

Električne instalacije i osvjetljenje

Projekat I

Odsjek: Energetika i automatika

Semestar: V

Broj časova: 2(predavanja) + 0 + 0 + 2(izrada projekta)

Nastavnik: Prof. dr Milovan Radulović

Saradnici: Luka Lazović MSc, Mihailo Micev MSc

Literatura:

Milan S. Jovanović: ELEKTRIČNE INSTALACIJE I

Miomir Kostić: TEORIJA I PRAKSA PROJEKTOVANJA
ELEKTRIČNIH INSTALACIJA

ZAŠTITA OBJEKATA NA ZEMLJI OD ATMOSFERSKOG PRAŽNJENJA

Atmosferski elektricitet se javlja kao posledica međusobnog trenja delova atmosfere koji se nalaze u stalnom kretanju.

Probojna čvrstoća vazduha 30 kV/cm.

Pražnjenje prema zemlji se sastoji od nekoliko uzastopnih pražnjenja. Najčešće ih ima 3-5. Svako od njih trasira put glavnom pražnjenju.

Tek kada "lider" stigne na oko 100m od zemlje postaje određena tačka prema kojoj se prazni.

Maksimalna struja pražnjenja nije ista na svim geografskim širinama i kreće se od nekoliko desetina do nekoliko stotina kA

Epohalni radovi fizičara Franklina (Benjamin Franklin), Nolea (Jean-Antoine Nollet), Dalibara (Thomas François Dalibard) i ostalih istraživača, koji su protumačili pojavu munje mogu se smatrati početkom naučnog spoznavanja i tumačenja pojava atmosferskog pražnjenja.

Devetnaesti vijek će biti posvećen posmatranjima i statistikama pražnjenja zbog nedostatka adekvatnih instrumenata koji bi ubrzali upoznavanje fenomena atmosferskih pražnjenja. Tek na početku druge trećine XX vijeka, kvalitetniji načini mjerenja, snimanja i fotografisanja, omogućili su da se bliže upozna ova pojava i daju neke numeričke veličine.

ZANIMLJIVOSTI U BROJKAMA



- Šansa da nas udari munja su 576.000 :1, da vas ubije su 2.320.000 :1. U aktuelnom sistemu lota postoji čak 15 miliona kombinacija.
- U trenutku udara munje stvara se temperatura od 20.000 stepeni Celzijusovih, dok je temperatura na površini Sunca između šest i sedam hiljada stepeni.
- Svake sekunde u svijetu dolazi do 100 udara munje, što za jedan sat iznosi 360.000 udara munje u planetu Zemlju.



Najveći broj udara ima selo Kifuka u Kongu, gde se svake godine po kvadratnom kilometru isprazni čak 150 udara.

Nikolu Teslu zvali su i Gospodar Munja. Sasvim zaslužen je jer je 1899. godine u Kolorado Springsu stvorio najdužu vještački izazvanu munju. Bila je duga 41 metar.

- **Grom je zvučni efekt koji nastaje prilikom udara munje.**
- **Temperatura vazduha u okolini munje dostiže 20.000 °C što proizvodi naglo širenje vazduha. Grom je zvučni talas nastao ovim širenjem vazduha**





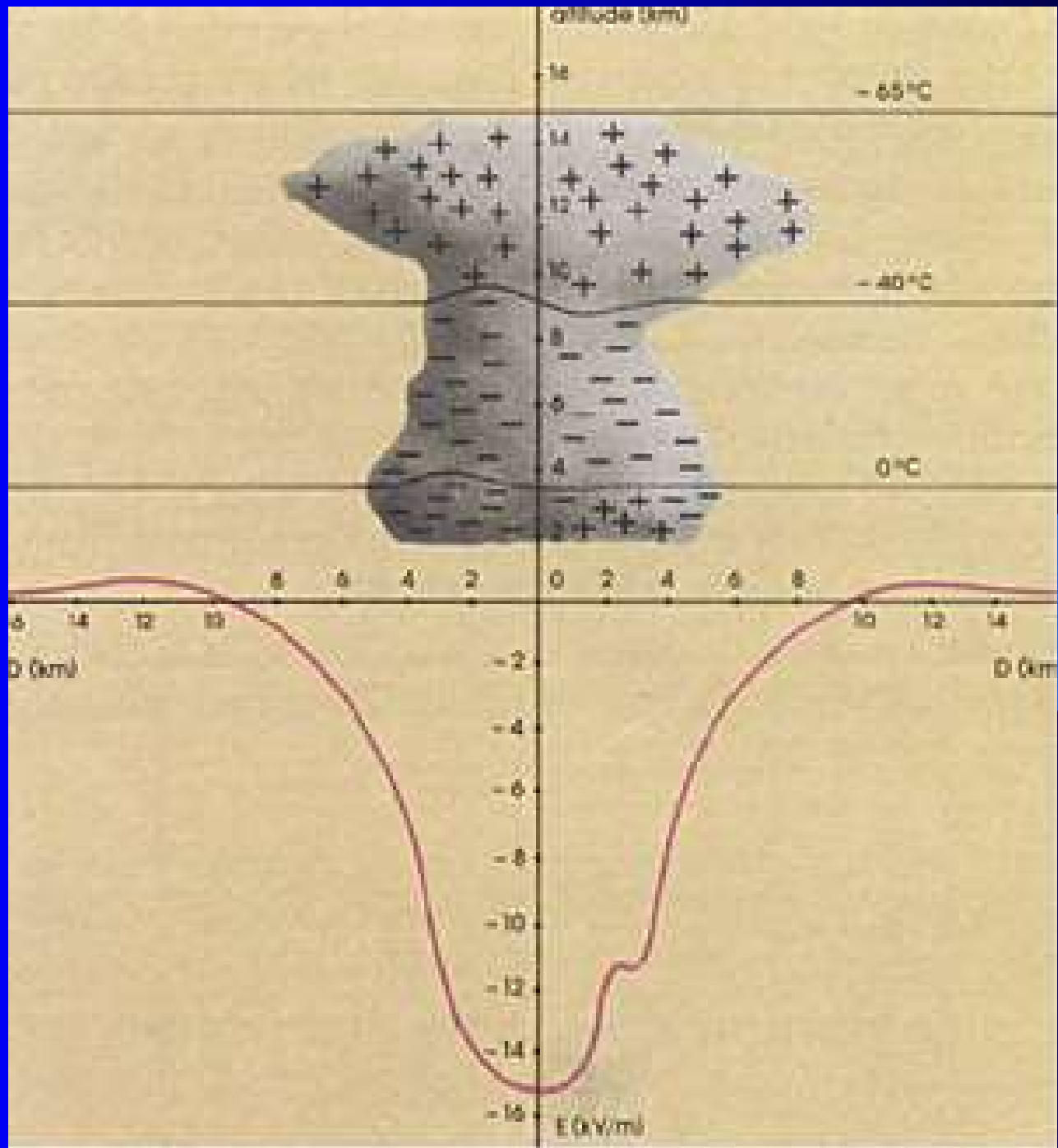
Nastanak munje

Zbog djelovanja Sunčeve toplote, kao i toplote iz unutrašnjosti Zemlje, dolazi do isparavanja sa vodenih površina. Prolaskom čestica vodene pare kroz Zemljinu atmosferu i dejstvom vjetrova, one se sudaraju sa različitim materijalnim česticama, među kojima ima slobodnih negativnih i pozitivnih jona.

Kada se takav jon “prilijepi” na česticu pare, ona postaje negativno ili pozitivno naelektrisana.

Kada se vodena para popne na visinu od 500- 800m iznad površine Zemlje ona nailazi na sloj sa znatno nižom temperaturom pa dolazi do njene kondenzacije. Velike količine tako stvorenih kapljica vode sakupljaju se stvarajući oblak. Na taj način se u oblaku skupljaju velike količine naelektrisanja različitog polariteta koje su unutar oblaka međusobno odvojeni.

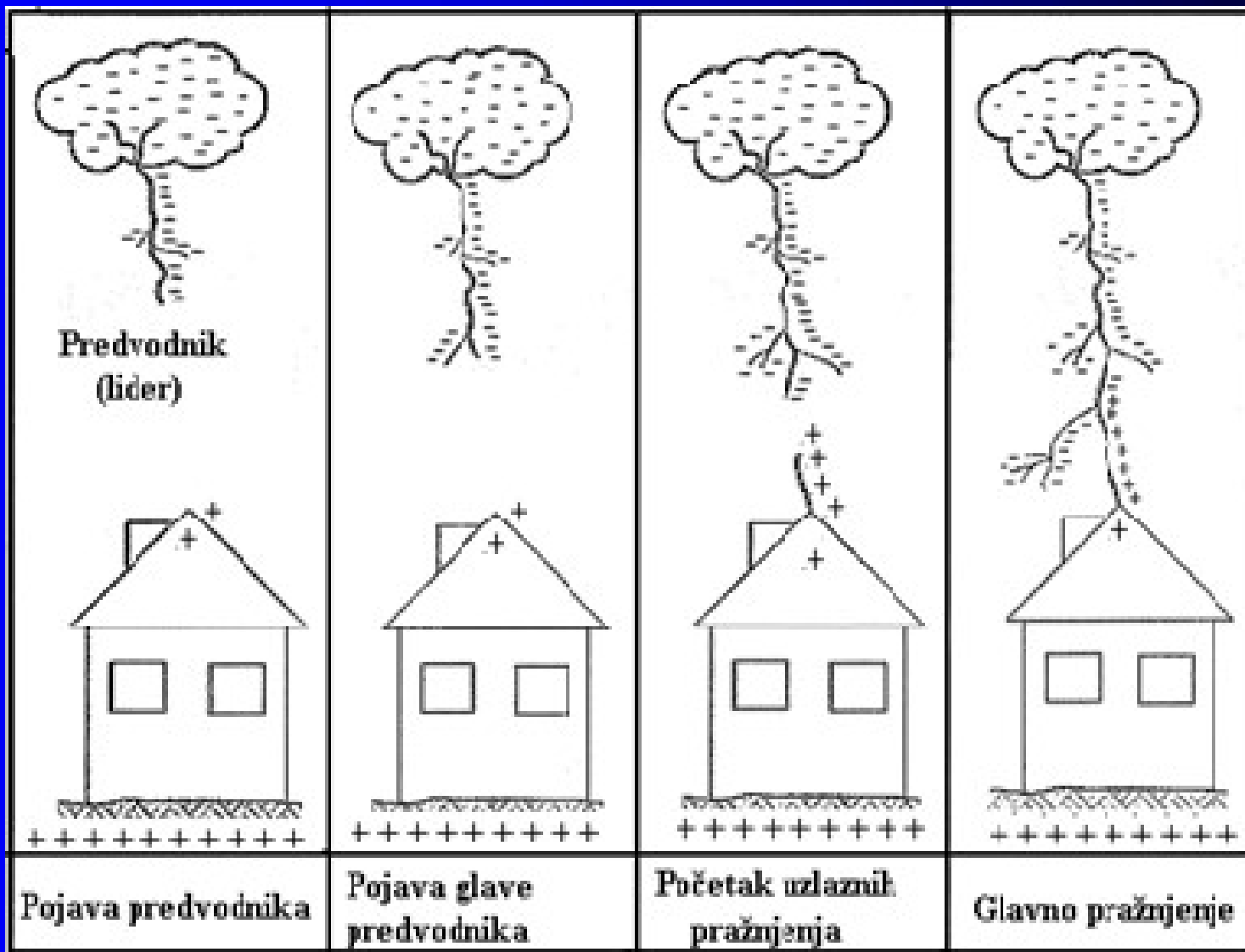
Kada jačina električnog polja između oblaka i tla dostigne kritičnu vrijednost, dolazi do proboja to jest do pojave munje



Vrsta oblaka u kome se formiraju munje naziva se kumulonimbus. Oblak je velike mase i diže se u visinu i do 15km, a osnova mu je udaljena od tla 0,5-3km. Naelektrisanja nižih dijelova oblaka indukuju na zemlji suprotno naelektrisanje i tako nastaje ogroman kondenzator. Ista konstrukcija kondenzatora nastaje i između dva suprotno naelektrisana oblaka. Procjenjuje se da je razlika potencijala između zemlje i donjeg dijela oblaka iznosi i do nekoliko desetina miliona volti.

Najčešći udari munje su negativnog polariteta koji počinju od oblaka i završavaju na tlu (70 - 90 %). Negativno naelektrisanje iz oblaka počinje da se kreće prema tlu kada jačina električnog polja u blizini oblaka premaši probojnu čvrstoću vazduha i vodenih kapljica (500 - 1000 kV/m).

Redosled pojava prilikom nastanka munje prikazan je na slici

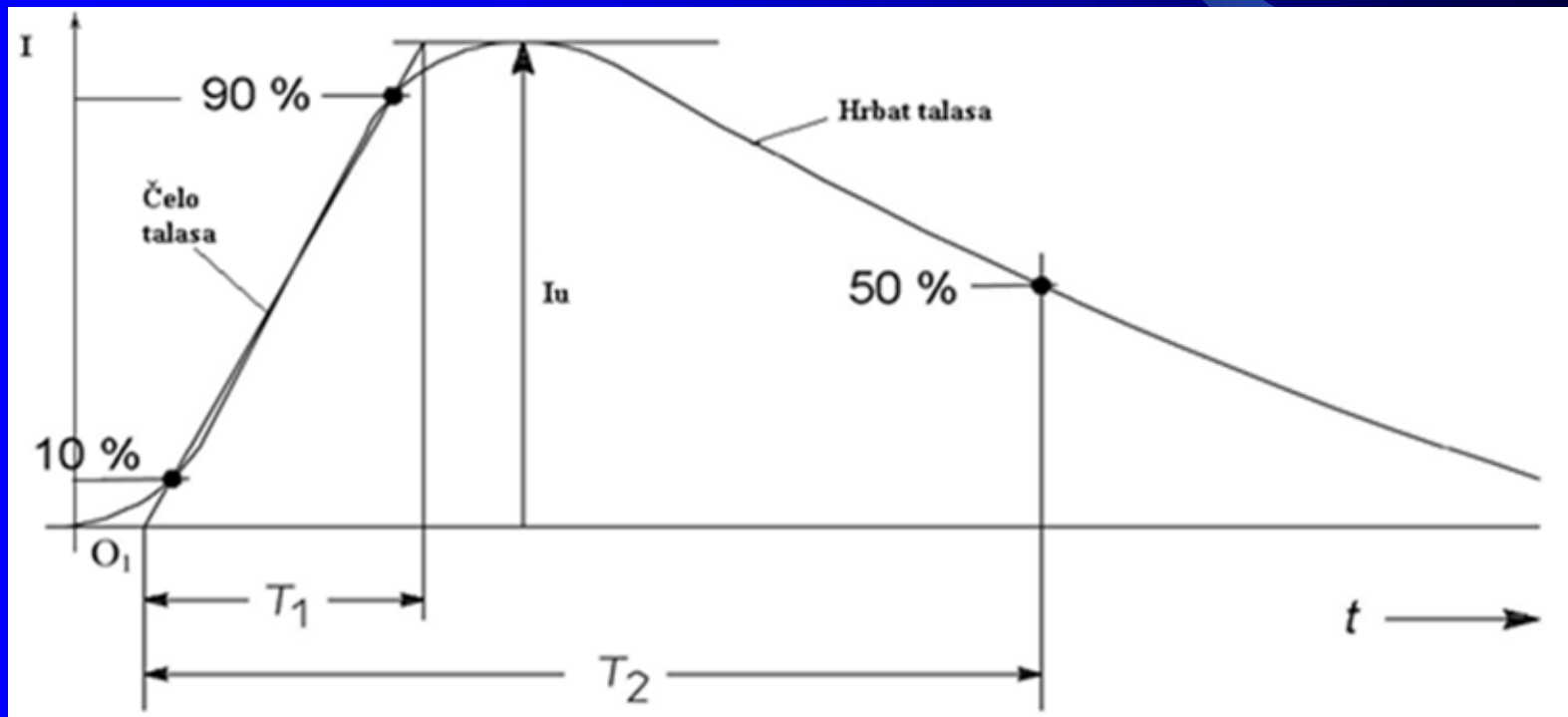


Redosled pojava prilikom nastanka munje

Najistureniji (početni) dio naelektrisanja naziva se predvodnik (ili lider). Kanal kojim je prošao predvodnik ostaje jonizovan i pun negativnog naelektrisanja. Što se više predvodnik približava zemlji, i isturenim objektima na njoj, on na njima privlači sve više pozitivnih naelektrisanja koji se gomilaju na gornjem dijelu objekta. To privlačenje je utoliko jače što je predvodnik bliže zemlji ili objektu na zemlji. Zbog ovih pojava raste jačina električnog polja u blizini zemlje. Kada jačina električnog polja premaši probojnu čvrstoću vazduha, dolazi do uzlaznog pražnjenja suprotnog (pozitivnog) polariteta. U trenutku kad se ta dva pražnjenja spoje dolazi do jakog prodora pozitivnog naelektrisanja iz uzlaznog pražnjenja u negativno jonizovani kanal predvodnika. Na taj način dolazi do neutralisanja naelektrisanja. Ovo nazivamo glavnim pražnjenjem.

Glavno pražnjenje traje 50 - 100 μs i praćeno je jakim svjetlucanjem i bljeskovima.

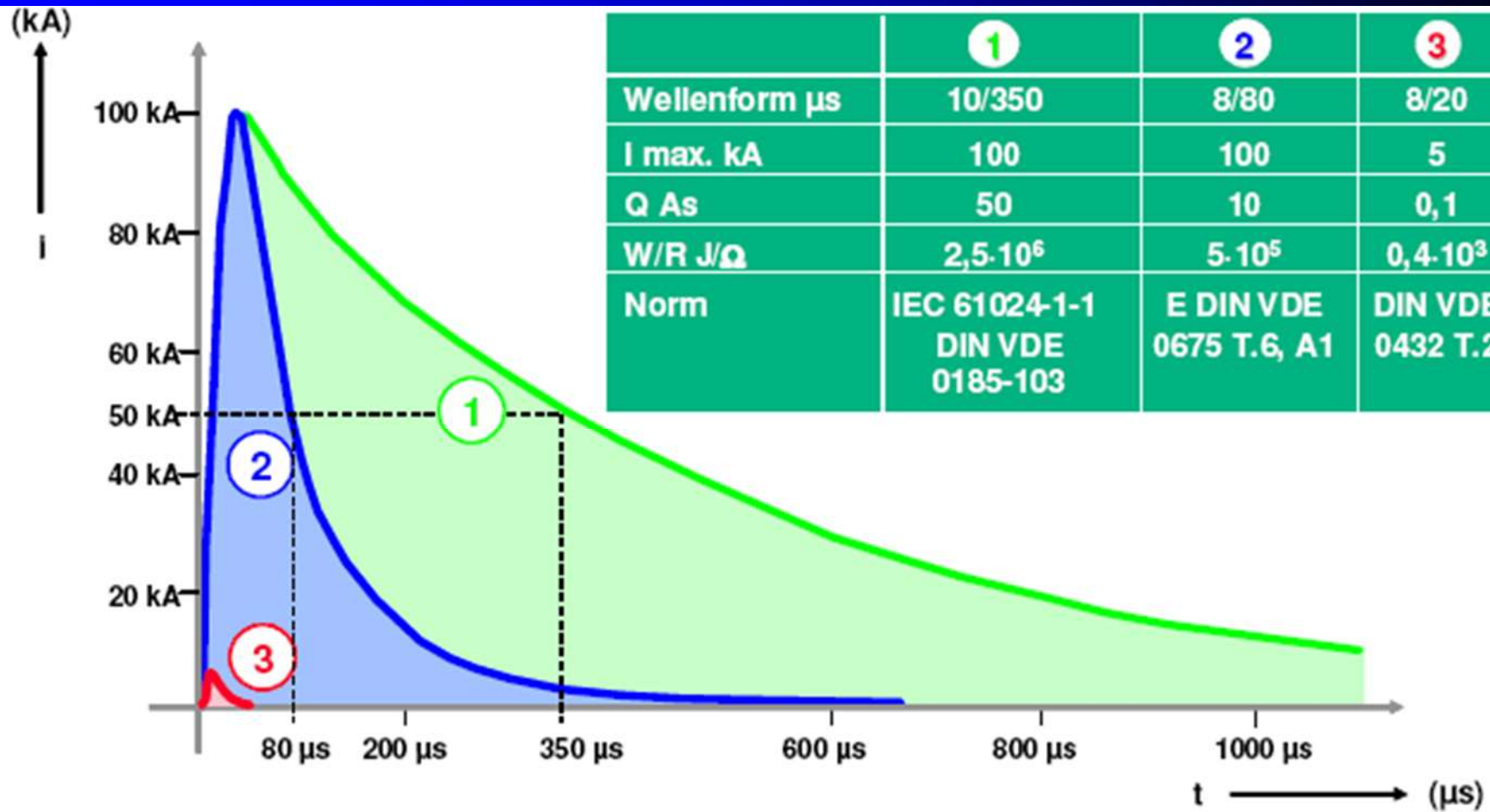
Najćeše dolazi do nekoliko uzastopnih pražnjenja (prosječno 3-5) tako da ukupno trajanje pražnjenja može doići 0,1-1 s.



Oblik struje munje

Struja munje vrlo brzo naraste do najveće udarne vrijednosti (I_u), i dalje postepeno opada (približno eksponencijalno). Vrijeme od početka pojave do postizanja udarne struje nazivamo čelo talasa. Udarne vrijednosti struje munje su najčešće 20 - 60 kA, a rijetko 200 (400) kA.

Negativni udari munje stvaraju strujne talase koji se po obliku mogu relativno mnogo razlikovati. U prvom pražnjenju trajanje čela negativnog pražnjenja je 10-15 μ s. Pri slijedećim pražnjenjima (ako postoje) trajanje čela je puno kraće, ali struja opada polaganije. Takođe je pri tim pražnjenjima vrijednost udarne struje je manje nego pri prvom pražnjenju



Polaritet munje

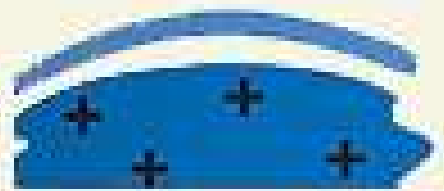
Fizičke pojave pri nastanku munje tumačene su uz pretpostavku negativnog pražnjenja iz oblaka prema tlu.

U krajevima sa umjerenom klimom mehanizam je takav kako je opisan u 80-90 % slučajeva.

No ima i drugih rasporeda naelektrisanja u oblacima i drugih vrsta pražnjenja prema polaritetu i smjeru naelektrisanja.

Uopšteno posmatrajući postoje sledeći slučajevi:

- Pozitivna silazna munja
- Negativna silazna munja
- Pozitivna uzlazna munja
- Negativna uzlazna munja



a)



b)



c)



d)

Pozitivna silazna munja je tip munje koji se javlja približno u samo 10% od ukupnog broja električnih udara oblak-zemlja.

Negativna silazna munja je najčešći tip atmosferskog električnog pražnjenja između oblaka i zemlje i javlja se u skoro 90% od ukupnog broja slučajeva



Primjer negativne silazne munje

Uzlazne munje, koje započinju na nekom objektu na zemlji i kreću se prema naelektrisanom oblaku, su veoma rijetke i većinom se uočavaju iznad visokih tornjeva, visokih građevina i iznad planinskih vrhova.



Usponski udar munje

Djelovi i propisi za instalacije zaštite od atmosferskog pražnjenja

Gromobranska zaštita ne može spriječiti nastanak munje niti može garantovati apsolutnu zaštitu ljudi i objekata , ali može smanjiti rizik oštećenja izazvanih udarom munje u štice objekta.

Tip i mjesto postavljanja gromobranske instalacije moraju se dobro razmotriti tokom projektovanja novog objekta, kako bi se maksimalno iskoristili električno provodni dijelovi objekta.

Upotreba čeličnih armatura temelja za realizaciju odgovarajućeg uzemljenja može biti moguća samo prije početka radova na temelju. Da bi se izbjegli nepotrebni dodatni radovi, bitno je da projektanti gromobranske instalacije i arhitekta međusobno saraduju.

Zaštita od atmosferskih pražnjenja u propisima koje upotrebljavamo (JUS N.B4 800) koristi termin gromobranska zaštita, iako grom predstavlja samo zvučni efekat kod dejstva munje. Na primjer hrvatske norme (HRN IEC 61024-1 od 1997god) koriste termin sustav za zaštitu od munje (umjesto gromobran).

Međunarodna skraćenica je: LPS (Lighting Protection System). =
Sistem Zaštite od Munja

Napon i struja atmosferskog pražnjenja podliježu statističkim zakonitostima. Usljed toga ne možemo potpuno tačno predvidjeti te veličine, već govorimo o vjerovatnoći. U praksi to znači da će zaštita sa efikasnošću od 98% spriječiti štetne posljedice kod 98 udara munje od njih stotinu. U preostala dva udara ipak može doći do oštećenja. Zaštitu efikasnosti 100% je matematički nemoguće ostvariti. Ipak, objekt može da prođe čitav životni vijek bez udara munje

Važeći propisi JUS N.B4 800 su indetični sa IEC-1024-1 koje je uradila IEC komisija.

Koncept gromobranske zaštite definiše tri dijela zaštitnih sistema:

- spoljašnja zaštita;
- unutrašnja zaštita i
- izjednačavanje potencijala.

Procjene rizika opasnosti od štetnog dejstva atmosferskog pražnjenja zasnivaju se na sledećim kriterijumima:

- vrsti građevine
- strukturi okoline
- sadržaju i namjeni objekta
- učestanost udara groma u okolinu

Strožiji kriterijumi primjenjuju se u sljedećim tipičnim slučajevima:

- za visoke objekte (preko 60 m)
- šatore, kampove i prostore za sport
- privremene električne instalacije objekata u izgradnji
- željeznicka postrojenja i instalacije van objekta
- elektroenergetska postrojenja i mreže izvan objekta
- instalacije telekomunikacija izvan objekta
- vozila, brodove, vazduhoplove i instalacije platformi na moru.

Da bi pravilno odredili nivo zaštite potrebno je izvršiti klasifikaciju objekata prema posledicama koji mogu biti opasni po objekte.

U tabeli u nastavku dat je primjer klasifikacije objekata.

Tip objekta	Namjena objekta	Posledice udara groma
Uobičajeni objekti	Stambeni	Oštećenja električnih instalacija, požar i materijalna oštećenja. Oštećenje predmeta koji se nalaze na mjestu udara ili na putu struje atmosferskog pražnjenja.
	Poljoprivredni objekti	Primarna opasnost od požara i pojave opasnog. napona koraka. Sekundarna opasnost od gubitka električne energije sa smrtnom opasnošću po životinje, od oštećenja sistema elektronskog upravljanja ventilacijom, sistema dotura hrane i dr.
	Pozorišta, bioskopi, robne kuće, škole, sportski objekti	Štete na električnim instalacijama (npr. električno osvjetljenje) sa posledicom nastajanja panike. Ispad alarmnog sistema požara, što može dovesti do kašnjenja u reagovanju protivpožarnih mjera.
	Banke, osiguravajući zavodi, komercijalne ustanove	Iste kao kod prethodnih objekata; dodatni problemi kao posledica: gubitak komunikacija, ispad računara i gubitak podataka.
	Bolnice, porodilišta, zatvori	Iste posledice kao kod objekata gdje boravi veći broj ljudi, dodatno ugrožavanje bolesnika u intenzivnoj njezi i problemi pružanja pomoći nepokretnim bolesnicima.
	Industrija	Dodatne posledice zbog sadržaja fabrika - od manjih oštećenja do velikih gubitaka u proizvodnji
	Muzeji i arheološka nalazišta	Nenadoknativ gubitak kulturnog nasleđa.

Tip objekta	Namjena objekta	Posledice udara groma
Objekti ograničenih opasnosti	Telekomunikacije, elektroenergetska postrojenja, industrije ugrožene požarom	Neprihvatljivi prekidi za javne službe. Posledične opasnosti od požara po neposrednu okolinu i sl.
Objekti opasni za njihovu neposrednu okolinu	Rafinerije, ostala postrojenja za napajanje, fabrike municije i zapaljivih materijala	Posledice od požara i eksplozija proizvodnih pogona i neposredne okoline.
Objekti opasni po širu okolinu	Hemijska ind., nuklearna postrojenja, biohemijska postrojenja	Požar i prestanak rada postrojenja praćen posledicama u odnosu na užu i širu okolinu.

Nivo zaštite od udara groma svrstan je u četiri nivoa koji su navedeni u tabeli

Zaštitni nivo	Djelotvornost zaštite od atmosferskih pražnjenja
I	0,98
II	0,95
III	0,90
IV	0,80

Npr: Zaštitni nivo I štiti objekat od atmosferskih pražnjenja (udara groma) sa vjerovatnošću od 98%.

Materijali koji se koriste za pojedine elemente gromobranske zaštite kao i preporučene dimenzije dati su u tabeli

Zaštitni nivo	Materijal	Hvataljka (mm ²)	Odvod (mm ²)	Uzemljivač (mm ²)	Izjednačenje potencijala * (mm ²)	Spojevi na metalne mase (mm ²)
I-IV	Cu	35	16	50	16	6
	Al	70	25	-	25	10
	Fe	50	50	80	50	15

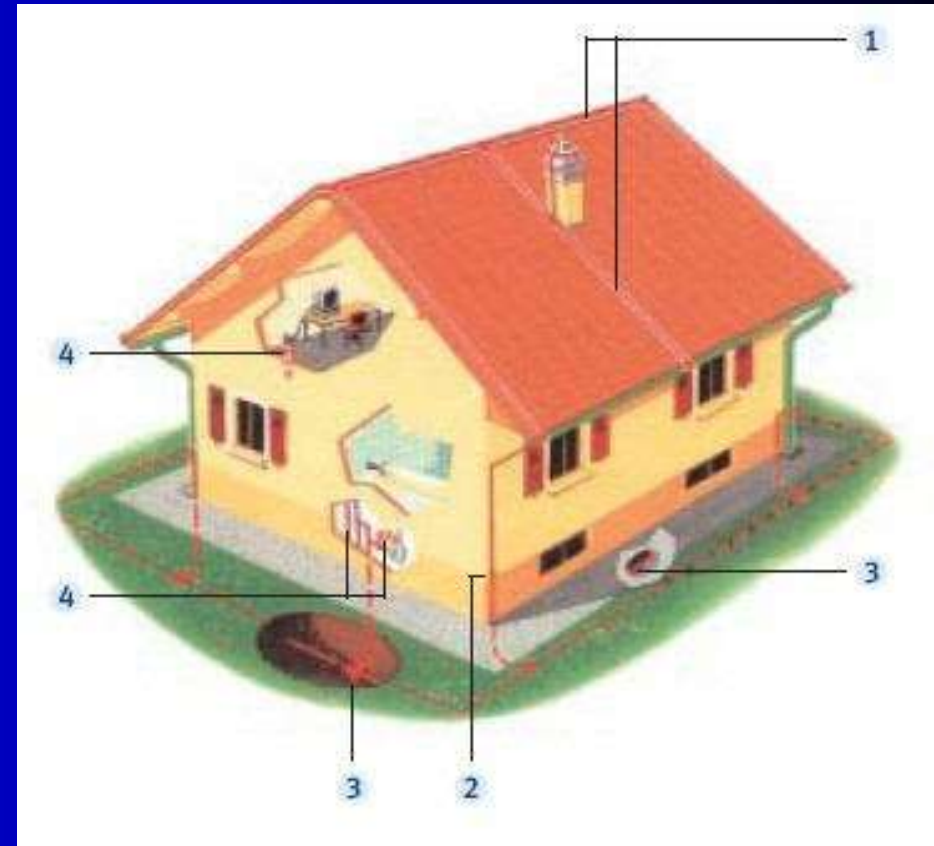
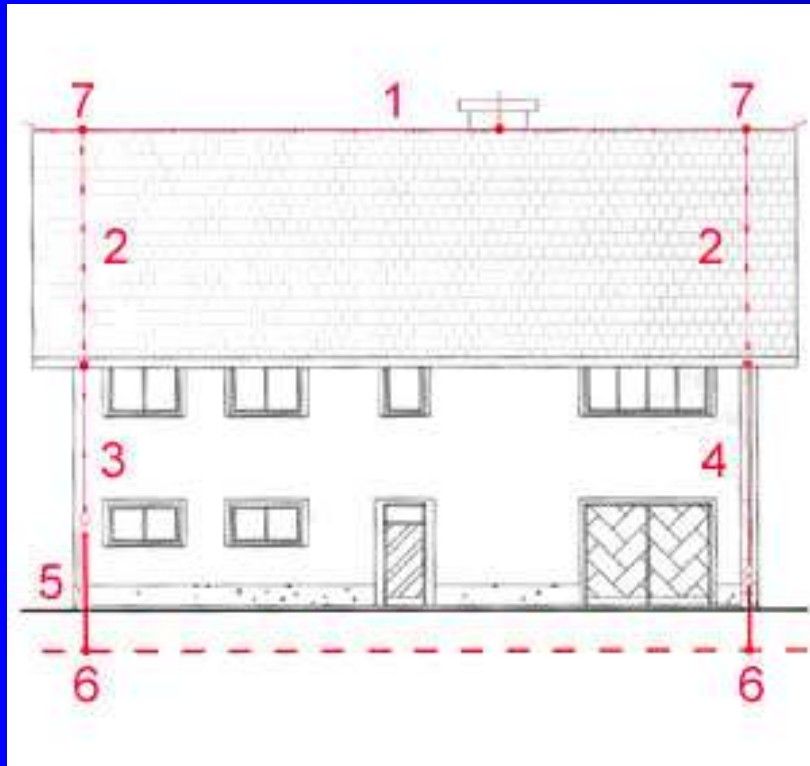
* (od glavne sabirnice za izjednačavanje potencijala prema uzemljivaču)

SPOLJAŠNJA ZAŠTITA OD ATMOSFERSKOG PRAŽNENJA

Pod spoljašnjom gromobranskom instalacijom ubrajamo sve metalne djelove izvan, na i u unutrašnjosti objekta, koji služe za prihvaćanje i odvođenje energije groma u zemlju bez štetnih posljedica za objekat i okolinu.

Sistem spoljašnje gromobranske instalacije možemo podijeliti na tri dijela:

- prihvatni sistemi (hvataljke)
- odvodi (spusni sistem)
- uzemljivači



1. *Prihvatni sistem*
2. *Spusni provodnici*
3. *Sistem uzemljenja*
4. *Sistem za izjednačavanje potencijala*

Prihvatni sistemi (hvataljke) namijenjen je prihvaćanju udara munje. Sastoji se od metalnih provodnika koji su postavljeni na najvišim i najistaknutijim dijelovima objekta.

Prihvatni sistemi mogu biti sastavljeni od bilo kojih kombinacija sledećih elemenata:

- štapnih hvataljki ili štapnih hvataljki sa pojačanim dejstvom
- razapetih žica
- mreže provodnika - Faradejev kavez.

Prostor u kojem teoretski ne može doći do direktnog udara atmosferskog pražnjenja nazivamo zaštitnom zonom. Zaštitne zone pojedinih hvataljki određujemo na osnovu odabranog nivoa zaštite (I - IV).



a



b



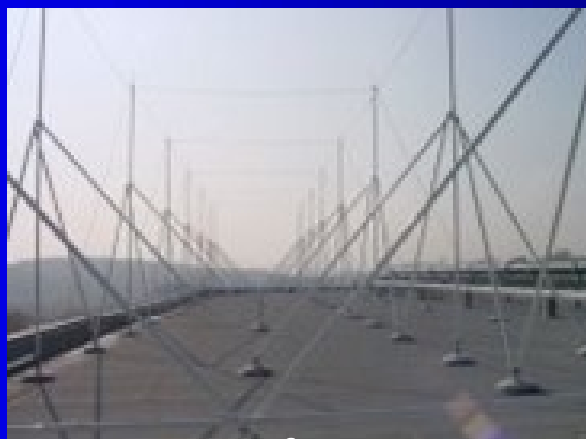
c



d



e



f



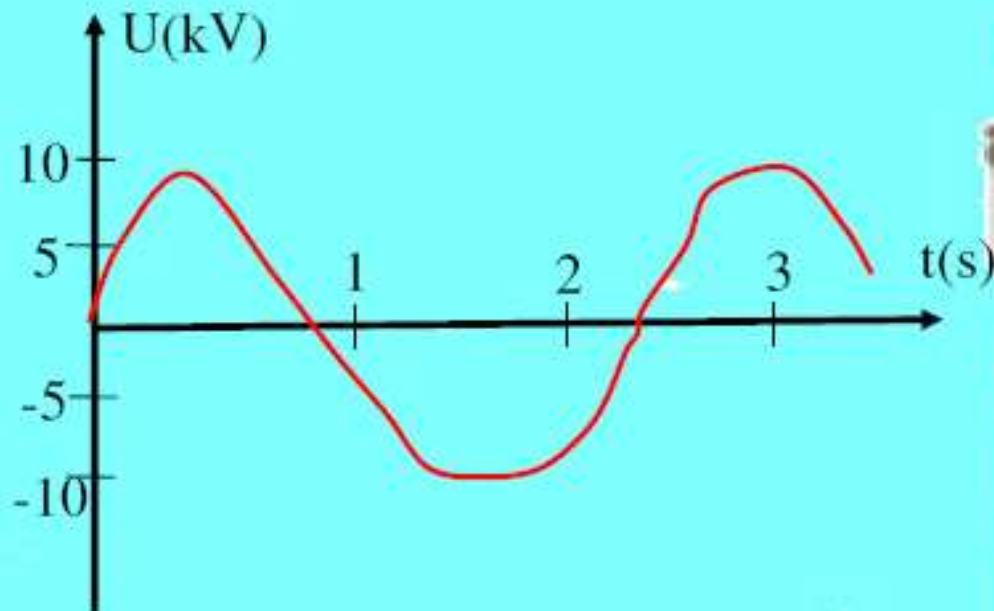
g

Prihvatni sistemi: a) gromobranski razučeni šiljak; b) gromobranski šiljak; c) gromobranski šiljak sa pojačanim elektronskim dejstvom (ESE Early Streamer Emission); d) pocinčane trake na ravnom krovu (Faradejev kavez); e) izolovani sistem hvataljki; f) Sistem sa razapetim žicama; g) presjeci bakarnih žica za gromobranksu instalaciju

- Gromobrani sa uređajem za rano startovanje (ESE – Early Streamer Emission)



Princip rada gromobrana sa ranim startovanjem sa piezokristalom kao izvorom visokog napona



Visoki napon se proizvodi njihanjem štapa usled vetra. Postoje vremenski periodi u kojima napon na vrhu štapa prolazi kroz nulu kada nema jonizacije



U slučaju metalnog krova koji igra ulogu prihvatnog sistema za atmosfersko pražnjenje metalna konstrukcija se može smatrati prirodnim prihvatnim sistemom pod uslovom:

- . da je ostavarena trajna električna neprekidnost između različitih djelova,
- . da debljina lima nije manja od vrijednosti **d** data u **Tabeli I**
- . da nije obložena izolacionim materijalom
- . da su nemetalni materijali na metalnim limovima ili iznad njih izvan štíćenog prostora.

Tabela I Minimalna debljina metalnog lima krovnih pokrivača

Nivo zaštite	Materijal	Debljina d [mm]
I do IV	čelik	4
	bakar	5
	aluminijum	7

Spusni provodnici su djelovi spoljašnje gromobanske instalacije namijenjeni za provod struje atmosferskog pražnjenja od prihvatnog sistema do sistema uzemljenja. Spusni provodnici na objektu se izvode sa FeZn 20x3 mm trakom. Neophodno rastojanje spusnih provodnika mora zadovoljavati vrijednosti date u Tabeli II.

Tabela II Srednje rastojanje spusnih provodnika

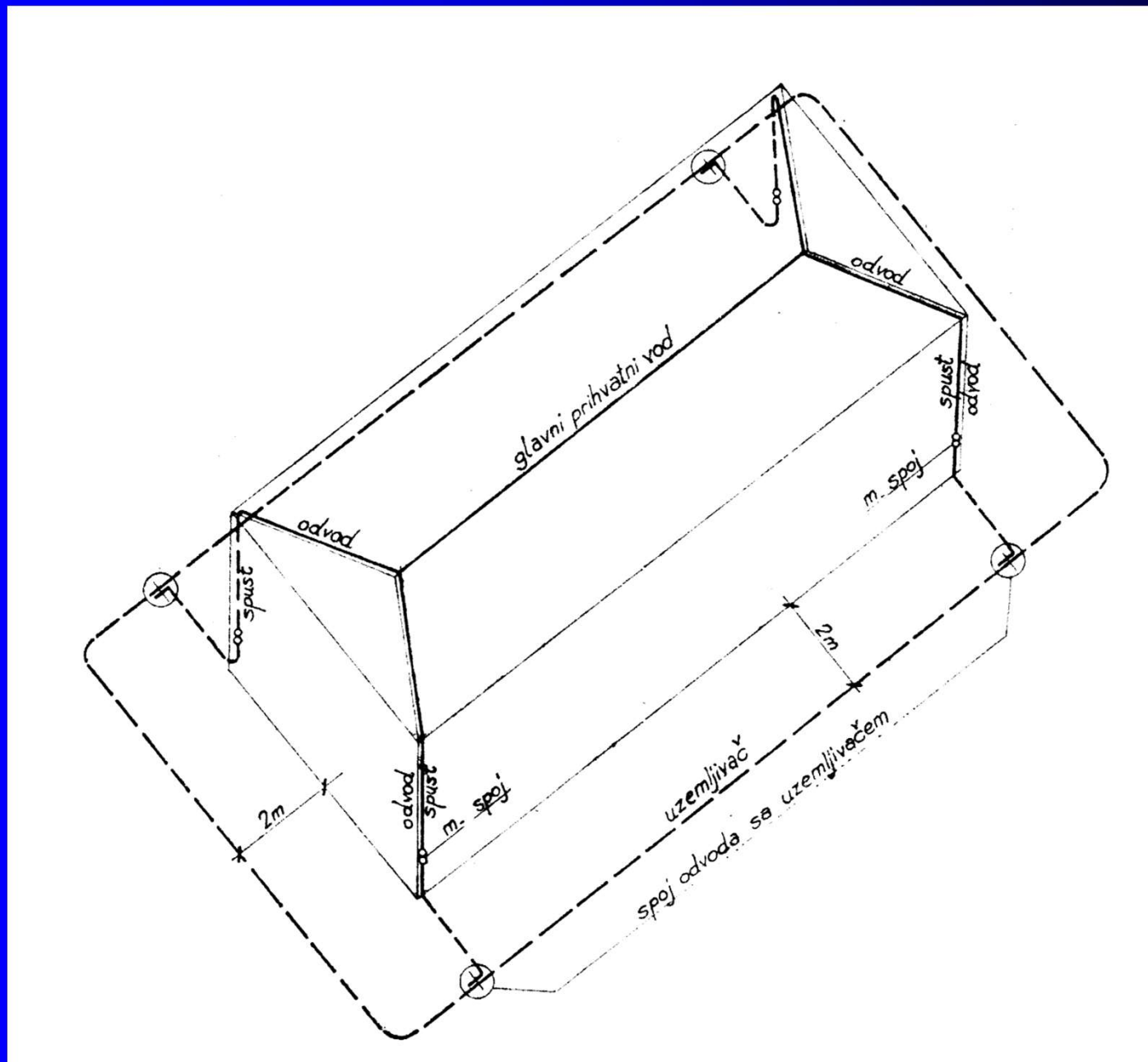
NIVO ZAŠTITE	SREDNJE RASTOJANJE (m)
I	10
II	15
III	20
IV	25

Nezavisno od rastojanja u Tabeli II za bilo koji prihvatni sistem potrebno je postaviti najmanje dva spusna voda. Da bi se izbjegla opasnost od "preskoka" potrebno je instalaciju izvesti sa više spusnih vodova sto kraće dužine. Kao spusni vodovi mogu se koristiti prirodne komponente objekata kao: metalne konstrukcije i čelična armatura u stubovima.

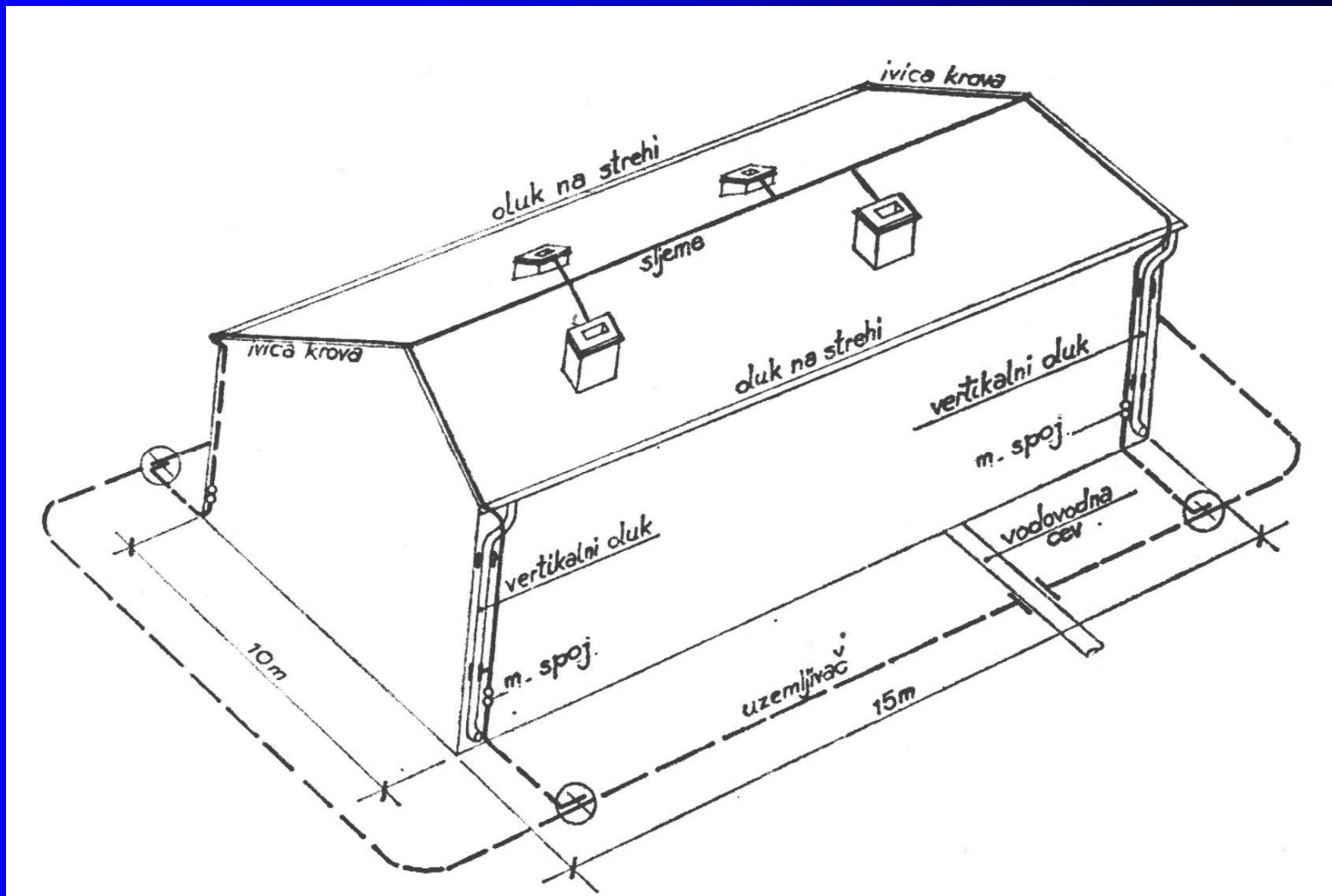
Da bi se izbjegla opasnost od "preskoka" potrebno je instalaciju izvesti sa više odvoda što kraće dužine. Kao spusni vodovi mogu se koristiti prirodne komponente objekata kao: metalne konstrukcije i čelična armatura u stubovima.

Na odvodu se mora predvidjeti mjesto za rastavnu spojnicu (mjerno mjesto) koje se postavlja na visini od 1,8m od tla. Dio odvoda ispod mjernog spoja mora se mehanički zaštititi pomoću ugaonog čeličnog profila (cijev je zabranjena) . Neke vrste spusnih sistema prikazane su na slikama u nastavku.

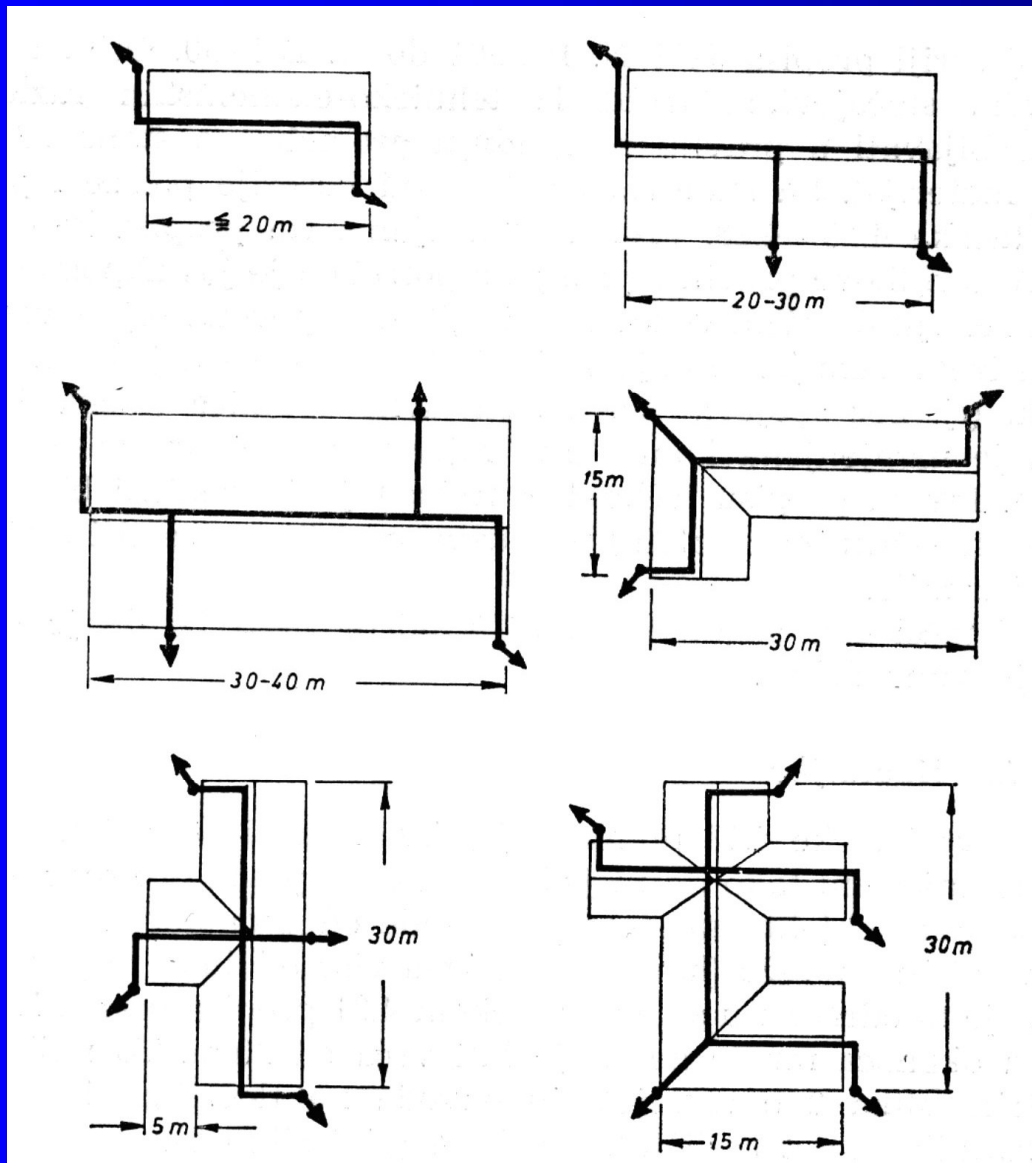
ZAŠTITA OBJEKATA NA ZEMLJI OD ATMOSFERSKOG PRAŽNENJA



ZAŠTITA OBJEKATA NA ZEMLJI OD ATMOSFERSKOG PRAŽNJENJA

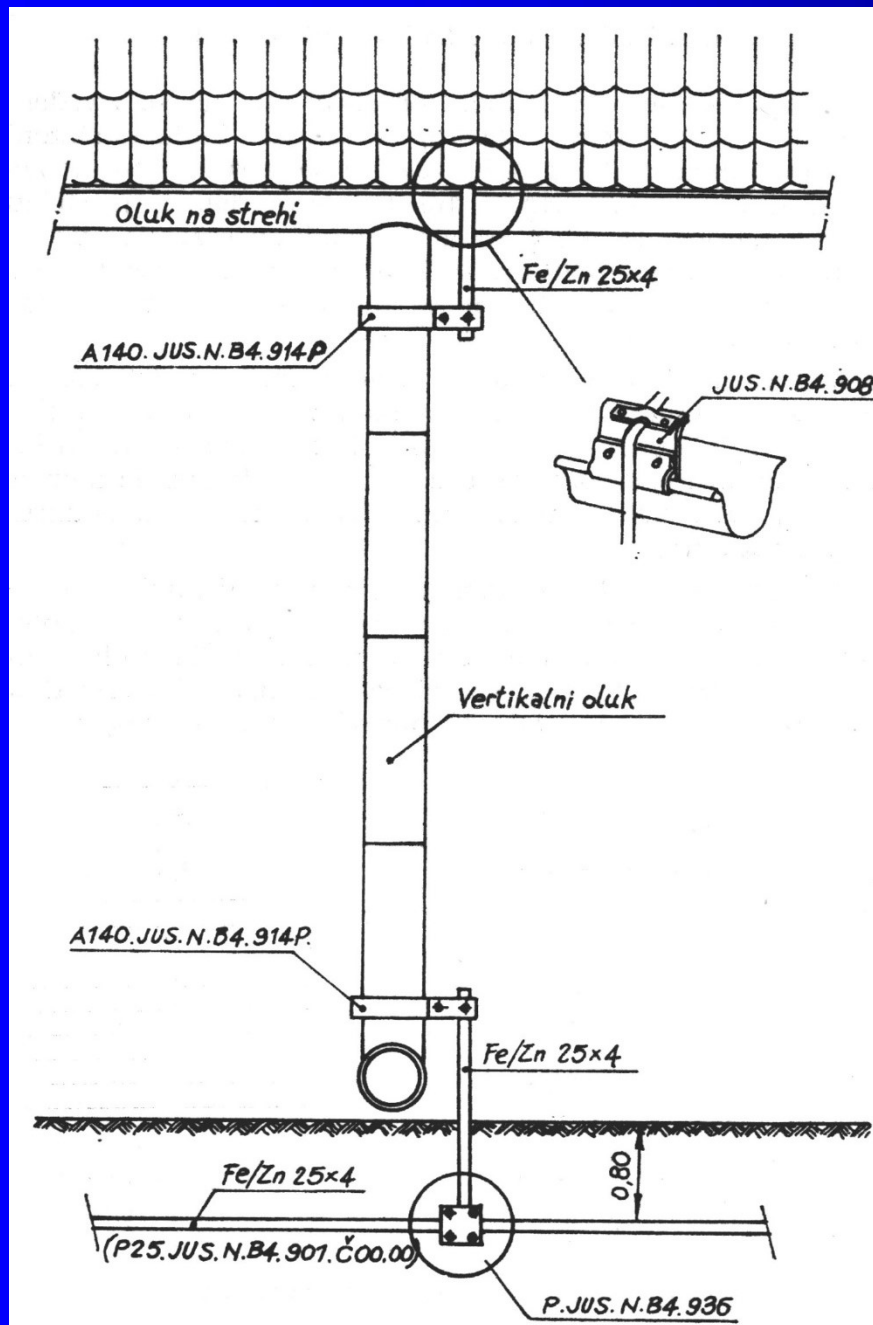


ZAŠTITA OBJEKATA NA ZEMLJI OD ATMOSFERSKOG PRAŽNJENJA

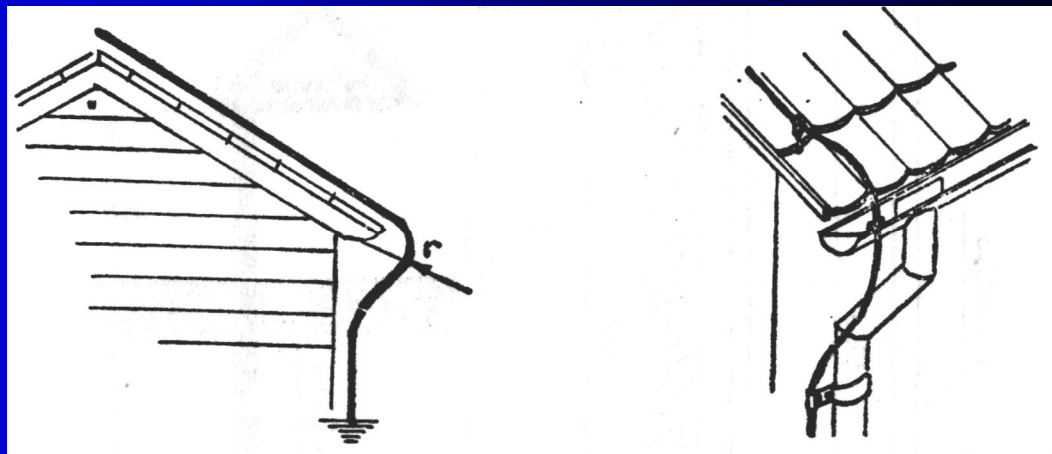
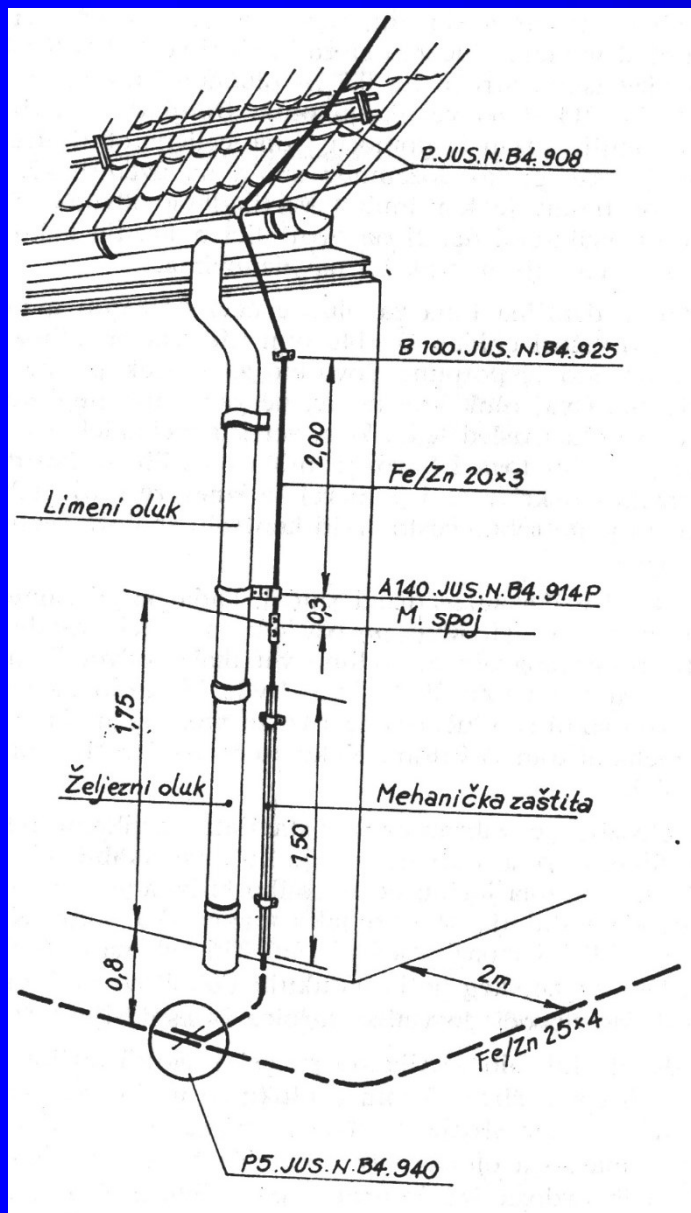


zavisnost broja odvoda od izvedbe krova

ZAŠTITA OBJEKTA NA ZEMLJI OD ATMOSFERSKOG PRAŽNJENJA



ZAŠTITA OBJEKATA NA ZEMLJI OD ATMOSFERSKOG PRAŽNJENJA



detalj prelaza odvoda sa krova, preko vodoravnog i vertikalnog oluka na vertikalni odvod prema uzemljivaču (max. R zakrivljenosti odvoda 200 mm !)

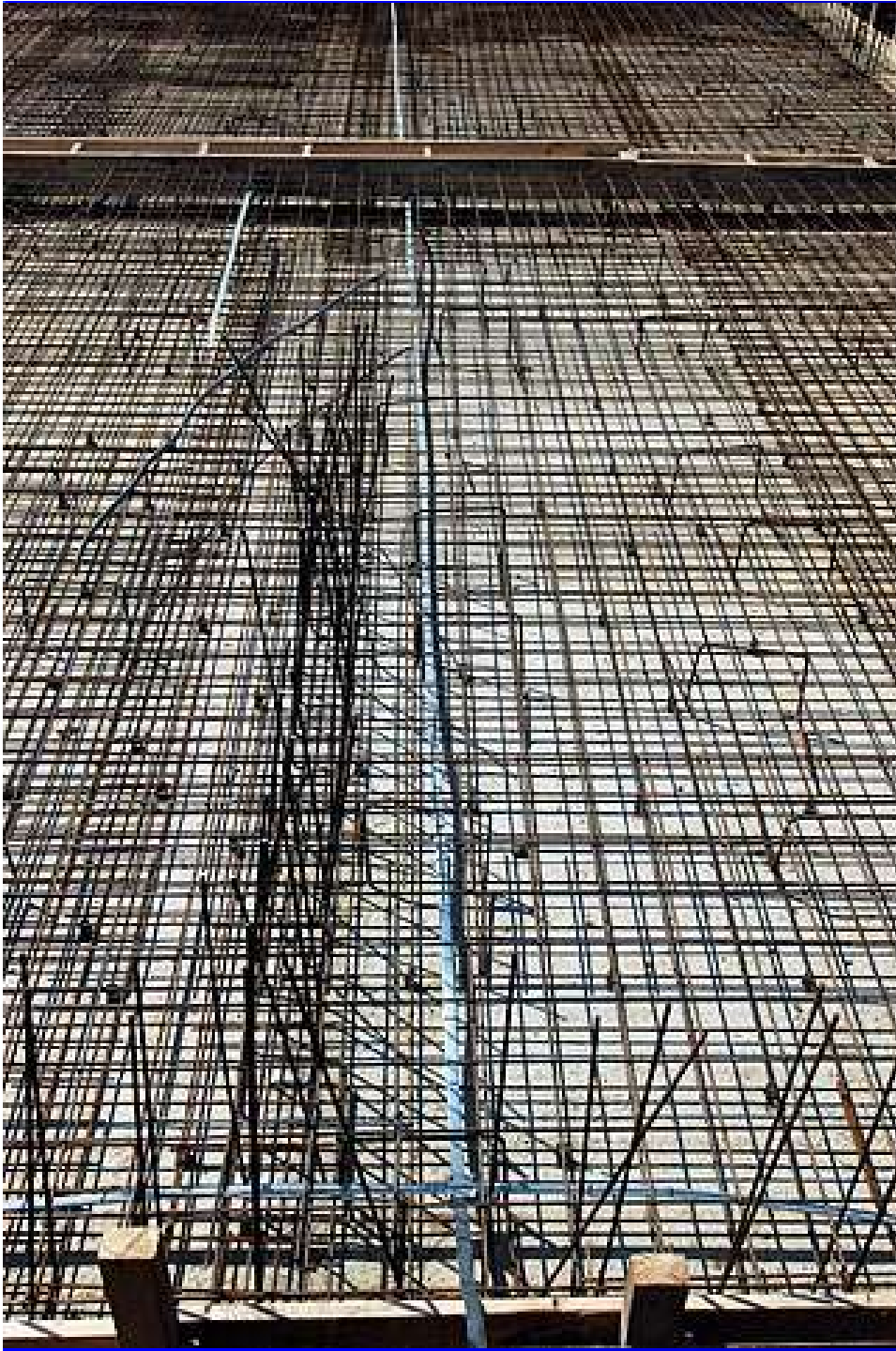
Sistem za uzemljenje ima funkciju da obezbedi dovodenje struje direktnog atmosferskog praznjenja u zemlju bez stvaranja opasnih prenapona na području uzemljivača.

Vazno je napomenuti da oblik i dimenzija sistema za uzemljenje igraju važniju ulogu i od otpornosti uzemljivača.

Sledeći uzemljivači se mogu upotrijebiti:

- jedan ili više prstenastih uzemljivača,
- vertikalni uzemljivači,
- radijalni uzemljivači i
- temeljni uzemljivači.

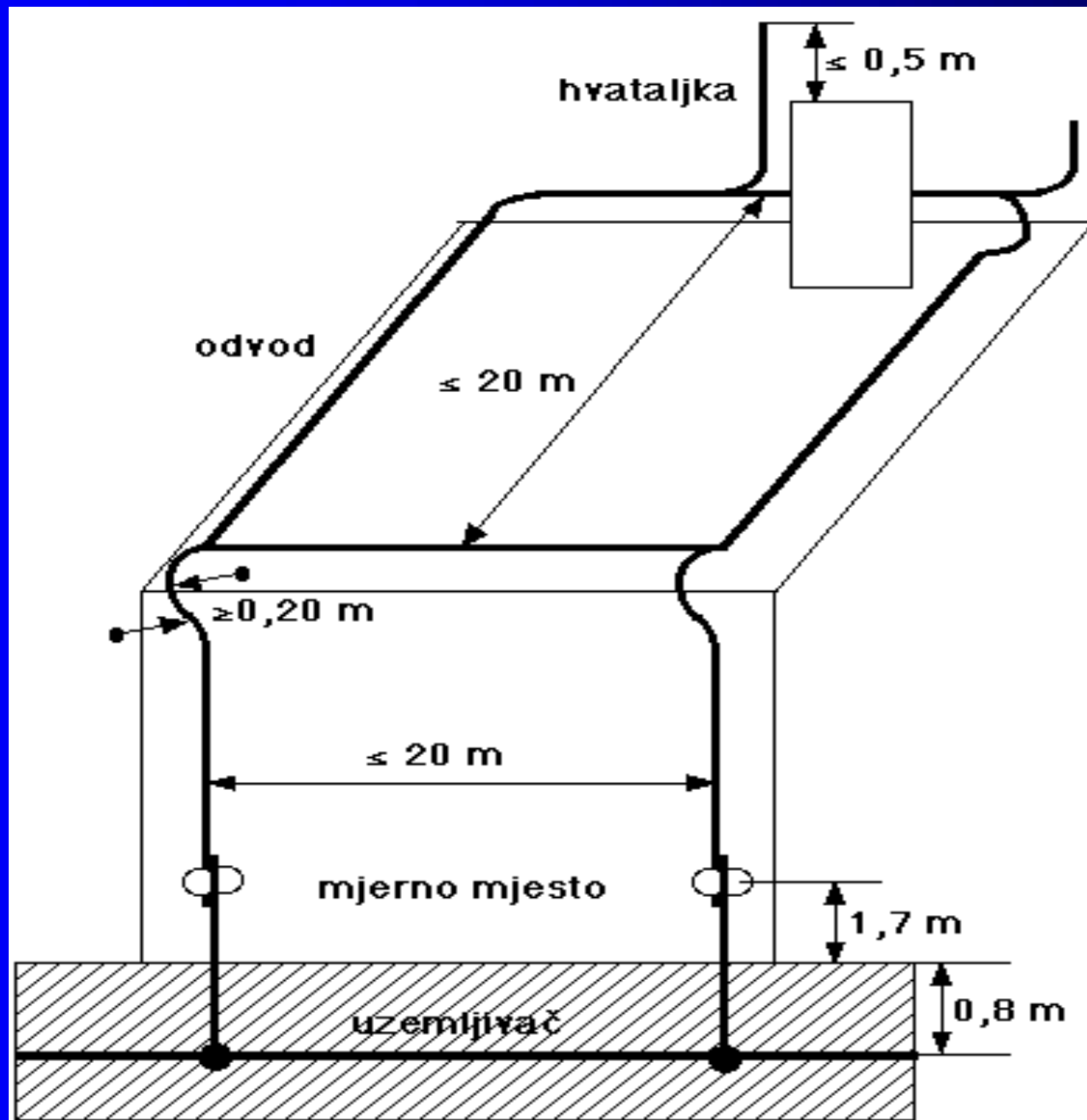
U saglasnosti sa dokumentom „Gromobranske instalacije – postupci pri projektovanju, izvođenju, održavanju, pregledima i verifikacijama“, JUS N.B4.802 otpornost uzemljenja svakog od uzemljivača sa kojima su povezani spusni provodnici mora da bude manja od 10Ω .

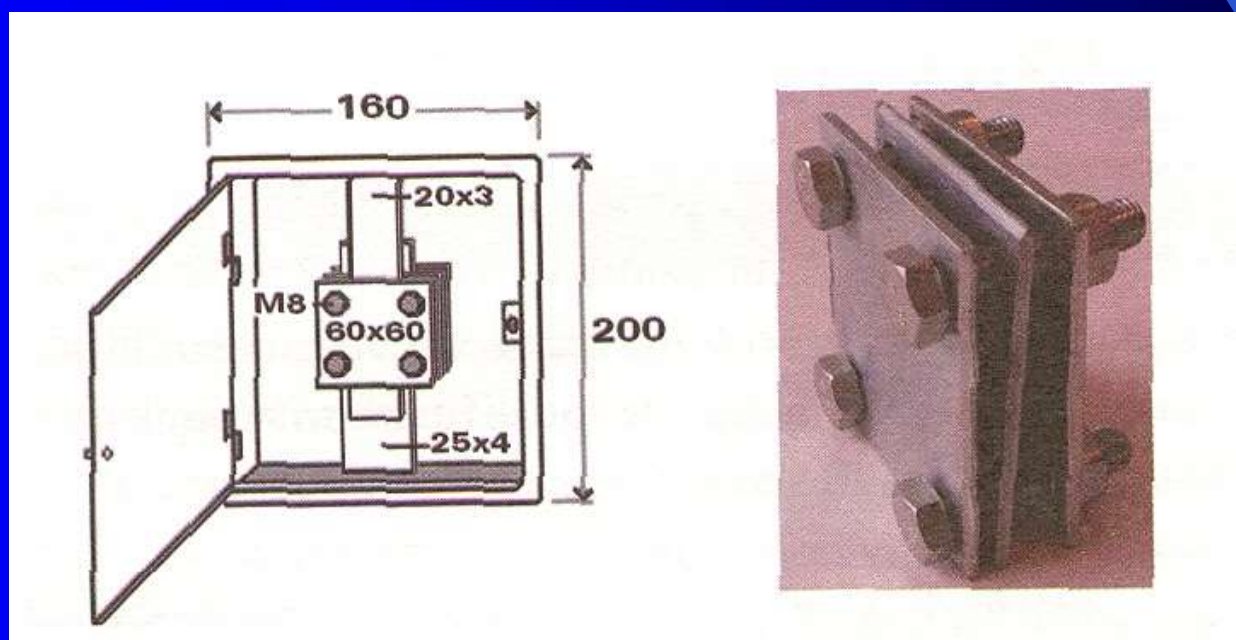
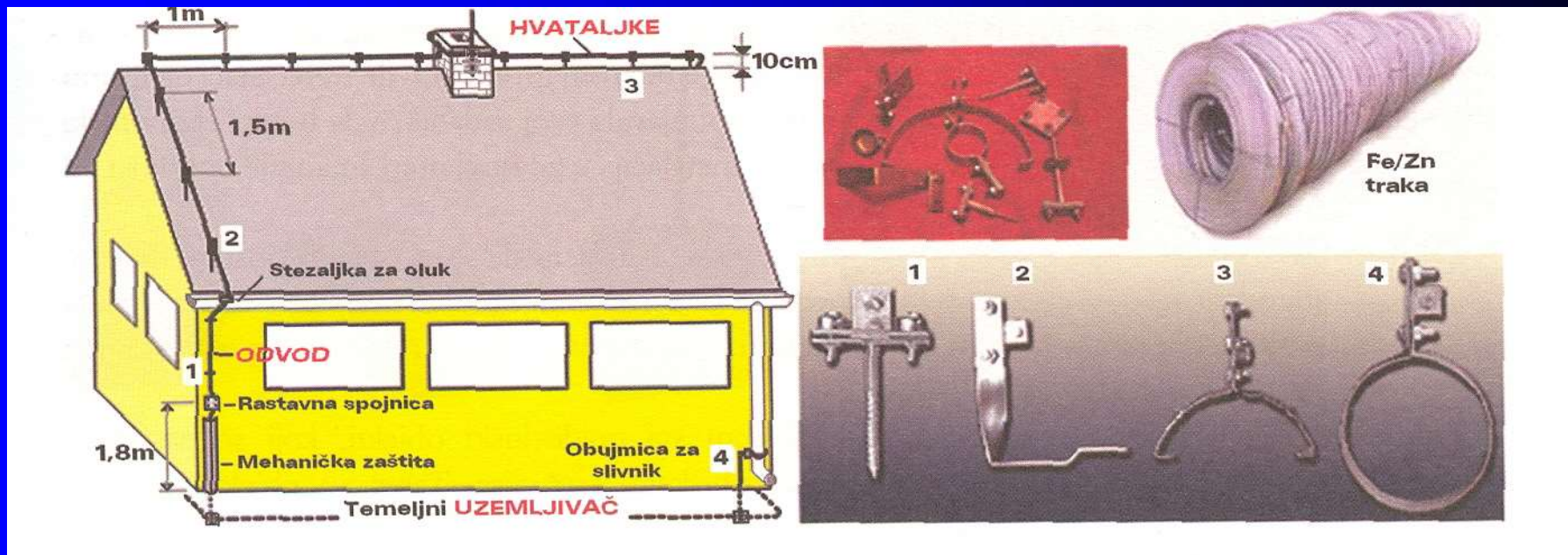


- U našem slučaju koristićemo temeljni uzemljivač **FeZn 3x30 mm**, ugrađenu u betonski temelj štíćenog objekta.
- Metalnu armaturu je neophodno povezati varenjem sa temeljnim uzemljivačem odnosno sa cjelokupnom zaštitnom instalacijom.
- Rastojanje između spojeva ne smije biti veće od 5m.
- Svi spojevi, bilo vareni ili preko ukrasnih komada treba da su zaštićeni antikorozivnim premazom (prajmerom) prije betoniranja.

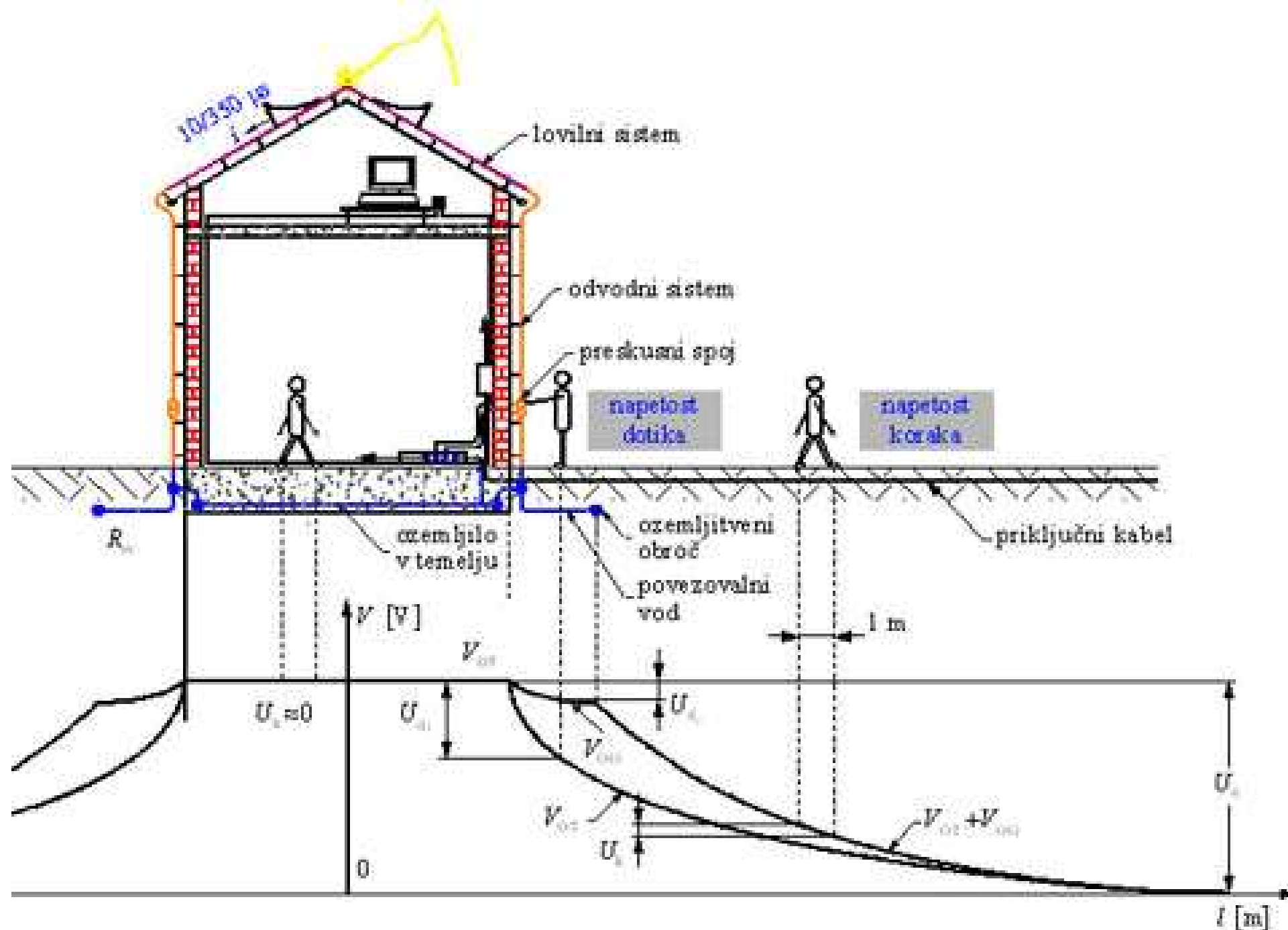
Tabela III Minimalni presjeci materijala gromobranske instalacije

Nivo zaštite	Materijal	Prihvatni sistem mm ²	Spusni provodnici mm ²	Sistem uzemljenja mm ²
I do IV	Cu	35	16	50
	Al	70	25	-
	Fe	50	50	80









PRORAČUN NIVOVA ZAŠTITE OBJEKATA NA ZEMLJI OD ATMOSFERSKOG PRAŽNENJA

OPŠTI USLOVI

Ova instalacija štiti objekte i ljude od direktnih i indirektnih atmosferskih pražnjenja prihvatajući direktna pražnjenja, bezbjedno i brzo odvedeći u zemlju struju pražnjenja.

Takođe sprečava pojavu štetnih sekundanih efekata stvarajući svojom zaštitnom zonom određeni stepen sigurnosti u objektu.

Važeći propisi JUS N.B4 800 su indetični sa IEC-1024-1 koje je uradila IEC komisija. Ovaj standard se ne odnosi na :

- . objekte više od 60 m.
- . željeznicka postrojenja i instalacije van objekta
- . elektroenergetska postrojenja i mreže izvan objekta
- . instalacije telekomunikacija izvan objekta
- . vozila, brodove, vazduhoplove i instalacije platformi na moru.

PRORAČUN INSTALACIJE

Proračun je urađen na osnovu sledećih ulaznih podataka:

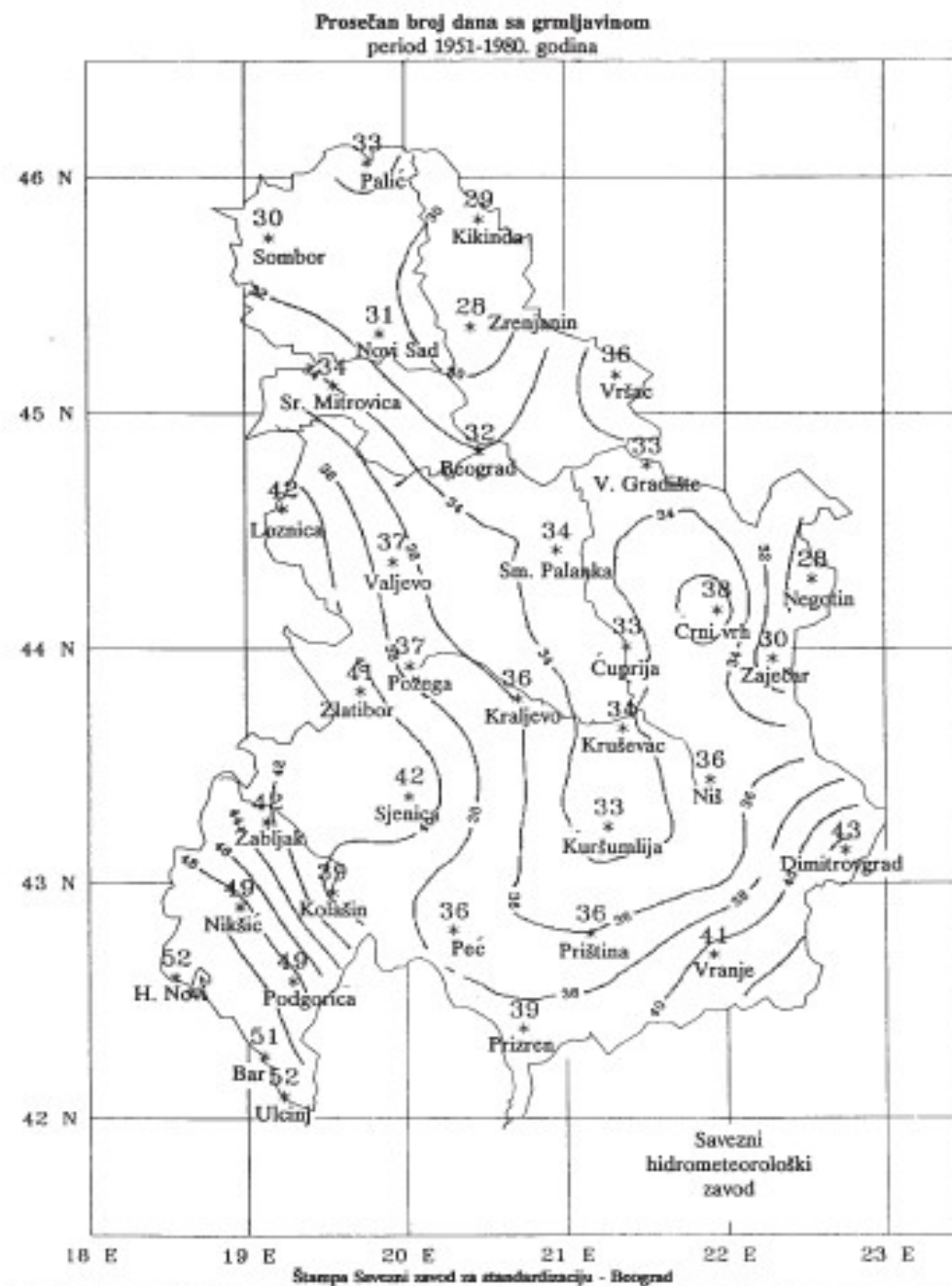
- prosječan broj dana sa grmljavinom u Podgorici je 49,
- objekat je orijentacionih dimenzija $a \times b \times h$ (m)
- objekat je miješane konstrukcije,
- objekat je bez uticaja (posledica) na okolinu.

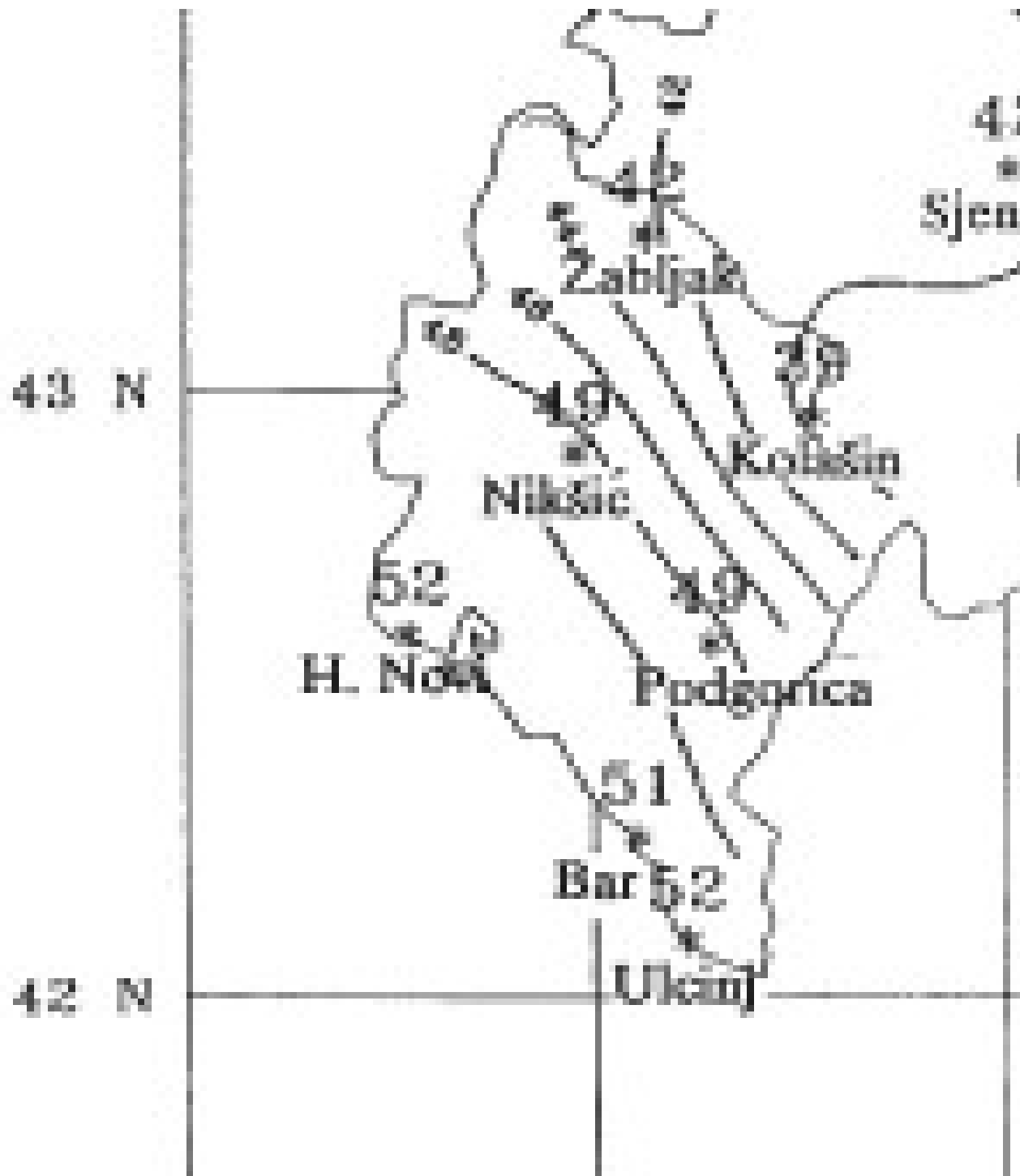
Neophodno je odrediti zahtijevani nivo zaštite odnosno stepen efikasnosti zaštite.

Izokeraunička karta

Izokerauničke linije -

*linije koje međusobno
povezuju mjesta sa
jednakim brojem
grmljavinskih dana*





PRORAČUN ZAŠTITE OD ATMOSFERSKOG PRAŽNENJA

1. Osnovni zadatak kod projektovanja gromobranske zaštite jeste prethodni izbor tj. određivanje nivoa zaštite, odnosno stepena efikasnosti te zaštite, koja će svojim kvalitetima opasnosti i štete od eventualnog direktnog atmosferskog pražnjenja šticeenog objekta zadržati u zahtijevanim granicama. Objekte koje bi trebalo štiti od atmosferskih pražnjenja, ali i gromobranske instalacije tih objekata, JUS N.B4.801 je podijelio u skladu sa sledećom tablicom

Nivo Zaštite	Efikasnost E	Rastojanje pražnjenja	Prva struja povratnog praznjenja I(kA)
Nivo I sa dodatnim mjerama	$E > 0.98$		
Nivo I	$0,98 > E > 0,95$	20	2.8
Nivo II	$0,95 > E > 0,90$	30	5,2
Nivo III	$0,90 > E > 0,80$	45	9,5
Nivo IV	$0,80 > E > 0$	60	14,7

Efikasnost gromobranske instalacije je data relacijom:

$$E = 1 - \frac{N_c}{N_d} \quad (1)$$

gdje su:

N_c - usvojena učestanost udara groma u štíćeni objekat, odnosno maksimalni usvojeni srednji godišnji broj udara groma koji može prouzrokovati oštećenje objekta.

N_d - učestanost direktnog udara groma u objekat, odnosno srednji godišnji broj direktnih udara groma koji prouzrokuju oštećenje objekta.

Učestanost udara groma je :

$$N_c = \frac{3 \cdot 10^{-3}}{C} \quad (2)$$

gdje je $C = C1 C2 C3 C4$ (3)

a $C1, C2, C3, C4$ su dati sledećim tabelama:

C1-tip konstrukcije objekta			
Krov Konst. objekta	Metalni	Kombinovani	Zapaljiv
Metalna konstrukcija	0,5	1	2
Kombinovana	1	1	2,5
Zapaljiva	2,0	2,5	3

C2-sadržaj objekta	
Bez vrijednosti i nezapaljiv	0,5
Mala vrijednost ili uglavnom zapaljiv	1
Veća vrijednost ili naročito zapaljiv	2
Izvanredno velika vrijednost, nenadoknadle štete, vrlo zapaljiv ili eksplozivan	3

C3-namjena objekta	
nezaposjednut	0,5
uglavnom nezaposjednut	1
teška evakuacija ili opasnost od panike	3

C4- posledice od udara groma u objekat	
Nije obavezna neprekidnost pogona i bez uticaja(posledica) na okolinu	1
Obavezna neprekidnost pogona, ali bez uticaja (posledica) na okolinu	5
Uticaj (posledice)na okolinu	10

Učestanost direktnog udara groma u objekat je:

$$N_d = 1,1 \cdot N_g \cdot C_o \cdot A_e \cdot 10^{-6} \quad (4)$$

gdje su:

N_g -prosječna godišnja učestanost udara groma po km^2

C_o -koeficijent okruženja

A_e -ekvivalentna površina štíćenog objekta

Prosječna godišnja učestanost udara groma po km^2 je:

$$N_g = 0,04 \cdot T_d^{1,25} \quad (5)$$

gdje je T_d -broj grmljavinskih dana u toku godine.

Za Podgoricu $T_d=49$

Okruženje štíćenog objekta	C_o
Štíćeni objekat se nalazi u prostoru sa istim ili višim objektima	0,25
Objekat okružen nižim objektima	0,5
Usamljen objekat na 3 H	1
Štíćeni objekat sam na uzvišenju	2

Ekvivalentna prihvatna površina štíćenog objekta:

$$A_e = a \cdot b + 6h(a+b) + 9\pi h^2 \quad (6)$$

Na osnovu sračunate vrijednosti zahtijevane efikasnosti instalacija od atmosferskog pražnjenja, određujemo međusobno rastojanje spušnih vodova kao i elemenata prihvatnog sistema.

Ekvivalentna prihvatna površina štíćenog objekta	$A_e = a \cdot b + 6h(a+b) + 9\pi h^2$	
Okruženje štíćenog objekta	C_o	
Broj grmljavinskih dana u toku godine	T_d	
Prosječna godišnja učestanost udara groma po km^2	$N_g = 0,04 \cdot T_d^{1,25}$	
N_d - učestanost direktnog udara groma u objekat, odnosno srednji godišnji broj direktnih udara groma koji prouzrokuju oštećenje objekta;	$N_d = 1,1 \cdot N_g \cdot C_o \cdot A_e \cdot 10^{-6}$	
C1-tip konstrukcije objekta	C1	
C2-sadržaj objekta	C2	
C3-namjena objekta	C3	
C4- posledice od udara groma u objekat	C4	
	$C = C1 \cdot C2 \cdot C3 \cdot C4$	
N_c - usvojena učestanost udara groma u štíćeni objekat, odnosno maksimalni usvojeni srednji godišnji broj udara groma. koji može prouzrokovati oštećenje objekta;	$N_c = \frac{3 \cdot 10^{-3}}{C}$	
Efikasnost gromobranske instalacije	$E = 1 - \frac{N_d}{N_c}$	

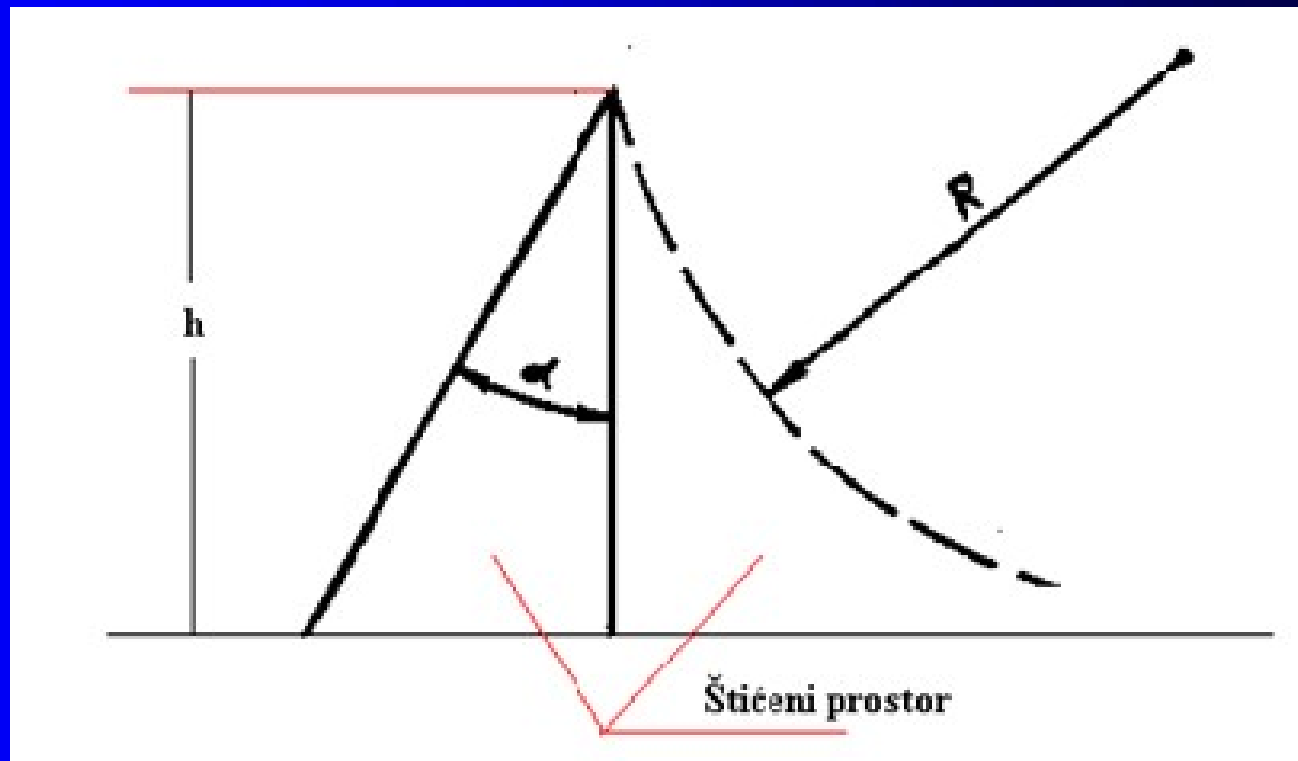
Prema tehničkim propisima postoje tri metode za određivanje zaštićenog prostora:

- metoda zaštitnog ugla;
- metoda fiktivne sfere i
- metoda mreže provodnika

Postavljanje prihvatnog sistema u funkciji nivoa zaštite dat je u tabeli. Na slici su prikazane su zaštitne zone.

Nivo zaštite	h(m) R(m)	20	30	45	60	Širina okca mreže (m)
		$\alpha (^{\circ})$	$\alpha (^{\circ})$	$\alpha (^{\circ})$	$\alpha (^{\circ})$	
I	20	25	#	#	#	5
II	30	35	25	#	#	10
III	45	45	35	25	#	10
IV	60	55	45	35	25	20

#- Samo u ovim slučajevima primjenjuje se metoda fiktivne sfere



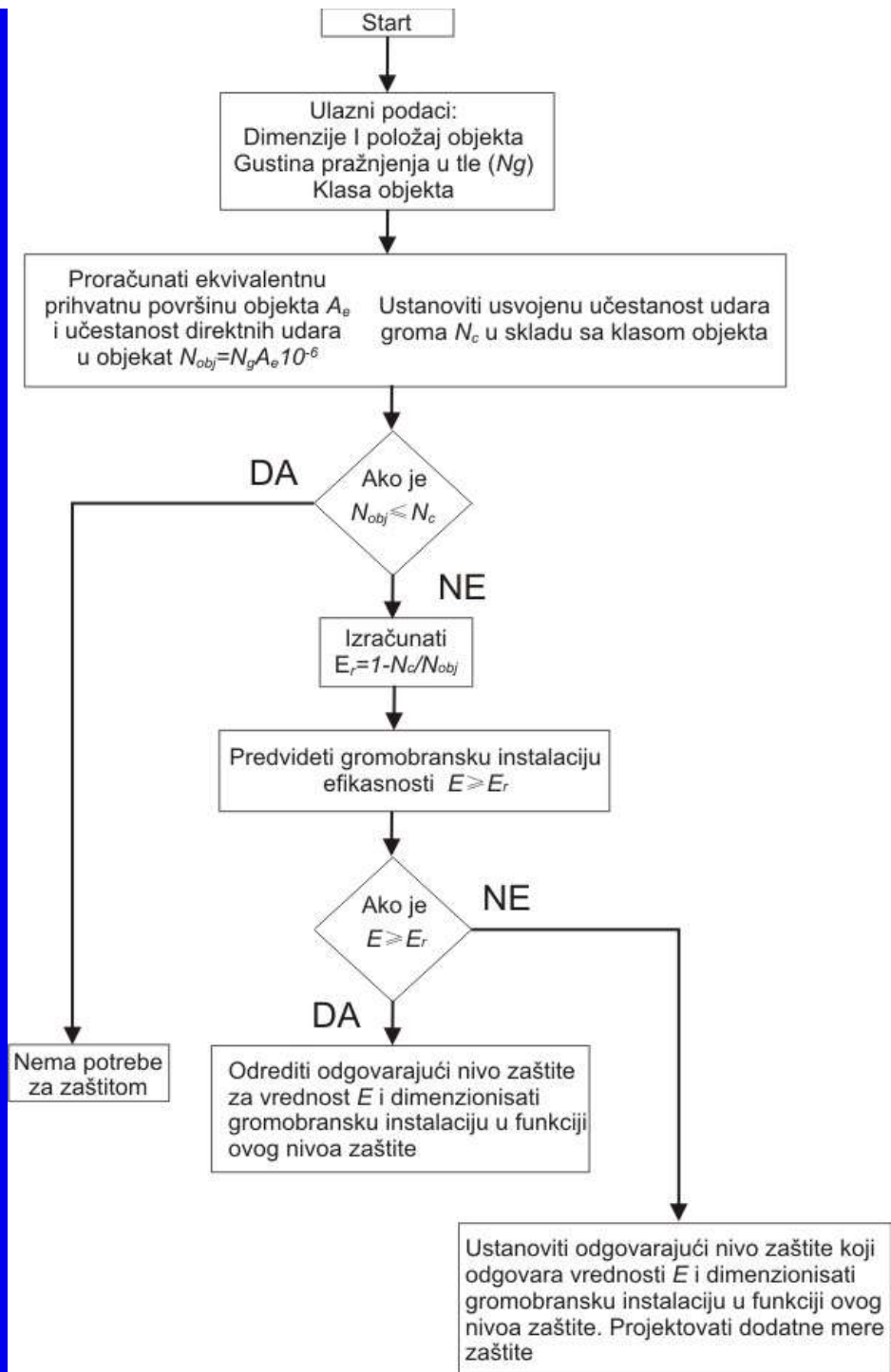
Za štapnu hvataljku je definisan štićeni prostor u obliku kupe (ugla alfa) koji je funkcija visine hvataljke h i udarnog rastojanja R .

Tabela računске efikasnosti nivoa zaštite gromobranske instalacije

Udarno rastojanje pražnjenja R(m)	Odgovarajući nivo zaštite	Računska efikasnost
	Nivo I sa dodatnim mjerama	$E_r > 0.98$
20	Nivo I	$0.98 \geq E_r > 0.95$
30	Nivo II	$0.95 \geq E_r > 0.90$
45	Nivo III	$0.90 \geq E_r > 0.80$
60	Nivo IV	$0.80 \geq E_r > 0$

Tabela maksimalne vrijednost prosječnog rastojanja između susjednih spusnih provodnika

Nivo zaštite	Prosječno rastojanje (m)
I	10
II	15
III	20
IV	25



UNUTRAŠNJE GROMOBRANSKE INSTALACIJE

štite opremu i ljude od prenapona u objektima na kojima je postavljena spoljašnja gromobranska instalacija. Posebno se unutrašnjom gromobranskom instalacijom štite osjetljivi elektronski uređaji.

Potpuna zaštita unutrašnjosti objekta od spoljašnjeg uticaja direktnih atmosferskih pražnjenja nije moguća.

Mjere koje se često koriste su:

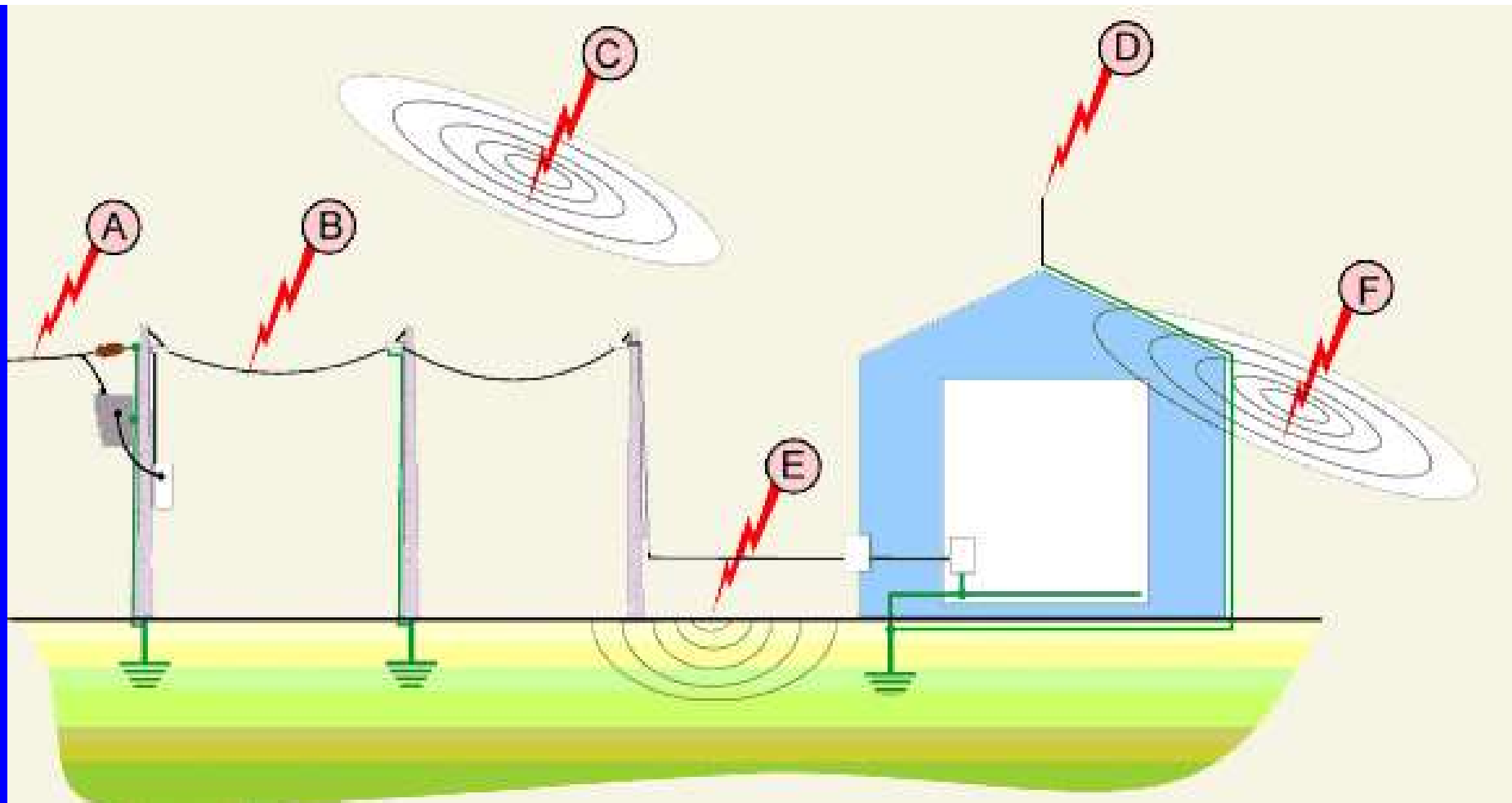
- . izjednačavanje potencijala
- . poboljšanje spoljašnje zaštite instalacije od atmosferskog pražnjenja
- . višestruko povezivanje elemenata sistema uzemljenja
- . ugradnja katodnih odvodnika
- . korišćenje prirodnih elemenata u spusnom sistemu.

- **Unutrašnja gromobranska instalacija**

Unutrašnju gromobransku instalaciju treba obavezno izvesti da bi se spriječilo sekundarno dejstvo direktnih atmosferskih pražnjenja i eliminisali uticaji komutacionih unutrašnjih prenapona. Unutrašnja gromobranska instalacija štiti osjetljivu elektronsku opremu i komponente od uticaja elektromagnetnih polja pri direktnom atmosferskom pražnjenju i ljude od strujnog udara i varničnih preskoka između nepovezanih metalnih masa unutar objekata. Unutrašnja gromobranska zaštita je obavezna u svim primjerima u kojima se efikasnost gromobranske zaštite zahtijeva $E > 0.98$ i u slučajevima kada to investitor izričito zahtijeva.

- **Zaštita od prenapona**

Pri direktnim atmosferskim pražnjenjima u spoljašnju gromobransku instalaciju koja je postavljena na objektima sa osjetljivom opremom, u određenim slučajevima se mogu pojaviti indukovani prenaponi, koji često mogu biti toliko visoki da ugrožavaju osjetljivu opremu, komponente i sve instalacije za upravljanje i komunikaciju. Osim ovih prijetnji zbog uticaja elektromagnetnih polja usled direktnih atmosferskih pražnjenja, po vodovima koji povezuju dvije strukture mogu se prenositi prenaponski talasi praznog hoda i strujni talasi kratkog spoja (tranzitni talasi).



A,B: Direktan udar groma u nadzemne vodove

C: Uticaj magnetnog polja na vodove

D: Direktni udar groma

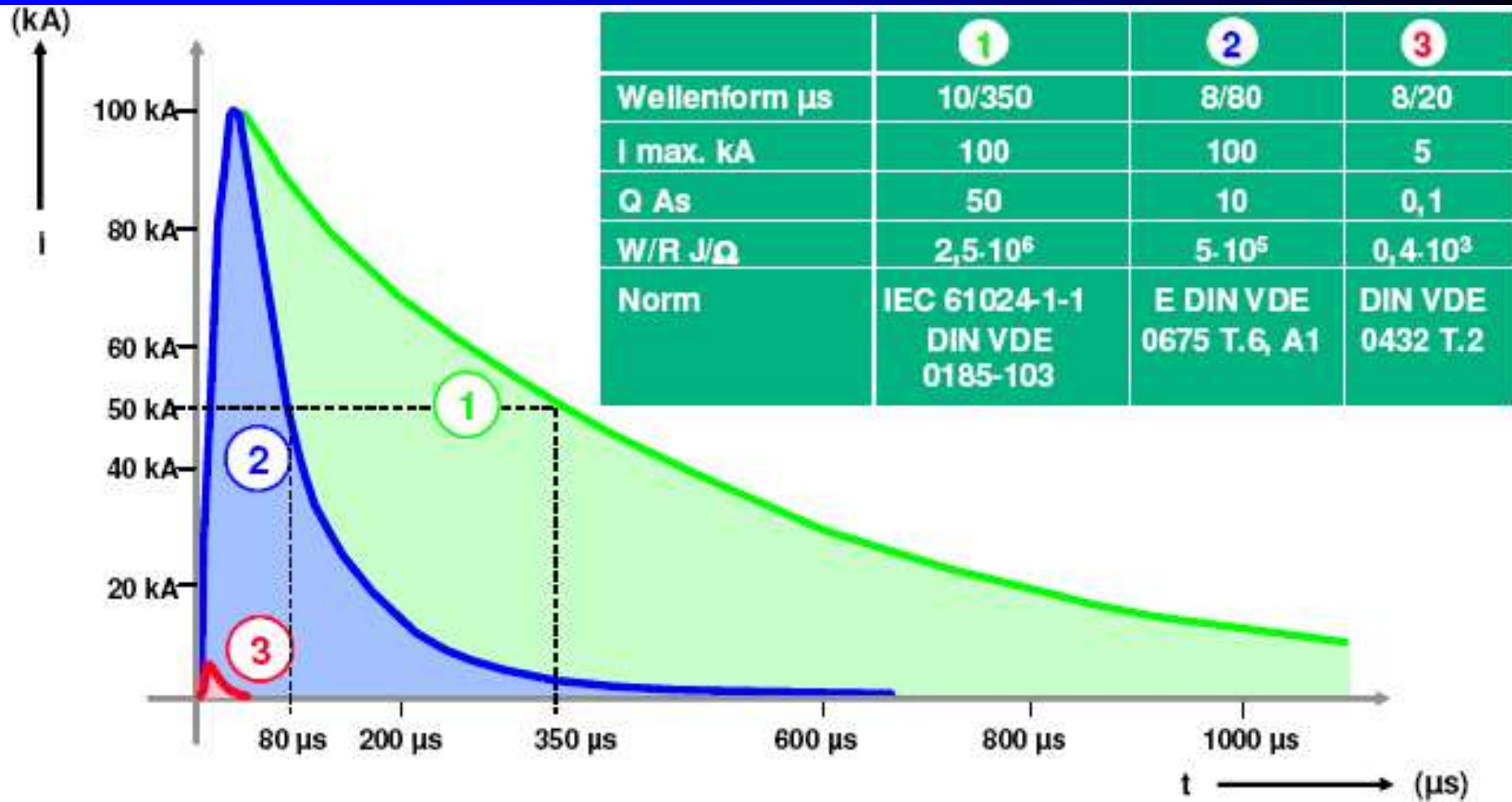
E: Raspodjela potencijala oko mesta udara groma

F: Uticaj magnetnog polja na unutrašnje instalacije i opremu

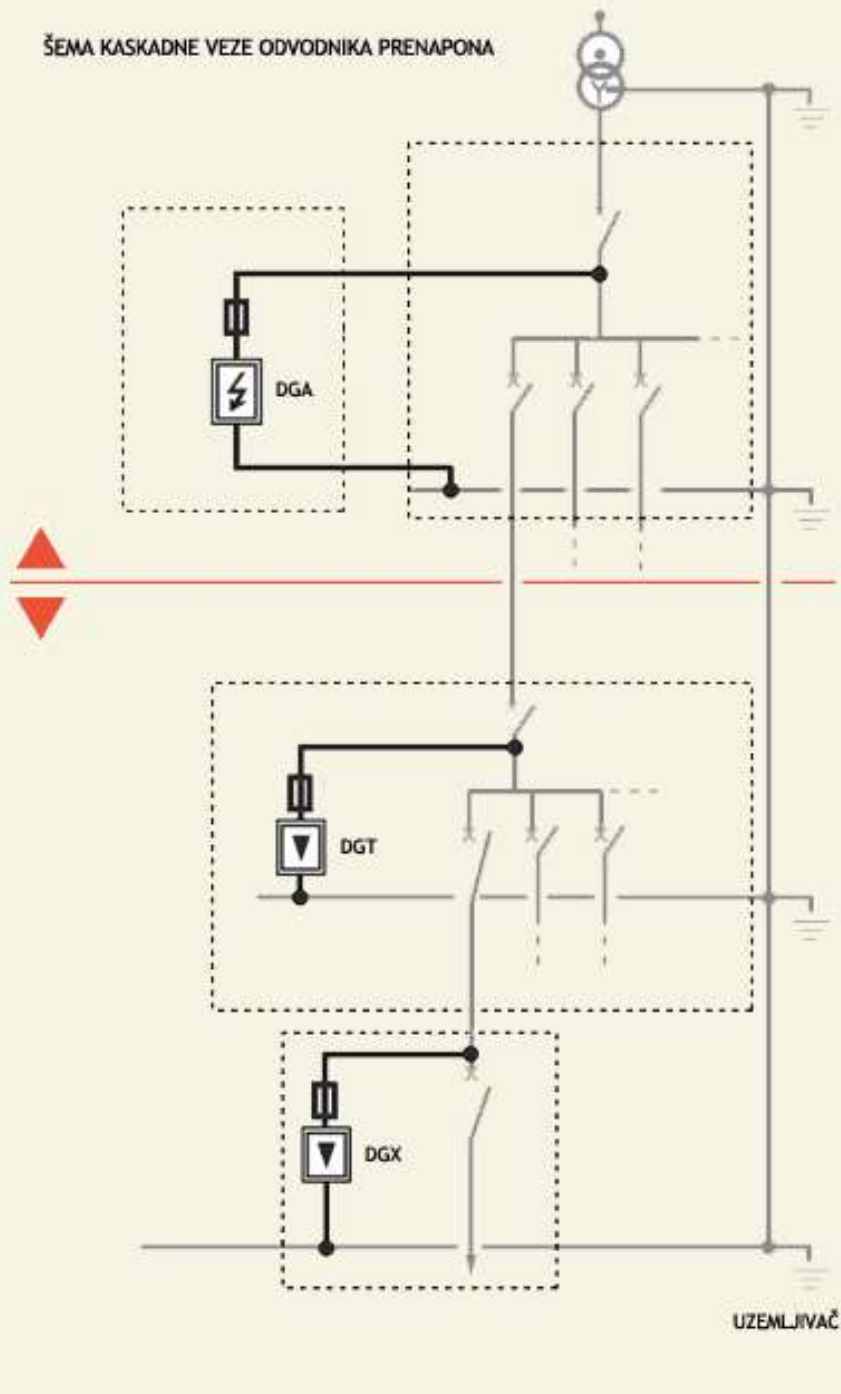
Direktne štete koje često iznose više desetina hiljada eura, zanemarljivo su male u odnosu na indirektne štete upada prenapona zbog uništenja podataka sadržanih u računarima, kao štete zbog prestanka rada tehnoloških instalacija. Svi indukovani prenaponi i svi transportovani prenaponski talasi i talasi struja kratkog spoja predstavljaju primarnu prijetnju izolaciji niskonaponskih prijemnika, niskonaponske opreme, instalacije i opreme malog napona kao i osjetljive elektronske opreme za upravljanje i komunikaciju. Ovi prenaponi u objekte mogu "doputovati" elektroenergetskom mrežom ili PTT vodovima. Mogu nastati i indukcijom zbog direktnog atmosferskog pražnjenja u objekat ili prežnjenja neposredno u susjedstvu. Radi toga je zakonodavac i cio tehnički razvijeni svijet, zaštitu skupocjenih i nezamjenjivih instalacija i opreme od prodora prenapona u njih, riješio na odgovarajući način: postavljanjem dovoljnog broja i odgovarajućih vrsta odvodnika prenapona na ulaze instalacije.

Prema Dokumentu IEC 8131 kao primarna prijetnja je pretpostavljen dio struje pražnjenja iznad $10[\text{kA}](10/350[\mu\text{s}])$. Primarni napon je pretpostavljen kao talas maksimalne amplitude iznad $10[\text{kV}]$, oblika $1,2/50[\mu\text{s}]$.

Da bi se određene osjetljive strukture zaštitile od pomenutih primarnih prijetnji navedeni IEC dokument predlaže kaskadno povezivanje većeg broja odvodnika prenapona odgovarajućih karakteristika. Na čelu kaskade se nalazi obično odvodnik prenapona koji treba da izbrusi udarni talas direktnih i indirektnih atmosferskih pražnjenja, oblika $10/350 \mu\text{s}$ i da mu oduzme veliki dio njegove energije. Iza ovog katodnog odvodnika u kaskadi se postavlja odvodnik prenapona koji treba da preostale prenapone koji se kreću po instalaciji svede na nivo napona koji neće ugroziti izolaciju osjetljive elektronske opreme



ŠEMA KASKADNE VEZE ODVODNIKA PRENAPONA



Elektroenergetske instalacije od struja direktnog atmosferskog pražnjenja oblika 10/350 μ s štite se odvodnicima za udarnu struju 65 kA (odvodnici tipa DGA) a zaštitu od tranzitnih prenapona oblika 1,2/50 μ s preostalog napona manjeg od 1kV, pri strujama pražnjenja do 5 kA (odvodnici tipa DGT).

Informacioni sistemi štite se od primarne ugroženosti za struje preko 1 kA oblika talasa 10/350 μ s i prenaponskog talasa oblika 1,2/50 μ s sa amplitudom preko 10 kA.

Zaštita sistema obrade podataka i telekomunikacionih priključaka od tranzitnih prenapona atmosferskog ili industrijskog porijekla izvodi se specijalno izučenom koncepcijom ugradnje odvodnika prenapona KO (SDP). Katodni odvodnici (odvodnici tipa KT) se ugrađuju na izlazu komunikacionih veza iz razvodne table telefonske centrale, tj. u razvodnom ormanu kompjutera.

Odvodnik
tipa DGA



Odvodnik
tipa DGT



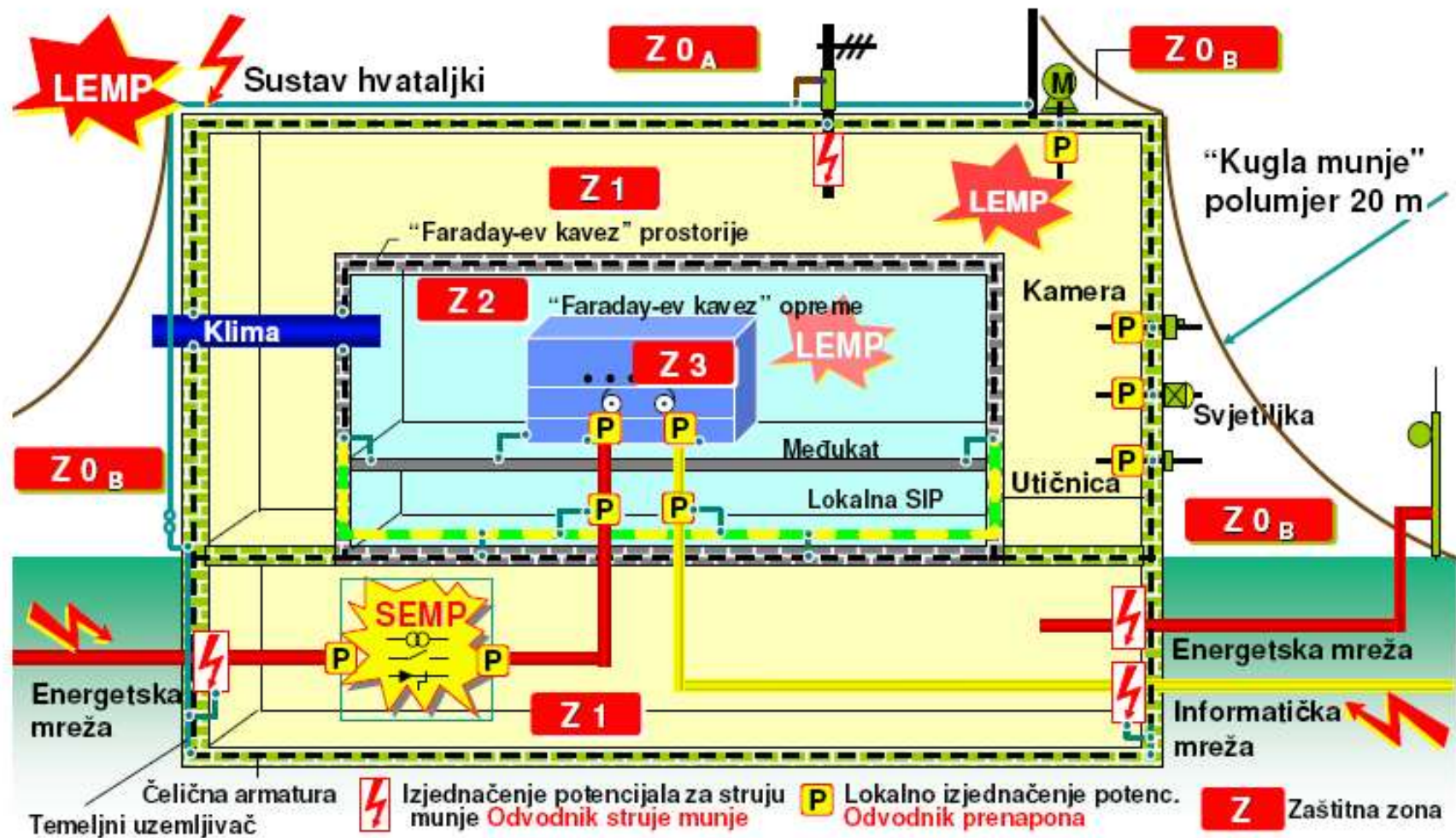
Odvodnik
tipa DGX



Odvodnik
tipa CT



KONCEPCIJA PRENAPONSKIH ZAŠTITNIH ZONA



LEMP-Lightning Electro Magnetic Pulse,
SEMP-Switching Electro Magnetic Pulse

Održavanje i kontrola gromobranske instalacije

Održavanje gromobranskih instalacija je važno čak i ako je stručnjak za gromobransku instalaciju preduzeo potrebne mjere za zaštitu od korozije i dimenzionisao komponente gromobranske instalacije u zavisnosti od toga koliko su izložene oštećenju od groma i vremenskim uslovima a uzimajući u obzir i zahteve iz standarda JUS IEC 1024-1.

Komponente gromobranske instalacije pokazuju tendenciju da izgube svoja svojstva tokom godina zbog korozije, oštećenja uzrokovanog dejstvom vremena, mehaničkog oštećenja i oštećenja od udara groma.

Mehaničke kao i električne karakteristike gromobranske instalacije treba održavati tokom cijelog vijeka trajanja gromobranske instalacije poštujući na taj način uslove za projektovanje prema standardu JUS IEC 1024-1.

Programi za periodično održavanje gromobranske instalacije ustanovljavaju se za cijelokupnu gromobransku instalaciju.