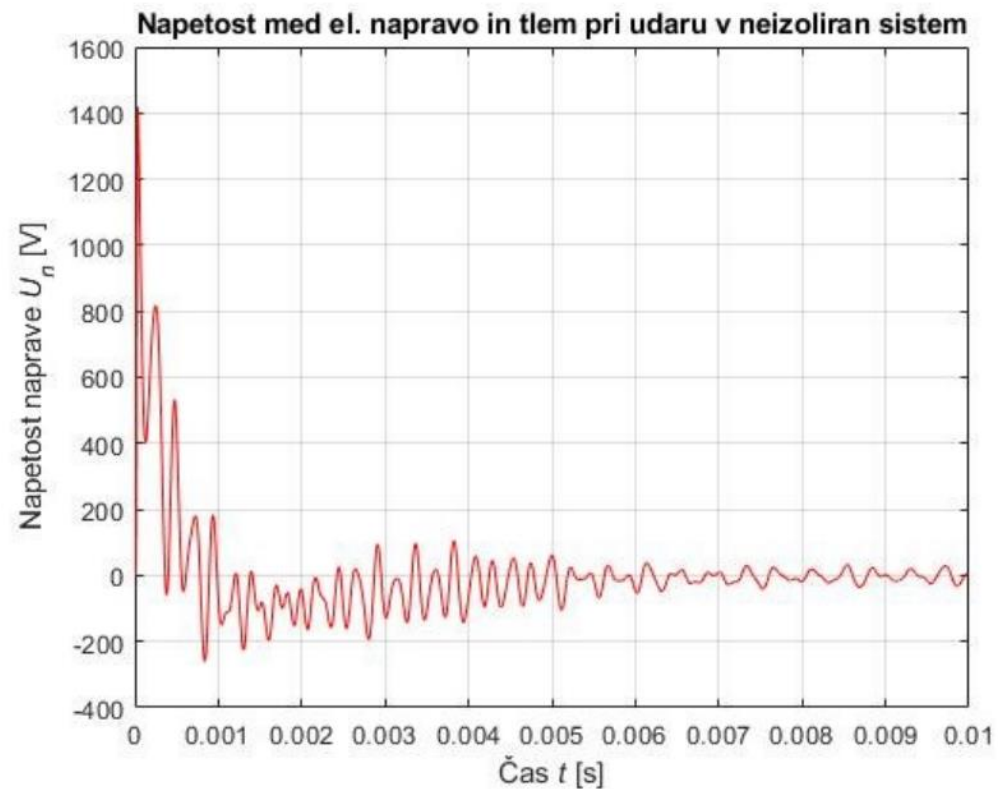
- Maksimalno **173,98 kV**
- Raste 1 ms



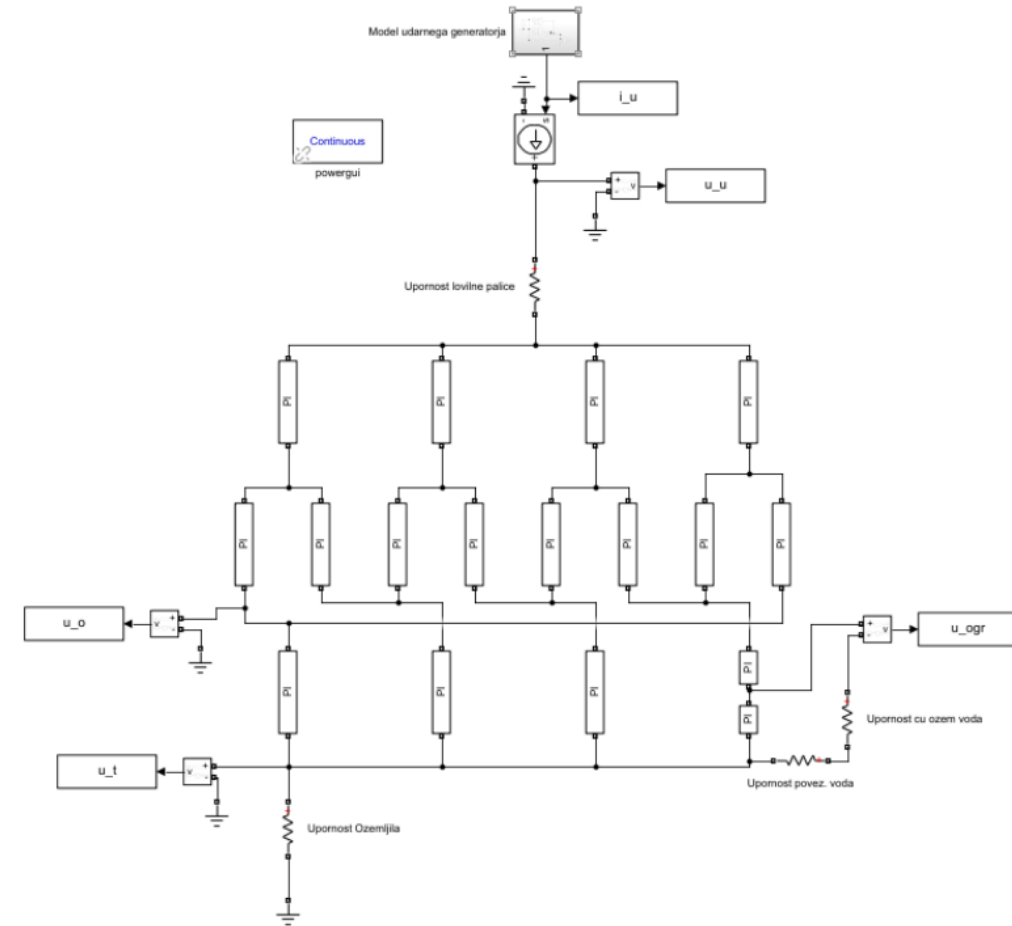
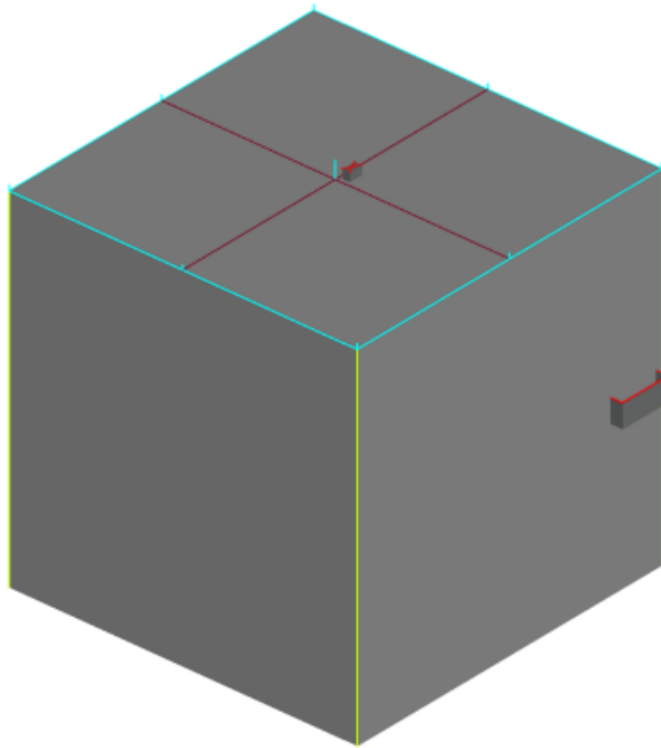
- Potencial v točki na zemlji
 - Maksimalno **159,72 kV**



- Razlika potenciala med napravo in tlemi
 - Maksimalno **14 kV**

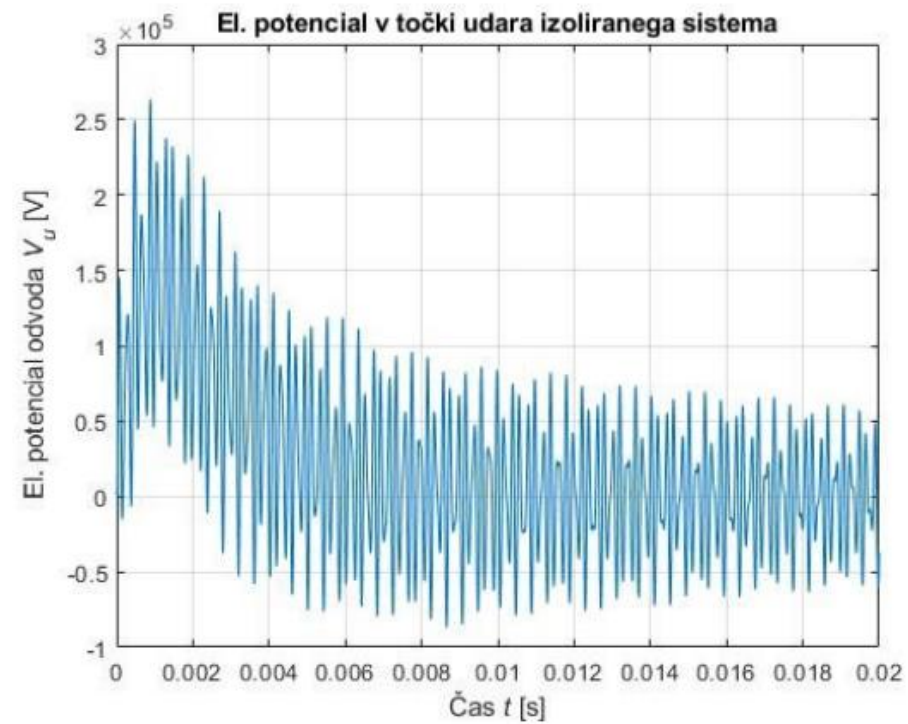


Izoliran sistem zaštite:

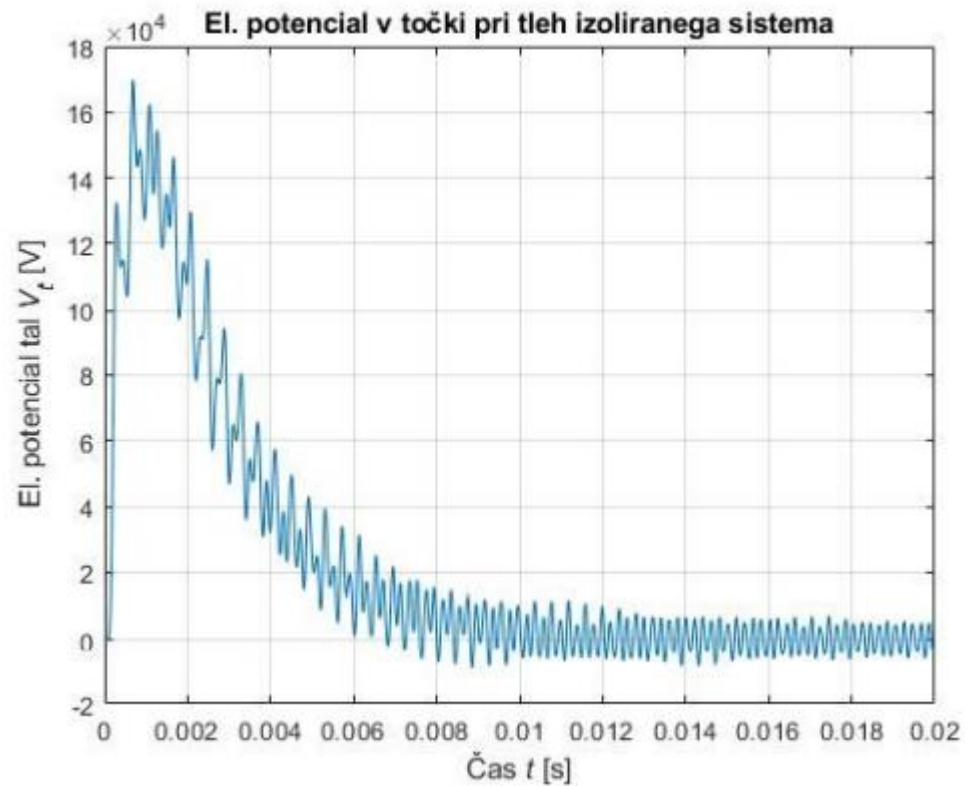


■ Potencial v točki udara

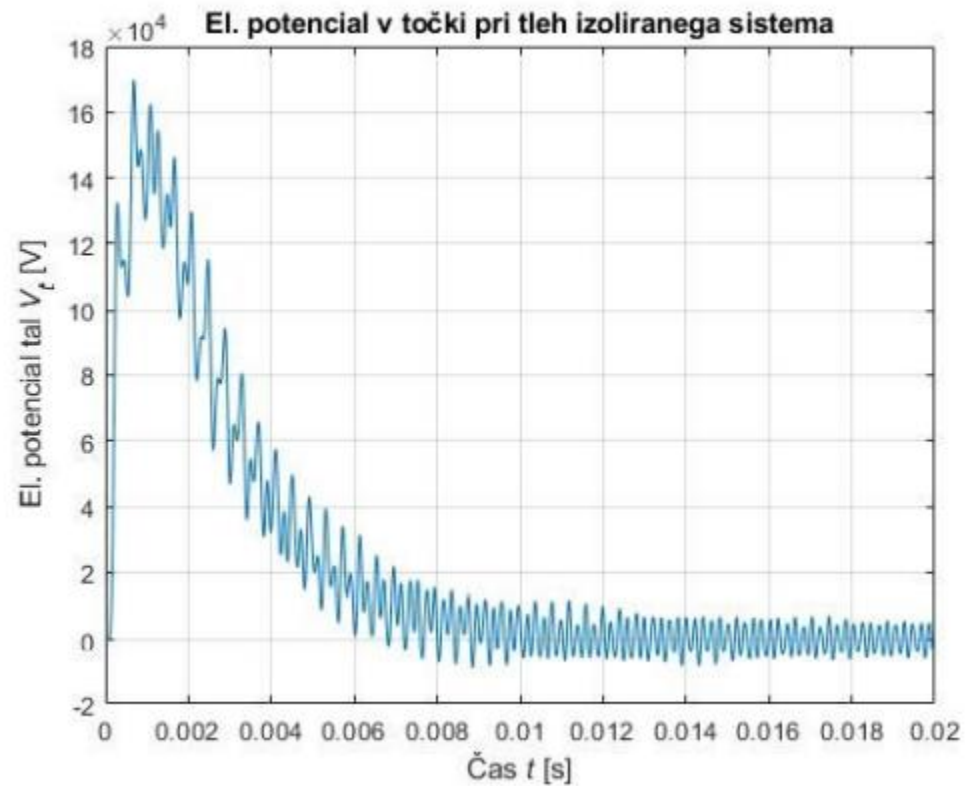
- Maksimalno **263,3 kV**
- Raste 1 ms



- Potencial v točki na zemlji
 - Maksimalno **169,8 kV**



- Razlika potenciala med ograjo in odvodom
 - Maksimalno **60,1 kV**



Število potrebnih odvodnih vodov glede na dimenije objekta:

Zaščitni nivo LPL	Tipična razdalja med odvodi
I	10 m
II	10 m
III	15 m
IV	20 m

Ozemljilni sistem:

Tip ozemljila

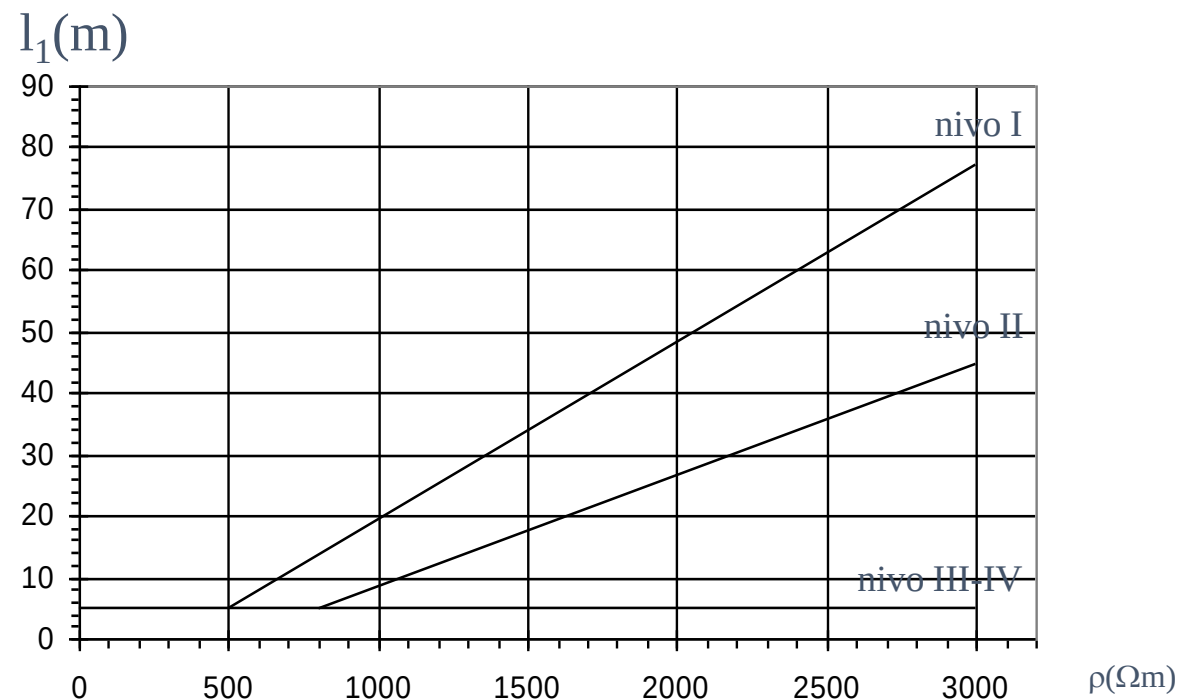
Ozemljilo tipa A

$$I_{\min} = I_1$$

$$I_{\min} = 0,5I_1$$

Ozemljilo tipa B

$$r_e \geq I_1$$



V splošnem naj bo ponikalna upornost ozemljila manjša od 10Ω

Temeljno ozemljilo

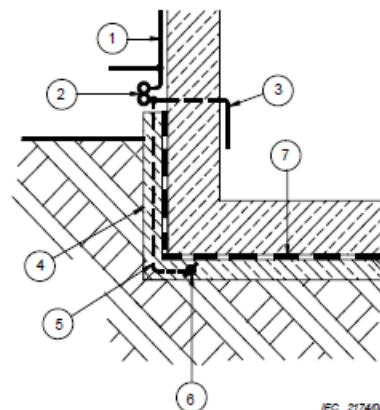


Figure E.40a – Isolated foundation with foundation earth electrode in the non-reinforced concrete layer below the bitumen insulation

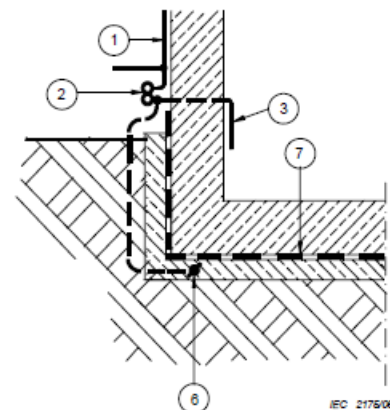


Figure E.40b – Isolated foundation with earth-termination conductor partly passing through the soil

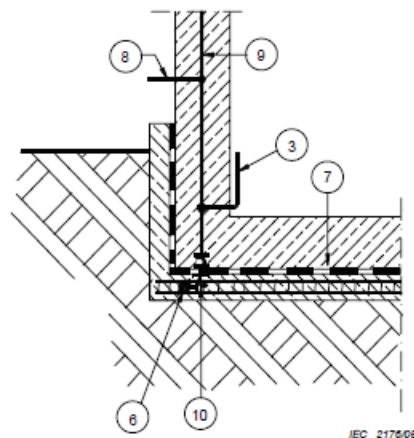
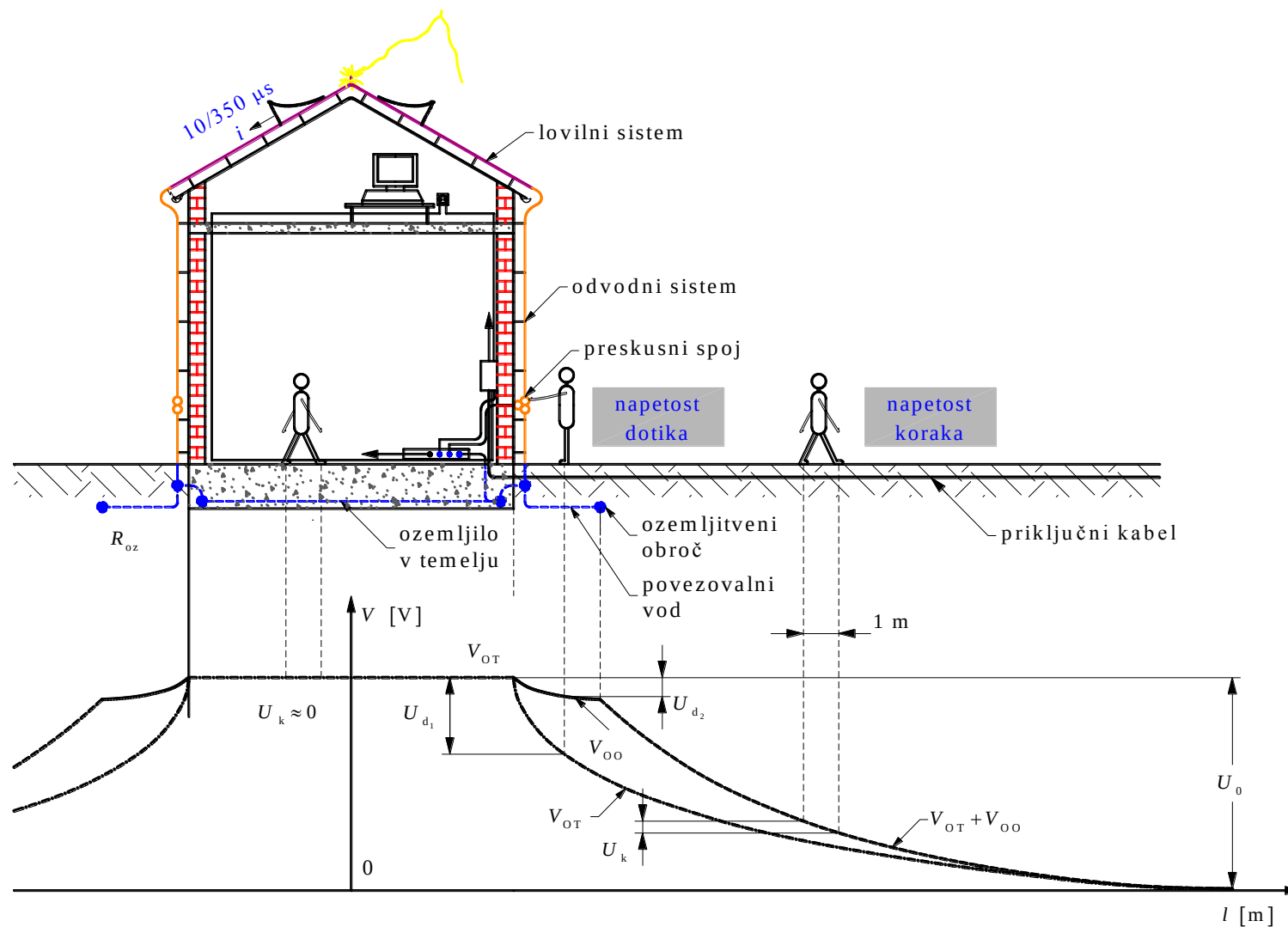


Figure E.40c – Connection from the foundation earth electrode to the steel reinforcement passing through the damp proof membrane

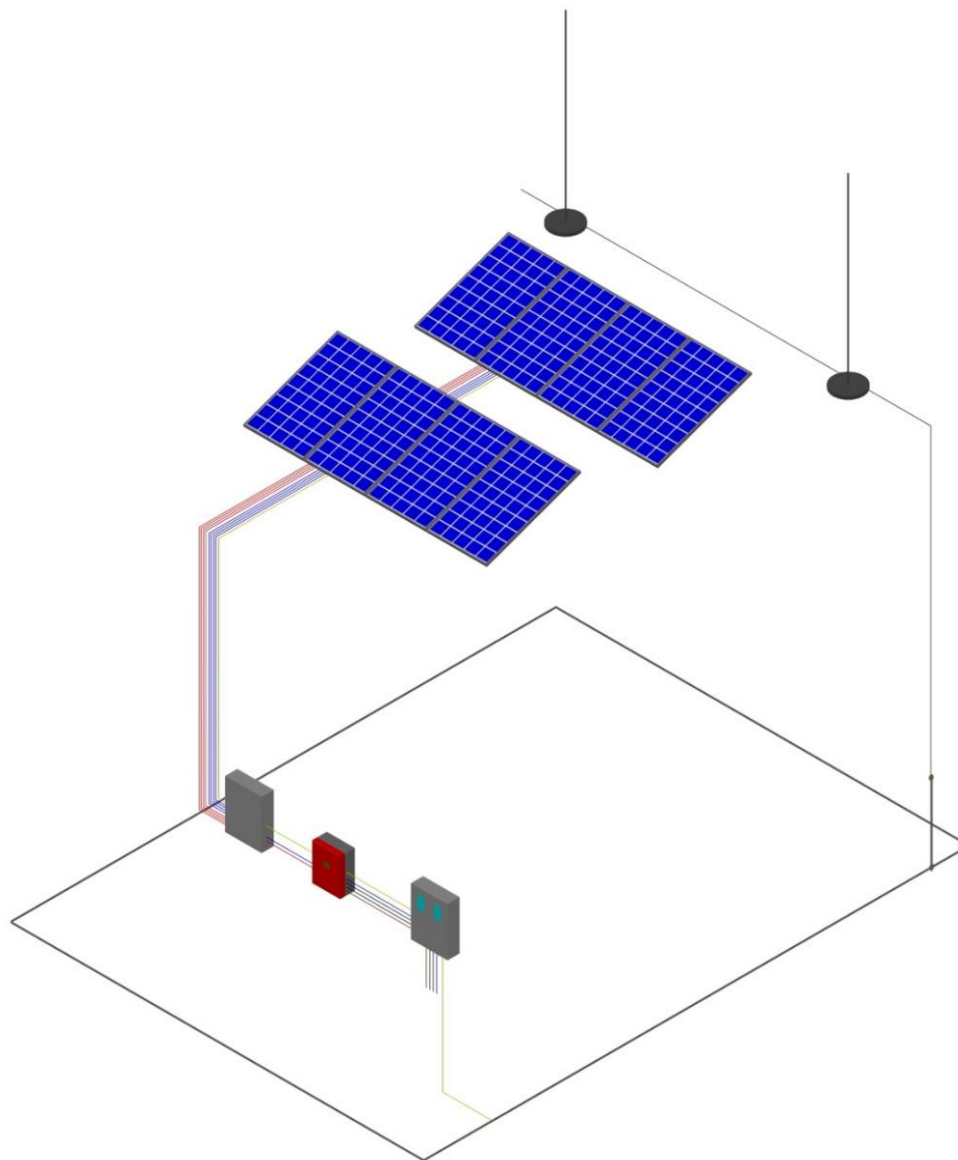
Key

- 1 Down-conductor
- 2 Test joint
- 3 Bonding conductor to the internal LPS
- 4 Non-reinforced layer of concrete
- 5 Connecting conductor of the LPS
- 6 Foundation earth electrode
- 7 Damp proof membrane, watertight insulating layer
- 8 Connecting conductor between steel reinforcement and the test joint
- 9 Steel reinforcement in concrete
- 10 Watertight bushing through the damp proof membrane

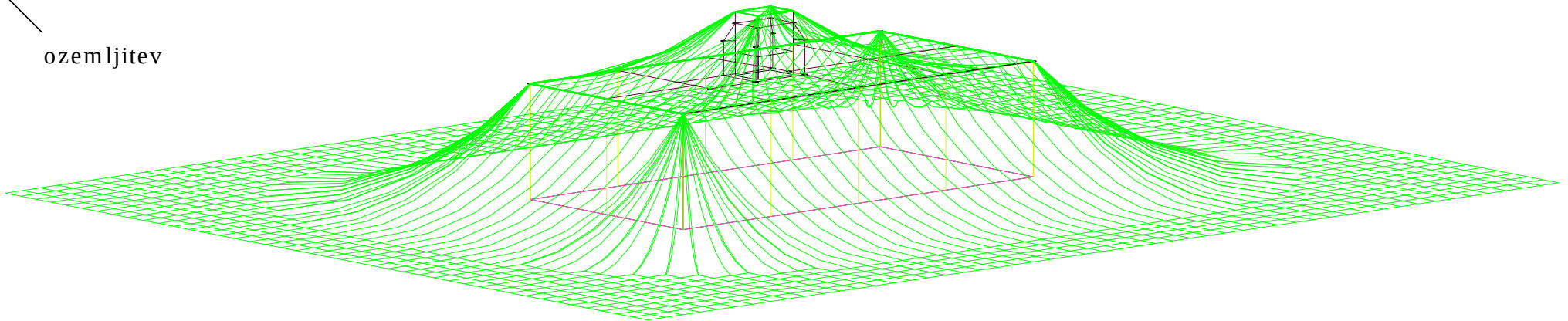
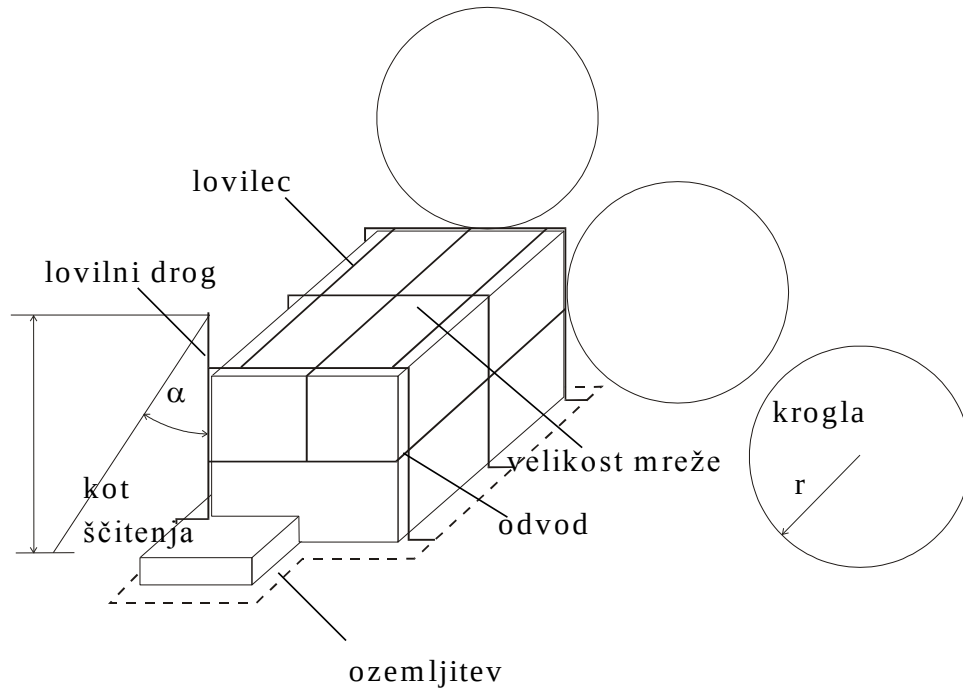
Napetost koraka, napetost dotika



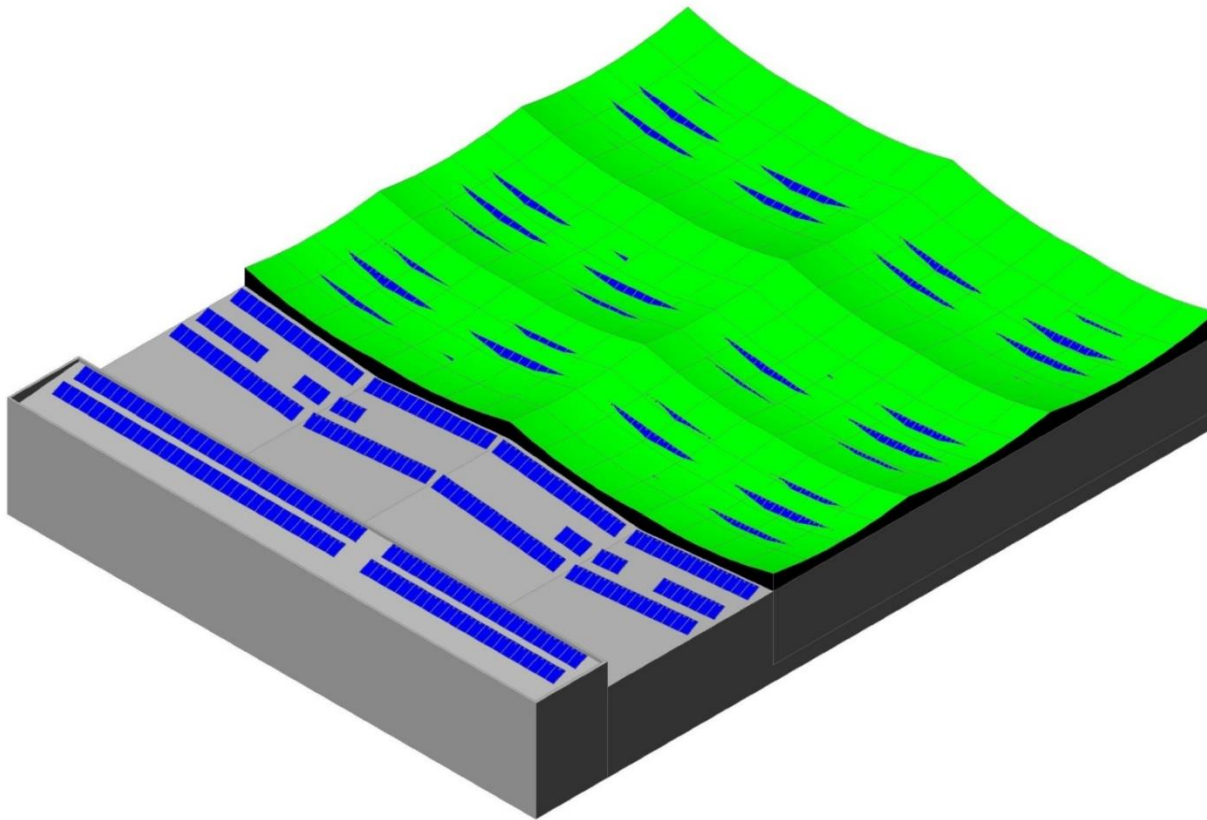
Zaščita SE pred udarom strele



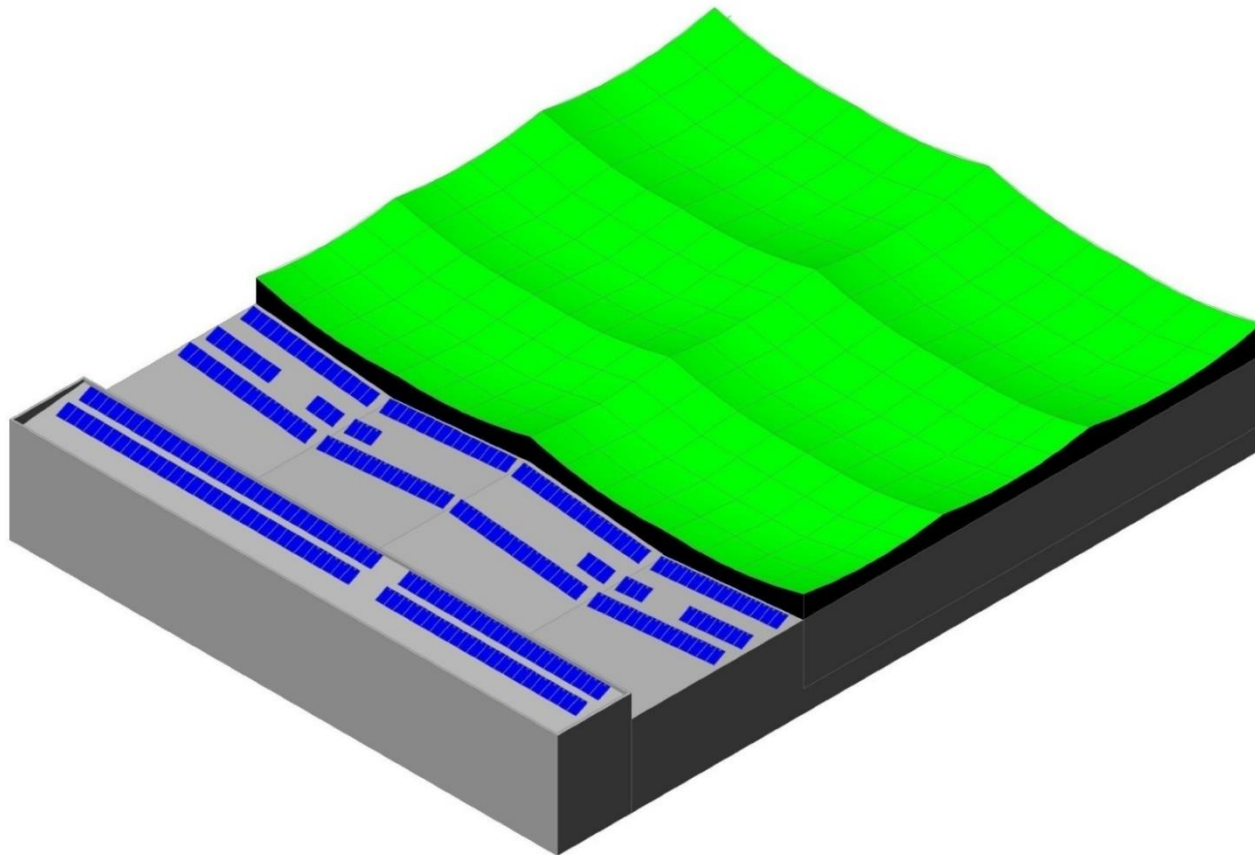
Izračun potrebne višine lovilnih palic



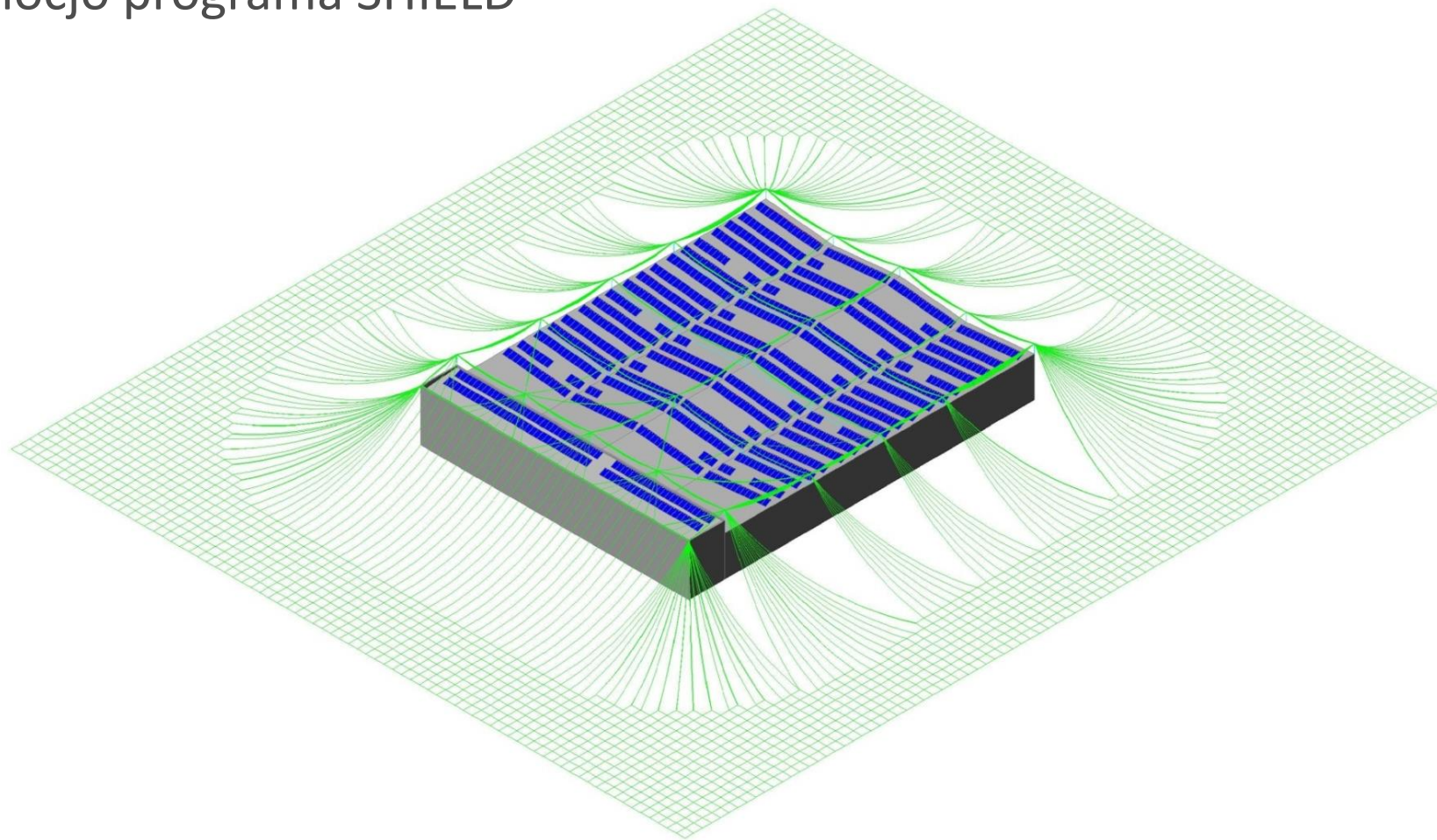
Izračun ščitenega področja v primeru lovilnih palic
višine $h=1,3\text{m}$



Izračun ščitenega področja v primeru lovilnih palic
višine $h=2\text{m}$



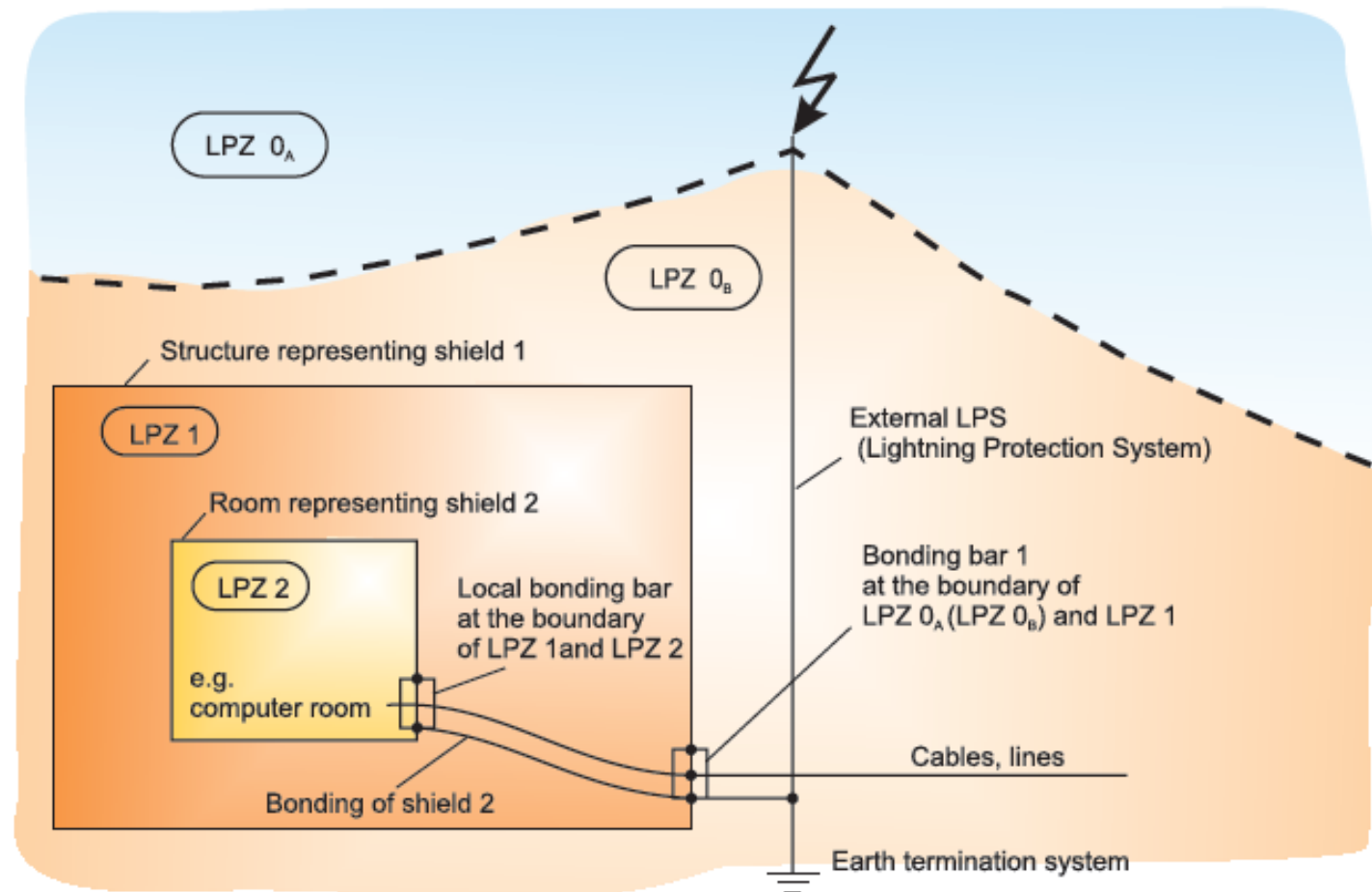
Izračun ščitenega področja za celoten objekt s SE s
pomočjo programa SHIELD



Notranji sistem zaščite pred strelo – prenapetostna zaščita

Standard SIST EN 62305-4

Razdelite objekta na zaščitne cone: LPZ

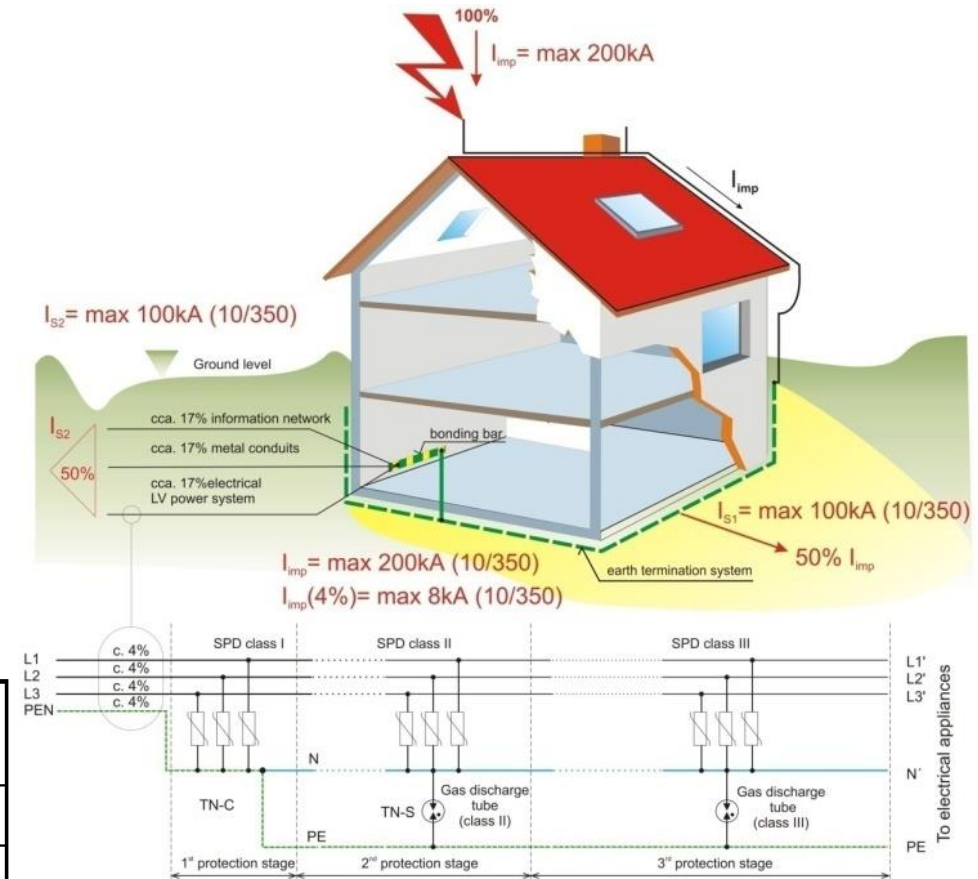


Izbira ustrezne prenapetostne zaščite:

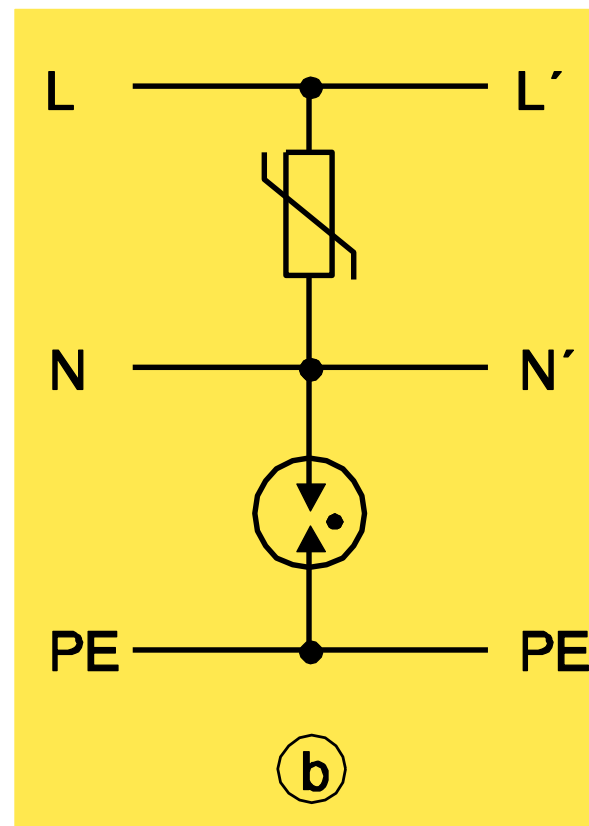
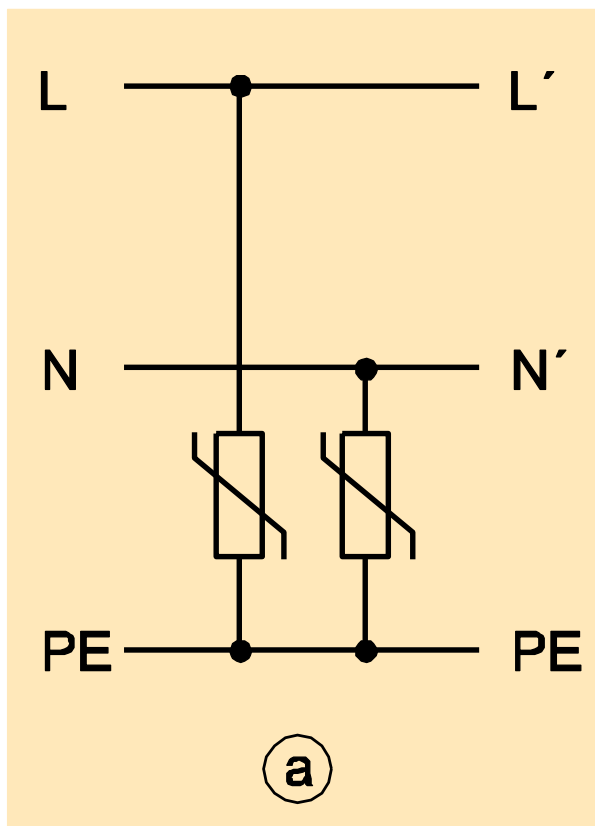
Izračun ocene tveganja po SIST EN 62305-2 (Hermi Risk Manager)

Izbira ustreznih zaščitnih elementov glede na izbran
zaščitni nivo

Test parameters		LPL			Tolerance %
		I	II	III – IV	
Peak current I	(kA)	200	150	100	± 10
Charge Q_{short}	(C)	100	75	50	± 20
Specific energy W/R	(MJ/ Ω)	10	5,6	2,5	± 35



Priključitev prenapetostnih zaščit

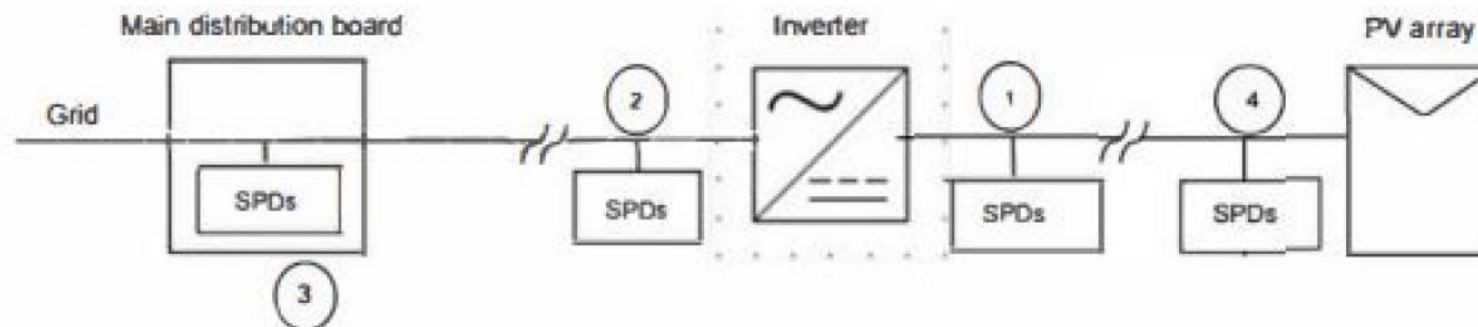


Izbira ustrezne prenapetostne zaščite za PV sisteme



SIST HD 60364-7-712:2016

Električne instalacije nizke napetosti- 7-712. del: Zahteve za specifične instalacije ali lokacije- Fotonapetostni (PV) sistemi



Key

Situation	SPD at location 3	SPD at location 2	SPD at location 1 and 4
Installation of SPDs in case of PV installation without external LPS)	Type 2 SPDs as required in HD 60364-5-53 and according to EN 61643-11	Type 2 SPDs according to EN 61643-11	Type 2 SPDs according to EN 50539-11
Installation of SPDs in case of a building with external LPS when separation distance s is kept	Type 1 SPDs as required in HD 60364-5-53 and according to EN 61643-11	Type 2 SPDs according to EN 61643-11	Type 2 SPDs according to EN 50539-11
Installation of SPDs in case of a building with external LPS when separation distance s is not kept	Type 1 SPDs as required in HD 60364-5-53 and according to EN 61643-11	Type 1 SPDs according to EN 61643-11	Type 1 SPDs according to EN 50539-11

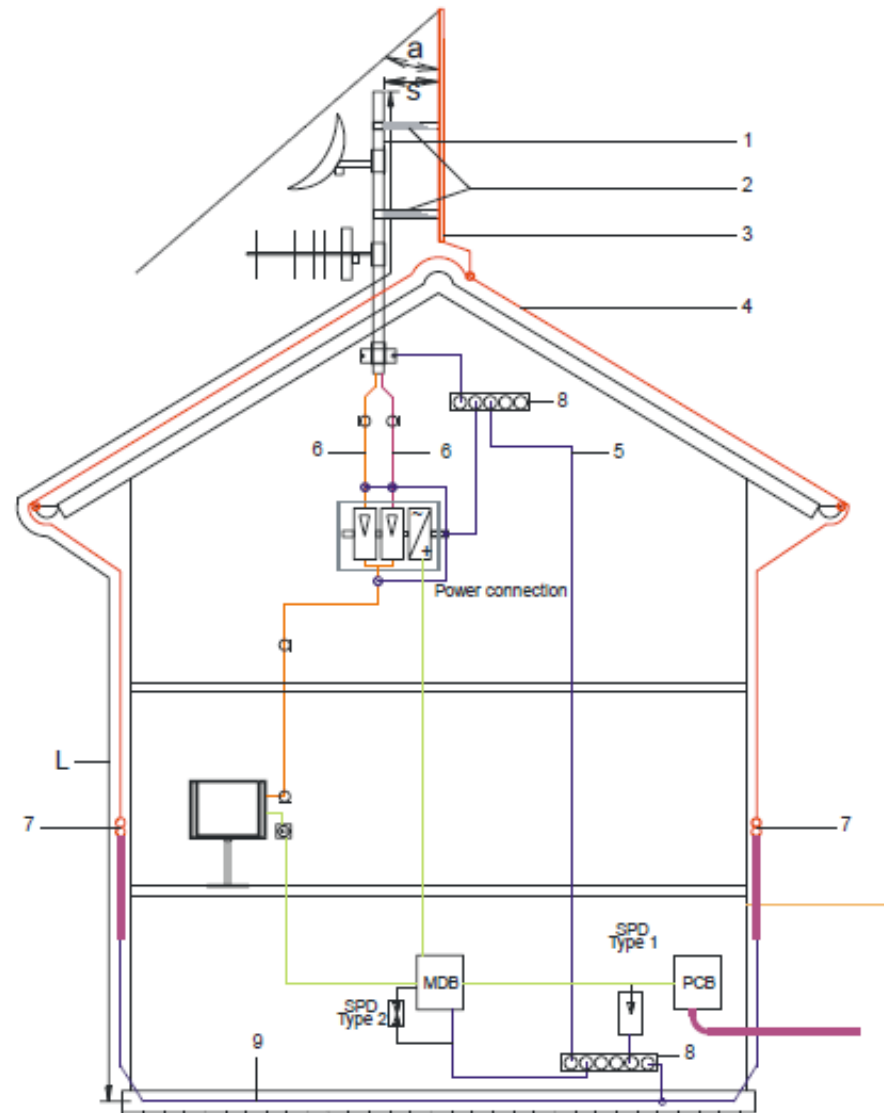
Figure 712.C.1 – Location of the SPDs in a PV installation

Table 8 – Minimum dimensions of conductors connecting different bonding bars or connecting bonding bars to the earth-termination system

Class of LPS	Material	Cross-section mm ²
I to IV	Copper	16
	Aluminium	25
	Steel	50

Table 9 – Minimum dimensions of conductors connecting internal metal installations to the bonding bar

Class of LPS	Material	Cross-section mm ²
I to IV	Copper	6
	Aluminium	10
	Steel	16



Praktične izvedbe zaščite SE







