

# ZAŠČITA PRED DELOVANJEM STRELE

MINISTRSTVO ZA  
INFRASTRUKTURO IN PROSTOR  
Tehnična smernica  
TSG-N-003:2013  
**ZAŠČITA PRED DELOVANJEM  
STRELE**



**MINISTRSTVO ZA INFRASTRUKTURO IN PROSTOR**

Tehnična smernica

**TSG-N-003:2013**

**■ ZAŠČITA PRED DELOVANJEM  
STRELE**





REPUBLIKA SLOVENIJA  
**MINISTRSTVO ZA INFRASTRUKTURO IN PROSTOR**

**TEHNIČNA SMERNICA TSG-N-003: 2013**

Minister za infrastrukturo in prostor na podlagi prvega odstavka 11. člena Zakona o graditvi objektov (Uradni list RS, št. 102/04 – uradno prečiščeno besedilo, 14/05 – popr., 92/05 – ZJC-B, 93/05 – ZVMS, 111/05 – odl. US, 126/07, 108/09, 61/10 – ZRud-1, 20/11 – odl. US, 57/12 in 110/13) izdaja tehnično smernico

## **ZAŠČITA PRED DELOVANJEM STRELE**

Minister za infrastrukturo in prostor

**SAMO OMERZEL**

Številka: **0071-2/2012**  
V Ljubljani, dne 31. 12. 2013

K tej tehnični smernici je pridobljeno soglasje ministra pristojnega za gospodarstvo, kot pristojnega ministra za dajanje gradbenih proizvodov v promet, številka 315-37/2013-2

Ta tehnična smernica je vključena v seznam tehničnih smernic Ministrstva za infrastrukturo in prostor, ki je bil objavljen v Uradnem listu Republike Slovenije.

V postopku izdaje te tehnične smernice so bile upoštevane vse zahteve Uredbe o postopkih notificiranja na področju standardov, tehničnih predpisov in postopkov ugotavljanja skladnosti (Uradni list RS, št. 66/00 in 35/05) v tistem delu, ki predstavlja prevzem Direktive 98/34/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 22. junija 1998 o določitvi postopka za zbiranje informacij na področju tehničnih standardov in tehničnih predpisov (UL L št. 204 z dne 21. 7. 1998, str. 37), zadnjič spremenjeno z Uredbo (EU) št. 1025/2012 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 25. oktobra 2012 o evropski standardizaciji, spremembi direktiv Sveta 89/686/EGS in 93/15/EGS ter direktiv 94/9/ES, 94/25/ES, 95/16/ES, 97/23/ES, 98/34/ES, 2004/22/ES, 2007/23/ES, 2009/23/ES in 2009/105/ES Evropskega parlamenta in Sveta ter razveljavitvi Sklepa Sveta 87/95/EGS in Sklepa št. 1673/2006/ES Evropskega parlamenta in Sveta (UL L št. 316 z dne 14. 11. 2012, str. 12).

Druga izdaja tehnične smernice TSG-N-003:2013 v celoti nadomešča prvo izdajo tehnične smernice TSG-N-003:2009.

Oblikovanje in prelom: **IDFL d.o.o.**

Pripravo strokovnih vsebin je v sodelovanju s strokovno javnostjo in z Inženirsko zbornico Slovenije izvedla Elektrotehniška zveza Slovenije.

<b>■</b>	<b>KAZALO</b>	
<b>■ 0.</b>	<b>UVOD</b>	<b>5</b>
0.1	POMEN IN VLOGA TEHNIČNE SMERNICE »ZAŠČITA PRED DELOVANJEM STRELE«	5
0.1.1	Zakonska podlaga za izdajo tehnične smernice	5
0.1.2	Pravilnik o zaščiti stavb pred delovanjem strele – pravni okvir delovanja smernice	5
0.1.3	Pravne posledice (ne)uporabe tehnične smernice	7
0.2.	REFERENČNI DOKUMENTI	8
0.2.1	Predpisi	8
0.2.2.	Standardi	8
0.2.3	Smernice	8
0.3	POMEN IZRAZOV	8
<b>■ 1.</b>	<b>NAMEN IN PODROČJE UPORABE</b>	<b>10</b>
<b>■ 2.</b>	<b>TEMELJNE ZAHTEVE ZA PROJEKTIRANJE IN IZVEDBO</b>	<b>11</b>
2.1	SPLOŠNO	11
2.2	PARAMETRI TOKA STRELE	11
2.3.	POSLEDIČNE POŠKODBE ZARADI UDAROV STRELE	11
2.3.1	Vzroki škod	11
2.3.2	Vrste škod	11
2.3.3.	Vrste izgub	11
2.4	RIZIKO IN NJEGOVE KOMPONENTE	12
2.4.1	Riziko	12
2.4.2	Komponente rizika	12
2.4.3	Vrednotenje rizikov	12
2.4.4	Vrednotenje komponent rizika	13
2.4.5	Tolerančni riziko RT	13
2.4.6	Postopek vrednotenja rizikov	13
2.5	GOSTOTA ATMOSFERSKIH RAZELEKTRITEV V ZEMLJO	14
2.6	RAZREDI LPS	14
2.7	ZUNANJI LPS	14
2.8	ODVODNI SISTEM	15
2.9	OZEMLJILNI SISTEM	16
2.10	IZVEDBA LPS V EKSPLOZIJSKO OGROŽENIH PROSTORIH	17
<b>■ 3.</b>	<b>MATERIALI ZA VODNIKE</b>	<b>18</b>
<b>■ 4.</b>	<b>PREPREČITEV ISKRENJA IN PREBOJEV</b>	<b>20</b>
4.1	SPLOŠNO	20
4.2	IZENAČITEV POTENCIALOV	20
4.2.1	Splošno	20
4.2.2.	Izenačitev potencialov kovinskih inštalacij	20
4.2.3	Izenačitev potencialov zunanjih prevodnih delov	20
4.2.4	Izenačitev potencialov v notranjem delu LPS	21
4.2.5	Izenačitev potencialov v sistemih oskrbovalnih vodov	21
4.3	LOČILNA RAZDALJA MED KOVINSKIMI DELI IN LPS	21
<b>■ 5.</b>	<b>ZAŠČITA PRED NEVARNOSTMI ZARADI NAPETOSTI DOTIKA IN KORAKA</b>	<b>22</b>
5.1	ZAŠČITNI UKREPI PRED NAPETOSTJO DOTIKA	22
5.2	ZAŠČITNI UKREPI PRED NAPETOSTJO KORAKA	22
<b>■ 6.</b>	<b>ZAŠČITA ELEKTRIČNIH IN ELEKTRONSKIH SISTEMOV V STAVBAH</b>	<b>23</b>
6.1	SPLOŠNO	23
6.2	ZAŠČITNE CONE	23
6.3	OZEMLJEVANJE IN POVEZOVANJE	23
6.4	MAGNETNO OKLOPLJANJE IN PREPLETANJE	23
6.5	KOORDINIRANA SPD ZAŠČITA	23
6.6	NAČRTOVANJE, IZBIRA IN PREGLEDNI POSTOPEK ZAŠČITE PRED LEMP	23

<b>7.</b>	<b>PREVERJANJE USTREZNOSTI LPS</b>	<b>24</b>
7.1	SPLOŠNO	24
7.2	VIZUALNI PREGLED	24
7.3	PRESKUSI	24
7.4	MERITVE	24
7.5	ZAPISNIK O PREGLEDU	25



## 0. UVOD

### 0.1 Pomen in vloga tehnične smernice »Zaščita pred delovanjem strele«

#### 0.1.1

##### Zakonska podlaga za izdajo tehnične smernice

To tehnično smernico je izdal minister za infrastrukturo in prostor v soglasju z ministrom pristojnim za gospodarstvo na podlagi prvega odstavka 11. člena Zakona o graditvi objektov (Uradni list RS, št. 102/04 – uradno prečiščeno besedilo, 14/05 – popr., 92/05 – ZJC-B, 93/05 – ZVMS, 111/05 – odl. US, 126/07, 108/09, 61/10 – ZRud-1, 20/11 – odl. US, 57/12 in 110/13).

V Zakonu o graditvi objektov je tehnična smernica opredeljena kot "dokument, s katerim se za določeno vrsto objekta uredi natančnejša opredelitev bistvenih zahtev, pogoji za projektiranje, izbrane ravni oziroma razredi gradbenih proizvodov oziroma materialov, ki se smejo vgrajevati ter načini njihove vgradnje in način izvajanja gradnje z namenom, da se zagotovi zanesljivost objekta ves čas njegove življenjske dobe, kadar je to primerno, pa tudi postopke, po katerih je mogoče ugotoviti, ali so takšne zahteve izpolnjene" (tč. 3.2, prvega odstavka 2. člena).

Pravna narava in uporaba tehničnih smernic je bolj podrobno obravnavana v 9. členu zakona, kjer je določeno, da se z gradbenimi predpisi (to je vrsta izvršilnih predpisov, izdanih na podlagi zakona) za posamezne vrste objektov določijo njihove tehnične značilnosti tako, da ti objekti glede na svoj namen izpolnjujejo eno, več ali vse naslednje bistvene zahteve:

- mehanska odpornost in stabilnost,
- **varnost pred požarom**,
- higienska in zdravstvena zaščita in zaščita okolice,
- **varnost pri uporabi**,
- zaščita pred hrupom, in
- varčevanje z energijo in ohranjanje toplote.

V navedeni zakonski določbi je nadalje določeno, da se gradbeni predpisi lahko sklicujejo na standarde oziroma tehnične smernice, ki se nanašajo na določeno vrsto objekta in določijo njihovo obvezno uporabo oziroma določijo, da velja domneva, da je določen element skladen z zahtevami gradbenega predpisa, če ustreza zahtevam standardov oziroma tehničnih smernic. Če je v gradbenih predpisih določena domneva o skladnosti, morajo gradbeni predpisi opredeliti tudi pristojne organe za odločanje in postopek, v katerem se dokaže, da projekt, v katerem niso bili uporabljeni standardi oziroma tehnične smernice, temveč je projektant pri svojem delu uporabil rešitve iz zadnjega stanja gradbene tehnike, zagotavlja vsaj enako stopnjo varnosti kot projekt, pripravljen z uporabo standardov ali tehničnih smernic.

**Zadnje stanje gradbene tehnike** je stanje, ki v danem trenutku, ko se izdeluje projektna dokumentacija ali izvaja gradnja, predstavlja doseženo stopnjo razvoja tehnične zmogljivosti gradbenih proizvodov, procesov in storitev, ki temeljijo na priznanih izsledkih znanosti, tehnike in izkušenj s področja graditve objektov, ob hkratnem upoštevanju razumnih stroškov (tč. 3.1, prvega odstavka 2. člena zakona).

#### 0.1.2

##### Pravilnik o zaščiti stavb pred delovanjem strele – pravni okvir delovanja smernice

Gradbeni predpis, ki za stavbe podrobneje opredeljuje del bistvenih zahtev "varnost pred požarom" in "varnost pri uporabi", je Pravilnik o zaščiti stavb pred delovanjem strele (Uradni list RS, št. 28/09, 2/12). V tem pravilniku so določene naslednje zahteve za sistem zaščite pred delovanjem strele (v nadaljnjem besedilu: zaščita pred strelo), ki mora:

- odvesti atmosfersko razelektritev v zemljo brez škodljivih posledic ter pri tem ne nastanejo nevarna iskrenja in električni preskoki, ki bi lahko poškodovali ljudi ali povzročili požar,
- omejiti okvare električnih, telekomunikacijskih in drugih oskrbovalnih sistemov na najmanjšo možno mero,
- omejiti okvare električnih in elektronskih naprav na najmanjšo možno mero,
- zagotavljati dovolj nizke napetosti dotika in koraka z ustrezno izenačitvijo potencialov.

#### POZOR:

Področje uporabe te tehnične smernice je znatno širše kot področje pravne veljave pravilnika. Kot izhaja iz tretjega odstavka 1. člena pravilnika, se ob določenih pogojih njegove zahteve lahko smiselno uporabijo ne le za stavbe, pač pa tudi za druge objekte – gradbeno inženirske objekte.

#### 1. člen (vsebina in uporaba pravilnika)

- (3) Zahteve tega pravilnika se smiselno uporabijo tudi za gradbene inženirske objekte, če predpisi, ki urejajo njihove bistvene zahteve, ne vsebujejo enakovrednih določb glede zaščite pred strelo.

#### 4. člen (zagotovitev zaščite pred strelo)

- (1) Vse manj zahtevne in zahtevne stavbe morajo biti opremljene s sistemom zaščite pred strelo z zaščitnim nivojem najmanj IV, ki mora biti projektiran, izveden in vzdrževan tako, da:
  - odvede atmosfersko razelektrenje v zemljo brez škodljivih posledic ter pri tem ne povzroča iskrenja in električnih preskokov, ki bi lahko povzročili požar,
  - omeji okvare električnih, telekomunikacijskih in drugih oskrbovalnih sistemov na najmanjšo možno mero,
  - omeji okvare električnih in elektronskih naprav na najmanjšo možno mero in
  - zagotavlja dovolj nizke napetosti dotika in koraka z ustrezno izenačitvijo potenciala.
- (2) Ne glede na prejšnji odstavek ni treba opremiti s sistemom za zaščito pred strelo tistih enostanovanjskih in dvostanovanjskih stavb, ki po predpisih, ki urejajo vrste objektov, glede na zahtevnost sodijo med manj zahtevne ali zahtevne objekte.
- (3) Ne glede na prvi odstavek tega člena je treba za stavbe iz priloge 1, ki je sestavni del tega pravilnika, na podlagi karte ali tabele največjih vrednosti gostote strel iz priloge 2, ki je sestavni del tega pravilnika, izdelati oceno tveganja pred udarom strele in se na njeni podlagi odločiti za ustrezen višji nivo zaščite pred strelo. Pri oceni tveganja je treba uporabiti metodologijo ocene tveganja pred udarom strele iz tehnične smernice iz 5. člena tega pravilnika. Pri tem se lahko uporabi tudi natančnejši podatek o gostoti strel za lokacijo nameravane gradnje, ki jo investitorju oziroma projektantu posreduje pravna oseba, ki spremlja in obdeluje podatke te vrste ter je navedena v prilogi 2 tega pravilnika.
- (4) V stavbah z električno napeljavo je treba izvesti skupno ozemljilo, ki mora omogočati tudi delovanje sistema zaščite pred strelo. Načrt električnih inštalacij in električne opreme mora zagotoviti usklajenost vseh uporabljenih ukrepov oziroma rešitev (v nadaljnjem besedilu: ukrepi) v zvezi z električno napeljavo in zaščito pred strelo, predvsem kar zadeva skupne elemente izenačitve potencialov, zunanje lovilne mreže z odvodi in izvedbo notranjega sistema zaščite pred strelo.

V poglavju pravilnika, ki določa način izpolnjevanja predpisanih zahtev, so za uporabo te tehnične smernice najbolj pomembne naslednje določbe:

#### 5. člen (uporaba tehnične smernice)

- (1) Minister, pristojen za gradbene zadeve, izda tehnično smernico TSG-N-003 Zaščita pred delovanjem strele (v nadaljnjem besedilu: tehnična smernica), ki določa metodologijo analize tveganja pred udarom strele iz 4. člena tega pravilnika in priporočene gradbene ukrepe za doseg zahtev tega pravilnika.
- (2) Če so pri projektiranju, izvedbi in vzdrževanju sistema zaščite pred strelo v stavbah v celoti uporabljeni ukrepi, navedeni v tehnični smernici oziroma v dokumentih, na katere se le-ta sklicuje, velja domneva o skladnosti z zahtevami iz tega pravilnika.

#### 6. člen (uporaba drugih ukrepov)

- (1) Pri projektiranju, izvedbi in vzdrževanju sistema zaščite pred strelo se smejo namesto ukrepov, navedenih v tehnični smernici, uporabiti rešitve iz zadnjega stanja gradbene tehnike, ki zagotavlja vsaj enako stopnjo varnosti, kot projekt pripravljen z uporabo tehnične smernice.
- (2) Ukrepi iz prejšnjega odstavka pomenijo uporabo zadnjega stanja gradbene tehnike v skladu s predpisi, ki urejajo graditev. Izpolnjenost zahtev po tem pravilniku se v takem primeru zagotovi v skladu s 12. členom tega pravilnika.
- (3) Ne glede na prvi odstavek tega člena je treba v vseh primerih uporabiti metodologijo analize tveganja pred udarom strele iz tehnične smernice in ukrepe iz tehnične smernice, navedene v 7. in 10. členu tega pravilnika.

V poglavju pravilnika, ki določa vsebino projektne dokumentacije, so najbolj pomembne naslednje določbe

#### 11. člen (navedba podlage za projektiranje)

- (1) Odgovorni projektant mora v tehničnem poročilu načrta električnih inštalacij in električne opreme projekta za pridobitev gradbenega dovoljenja in v njegovi vodilni mapi (v prilogi 1, v obrazcu 0.4, v točki »Druge klasifikacije«) izrecno navesti, ali je načrt izdelan na podlagi tehnične smernice ali na podlagi 6. člena tega pravilnika.
- (2) Načrt iz prejšnjega odstavka mora glede sistema zaščite pred strelo obsegati:
  - zaščitni nivo stavbe,
  - varnostne in ločilne razdalje kovinskih mas,
  - tloris streh in videze stavb z glavnimi mrežami,

- zunanji sistem zaščite pred strelo – lovilno mrežo, odvode in sistem ozemljil,
- notranji sistem zaščite pred strelo – neposredne galvanske povezave s preseki in predvidene namestitve SPD,
- velikost ozemljilne upornosti s potrebnimi izračuni,
- vrste ozemljil in merilnih stikov (npr. trak, obroč, temeljsko ozemljilo),
- vse priključke kovinskih mas z definiranimi zbiralkami za izenačitev potencialov,
- vrsto in položaj povezav s sosednjimi objekti (npr. voda, plin, elektrika, informatika, varovanje),
- sistem zaščite pred previsokimi napetostmi dotika in koraka in
- ostale podatke, ki so pomembni za inštalacijo oziroma sistem zaščite pred strelo - LPS (npr. izoliran sistem).

:

## 12. člen (obveznost revizije)

- (1) Revizija projekta za pridobitev gradbenega dovoljenja je, poleg v primerih, navedenih v Zakonu o graditvi objektov ((Uradni list RS, št. 102/04-UPB1, 14/05-popr., 92/05-ZJC-B, 93/05-ZVMS, 126/07), obvezna tudi takrat, kadar projektant sistem zaščite pred strelo v manj zahtevni stavbi projektira v skladu s 6. členom tega pravilnika in se opravi po postopku in z udeleženci, ki so določeni v zakonu, ki ureja graditev objektov.
- (2) Predmet revizije iz prejšnjega odstavka je izključno kontrola brezhibnosti tistih delov načrta električnih instalacij in električne opreme v projektu za pridobitev gradbenega dovoljenja, s katerimi se dokazuje, da predloženi projekt glede sistema zaščite pred strelo izpolnjuje zahteve tega pravilnika z najmanj enakovredno ravno, kot če bi bila uporabljena tehnična smernica in v njej navedeni dokumenti.
- (3) V povzetek revizijskega poročila v smislu predpisa, ki ureja projektno dokumentacijo, odgovorni revident vnese le tiste podatke, ki so bistveni za obseg revizije iz prejšnjega odstavka. S podpisom revizijskega poročila potrdi le to, da iz njegove revizije izhaja, da projekt izpolnjuje zahteve tega pravilnika.

### 0.13

#### Pravne posledice (ne)uporabe tehnične smernice

- a) Uporaba tehnične smernice - domneva o skladnosti

Kot je razvidno iz prejšnjih točk tega uvoda so v tej tehnični smernici zapisani ukrepi oziroma rešitve zgolj priporočen način za izpolnitev v pravilniku predpisanih zahtev o zaščiti stavb pred strelo. Upoštevanje pripo-

ročenih gradbenih ukrepov je podlaga za ustvaritev domneve o izpolnjenosti zahtev pravilnika. Pri tem je treba izhajati iz dejstva, da so ukrepi o zaščiti stavb pred strelo praviloma medsebojno povezani in njihovega končnega učinka ni mogoče obravnavati izključno na podlagi analize vsakega ukrepa posebej, torej brez upoštevanja rezultatov celotnega izbranega koncepta varstva. Zato mora odgovorni projektant pri izbiri ukrepov po tej tehnični smernici in njihovem kombiniranju z ukrepi, navedenimi v različnih referenčnih (podpornih) dokumentih, vedno poskrbeti za njihovo medsebojno usklajenost.

Dokazno breme o neizpolnjenosti zahtev iz pravilnika je v primeru uporabe te tehnične smernice na strani pristojnih državnih organov oziroma z zakonodajo določenih udeležencev pri graditvi, katerih vloga je nadzor nad pravilnostjo projektiranja (inšpektorji in revidenti – glej tretji odstavek 5. člena pravilnika). Kadar je projektiranje sledilo ukrepom iz te tehnične smernice, med gradnjo in pri pridobitvi potrebnih upravnih odločb, ni treba dokazovati skladnosti z ustreznimi predpisi, ker se ta samodejno domneva na podlagi določb pravilnika.

- b) Projektiranje po zadnjem stanju gradbene tehnike

Če se odgovorni projektant v skladu s pravilnikom odloči za uporabo (delno ali v celoti) gradbenih ukrepov iz zadnjega stanja gradbene tehnike, kot je to opredeljeno v 6. členu pravilnika, pa se mora zagotovljenost vsaj enake stopnje varnosti sistema zaščite pred strelo izkazati z obvezno revizijo projektne dokumentacije, kar predstavlja predpisani način dokazovanja odgovornega projektanta, da je izpolnil predpisano zahtevo.

Tudi pri projektiranju po zadnjem stanju gradbene tehnike je treba izhajati iz dejstva, da so ukrepi zaščite pred strelo praviloma medsebojno povezani in njihovega končnega učinka ni mogoče obravnavati izključno na podlagi analize vsakega ukrepa posebej, torej brez upoštevanja rezultatov celotnega izbranega koncepta zaščite.

- c) Razmerje do zahtev predpisov, ki obravnavajo zaščito pred strelo

Vsebina te tehnične smernice priporoča ukrepe, ki so izjemoma lahko tudi predmet urejanja nekaterih pravnih predpisov. V razmerju do veljavnih predpisov je tehnična smernica napisana tako, da predlagani ukrepi niso v nasprotju z zahtevami predmetnih predpisov. Če pa se pri njeni uporabi kljub temu ugotovi, da bi izvedba določenega predlaganega ukrepa pomenila kršitev določb veljavnega predpisa, je treba v celoti upoštevati obvezne zahteve zakonodaje.

V točki 0.2.1 je upoštevano stanje veljavnosti predpisov na dan izdaje te tehnične smernice. Spremembe, povezane z izdajo novih predpisov in s tem povezanimi razveljavitvami morajo uporabniki spremljati v Uradnem listu Republike Slovenije in Uradnem listu Evropske unije.

## 0.2. Referenčni dokumenti

### 0.2.1

#### Predpisi

- 0.2.1.1 Zakon o graditvi objektov ((Uradni list RS, št. 102/04-UPB1, 14/05-popr., 92/05-ZJC-B, 93/05-ZVMS, 126/07, 108/09, 61/10-ZRud-1 (62/10 popr.), 20/11 Odl.US, 57/12, 110/13),
- 0.2.1.2 Energetski zakon (Uradni list RS, št. 27/07 EZ-UPB2-uradno prečiščeno besedilo),
- 0.2.1.3 Zakon o gradbenih proizvodih (Uradni list RS št. 82/13),
- 0.2.1.4 Zakon o tehničnih zahtevah za proizvode in o ugotavljanju skladnosti, (Uradni list RS, št. 17/2011),
- 0.2.1.5 Uredba o klasifikaciji vrst objektov in objektih državnega pomena (Uradni list RS, št. 109/11),
- 0.2.1.6 Uredba o razvrščanju objektov glede na zahtevnost gradnje (Uradni list RS, št. 18/13, 24/13, 26/13),
- 0.2.1.7 Pravilnik o zaščiti stavb pred delovanjem strele (Uradni list RS, št. 28/09, 2/12),
- 0.2.1.8 Pravilnik o zahtevah za nizkonapetostne električne inštalacije v stavbah (Uradni list RS, št. 41/09, 2/12),
- 0.2.1.9 Pravilnik o požarni varnosti v stavbah (Uradni list RS, št. 31/04, 10/05, 83/05 in 14/07),
- 0.2.1.10 Pravilnik o električni opreми, ki je namenjena za uporabo znotraj določenih napetostnih mej (Uradni list RS, št. 27/04),
- 0.2.1.11 Pravilnik o elektromagnetni združljivosti - EMC (Uradni list RS, št. 132/06),
- 0.2.1.12 Pravilnik o tehniških normativih za zaščito nizkonapetostnih omrežij in pripadajočih transformatorskih postaj (Uradni list SFRJ, št. 13/78),
- 0.2.1.13 Pravilnik o protiekspluzijski zaščiti (Uradni list RS, št. 102/00 in 91/02, 16/08, 1/11, 103/11),
- 0.2.1.14 Pravilnik o projektni dokumentaciji (Uradni list RS, št. 55/08).
- 0.2.1.15 Uredba o določitvi usklajenih pogojev za trženje gradbenih proizvodov in razveljavitvi Direktive Sveta 89/106/EGS (ULL št. 88/2011)

### 0.2.2.

#### Standardi

Projektiranje, nameščanje, delovanje in vzdrževanje sistema zaščite pred strelo (v nadaljnjem besedilu LPS) temelji na naslednjih standardih, v njih navedenih standardih in drugih dokumentih:

- 0.2.2.1 SIST ISO 6707-1 Stavbe in gradbeni inženirski objekti - Slovar - 1. del: Splošni izrazi
- 0.2.2.2 SIST EN 62305-1 Zaščita pred delovanjem strele – 1. del: Splošna načela,
- 0.2.2.3 SIST EN 62305-2 Zaščita pred delovanjem strele – 2. del: Vodenje rizika,
- 0.2.2.4 SIST EN 62305-3 Zaščita pred delovanjem strele – 3. del: Fizična škoda na zgradbah in nevarnost za živa bitja,
- 0.2.2.5 SIST EN 62305-4 Zaščita pred delovanjem strele – 4. del: Električni in elektronski sistemi v zgradbah,

- 0.2.2.6 SIST EN 62561-1 Elementi sistema za zaščito pred strelo (LPSC) - 1. del: Zahteve za povezovalne elemente,
- 0.2.2.7 SIST EN 62561-2: Elementi sistema za zaščito pred strelo (LPSC) - 2. del: Zahteve za vodnike in ozemljila,
- 0.2.2.8 SIST EN 62561-3 Elementi sistema za zaščito pred strelo (LPSC) - 3. del: Zahteve za iskrišča,
- 0.2.2.9 SIST EN 62561-4 Elementi sistema za zaščito pred strelo (LPSC) - 4. del: Zahteve za pritrdilne elemente.
- 0.2.2.10 SIST EN 62561-5: Elementi sistema za zaščito pred strelo (LPSC) - 5. del: Zahteve za merilne omarice ozemljil in tesnjenje izolacije pri ozemljilih
- 0.2.2.11 SIST EN 62561-6: Elementi sistema za zaščito pred strelo (LPSC) - 6. del: Zahteve za števce udarov strele (LSC)
- 0.2.2.12 SIST EN 62561-7: Elementi sistema za zaščito pred strelo (LPSC) - 7. del: Zahteve za spojine, ki izboljšajo ozemljitev

### 0.2.3

#### Smernice

- 0.2.3.1 Tehnična smernica TSG-1-001 Požarna varnost v stavbah,
- 0.2.3.2 Tehnična smernica TSG-N-002 Nizkonapetostne električne inštalacije.

### 0.3 Pomen izrazov

- (1) Izrazi s področja graditve stavb, ki niso opredeljeni v tej tehnični smernici, imajo pomen, kakor je opredeljen v Zakonu o graditvi objektov, Pravilniku o zaščiti stavb pred delovanjem strele oziroma v standardu SIST ISO 6707-1.
- (2) Izrazi s področja zaščite pred strelo, ki niso opredeljeni v tej tehnični smernici, imajo pomen, kakor je opredeljen v Pravilniku o zaščiti stavb pred delovanjem strele oziroma v seriji standardov SIST EN 62305.
- (3) Kratice imajo naslednji pomen:  
LPS – sistemi zaščite pred strelo,  
LPL - zaščitni nivo,  
LPZ – zaščitna cona,  
LEMP – elektromagnetni udar toka strele,  
SPD – prenapetostna zaščitna naprava.
- (4) Strela – atmosferska električna razelektritev med oblakom in zemljo, ali med oblaki, ki je sestavljena iz enega ali več posameznih udarov;
- (5) Posamezen udar – posamezna električna praznitev atmosferskega naboja v zemljo;
- (6) Direktni udar – direktni udar strele v stavbo;
- (7) Posreden udar – udar strele poleg ščitene stavbe, ali v oskrbovalni vod, priključen na stavbo;
- (8) Oskrbovalni vod – kabel, nadzemni vod ali cevovod, ki od zunaj prihaja v stavbo in služi za oskrbo z energijo, vodo, plinom, informacijo, itd;

- (9) Sistem zaščite pred delovanjem strele (LPS) – medsebojno povezan sistem s katerim se zmanjšuje verjetnost nastanka škode zaradi udara strele. Sestavljen je iz zunanega in notranjega LPS;
- (10) Notranji LPS – del LPS znotraj stavbe, ki ga tvorijo ize-načitve potencialov (onemogočanje visoke napetosti dotika in koraka) in usklajene ločilne razdalje med deli strelovodne inštalacije med seboj in med deli stavbe (onemogočanje pojava iskrenja znotraj stavbe);
- (11) Zunanji LPS – del LPS zunaj stavbe, ki ga tvorijo lovilniki, odvodi in sistem ozemljil;
- (12) Lovilni sistem – del zunanjega LPS, ki ga sestavljajo povezane kovinske palice ali mreža vodnikov, katerih namen je prestrežanje strele;
- (13) Odvodni sistem – del zunanjega LPS, ki ga sestavljajo povezave med lovilnim in ozemljilnim sistemom, katerih namen je odvajanje električnega toka strele do sistema ozemljil;
- (14) Ozemljilni sistem – del zunanjega LPS, ki ga sestavlja eno ali več medsebojno povezanih ozemljil (kombinacije trakov, palic, itd), katerih namen je električni tok strele speljati v zemljo;
- (15) Ozemljitveni sistem – del LPS, ki medsebojno enkrat ali večkrat namensko povezuje kovinske dele notranjega in zunanjega LPS z ozemljilnim sistemom po zastavljenem konceptu povezav;
- (16) Ozemljilo – v zemljo položen vodnik z namenom odvajanja in razpršitve toka strele v zemljo (npr. palično ozemljilo, horizontalno ozemljilo, ploščato ozemljilo, ozemljilni obroč, itd);
- (17) Riziko – verjetna letna izguba (ljudi in dobrin) zaradi udara strele v razmerju na vrednost (ljudi in dobrin) v stavbi, ki jo je treba ščititi;
- (18) Tolerančni riziko (sprejemljiv riziko) – največja vrednost rizika, ki se ga lahko sprejme za ščiteno stavbo (ljudi, dobrine, kulturni spomeniki, itd.);
- (19) Zaščitni nivo – celotni sklop zaščitnih ukrepov, določenih s parametri toka strele za določene vrste rizika;
- (20) Zaščitna cona – področje v katerem lahko nastajajo samo določeni elektromagnetni učinki ob delovanju strele;
- (21) LEMP – učinek toka strele zaradi prehoda udarnega tokovnega ali napetostnega vala preko vodljive povezave ali zaradi induktivnega vpliva elektromagnetnega polja;
- (22) Metoda kotaleče krogle – pripomoček pri projektiranju LPS, ki določa ščiteni prostor stavbe pri direktnih udarih strele;
- (23) Metoda zaščitnega kota – definiranje ščitene prostora znotraj ovojne površine, ki nastane med izpostavljenimi točkami na lovilnih vodnikih in referenčno ravnino pod zaščitnim kotom proti navpičnici, in to v vseh smereh.
- (24) Metoda mreže – metoda določanja ščitene prostora LPS, ki se približuje kovinski kletki;
- (25) Prenapetostni odvodnik - zaščitna naprava, ki nad določeno velikostjo omejuje prehodne prenapetostne vplive;
- (26) Odvodnik toka strele – zaščitna naprava, ki ima namen zaščititi električno inštalacijo in opremo pred udarnim razelektritvenim tokom strele;
- (27) SPD – naprava za zaščito pred udarnim razelektritvenim tokom strele ali udarnim prenapetostnim valom;
- (28) Naravni sestavni deli LPS – kovinski deli stavbe, ki prevajajo električni tok (betonska armatura, metalne obloge, ograje, itd.);
- (29) Zahtevne nizkonapetostne električne inštalacije in zaščite pred delovanjem strele so inštalacije, ki so nameščene v objektih z eksplozijsko ogroženimi prostori, prostori z lastno transformatorsko postajo ali lastnim virom električne energije in v objektih v zaščitnem nivoju I in II zaščite pred delovanjem strele;
- (30) Manj zahtevne električne inštalacije in inštalacije zaščite pred delovanjem strele so inštalacije, ki ne sodijo v skupino strokovno zahtevnih inštalacij zaščite pred delovanjem strele;
- (31) Električna oprema – opredeljen v SIST IEC 60050-826 – predmet, ki se uporablja za take namene, kot so generacija, pretvorba, prenos, razdeljevanje ali izkoriščanje električne energije, kot npr. električni stroji, transformatorji, razdelilniki, merilni instrumenti, zaščitne naprave sistemi napeljav, oprema, ki troši električno energijo.

## ■ 1. NAMEN IN PODROČJE UPORABE

- (1) Ta tehnična smernica priporoča gradbene ukrepe za zaščito pred strelo, katerih cilj je omejiti ogrožanje ljudi, živali in premoženja v stavbah (glej tč. 0.1.2) ter v njihovi neposredni okolici. Z upoštevanjem te smernice se bistveno poveča varnost pri uporabi in tudi varstvo pred požarom, ki bi lahko bilo ogroženo zaradi delovanja strele.
- (2) S to tehnično smernico se pojasnjuje način izpolnjevanja zahtev za:
  - tehnične lastnosti za LPS na in v stavbah in njihove inštalacije,
  - tehnične lastnosti in druge zahteve za proizvode, ki so namenjeni vgradnji in povezavam v LPS,
  - uporabnost LPS v času življenjske dobe stavb,
  - projektiranje, izvajanje del in preglede LPS.
- (3) Ta tehnična smernica se ne uporablja za:
  - železniške sisteme,
  - vozila, ladje, letala in morske ploščadi,
  - podzemne visokotlačne cevovode,
  - cevovode, elektroenergetske in telekomunikacijske vode, ki niso povezani z drugimi stavbami.

## 2. TEMELJNE ZAHTEVE ZA PROJEKTIRANJE IN IZVEDBO

### 2.1 Splošno

(1) LPS je sestavni del stavbe in mora biti združljiv ter smiselno povezan z vsemi drugimi inštalacijami stavbe. Odločitev o izbiri primerne zaščite temelji na izbiri zaščitnega nivoja na osnovi sprejemljivega rizika, za stavbo, ki jo je treba zaščititi pred posledicami delovanja strele.

(2) Glede na vrednotenje rizika in določen sprejemljiv riziko se za stavbo določi zaščitni nivo zaščite pred strelo LPL (od I do IV). Za vsak zaščitni nivo so definirani največji in najmanjši parametri toka strele (glej tabelo 1).

Verjetnost nastanka tokov strele, kjer največje vrednosti parametrov, za zaščitni nivo I, ne bodo prekoračene, znaša 99 %.

Največje vrednosti toka strele, ki se nanaša na zaščitni nivo I, se za zaščitni nivo II zmanjšujejo na 75 % in za zaščitna nivoja III in IV na 50% (linearno za I, Q in di/dt, toda kvadratično za W/R).

(3) LPS mora biti izdelan tako, da lahko odvede atmosfersko razelektritev v zemljo brez škodljivih posledic in pri tem ne pride do poškodb živih bitij, električnih preskokov in nevarnih iskrenj.

(4) Vrsta in mesto postavitve LPS morata biti ustrezno izbrana že v fazi projektiranja novih stavb, da se čim bolj izkoristijo njihovi električni prevodni deli in z najmanjšimi stroški izdelava učinkovit LPS, ki se tudi estetsko vključuje v stavbo in okolico.

(5) Tehnične lastnosti LPS morajo v času uporabe stavbe zagotavljati vse projektirane zahteve, upoštevajoč primerno vzdrževanje, skladno s to smernico.

(6) LPS mora po rekonstrukciji izpolnjevati vse tehnične lastnosti, ki jih je imel pred rekonstrukcijo.

(7) Glede na položaj v stavbah je LPS sestavljen iz zunanjega in notranjega LPS.

(8) V posameznih primerih, ko ni potreben zunanji LPS, je treba izdelati samo notranji LPS.

### 2.2 Parametri toka strele

(1) Mehanski, termični in elektromagnetni učinki strele so odvisni od temenske vrednosti toka strele (I), celotnega razelektritvenega naboja (zajema kratkotrajni in dolgotrajni udarni naboj) in specifično energijo (W/R).

Tabela 1: Najvišje vrednosti parametrov toka strele glede na zaščitne nivoje (več glej v poglavju 8 SIST EN 62305-1:2011)

Parameter toka strele	Zaščitni nivo (LPL)		
	I	II	III-IV
Prvi pozitivni udar			
Temenska vrednost toka I v (kA)	200	150	100
Udarni naboj Q <sub>kratki</sub> v (C)	100	75	50
Specifična energija W/R (MJ/Ω)	10	5,6	2,5
Parametri časov T <sub>1</sub> /T <sub>2</sub> (μs)	10/350		

Za nadaljevanje glej tabelo 3 v SIST EN 62305-1:2011

(2) Škodljivi učinki, ki jih povzroča sprememba elektromagnetnega polja, so odvisni od strmine toka strele. Za namene načrtovanja se uporablja povprečna strmina med 30 % in 90 % temenske vrednosti porasta toka strele.

### 2.3 Posledične poškodbe zaradi udarov strele

#### 2.3.1

##### Vzroki škod

Tok strele je osnovni povzročitelj nastanka škod. Škode lahko nastanejo zaradi (glej tabelo 2):

- S 1: razelektritve v stavbo,
- S 2: razelektritve v bližino stavbe,
- S 3: razelektritve v oskrbovalne vode,
- S 4: razelektritve v bližino oskrbovalnih vodov.

#### 2.3.2

##### Vrste škod

(1) Tok strele lahko povzroča škode, ki so odvisne od karakterističnih značilnosti posameznih stavb (npr. konstrukcija, vsebina in uporaba, vrste oskrbovalnih vodov in uporabljeni zaščitni ukrepi pred strelo).

(2) Tri vrste značilnih škod ob udaru strele, ki se lahko posledično pojavijo, so (glej tabelo 2):

- D 1: poškodbe živih bitij,
- D 2: fizične škode,
- D 3: škode na električnih in elektronskih sistemih.

(3) Posamezne škode so lahko omejene na samo stavbo, del stavbe, notranjost stavbe, sosednje stavbe in okolje (npr. kemične ali radioaktivne emisije). Udar strele lahko povzroči škode na oskrbovalnih vodih v stavbi (cevodih, električni in elektronski sistemi), ki se lahko posredno prenesejo tudi v samo stavbo.

#### 2.3.3.

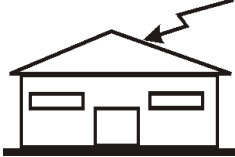

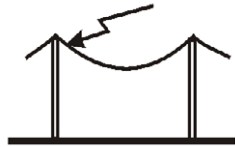

##### Vrste izgub

Vsaka izmed posameznih škod ali v medsebojni povezanosti lahko povzroči na stavbah različne vrste

izgub in sicer:

- L 1: izguba človeškega življenja,
- L 2: izguba javne oskrbe,
- L 3: izguba kulturne dediščine,
- L 4: izguba gospodarskih vrednosti (stavbe in njene vsebine, prenehanje oskrbe),

Tabela 2: Škoda in izguba v stavbi glede na različne točke udara strele (SIST EN 62305-1:2011)

TOČKA UDARA		VIR ŠKODE	VRSTA ŠKODE	VRSTA IZGUBE
Razelektritve v stavbo		S1	D1 D2 D3	L1, L4 <sup>1</sup> L1, L2, L3, L4 L1 <sup>2</sup> , L2, L4
Razelektritve v bližino stavbe		S2	D3	L1 <sup>2</sup> , L2, L4
Razelektritve v napajalne vode		S3	D1 D2 D3	L1, L4 <sup>1</sup> L1, L2, L3, L4 L1 <sup>2</sup> , L2, L4
Razelektritve v bližino napajalnih vodov		S4	D3	L1 <sup>2</sup> , L2, L4

<sup>1</sup> Samo za lastnino, kjer lahko poginejo živali

<sup>2</sup> Samo za stavbe s tveganjem eksplozije in bolnice ter druge stavbe, kjer okvare notranjih sistemov neposredno ogrozijo človeško življenje.

## 2.4 Riziko in njegove komponente

### 2.4.1 Riziko

- (1) Riziko je vrednost povprečnih in verjetnih letnih izgub. Za vsako vrsto škode je za stavbo značilna vrednost.
- (2) Riziki, ki se ovrednotijo za stavbe, so naslednji:
  - R 1: riziko izgube človeškega življenja,
  - R 2: riziko izgube javne oskrbe,
  - R 3: riziko izgube kulturne dediščine,
  - R 4: riziko izgube gospodarskih vrednosti.
- (3) Posamezni riziki se morajo ovrednotiti skladno z vzroki škod, vrstami škod in vrstami izgub. Posamezne skupine so podane v standardih SIST EN 62305-1 in SIST EN 62305-2.

### 2.4.2

#### Komponente rizika

Vsak riziko je vsota posameznih komponent rizika. Ob izračunu rizika se posamezne komponente rizika lahko upoštevajo glede na vzroke in vrste škod ter vrste izgub v stavbah in sicer:

- upoštevajoč udare neposredno v stavbo,
- upoštevajoč udare v bližini stavbe,
- upoštevajoč udare v oskrbovalne vode stavbe,
- upoštevajoč udare v bližino oskrbovalnih vodov stavbe.

### 2.4.3

#### Vrednotenje rizikov

Odločitev o izbiri zaščitnega nivoja stavb v smislu zaščite pred strelo poteka skladno z standardoma SIST EN 62305-1 in SIST EN 62305-2. Postopek vrednotenja rizikov in ovrednotenja stroškov izvedbe zaščite poteka v naslednjem zaporedju:

- zbiranje podatkov o stavbi, ki jo je treba zaščititi,
- ugotovitev vseh vrst mogočih škod na stavbi in na oskrbovalnih vodih,
- ocenitev rizika za vse vrste škod,
- ocenjevanje potrebe po zaščiti pred strelo s primerjavo posameznih rizikov s tolerančnim rizikom RT,
- ovrednotenje stroškov izvedbe zaščite pred strelo glede na stroške brez zaščite (glej standard SIST EN 62305-2).



## 2.4.4

## Vrednotenje komponent rizika

V obravnavo komponent rizika spadajo:

- sama stavba,
- inštalacije v stavbi,
- vsebina v stavbi,
- osebe v stavbi in tiste osebe, ki se nahajajo v razdalji 3 m od zunanjih zidov stavbe,
- okolica stavbe, ki je lahko ogrožena.

## 2.4.5

Tolerančni riziko  $R_T$ 

- (1) Tolerančni riziko določa največjo vrednost sprejemljivega rizika ščitene stavbe.
- (2) Tolerančni riziko je za nekatere vrste izgub splošno ovrednoten in prikazan v tabeli 3.

Tabela 3 – Tolerančni (še sprejemljivi) riziko  $R_T$  (SIST EN 62305-2:2012)

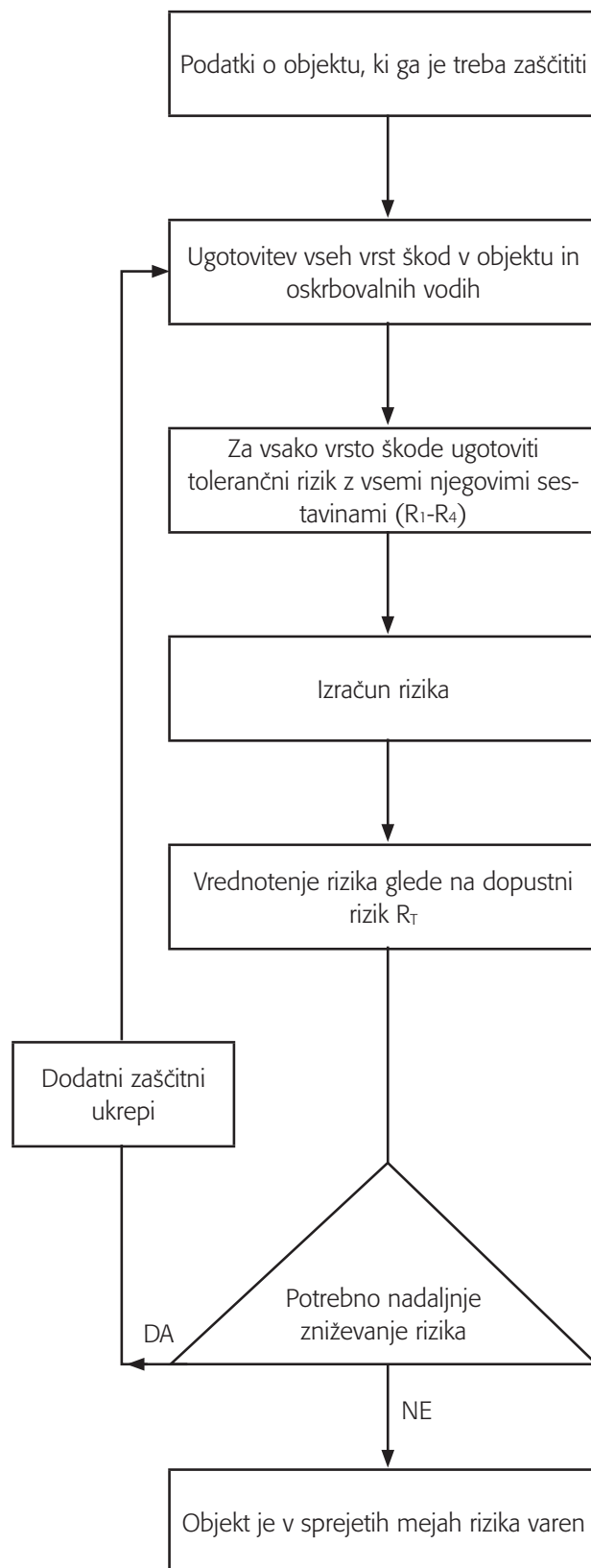
Vrsta izgube		$R_T$ /leto
L1	Izguba človeškega življenja ali trajne poškodbe	$10^{-5}$
L2	Izguba oskrbovalnih sistemov namenjenih ljudem	$10^{-3}$
L3	Izguba kulturnih dobrin	$10^{-4}$

## 2.4.6

## Postopek vrednotenja rizikov

- (1) Postopek vrednotenja rizikov poteka skladno s standardoma SIST EN 62305-1 in SIST EN 62305-2 in je smiselno prikazan na sliki 1, iz katere je razvidno vrednotenje potreb po zaščiti pred strelo in sicer:
  - riziko  $R_1, R_2, R_3$  in  $R_4$  za stavbo,
- (2) Za vsakega teh rizikov je treba ugotoviti naslednje:
  - identifikacija posameznih sestavin  $R_x$ , ki sestavljajo riziko,
  - ovrednotenje identificiranih komponent rizika  $R_x$ ,
  - ovrednotenje celotnega rizika  $R$ ,
  - identifikacija tolerančnega rizika  $R_T$ ,
  - primerjava celotnega rizika  $R$  s tolerančnim rizikom  $R_T$ .
- (3) Kadar je  $R \leq R_T$  zaščita pred strelo ni potrebna.
- (4) Kadar je  $R > R_T$  je treba upoštevati vrsto zaščitnih ukrepov pred strelo do te mere, da bo dejanski riziko  $R$  manjši od tolerančnega  $R_T$ .
- (5) Vrste zaščitnih ukrepov in izbira zaščitnih nivojev, ki omogočajo zmanjševanje škodnega rizika  $R$ , so razvidne iz standardov SIST EN 62305 (3 – 4) in sicer:
  - SIST EN 62305-3 za zaščito pred poškodbami živih bitij in fizičnih škod v stavbah,
  - SIST EN 62305-4 za poškodbe notranjih naprav in elektronskih sistemov v stavbah,

- (6) Izbiro najprimernejše izvedbe zaščite pred strelo opravi projektant, po ovrednotenju vseh delnih rizikov (posameznih komponent rizika) in upoštevanih v skupni riziko, ki mora biti manjši od dopustnega (tolerančnega)  $R_T$ . Pri tem morajo biti upoštevani vsi tehnični in ekonomski učinki različnih zaščitnih ukrepov (glej standard SIST EN 62305-2).



Slika 1: Postopek vrednotenja rizikov glede na potrebnost zaščite pred strelo

## 2.5 Gostota atmosferskih razelektritev v zemljo

Gostota atmosferskih razelektritev v zemljo, izražena kot število udarov v zemljo na kvadratni kilometer na leto, je določena z meritvami. Število največjih vrednosti gostote strel je podano v prilogi 2 Pravilnika o zaščiti stavb pred delovanjem strele.

## 2.6 Razredi LPS

- (1) Glede na izbrani zaščitni nivo zaščite pred strelo so določeni štirje razredi (I-IV) izvedb LPS, kot je prikazano v tabeli 4.

Tabela 4: Povezava med zaščitnimi nivoji in razredi LPS (SIST EN 62305-3:2011)

Zaščitni nivo LPL	Razred LPS
I	I
II	II
III	III
IV	IV

- (2) Razredi LPS se med seboj razlikujejo po:
- parametrih toka strele,
  - polmeru končne prebojne razdalje, velikosti lovilne

zanke in zaščitnem kotu,

- značilnih razdaljah med odvodi,
- ločilnih razdaljah med posameznimi deli, med katerimi lahko nastane preskok,
- minimalni dolžini ozemljil.

- (3) Razred LPS se izbere na temelju vrednotenja rizika po standardu SIST EN 62305-2.

## 2.7 Zunanji LPS

- (1) Zunanji LPS je namenjen prestrezanju, odvajanju in porazdelitvi toka strele v zemljo. Pri tem pa se ne sme na ščiteni stavbi pojaviti škoda.

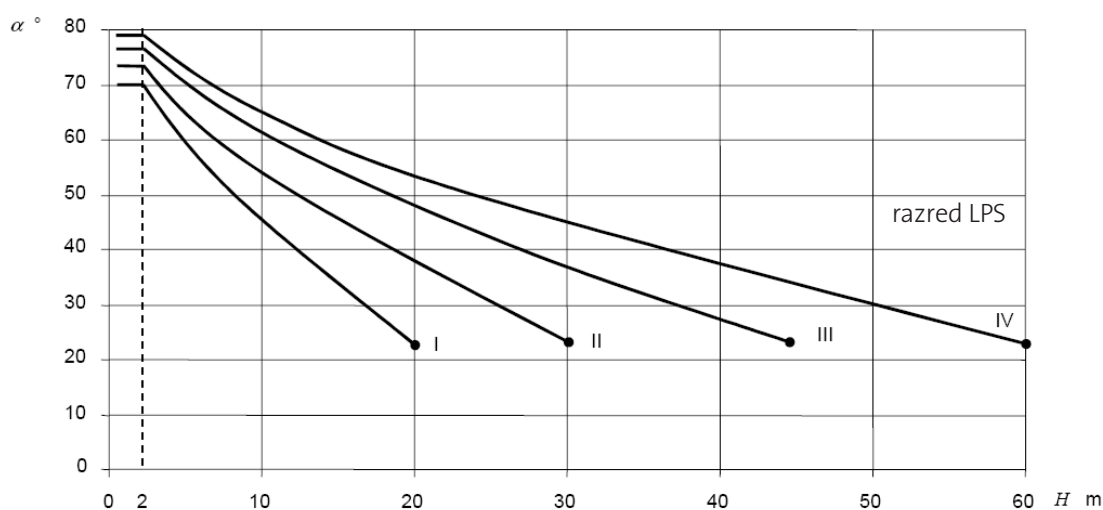
- (2) Zunanji LPS je sestavljen iz lovilne mreže, odvodov in sistema ozemljil, ki skupno tvorijo varno pot toka strele med točko udara in zemljo.

- (3) Za lovilno mrežo se uporabljajo:
- metoda zaščitnega kota (angl. protection angle method),
  - metoda kotaleče krogle (angl. rolling sphere method),
  - metoda mreže (angl. mesh method).

- (4) Vse tri metode se v medsebojni kombinaciji prilagajajo geometrijskim meram stavb, ki jih ščitijo. Prikazane so v tabeli 5 in na sliki 2.

Tabela 5: Maksimalne vrednosti polmera kotaleče krogle strele in velikosti mreže, glede na razred LPS (SIST EN 62305-3:2011)

Razred LPS	Zaščitna metoda		
	Polmer kotaleče krogle $r$ [m]	Velikost mrežne zanke $w_m$ [m]	Zaščitni kot $\alpha$ [°]
I	20	5 x 5	glej sliko 2
II	30	10 x 10	
III	45	15 x 15	
IV	60	20 x 20	



Opomba 1: Način ni uporaben pri višinah preko označb  $\cdot$ . V takem primeru je zaradi možnosti stranskih udarov potrebno uporabiti metodo kotaleče krogle in metodo lovilne mreže.

Opomba 2:  $H$  je višina namestitve posameznega lovilnika nad prostorom, ki se ščiti.

Opomba 3: Zaščitni kot se ne spreminja za  $H$  pod 2 m.

Slika 2: Zaščitni kot lovilnikov z višino  $H$ , glede na razred LPS (SIST EN 62305-3:2011)

- (5) Lovilna mreža je lahko kombinirana s kovinskimi paličami in obstoječimi kovinskimi strešnimi deli. Pri tem morajo biti medsebojno dobro galvansko povezani, kar zagotavlja enakomernejšo razporeditev toka strele pri njegovem odvajanju.
- (6) Kjer je streha zgrajena iz negorljivega materiala, se lahko vodnike lovilne mreže polaga na površino strešne kritine.
- (7) Kjer je streha iz gorljivih materialov, je treba poskrbeti za primerno medsebojno razdaljo med vodniki in gorljivimi materiali. Primerna razdalja je večja kot 0,1 m, za slamnate strehe, kjer za kontrolo sloja slame niso uporabljene jeklene palice, pa najmanj 0,15 m.
- (8) V LPS se, kot deli tega sistema, vključujejo:
- a) kovinske obloge stavb pod naslednji pogoji:
- električna neprekinjenost med posameznimi deli mora biti trajna (spajkanje, varjenje, stiskanje, šivanje, vijačenje ali kovičenje),
  - debelina kovinskih oblog ne sme biti manjša od  $t_2$ , danem v tabeli 6, kadar je dovoljeno taljenje materiala na mestu udara, in zaradi taljenja kovine ne more priti do vžiga pod njimi,
  - debelina metalnih oblog ne sme biti manjša od  $t_1$ , danem v tabeli 6, kadar ni dovoljeno taljenje materiala na mestu udara oz. se pod njimi nahajajo vnetljivi materiali, ki bi se zaradi taljenja kovine ali toplotnih učinkov, lahko vneli,
  - kadar niso prevlečeni z izolacijskimi materiali,
- e) kovinske cevi in rezervoarji, ki vsebujejo vnetljive ali eksplozivne mešanice, morajo imeti dimenzije, ki ustrezajo debelini  $t_1$  iz tabele 6.
- (9) Kadar zahtevane dimenzije niso zagotovljene, je treba cevi in rezervoarje vključiti v del, ki ga je treba ščititi.
- (10) Cevovodi, ki prevajajo vnetljive ali eksplozivne mešanice in so spojeni s plastičnimi vložki ali prirobnicami, morajo biti vključeni v LPS.
- (11) Tanko prekritje z barvo, 1 mm asfalta ali 0,5 mm PVC ni ustrezna izolacija.
- (12) Če je streha, strešna obloga ali žleb iz bakra, je treba jeklene ali aluminijaste vodnike položiti tako, da deževnica ne teče z bakrenih delov na jeklene ali aluminijaste vodnike. Če to ni možno, je treba uporabiti bakrene vodnike.
- (13) Na stikih bakrenih in aluminijastih vodnikov je treba vstaviti vložek iz obeh materialov (Al - Cu). Pocinkano jeklo in aluminij se lahko spoji neposredno (glej tabelo 8).

## 2.8 Odvodni sistem

- (1) Odvodi odvajajo tok strele od točke udara do zemlje. Omogočajo:
- več vzporednih tokovnih poti,
  - najkrajšo dolžino vzporednih poti,
  - izenačitev potencialov s prevodnimi deli stavbe.
- (2) Razdalje med posameznimi navpičnimi odvodi in med posameznimi vodoravnimi krožnimi povezavami so prikazane v tabeli 7.

Tabela 6: Najmanjše debeline kovinskih kritin ali kovinskih cevi zunanjega LPS (SIST EN 62305-3:2011)

Razred LPS	Material	Debelina $t^1$ [mm]	Debelina $t^2$ [mm]
I do IV	svinec	-	2,0
	jeklo/cinkano, nerjavno	4	0,5
	titan	4	0,5
	baker	5	0,5
	aluminij	7	0,65
	cink	-	0,7

$t^1$  prepreči prelučkanje

$t^2$  samo za kovinske plošče, kjer ni pomembno, da se preprečijo prelučkanje, vroča mesta ali vžig

- b) kovinski deli strešne konstrukcije (npr. nosilci, povezave z armaturo, itd) pod nekovinsko streho, če je sprejemljiva škoda na tej nekovinski strehi,
- c) kovinski deli, kot so dekoracije, tračnice, cevi, pokritja, itd. s premeri, ki niso manjši od dimenzij in mer materialov uporabljenih za zunanji LPS,
- d) kovinske cevi in rezervoarji na strehah z debelinami in prezi, ki ustrezajo dimenzijam zunanjega LPS;

Tabela 7: Razdalje med odvodi glede na razred LPS (SIST EN 62305-3:2011)

Razred LPS	Razdalje med odvodi [m]
I	10
II	10
III	15
IV	20

- (3) Odvodi morajo vzpostavljati najkrajšo možno povezavo z ozemljilom, če je mogoče navpično, brez spremembe smeri. Odvodi morajo biti čim krajši, treba jih je namestiti predvsem blizu robov stavbe. Odvodi morajo biti čim bolj proč od oken, vrat, električnih napeljav in tistih kovinskih mas, ki iz posebnih razlogov niso priključene na napeljave zaščite pred strelo.
- (4) Posamezni navpični odvodi so vsakih 10 m do 20 m povezani s krožno vodoravno povezavo med seboj. Krožne povezave se pričnejo z osnovno povezavo s potencialnim obročem v zemlji.

- (5) Lovilna mreža na strehi in sistem odvodov LPS so v nekaterih primerih lahko izdelani izolirano od kovinskih delov stavbe, kadar je omogočena ločilna razdalja do vseh drugih kovinskih delov v stavbi. Vsi odvodi morajo biti pri prehodu v zemljo medsebojno povezani z osnovnim potencialnim obročem, ki predstavlja istočasno temeljno zbiralko za izenačitev potencialov (glej standard SIST EN 62305-3 in SIST EN 62305-4).
- (6) Kadar v stavbi ni mogoče zagotoviti zadostne ločilne razdalje med lovilno mrežo z odvodi do vseh kovinskih delov je treba izdelati neizolirani LPS.
- (7) V stavbah, grajenih iz armiranega betona, je treba uporabiti armaturo kot strelovodne odvode in istočasno kot zaščito pred vplivi elektromagnetnih polj. Pri tem pa je treba upoštevati neprekinjenost galvanskih spojev in minimalne dimenzije skladno s standardom SIST EN 62305-3. Električno neprekinjenost armaturnih palic je potrebno preveriti z električnim preskušanjem med najvišjim delom in nivojem tal. Celotna električna upornost naj ne bo večja kot 0,2 Ω. Če je ta vrednost presežena, se armatura ne more uporabiti kot strelovodni odvod.
- (8) Pri neizoliranem LPS so lahko strelovodni odvodi nameščeni:
- na površini stene ali v samo steno, če je stena izdelana iz negorljivega materiala,
  - najmanj 0,15 m oddaljeni od stene na zidne podpore, ki so med seboj oddaljene največ 2 m, na strešne podpore oddaljene med seboj 1,5 m in na slemenske podpore med seboj oddaljene 1 m, če je stena izdelana iz gorljivega materiala.
- (9) Za odvode se uporabijo tudi kovinske mase, ki prehajajo skozi stavbo in imajo dovolj velik prerez, skladno z najmanjšimi dimenzijami vodnikov za LPS.
- (10) Odvodi se ne smejo polagati v žlebove. Za odvode se ne sme uporabljati plinovodov.
- (11) Na priključku vseh odvodov na ozemljilni sistem je treba izdelati merilni stik, ki ga je mogoče zaradi merilnih namenov galvansko ločiti. Ob uporabi naravnih kovinskih mas in armature, kot naravnih odvodov, v kombinaciji z drugimi odvodi je prav tako treba izdelati v merilne namene merilno točko, ki se je zaradi večkratne vzporedne povezanosti ne ločuje. Ločilno merilno mesto se v takih primerih izvede tam, kjer je odvod mogoče ločiti.
- (12) Vodniki, ki se medsebojno povezujejo in spojke morajo biti, po možnosti, iz enakega materiala. Primernost povezave različnih materialov je prikazana v tabeli 8. V primeru spajanja nezdržljivih materialov po tabeli 8, je potrebno uporabiti vložek iz nevtralnega materiala, najmanjše debeline 2 mm.

Tabela 8: Možnosti spajanja različnih materialov, glede na elektrokemični potencial

	Baker	Vroče cinkano jeklo	Nerjavno jeklo	Aluminij
Baker	da	ne	da	ne
Vroče cinkano jeklo	ne	da	da	da
Nerjavno jeklo	da	da	da	da
Aluminij	ne	da	da	da

## 2.9 Ozemljilni sistem

- (1) Pri razpršitvi toka strele v zemljo se zmanjšujejo prenapetosti s primernim razporejanjem ozemljil. V splošnem je nizka ozemljilna upornost, manjša od 10 Ω najprimernejša. Pri specifični upornosti tal, ki je večja od 250 Ωm, ne sme biti ozemljilna upornost večja kot 4 % od izmerjene specifične upornosti tal v Ωm.
- (2) S stališča zaščite pred strelo, kakor tudi elektroenergetskih in telekomunikacijskih naprav, je enoten in združen ozemljitveni sistem vseh povezanih ozemljil na stavbah najprimernejši. Temu delu napeljave je zaradi pravilnega delovanja treba posvetiti posebno pozornost.
- (3) Za ozemljila se lahko uporabijo posebej v ta namen v zemljo položeni vodniki v obliki:
- vodoravno položenih žic in trakov (tračna ozemljila),
  - navpičnih cevi ali profilov (palična ozemljila),
  - navpičnih plošč (ploščna ozemljila),
  - kovinske konstrukcije in mreže ter cevi v zemlji, razen tistih za katere obstajajo posebni razlogi za njihovo ločenost.
- (4) Če ima posamezna stavba več ozemljil jih je treba zvezati med seboj z vodnikom, položenim v zemljo. Pri tem je treba dati prednost krožnemu vodniku okoli ščitene stavbe. Na krožni obroč se na več mestih poveže tudi temeljsko ozemljilo stavbe, skladno s Tabelama 9 in 10. Po potrebi se lahko položi več krožnih vodnikov.
- (5) Globina vkopa ozemljil iz tretjega odstavka mora biti najmanj 0.5 m, priporočljivo pa je 0.8 m.
- (6) Večanje dolžine vodoravnih ozemljil preko 60 m, s ciljem zmanjševanja ozemljilne upornosti, ni smiselno.
- (7) Mere in materiali ozemljilnih vodnikov so prikazani v tabeli 11.
- (8) Ozemljitvena upornost medsebojno povezanih ozemljil naj bo merjena pri frekvenci, ki je drugačna od omrežne ali njenem mnogokratniku, v izogib možnih interferenc.

- (9) Pri polaganju vodoravnih zvezdastih ozemljil, pri katerih iz ene točke v raznih smereh izhaja več posameznih vodnikov, naj bo medsebojni kot med dvema sosednjima ozemljiloma večji od 60°.
- (10) Z ozemljilom v zemlji je treba spojiti vse kovinske mase, ki so oddaljene manj kot 20 m, razen tistih, za katere z drugimi predpisi to ni dovoljeno (npr. kovinske mase v sistemu katodne zaščite).
- (11) Če so z ozemljili povezane cevi vodovodne inštalacije, je treba premostiti vse vodne števec in podobne naprave, ki so vgrajene med mesti, na katerih so na različnih kovinskih delih lahko različni potenciali. Prerezi vodnikov teh povezav so podani v tabeli 12.

## 2.10 Izvedba LPS v eksplozijsko ogroženih prostorih

Skladno s standardom SIST EN 62305-2 se na osnovi izračuna rizika izbere ustrezen zaščitni nivo zaščite pred strelo. Zaščitna nivoja I in II ustrezata za vse primere, kjer se v stavbah nahaja vsebina, ki je posebej občutljiva na učinke delovanja strele. Zaradi posledic udara strele se lahko v okolico sprostijo snov nevarne za življenje ljudi in živali. Izbira zaščitnega nivoja je odvisna tudi od eksplozijskih in vnetljivih mešanic, ki so nameščene v stavbi ali njenem delu. Projektant mora, glede na podatke o gostoti strel v danem okolju, vsebino v stavbi in dejavnost v njej izbrati ustrezeni zaščitni nivo zaščite pred strelo.

Obširnejši postopek izbire je prikazan v dodatku D, standarda SIST EN 62305-3.

### 3. MATERIALI ZA VODNIKE

- (1) Za strelovodne vodnike se lahko uporabljajo v tabeli navedeni materiali pod naslednjimi pogoji:

Tabela 9: Materiali LPS in pogoji uporabea (SIST EN 62305-3:2011)

Material	Uporaba			Korozija		
	V zraku	V zemlji	V betonu	Odpornost	Povečana z	Lahko je uničen z galvanskimi spoji z
Baker	Masiven Pleten	Masiven Pleten Oplaščen	Masiven Pleten Oplaščen	Dober v mnogih okoljih	Žveplove spojine Organski materiali	–
Vročje cinkano jeklo <sup>c,d,e</sup>	Masiven Pleten <sup>b</sup>	Masiven	Masiven Pleten <sup>b</sup>	Sprejemljiv v zraku, betonu in nevtralni zemlji	Visoka vsebnost kloridov	Baker
Pobakreno jeklo	Masiven	Masiven	Masiven	Dober v mnogih okoljih	Žveplove spojine	
Nerjavno jeklo	Masiven Pleten	Masiven Pleten	Masiven Pleten	Dober v mnogih okoljih	Visoka vsebnost kloridov	–
Aluminij	Masiven Pleten	Neprimeren	Neprimeren	Dober na zraku z nizko koncentracijo žvepla in kloridov	Alkalne raztopine	Baker
Svinec <sup>f</sup>	Masiven Oplaščen	Masiven Oplaščen	Neprimeren	Dober na zraku z visoko koncentracijo sulfatov	Kisla zemlja	Baker Nerjavno jeklo

- a Tabela daje le splošni okvir. V posebnih okoliščinah pri korozijsko zahtevnejših pogojih je zahtevano dodatno proučevanje (glej dodatek E standarda SIST EN 62305-3:2011).
- b Pleteni vodniki so občutljivejši na korozijo kot masivni materiali. Pleteni vodniki so prav tako manj odporni na prehodih zemlja-beton. To je razlog, zakaj pleteno pocinkano jeklo ni priporočljivo v zemlji.
- c Pocinkano jeklo lahko korodira v glineni ali vlažni zemlji.
- d Pocinkano jeklo v betonu naj se ne nadaljuje v zemljo zaradi nevarnosti korozije jekla na mestu prehoda iz betona.
- e Pocinkano jeklo v stiku z armaturo v betonu naj se ne uporablja v priobalnih območjih kjer je lahko prisotna sol v talni vodi.
- f Uporaba svinca v zemlji je ponavadi prepovedana zaradi okoljskih zahtev.

- (2) Vrste materialov in oblike ter najmanjši prerezi vodnikov lovilne mreže in odvodov so prikazani v tabeli 10.

Tabela 10: Material, oblika in najmanjši prerez lovilnih vodnikov, lovilnih palic, paličnih zemljevodov in odvodova (SIST EN 62305-3:2011)

Material	Oblika	Prerez [mm <sup>2</sup> ]
Baker Pokositren baker	Masiven trak	50
	Masiven okrogel <sup>b</sup>	50
	Pleten <sup>b</sup>	50
	Masiven okrogel <sup>c</sup>	176
Aluminij	Masiven trak	70
	Masiven okrogel	50
	Pleten	50
Aluminijeva zlitina	Masiven trak	50
	Masiven okrogel	50
	Pleten	50
	Masiven okrogel <sup>c</sup>	176
Pobakrena aluminijeva zlitina	Masiven okrogel	50
Vroče cinkano jeklo	Masiven trak	50
	Masiven okrogel	50
	Pleten	50
	Masiven okrogel <sup>c</sup>	176
Pobakreno jeklo	Masiven okrogel	50
	Masiven trak	50
Nerjavno jeklo	Masiven trak <sup>d</sup>	50
	Masiven okrogel <sup>d</sup>	50
	Pleten	70
	Masiven okrogel <sup>c</sup>	176

a Mehanske in električne lastnosti kakor tudi odpornost proti koroziji morajo ustrezati zahtevam iz skupine standardov SIST EN 62561.

b 50 mm<sup>2</sup> (premer 8 mm) se lahko zmanjša na 25 mm<sup>2</sup> (premer 6 mm) v posebnih primerih, kadar mehanska odpornost ni bistvena zahteva. Temu primerno naj se prilagodijo tudi razdalje med nosilci.

c Primerno za lovilne palice in palične zemljevode. Če mehanska obremenitev, npr. obtežba vetra, ni kritična se lahko kot lovilne palice uporabijo palice premera 9,5 mm dolžine 1 m.

d Kadar so toplotne in mehanske lastnosti bistvene, naj se te vrednosti povečajo na 75 mm<sup>2</sup>.

(3) Mere strelvodnih vodnikov, ki se uporabljajo za ozemljilni sistem so prikazane v tabeli 11.

Tabela 11: Material, oblika in najmanjše mere ozemljila, e (SIST EN 62305-3:2011)

Material	Oblika	Mere		
		Ozemljilna palica premer [mm]	Ozemljilni vodnik [mm <sup>2</sup> ]	Ozemljilna plošča [mm]
Baker Pokositren baker	Pleten		50	
	Masiven okrogel	15	50	
	Masiven trak		50	
	Cev	20		
Vročje galvanizirano jeklo	Masivna plošča			500 x 500
	Mrežasta plošča <sup>c</sup>			600 x 600
	Masivno okroglo	14	78	
	Cev	25	90	
Golo jeklob	Masiven trak			500 x 500
	Masivna plošča			600 x 600
	Mrežasta plošča <sup>c d</sup>			
	Profil			
Pobakreno jeklo	Pleteno		70	
	Masivno okroglo		78	
	Masiven trak		75	
Nerjavno jeklo	Masivno okroglo	14 <sup>f</sup>	50	
	Masiven trak		90	
Nerjavno jeklo	Masivno okroglo	15 <sup>f</sup>	78	
	Masiven trak		100	

a Mehanske in električne lastnosti kakor tudi odpornost proti koroziji morajo ustrezati zahtevam iz skupine standardov SIST EN 62561.

b Zalito mora biti v betonu vsaj na globini 50 mm.

c Mrežasta plošča, izdelana iz najmanj 4,8 m skupne dolžine vodnika. Dovoljeni so različni profili s prerezom 290 mm<sup>2</sup> in najmanjšo debelino 3 mm, npr. križni profil.

d Pri temeljskem ozemljitvenem sistemu razporeditve tipa B morajo biti ozemljila pravilno povezana vsaj na vsakih 5 m na armaturno jeklo.

f V nekaterih državah se premer lahko zmanjša na 12,7 mm.

## ■ 4. PREPREČITEV ISKRENJA IN PREBOJEV

### 4.1 Splošno

- (1) Pri prevajanju toka strele od lovilne mreže, preko odvodov v ozemljilni sistem se v notranjosti stavbe preko kovinskih povezav in elektromagnetnega polja prenašajo vplivi, ki lahko povzročijo nevarna iskrenja in preboje med:
  - kovinskimi konstrukcijami,
  - notranjimi povezavami različnih inštalacij,
  - zunanji prevodnimi deli in povezavami stavbe z okolico.
- (2) Iskrenja znotraj stavbe so nevarna za nastanek požarov, eksplozij in uničenje v stavbi delujočih naprav. Zato je treba izvesti dodatne zaščitne ukrepe.
- (3) Nevarno iskrenje med različnimi deli notranjih naprav in inštalacij se prepreči z:
  - izenačitvijo potencialov,
  - električno izolacijo.

### 4.2 Izenačitev potencialov

#### 4.2.1 Splošno

- (1) Izenačitev potencialov se doseže s povezovanjem:
  - kovinskih delov v stavbi,
  - kovinskih inštalacij,
  - notranjih oskrbovalnih inštalacijskih sistemov,
  - zunanjih prevodnih delov in inštalacijskih povezav stavbe.

Ob vzpostavitvi povezav izenačitve potencialov je treba upoštevati, da se del toka strele lahko zaključuje tudi preko teh povezav.

- (2) Izenačitev potencialov se izvede s:
  - povezovalnimi vodniki,
  - prenapetostnimi zaščitnimi napravami (SPD), kjer neposredna povezava z vodniki ni izvedljiva,
  - iskrišči, kjer ni dovoljena direktna povezava s povezovalnimi vodniki.

Izbira načina je odvisna od lastnosti drugih inštalacij v stavbi (električne, telekomunikacijske, požarne, varnostne itd.).

#### 4.2.2.

#### Izenačitev potencialov kovinskih inštalacij

- (1) V primerih, ko je zunanji LPS izveden v izolirani izvedbi, se izenačitev potencialov izdela samo na nivoju ozemljilnega sistema (povezan potencialni obroč v okolici stavbe). V primeru takšne izvedbe je glede prerezov povezovalnih vodnikov treba upoštevati še četrto in peto odstavka te točke.

- (2) Za zunanji LPS, ki ni izoliran od notranjih kovinskih mas, se izenačitev potencialov izvede na naslednjih mestih:
  - v pritličju na nivoju priključkov ozemljitvenega sistema in izdelano tako, da jih je mogoče enostavno preverjati,
  - kjer izolacijske zahteve niso izpolnjene.
- (3) Povezave za izenačitev potencialov morajo biti izdelane direktno in po najkrajši poti.
- (4) Najmanjši prerezi povezav za izenačitev potencialov, ki povezujejo posamezne kovinske dele LPS, različne zbiralke za izenačitev potencialov ali povezujejo zbiralke za izenačitev potencialov na ozemljitveni sistem in, ki lahko prevajajo znaten del toka strele, so prikazani v tabeli 12.

Tabela 12: Najmanjše mere vodnikov, ki povezujejo različne zbiralke za izenačitev potencialov ali povezujejo zbiralke za izenačitev potencialov na ozemljitveni sistem (SIST EN 62305-3:2011)

Razred LPS	Material	Prerez [mm <sup>2</sup> ]
I do IV	Baker	16
	Aluminij	25
	Jeklo	50

- (5) Najmanjši prerezi povezav izenačitev potencialov med notranjimi kovinskimi deli ali povezave kovinskih delov na zbiralke za izenačitev potencialov in, ki ne prevajajo znatnega toka strele so prikazani v tabeli 13.

Tabela 13: Najmanjše mere vodnikov, ki povezujejo notranje kovinske inštalacije na zbiralke za izenačitev potencialov (SIST EN 62305-3:2011)

Razred LPS	Material	Prerez [mm <sup>2</sup> ]
I do IV	Baker	6
	Aluminij	10
	Jeklo	16

- (6) Če so v plinske ali vodovodne cevi znotraj stavbe vstavljeni izolacijski vložki, se ti premostijo s SPD, ki so dimenzionirane za tako namestitve. Enako velja za druge kovinske dele, ki običajno niso povezani z združenim ozemljitvenim sistemom v stavbi (npr. deli zaščiteni s katodno zaščito).

#### 4.2.3

#### Izenačitev potencialov zunanjih prevodnih delov

- (1) Povezovanje zunanjih kovinskih delov je treba po možnosti izvesti čim bližje ob vstopu v ščiteno stavbo.
- (2) Povezovalni vodnik mora imeti zadosten prerez in mora biti sposoben prevajati predvideni del toka strele.



- (3) Če se direktna povezava ne more izdelati, se le-ta vzpostavi s pravilno dimenzioniranim iskriščem.
- (4) Če je treba izdelati izenačitev potencialov kadar ni zunanjšega LPS se za ozemljilni sistem uporabi ozemljitev električne inštalacije.

#### 4.2.4

##### Izenačitev potencialov v notranjem delu LPS

- (1) Kadar so notranji vodniki v obliki oklopljenih kablov ali so položeni v kovinske kanale ter cevi, je treba oklope in kovinske kanale ter cevi povezati z ozemljitvenim sistemom stavbe.
- (2) Kadar električni kabli in drugi vodniki v stavbi nimajo kovinskih okloпов oziroma niso položeni v kovinske kanale ali cevi, morajo biti povezani s SPD. V TN sistemih električne inštalacije morajo biti PE in N vodniki galvanjsko povezani na LPS. V TT sistemih električne inštalacije morajo biti PE vodniki galvanjsko povezani na LPS.
- (3) V primerih izvedbe zaščite pred prenapetostmi v notranjosti stavb je treba izdelati koordinirano zaščito s pravilno izbranimi karakteristikami prenapetostnih zaščitnih naprav SPD po standardu SIST EN 62305-4.

#### 4.2.5

##### Izenačitev potencialov v sistemih oskrbovalnih vodov

- (1) Izenačitev potencialov električnih in telekomunikacijskih vodnikov se izdelava skladno s točko 4.2.4.
- (2) Vsi vodniki vsakega oskrbovalnega voda naj bodo povezani direktno ali preko iskrišč oziroma SPD na ozemljitveni sistem stavbe. Živi vodniki naj bodo povezani na zbiralko za izenačitev potencialov preko SPD. V TN sistemih naj bodo PE in N vodniki direktno povezani z zbiralkami za izenačitev potencialov.
- (3) Če so vodi oklopljeni ali položeni v kovinskih ceveh, je treba plašče ali kovinske cevi povezati z ozemljitvenim sistemom. O prerezi kovinskih plaščev oklopljenih kablov in o njihovem številu ter o možnosti povezovanja na obeh koncih kabljskih kovinskih plaščev, na osnovi opravljenega izračuna odloči projektant.
- (4) Povezave kabljskih opletov in kovinskih zaščit naj bodo izdelane ob vstopu povezav v stavbo. Pri tem naj bodo karakteristike SPD v skladu s točko 4.2.3 in koordinirane skladno s tretjim odstavkom točke 4.2.4.

#### 4.3 Ločilna razdalja med kovinskimi deli in LPS

- (1) Električno izolacijo med lovilno mrežo, odvodi in kovinskimi deli se lahko v danih primerih doseže z vzpostavitvijo ločilne razdalje med kovinskimi deli v stavbi in LPS. Ločilna razdalja  $s$  v m se v splošnem določi s pomočjo naslednje enačbe:

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

kjer je:

- $k_i$  koeficient odvisen od izbrane razreda LPS (glej tabelo 14)
- $k_c$  koeficient odvisen od toka strele, ki teče po lovilniku in odvodu (glej tabelo 15)
- $k_m$  koeficient odvisen od električnega izolacijskega materiala (glej tabelo 16)
- $l$  dolžina vodnika LPS na katerem je ločilno razdaljo treba vzpostaviti do najbližje točke izenačitve potencialov.

Tabela 14: Izolacija zunanjšega LPS – vrednost koeficienta  $k_i$  (SIST EN 62305-3:2011)

Razred LPS	$k_i$
I	0,08
II	0,06
III in IV	0,04

Tabela 15: Izolacija zunanjšega LPS – vrednost koeficienta  $k_c$  (SIST EN 62305-3:2011)

Število odvodov $n$	$k_c$
1 (samo pri izoliranem LPS)	1
2	0,66
3 in več	0,44

OPOMBA:

Vrednosti v tabeli 15 veljajo za vse razporeditve ozemljil tipa B in za razporeditve ozemljil tipa A pod pogojem, da se ozemljitvena upornost sosednjih ozemljil ne razlikuje za več kot faktor 2. Če se ozemljitvene upornosti posameznih ozemljil razlikujejo za več kot faktor 2, potem se za privzame  $k_c = 1$ .

Tabela 16: Izolacija zunanjšega LPS – vrednost koeficienta  $k_m$  (SIST EN 62305-3:2011)

Material	$k_m$
Zrak	1
Beton, opeka, les	0,5

OPOMBA 1:

Pri zaporedju več izolacijskih materialov se po dobri praksi upošteva nižji  $k_m$ .

OPOMBA 2:

Kadar se uporabljajo drugi izolacijski materiali naj navodila za vgradnjo in vrednost koeficienta  $k_m$  poda proizvajalec.

- (2) V primeru vključevanja vodov ali zunanjih prevodnih delov v stavbi je treba zagotoviti direktno izenačitev potencialov ali povezavo preko iskrišč ali SPD.
- (3) V stavbah s kontinuirano povezavo kovinskih mas, povezano armaturno mrežo, kovinsko konstrukcijo, ločilne razdalje ni mogoče doseči, kar zahteva galvanjsko povezavo vseh kovinskih delov v enotni in združeni ozemljitveni sistem.

## 5. ZAŠČITA PRED NEVARNOSTMI ZARADI NAPETOSTI DOTIKA IN KORAKA

### 5.1 Zaščitni ukrepi pred napetostjo dotika

- (1) Pri odvajanju toka strele v zemljo lahko zunaj stavbe nastanejo previsoke napetosti dotika. Te nevarnosti se zmanjšujejo na sprejemljivo raven, če je:
  - v normalnih pogojih delovanja ni v razdalji 3 m od odvodov nobene osebe,
  - naravni sistem kovinskih mas sestavljen iz številnih povezanih paralelnih poti in povezan z armaturo in konstrukcijo stavbe z zagotovljeno dobro električno prevodnostjo (sistem z najmanj 10 odvodi),
  - prehodna upornost površinske plasti tal znotraj 3 m od odvoda ni manjša od 100 k $\Omega$ .
- (2) Če ni izpolnjen nobeden izmed pogojev iz prejšnjega odstavka te točke, je treba zaradi zaščite oseb pred previsoko napetostjo dotika, storiti naslednje:
  - izolirati odvode LPS,
  - namestiti fizične ovire in opozorila za zmanjšanje možnosti dotika LPS odvodov.
- (3) V primeru pričakovanih nevarnosti previsokih napetosti dotika in ob neizpolnjenih pogojih prvega odstavka projektant določi potrebne dodatne ukrepe in po potrebi preverjanje nastankov nevarnih potencialnih razlik.

### 5.2 Zaščitni ukrepi pred napetostjo koraka

- (1) Previsoka napetost koraka se zmanjša na sprejemljivo raven, če je:
  - v normalnih pogojih delovanja ni v razdalji 3 m od odvodov nobene osebe,
  - nameščen je sistem z najmanj 10 odvodi,
  - prehodna upornost površinske plasti tal znotraj 3 m od odvoda ni manjša od 100 k $\Omega$ .
- (2) Plast izolacijskega materiala, kot npr. 5 cm asfalta ali 15 cm gramoza, načeloma zmanjšuje nevarnost napetosti koraka na sprejemljivo mejo.
- (3) Če ni izpolnjen nobeden izmed pogojev iz prvega odstavka, je treba zaradi previsoke napetosti koraka storiti naslednje:
  - izdelati potencialne izenačitve z oblikovanjem gostote mrež ozemljilnega sistema,
  - namestiti fizične ovire in opozorila za zmanjševanje možnosti dotika odvodov LPS znotraj 3 m območja okoli njih.
- (4) V primeru pričakovanih oziroma ugotovljenih nevarnosti previsokih napetosti koraka in ob neizpolnjenih pogojih iz odstavka (1) določi projektant potrebne dodatne ukrepe in po potrebi preverjanje izvorov nevarnih potencialnih razlik.

## 6. ZAŠČITA ELEKTRIČNIH IN ELEKTRONSKIH SISTEMOV V STAVBAH

### 6.1 Splošno

- (1) Atmosferske razelektritve ob njihovem praznjenju v točko udara in posredno okolico predstavljajo visoko-energijski pojav. Razelektritveni udar sprosti stotine mega-joulov energije, zato je smiselna vgradnja dodatne zaščite nekaterih pomembnejših delov električne in elektronske opreme.
- (2) Stalno nevarnost za električno in elektronsko opremo predstavlja LEMP, ki deluje:
  - preko prenesenih ohmskih in induciranih prenapetosti na električne in elektronske naprave in njihove povezave,
  - z učinki sevalnih elektromagnetnih polj direktno na same naprave.
- (3) Povezovalni mehanizmi so lahko različni in sicer:
  - uporabne povezave (npr. galvanska povezanost ozemljilnega sistema z različnimi povezovalnimi vodi),
  - povezave preko elektromagnetnega polja (npr. zanke ožičenj),
  - elektromagnetnih sklopov (npr. preko oddajnikov, anten).
- (4) Prenapetostni vplivi lahko nastajajo zunaj in znotraj stavbe:
  - zunanji vplivi na stavbe nastajajo ob atmosferskih razelektritvah v priključene oskrbovalne vode ali v njihovo bližino. Lahko pa se prenesejo tudi preko električnih in elektronskih povezovalnih sistemov,
  - notranje prenapetosti v stavbi lahko nastajajo ob direktnih udarih strele v stavbo ali v njeno bližino.
- (5) Udar strele lahko povzroči različne vrste škod (D1, D2, D3), kakor so definirane v SIST EN 62305-2. Zaščitne ukrepe pred vplivi LEMP obravnava standard SIST EN 62305-4 in njihovo upoštevanje zmanjšuje škode na električnih in elektronskih sistemih.

### 6.2 Zaščitne cone

Zaščita pred LEMP temelji na namensko izbranih zaščitnih conah, namenjenih za obvladovanje elektromagnetnega vpliva, ki nastane v stavbi ob udaru strele. Posamezne zaščitne cone zaporedoma omejujejo elektromagnetne vplive udarnega toka strele. V območju posamezne cone je vpliv LEMP zmanjšan na dovolj nizek nivo, kar omogoča nemoteno delovanje naprav, ki v tej coni delujejo in so zanjo namensko dimenzionirane. Na mejah med posameznimi zaščitnimi conami so nameščene SPD, ki za njimi omogočajo zmanjšani elektromagnetni vpliv udarnega ali delnega toka strele. Načeloma velja, da višja številka zaščitne cone, pomeni ugodnejše parametre elektromagnetnega okolja. Projektiranje in način nameščanja se izvaja skladno s 4. poglavjem standarda SIST EN 62305-4.

### 6.3 Ozemljevanje in povezovanje

- (1) Uspešnost ozemljevanja in povezovanja temelji na združenem ozemljitvenem sistemu za katerega je pomembno, da ga sestavlja:
  - ustrezen ozemljilni sistem, ki razprši razelektritveni tok strele v zemljo, in
  - ustrezno galvansko povezovanje, ki zmanjšuje potencialne razlike in istočasno zmanjšuje vplivajoče magnetno polje.
- (2) Različni načini ozemljevanja in povezovanja so prikazani v 5. poglavju standarda SIST EN 62305-4.

### 6.4 Magnetno oklopljanje in prepletanje

Magnetno oklopljanje zmanjšuje prodirajoče elektromagnetno polje, kakor tudi različne notranje prenapetostne vplive. Primerno prepletanje posameznih notranjih vodnikov v povezovalnih poteh prav tako zmanjšuje, na najmanjšo mero, amplitude notranjih prenapetostnih udarov. Oba načina sta tudi zelo učinkovita pri zmanjševanju posledic notranjih poškodb na napravah. Magnetno oklopljanje in prepletanje je bolj podrobno prikazano v 6. poglavju standarda SIST EN 62305-4.

### 6.5 Koordinirana SPD zaščita

Zaščita notranjih električnih in elektronskih naprav zahteva sistematičen pristop s koordiniranim nameščanjem prenapetostnih zaščitnih naprav (SPD) tako za močnostne, kakor tudi za signalne povezave. Posamezne karakteristike zaščitnih naprav so odvisne od namena naprav, ki jih ščitimo (analogne, digitalne, enosmerne ali izmenične, nizko ali visokofrekvenčne). Osnovni princip in postopek je prikazan v 7. poglavju standarda SIST EN 62305-4 in v njegovih dodatkih C in D.

### 6.6 Načrtovanje, izbira in pregledni postopek zaščite pred LEMP

Načrtovanje in izbira zaščitnih naprav pred LEMP mora potekati istočasno s projektiranjem celotne stavbe in pred njegovo gradnjo. Na tak način je treba koristno uporabiti naravne sestavine drugih projektiranih sistemov stavbe in najti najbolj ustrezen rešitev za kabliranje in lokacijo posamezne opreme. Opisani postopek je podrobneje prikazan v 8. poglavju standarda SIST EN 62305-4.

## 7. PREVERJANJE USTREZNOSTI LPS

### 7.1 Splošno

- (1) Pregledi, kot del zagotavljanja varnega delovanja sistema zaščite pred strelo, obsegajo vizualni pregled, preskuse in meritve vgrajenega sistema, vključno s tistimi deli električnih inštalacij, ki so s tem sistemom neločljivo povezani.
- (2) Preglede LPS zgrajene v zaščitnem nivoju I in II lahko opravlja le posameznik, ki si je pridobil poklicno kvalifikacijo NPK ali ustrezno potrdilo za preglednika zahtevnih električnih inštalacij in zaščite pred delovanjem strele.
- (3) Preglede LPS zgrajene v zaščitnem nivoju III in IV lahko opravlja le posameznik, ki si je pridobil poklicno kvalifikacijo NPK ali ustrezno potrdilo za preglednika manj zahtevnih električnih inštalacij in zaščite pred delovanjem strele.

### 7.2 Vizualni pregled

Pri vizualnem pregledu je potrebno preveriti:

1. da projekt in načrti v njem ustrezajo zahtevam Pravilnika o zaščiti stavb pred delovanjem strele in pripadajočim tehničnim smernicam,
2. da obstajajo dokumenti o skladnosti (izjave o skladnosti, atesti) izbranih materialov glede na zahteve Pravilnika o zaščiti stavb pred delovanjem strele in pripadajočih tehničnih smernic,
3. da je izvedba zaščite pred strelo v izolirani ali neizolirani izvedbi,
4. da je LPS v dobrem stanju in na pogled ne kaže vidnih poškodb,
5. da ni zrahljanih spojev in naključnih prekinitev vodnikov, spojev in povezav,
6. da strelovodna inštalacija (merilni spoj, merilni stik, oštevilčeni odvodi na tlorisu stavbe, gostota lovilne mreže in odvodov) ustrezajo izbranemu (projektiranemu) zaščitnemu nivoju strelovodne inštalacije,
7. da zaradi korozije ni oslavljenih delov LPS, zlasti ne v stikih s tlemi,
8. da so vsi vidni ozemljitveni in ozemljilni priključki nepoškodovani,
9. da so vsi vidni vodniki in sestavni deli sistema pritrjeni na ustrezne podlage in da niso deli mehanske zaščite poškodovani,
10. da so izvedeni zaščitni ukrepi pred nevarnostmi zaradi previsokih napetosti dotika in koraka na mestih, kjer se zadržujejo ali gibljejo ljudje,
11. da na ščiteni stavbi ni prišlo do dodatnih sprememb, ki bi zahtevale dodatne zaščitne ukrepe,
12. da ni znakov poškodb LPS in vključenih prenapetostnih zaščitnih naprav ali varovalk, ki ščitijo prenapetostne zaščitne naprave,
13. da so povezovalni vodniki in spoji v stavbi primerno nameščeni,

14. da je pravilno izdelana izenačitev potencialov za katerokoli novo napeljavo ali dodatek, ki sta bila izvedena v stavbi od zadnjega pregleda in da so bili izdelani preskusi neprekinjenosti za te nove dodatke,
15. da so ustrezno izvedene galvanske povezave s sosednjimi stavbami in povezanost njihovih inštalacij,
16. da so primerno izbrane in ohranjene ločilne razdalje,
17. da so povezovalni vodniki, spoji in naprave za zasljanje, mesto položitve kablov in prenapetostne zaščitne naprave pravilno nameščene, pravilno povezane z ozemljitvenim sistemom,
18. da je dosežena in ohranjena združljivost naprav električne in strelovodne inštalacije glede na sistem ozemljitve v električni inštalaciji (TN, TT, IT),
19. da je dosežena in ohranjena združljivost naprav električne in strelovodne inštalacije glede na načrtovane zaščitne cone sistema LPS.

### 7.3 Preskusi

Po opravljenem vizualnem pregledu je treba opraviti naslednje preskuse:

- ugotoviti ali medsebojne razdalje v lovilni mreži in med posameznimi odvodi ustrezajo projektiranemu zaščitnemu nivoju strelovodne inštalacije,
- ugotoviti ali medsebojne razdalje med različnimi kovinskimi deli ali deli drugih inštalacij ustrezajo v projektu izračunani ločilni razdalji,
- preskusiti izolacijsko ustreznost izolacijskih vložkov in iskrišč, ki namensko ločujejo različne kovinske inštalacije (plin, inštalacije s katodno zaščito itd.)
- preskusiti delovanje prenapetostnih zaščitnih naprav, ki se preverjajo s pritiskom na tipko,
- opraviti poskusni izkop ozemljila v primeru opaznja znatnejših korozijskih vplivov ali nenavadnega povečanja ozemljilne upornosti ozemljil, ki so pred pregledom kazale precej višje vrednosti,
- preskus dimenzij vodnikov lovilne mreže, odvodov in ozemljil.

### 7.4 Meritve

Po opravljenem vizualnem pregledu in preskusih se pregledi nadaljujejo z meritvami. Glede na ugotovitve obeh predhodnih delov pregleda (izvedba LPS, okolje, posebne zahteve) se izbere ustrezna merilna metoda, ki zagotavlja zahtevano merilno točnost posameznega merjenja. Potrebno je opraviti naslednje meritve:

- meritve neprekinjenosti oziroma povezanosti kovinskih delov v enoten ozemljitveni sistem. Pri tem je pomembno da so te meritve, že med gradnjo, opravljene za tiste kovinske dele, ki v kasnejših pregledih več ne bodo vidni ali dostopni. Pri teh meritvah je treba

upoštevati dejstvo, da so pri TN sistemu ozemljitve električne inštalacije v ščiteni stavbi vse ozemljitve povezane v enoten oziroma združen sistem ozemljil (PEN). Pri sistemu ozemljitve električne inštalacije v sistemu TT pa so skupno s strelovodno inštalacijo vsi kovinski deli povezani z zaščitno ozemljitvijo PE. V IT sistemih električne inštalacije pa je strelovodna inštalacija povezana z vsemi kovinskimi deli in skupnim zaščitnim vodnikom v IT sistemu,

- meritev ozemljitvene upornosti združenega sistema ozemljil (upornost ozemljilnega sistema povečana za upornost od ozemljilnega sistema do točke merjenja v stavbi). Za meritev ozemljitvene upornosti je treba upoštevati referenčno točko zunaj potencialnega vpliva strelovodne inštalacije stavbe (merilni stik-referenčna zemlja),
- merjenje ozemljitvene upornosti posameznega ozemljila (ločeno merjenje). Meritev ozemljitvene upornosti se opravi med razklenjenim merilnim spojem in ozemljilom. Meritev je, v primeru več paralelnih odvodov mogoče opraviti tudi pri sklenjenem merilnem stiku po zančni merilni metodi,
- meritev neprekinjenosti galvanskih povezav in spojev, s čemer se dokaže njihovo majhno električno upornost med točkama povezave,
- merjenje napetosti reagiranja prenapetostnih zaščitnih naprav ali toka praznega teka (uhajavi tok) zaščitne naprave,
- meritev napetosti dotika in koraka na posebej izpostavljenih mestih, kjer se pričakuje nevarne potencialne razlike.

## 7.5 Zapisnik o pregledu

- (1) Preglednik mora sestaviti pisno poročilo o opravljenem pregledu LPS, ki ga je treba hraniti skupaj s projektom LPS skupno z vsemi predhodnimi poročili o pregledih in vzdrževanju.
- (2) Poročilo preglednika naj vsebuje naslednje informacije:
  - splošno stanje lovilnih vodnikov in drugih sestavnih delov lovilnega sistema;
  - stopnjo korozije in učinkovitost korozijske zaščite;
  - zanesljivost povezav in drugih sestavnih delov LPS;
  - meritve ozemljilne upornosti ozemljilnega sistema;
  - meritve upornosti ozemljil posameznih strelovodnih odvodov in povezav preko lovilne mreže in ozemljil. Posamezni strelovodni odvodi morajo biti označeni (tlorisna skica, načrt) tako, da so opravljene meritve vselej identično ponovljive;
  - meritve upornosti galvanskih povezav strelovodne inštalacije z drugimi kovinskimi deli in kovinskimi deli drugih inštalacij glede na povezanost z LPS (el. inštalacija, vodovod, centralna kurjava itd.);
  - enoumno morajo biti podani rezultati vseh opravljenih meritev;
  - rezultat uspešnega pregleda je poročilo o pregledu z ugotovitvami, da so bile pri pregledu, eventualno

ugotovljene pomanjkljivosti, odpravljene in da strelovodna inštalacija v celoti ustreza zahtevam iz Pravilnika o zaščiti stavb pred delovanjem strele (Uradni list RS, št. 28/2009 in 2/12) ter je za njeno varno delovanje, na osnovi rezultatov opravljenega pregleda, podana pozitivna strokovna ocena;

- podatki o preglednikih, inštrumentih in merilnih metodah;
- v zapisniku je potrebno navesti oznako, številko in datum veljavnega potrdila, ki dokazuje podatke o umerjanju uporabljenega merilnega inštrumenta.





