

NAZIV GRADNJE

**RTP 110/20 kV BRNIK
– 2. FAZA**

STROKOVNO PODROČJE NAČRTA/NAZIV:

**3/1. NAČRT S PODROČJA
ELEKTROTEHNIKE,
OZEMLJITVE IN STRELOVODNA
INŠTALACIJA OBJEKTA**

INVESTITOR:

**ELEKTRO GORENJSKA, d. d.
Ul. Mirka Vadnova 3a, 4000 Kranj**

VRSTA DOKUMENTACIJE:

**PROJEKTNÁ DOKUMENTACIJA
ZA IZVEDBO GRADNJE
(PZI)**



ŠT. PROJEKTA:

9464/25

ŠT. DOKUMENTACIJE:

9464-7E1

KRAJ IN DATUM IZDELAVE:

Kranj, junij 2026

IZVOD ŠT. 1

NASLOVNA STRAN NAČRTA**PODATKI O GRADNJI**

naziv gradnje

RTP 110/20 kV BRNIK – 2. FAZA

vrste gradnje

(označi vse ustrezne vrste gradnje)

- ☐ novogradnja - novozgrajen objekt
☒ novogradnja - prizidava
☐ rekonstrukcija
☐ sprememba namembnosti
☐ odstranitev celotnega objekta
☐ legalizacija
☐ manjša rekonstrukcija
☐ vzdrževalna dela v javno korist

PODATKI O PROJEKTNI DOKUMENTACIJI

vrsta dokumentacije

PZI (projektna dokumentacija za izvedbo
gradnje)

številka projekta

9464/25

PODATKI O NAČRTU

strokovno področje načrta

3/1 Načrt s področja elektrotehnike

naziv načrta

Ozemljitve in strel vodna inštalacija objekta

številka načrta

9464-7E1

datum izdelave

junij 2026

datum spremembe

/

PODATKI O PROJEKTANTU NAČRTA

projektant načrta (naziv družbe)

ELEKTRO GORENJSKA, d. d.

naslov

Ul. Mirka Vadnova 3a, 4000 Kranj

odgovorna oseba projektanta načrta

dr. Ivan Šmon, MBA

podpis odgovorne osebe projektanta
načrta ELEKTRO
GORENJSKA
Elektro Gorenjska,
podjetje za distribucijo
električne energije, d. d.12
PO POOBLASTILU
JURE JENKO**PODATKI O IZDELOVALCU NAČRTA**ime in priimek pooblaščenega
strokovnjaka

Matej LOGONDER, univ. dipl. inž. el.

identifikacijska številka

IZS E-1624

podpis pooblaščenega strokovnjaka

 MATEJ LOGONDER
univ. dipl. inž. el.
IZS E-1624

**IZJAVA PROJEKTANTA NAČRTA IN POOBLAŠČENEGA
STOKOVNJAKA, KI JE IZDELAL NAČRT V PZI IN PID****PROJEKTANT NAČRTA**

projektant načrta (naziv družbe)	ELEKTRO GORENJSKA, D.D.
naslov	Ul. Mirka Vadnova 3a, 4000 Kranj
odgovorna oseba projektanta načrta	dr. Ivan Šmon, MBA

**IN POOBLAŠČENI STROKOVNJAK,
KI JE IZDELAL NAČRT**

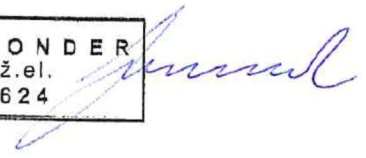
pooblaščen strokovnjak	Matej Logonder, univ. dipl. inž. el.
------------------------	--------------------------------------

IZJAVLJAVA

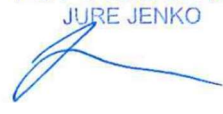
da načrt

Vrsta dokumentacija	PZI (projektna dok. za izvedbo gradnje)
strokovno področje načrta	3/1 Načrt s področja elektrotehnike
naziv načrta	Ozemljitve in strel vodna inštalacija objekta
številka načrta	9464-7E1
datum izdelave	junij 2026

upoštevam relevantne predpise in druge normativne dokumente ter da so upoštevane
ustrezne bistvene in druge zahteve.

pooblaščen strokovnjak	Matej Logonder, univ. dipl. inž. el.
identifikacijska številka	E-1624
podpis pooblaščenega strokovnjaka	



odgovorna oseba projektanta načrta	dr. Ivan Šmon, MBA
podpis odgovorne osebe projektanta načrta	

KAZALO VSEBINE NAČRTA

NASLOVNA STRAN NAČRTA

IZJAVA PROJEKTANTA NAČRTA IN POOBlašČENEGA STROKOVNJAKA, KI JE IZDELAL NAČRT V PZI IN PID

KAZALO VSEBINE NAČRTA

TEHNIČNO POROČILO

I.) TEHNIČNA REGULATIVA

II.) SPLOŠNO O NAMERAVANI GRADNJI

1. Uvod
2. Opis predvidene rekonstrukcije
3. Energetska osnova rekonstrukcije
4. Investicijski plani
5. Obseg projekta

III.) OZEMLJITVE

1. Splošno
2. Potencialne razmere okrog ozemljil
3. Izvedene ozemljitve v 1. fazi gradnje
4. Izvedba ozemljitev

IV.) STRELOVODNA ZAŠČITA

1. Zaščita pred delovanjem strele
2. Izračun strelovodne inštalacije
3. Izvedba strelovodne inštalacije

V.) POPIS MATERIALA, ELEKTROMONTAŽNIH IN GRADBENIH DEL

1. Elektromontažna dela in material
2. Gradbena dela
3. Skupna rekapitulacija izvedbe ozemljitev in strelovodne inštalacije objekta

TEHNIČNI PRIKAZI

- 7E1.1. Grafični prikaz zunanjega ozemljitvenega sistema, M 1:100
- 7E1.2. Načrt ozemljitev – tloris temeljne plošče
- 7E1.3. Načrt ozemljitev – tloris kleti
- 7E1.4. Načrt ozemljitev – tloris pritličja
- 7E1.5. Načrt ozemljitev – prečni prerez (D-D)
- 7E1.6. Jarki za polaganje ozemljitvenega vodnika

- 7E1.7. Strelovodna zaščita objekta – tloris strehe**
- 7E1.8. Strelovodna zaščita objekta – jugovzhodna fasada**
- 7E1.9. Strelovodna zaščita objekta – severovzhodna fasada**

PRILOGE:

- 1. Poročilo o meritvah na ozemljitvenem sistemu RP 20 kV Brnik, VENO 4934, marec 2024**
- 2. Poročilo o merjenju specifične upornosti tal**
- 3. Poročilo o gostoti strel SKAT-20260527-74500-49**
- 4. Prehod za ozemljitev HEA PK M16/300**
- 5. Ozemljitvena točka HEA P M16**

TEHNIČNO POROČILO**I.) TEHNIČNA REGULATIVA**

- Načrt električnih inštalacij in električne opreme je izdelan na osnovi **pravilnika o zaščiti nizkonapetostnih omrežij in pripadajočih transformatorskih postaj** (Ur. list RS, št. 202/21 in 38/24 – EZ-2).
- Načrt električnih inštalacij in električne opreme je izdelan na osnovi **Slovenskega standarda SIST EN 61936-1 "Elektroenergetski postroji za izmenične napetosti nad 1 kV – 1. del: Skupna pravila"**.
- Načrt električnih inštalacij in električne opreme je izdelan na osnovi **Slovenskega standarda SIST EN 50522 "Ozemljitve elektroenergetskih postrojev, ki presegajo 1 kV izmenične napetosti"**.
- Načrt električnih inštalacij in električne opreme je izdelan na osnovi **Priročnika "Pregled vrst ozemljil in izračuni"**, IZS, november 2016.
- Načrt električnih inštalacij in električne opreme je izdelan na osnovi **tehnične smernice TSG-N-002:2021 "Nizkonapetostne električne instalacije"** v skladu s 13. členom Pravilnika o zahtevah za nizkonapetostne električne inštalacije v stavbah (Ur. list RS, št. 140/21 in 199/21-GZ-1).
- Načrt električnih inštalacij in električne opreme je izdelan na podlagi **tehnične smernice TSG-N-003:2021 "Zaščita pred delovanjem strele"** v skladu s 5. členom Pravilnika o zaščiti stavb pred delovanjem strele (Ur. list RS, št. 140/21 in 199/21 – GZ-1).

II.) SPLOŠNO O NAMERAVANI GRADNJI

1. Uvod

V teku je posodobitev in razširitev osrednjega državnega letališča, Letališča Jožeta Pučnika Ljubljana na Brniku ter sočasna gradnja načrtovanih poslovno logističnih con (PLC) v njegovi neposredni bližini. S tem povezano je opazen velik porast koničnih obremenitev in porabe električne energije na širšem območju Brnika, Cerkelj in Krvavca, kar ima za posledico potrebo po novem distribucijskem viru električne energije.

V 1. fazi izgradnje RTP (2017 – 2019) se je v energetske coni letališča zgradil prvi del RTP (20 kV stikališče s komandnim prostorom), kot nova RP 20 kV Brnik. Nova RP je nadomestila premajhno in dotrajano RP 20 kV Letališče. V novo RP se je prevezalo obstoječe 20 kV omrežje področja letališča. V novo RP se vključuje vse novo zgrajeno 20 kV omrežje, katerega izgradnja poteka sočasno s širitvami poslovno logističnih con in priključevanju novih porabnikov.

Z nadaljevanjem gradnje novih objektov in ostale infrastrukture ter nadaljnjim naraščanjem obremenitev na področju letališča bo potrebno predvidoma v letih 2026 – 2029 zgraditi še 2. fazo RTP (110 kV GIS stikališče in transformacijo 110/20 kV, 2x 40 MVA). Do izgradnje stikališča bo predvidoma zgrajen tudi napajalni DV 2x 110 kV med Kamnikom in Visokim. Napajalni DV (KBV) ni predmet tega projekta.

Obstoječ objekt RP 20 kV Brnik je zgrajen skladno z Gradbenim dovoljenjem št. 35105-108/2017/9 1093-05 z dne 16. 2. 2018, RS Ministrstvo za okolje in prostor. V gradbenem dovoljenju je navedena faznost gradnje: 1. faza v obsegu RP 20 kV, 2. faza v obsegu 110 kV stikališča s pripadajočo transformacijo napetosti. Objekt ima za 1. fazo pridobljeno Uporabno dovoljenje št. 35106-13/2020/8, z dne 29. 5. 2020, RS Ministrstvo za okolje in prostor.

2. Opis predvidene rekonstrukcije

Lokacija energetskega objekta RTP 110/20 kV Brnik je v letališki coni, vzhodno od stavbe kontrole zračnega prometa, na parceli št. 1344/99 k. o. Zgornji Brnik (2117). Po veljavnih občinskih prostorskih aktih lokacija spada v enoto urejanja prostora LT1/22, predvideno za gradnjo energetske infrastrukture (E). Odmera parcele ter umestitev objekta v prostor je bila usklajena s predvideno pozidavo in obstoječo kot tudi predvideno cestno ter ostalo infrastrukturo v kompleksu letališča.

V 1. fazi je bil kot samostojen objekt zgrajen objekt 20 kV stikališča, dimenzij 18,10x 9,45 m, zasnovan tako, da omogoča gradnjo 2. faze brez posegov v konstrukcijo 1. faze.

Obstoječ objekt je gradbeno zasnovan kot armirano betonski objekt, krit z lomljeno večkapnico. Objekt je pritličen in v celoti podkleten (K+P). V pritličju je izveden prostor stikališča, komandni prostor, prostor za transformator lastne rabe, AKU prostor, predprostor s stopniščem in toaletni prostori. Za dostop do kleti je izvedeno notranje stopnišče. V kleti je prostor za razvod energetskih 20 kV kablov ter manjši skladiščni prostor za hranjene rezervnih delov vgrajene opreme. Kota pritličja objekta ($\pm 0,00 = 382,80$ m.n.m) je dvignjena 1,0 m nad nivo terena. Osebni vhod ter vhod za namestitvev opreme v prostor 20 kV stikališča sta izvedena z dostopne rampe na jugovzhodni strani objekta.

Nov objekt je predviden kot prizidek obstoječega objekta 20 kV stikališča. Predvidena dozidava je na severovzhodni strani obstoječega objekta. Objekt je statično in arhitekturno zasnovan na način, da je možna ločena izvedba prve in druge faze gradnje.

Predviden nov objekt obsega prostor za namestitev 110 kV kompaktnega stikališča v GIS (Gas insulated switchgear) tehnologiji v velikosti 5 polj, dva pokrita transformatorska prostora za namestitev energetskih transformatorjev 110/20 kV, maks. moči 40 MVA, hodnik za namestitev opreme za ozemljevanje nevtralne točke obeh transformatorjev in razvod 110 kV cevni povezavi, predprostor na vhodu v novi del objekta ter samostojna TK prostor in komandni prostor za potrebe ELES.

Nov objekt bo enako kot obstoječ del objekta pritličen in v celoti podkleten (K+P). Pritličje bo glede na obstoječi teren dvignjeno za 1 m, razen transformatorskih prostorov ki bodo predvidoma na koti +0.2 m nad obstoječim terenom.

Tlorisni razpored je prilagojen tehnologiji objekta. V pritličju so elektro naprave, kletni prostor je namenjen polaganju in razvodu energetskih kablov.

Objekt bo grajen kot klasičen armirano betonski objekt. Temeljenje bo izvedeno z armirano betonsko temeljno ploščo, zunanji in notranji nosilni zidovi so iz armiranega betona. Plošče so armirano betonske. Stene so predvidoma finalno grobo kitane in beljene. Ostrešje bo izvedeno z nagnjenimi betonskimi krovnimi ploščami preko katerih se izvede prezračevana strešna konstrukcija, ki je kombinacija jeklenih in lesenih profilov. Preko lesenega opaža se izvede pločevinasta kritina »Prefa, sive barve, z ustrezno izvedenim zavetrovanjem in snegolovi.

Izvede so nova celostna zunanja ureditev območja RTP. Asfaltirano manipulacijsko dvorišče pred obstoječim objektom RP se podaljša do konca TR boksov. Izvede se nov, razširjen del asfaltiranega dvorišča pred TR prostoroma. Na zahodni strani se izvede nov (dodaten) uvoz. Celotno območje RTP ostane ograjeno s panelno ograjo višine 2 m. Uredi se odvajanje meteornih vod novega objekta in dodatnih asfaltnih površin.

Novo 110 kV stikališče bo izvedeno v GIS izvedbi, kovinsko oklopljeno plinsko izolirano stikališče, izolirano s plinom skladnim z zahtevami nove Uredbe (EU) 2024/573 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 7. februarja 2024 o fluoriranih toplogrednih plinih.

Enopolna shema stikališča bo klasični H sistem z enosistemskimi zbiralkami, dvema dovodnima kabelskima poljema, dvema transformatorskima poljema ter vzdolžno ločitvijo, z izvedenimi meritvami napetosti in frekvence na zbiralkah. 110 kV povezavi med energetskima transformatorjema TR1 in TR2 in GIS stikališčem naj bosta izvedeni s cevni plinskimi zbiralkami, 110 kV GIL povezavami skozi razvodni hodnik v TR bokse. Obseg novega 110 kV stikališča je naslednji:

	oznaka polja	vrsta polja	Naziv	vrsta priključka
1.	= EA01	110 kV KBV polje	110 kV DV Primskovo	KBV priključek na DV
2.	= EA02	110 kV TR polje	TR2 110/20 kV	GIL priključek na TR2
3.	= EA03	110 kV vzdolžno polje z meritvami	vzdolžno polje	/
4.	= EA04	110 kV TR polje	TR1 110/20 kV	GIL priključek na TR1
5.	= EA05	110 kV KBV polje	110 kV DV Mengeš	KBV priključek na DV

110 kV stikališče bo nameščeno v GIS prostoru v pritlični etaži objekta, 110 kV kabelski priključki bodo izvedeni iz kletnega (kabelskega) prostora.

V transformatorska boksa v novem objektu bosta vgrajena dva energetska transformatorja 110/20 kV moči 40 MVA. Transformatorja skladno z energetskimi potrebami območja in razpoložljivim prostorom že v prvi fazi predstavljata končno moč RTP. Investitor Elektro Gorenjska d.d. ima že podpisano pogodbo za dobavo obeh energetskih transformatorjev tip RT 40000-110/21/(10,5), YNyn6+d5, proizvajalca Kolektor Etra.

V 1. fazi izgradnje objekta (RP 20 kV) so bili v RP 20 kV Brnik nameščeni štirje sektorji oklopljenih, plinsko izoliranih 20 kV stikalnih celic tip NXPLUS C, proizvajalca Siemens. V dveh vrstah je nameščenih skupno 36 (18+18) stikalnih celic s spojno celico med sosednjima sektorjema (SK1 - SK2 ter SK3 - SK4) in kabelskima vzdolžnima povezavama med nasprotnima sektorjema (SK1 - SK4 ter SK2 - SK3). Obstoječe 20 kV stikališče predstavlja končno fazo stikališča.

Energetska transformatorja se z novimi 20 kV kabelskimi povezavami vključita diagonalno v stikališče, v obstoječe transformatorske stikalne celice v sektorjih SK2 (=J10) in SK4 (=J29).

Ozemljitev nevtralne točke energetskih transformatorjev TR1 in TR2 bo na primarni (110 kV strani) ne ozemljena, izvedena preko odvodnika prenapetosti, na sekundarni (20 kV strani) pa preko nizkoohmskega upora ($80\ \Omega$) in resonančne dušilke (400 A).

Vključitev nove RTP 110/20 kV Brnik v prenosni elektroenergetski sistem se izvede z vzankanjem v bližnji predviden dvosistemski daljnovod DV 2x110 kV Kamnik-Visoko. Vzankanje se izvede v južni daljnovodni sistem DV 110 kV Mengeš - Okroglo. Napajalni DV (KBV) ni predmet tega projekta. Meja med projektoma so kabelski priključki na dovodnih poljih GIS postroja v novem 110 kV stikališču.

Obstoječ objekt RP 20 kV Brnik je daljinsko voden objekt iz nadrejenega centra vodenja DCV Elektro Gorenjska, Kranj in je v »normalnem« obratovalnem stanju brez posadke. Obstoječ sistem zaščite in vodenja objekta se nadgradi in posodobi za potrebe obratovanja novega 110 kV stikališča. Dodatno se namestijo inteligentne naprave za zaščito in vodenje 110 kV polj, ki bodo preko postajnega LAN omrežja povezane v posodobljeni komunikacijski računalnik in lokalno SCADA objekta, v kateri bodo zbrani vsi procesni podatki 110 kV GIS stikališča in 20 kV stikališča ter lastne rabe objekta.

Objekt komunicira z nadrejenim centrom vodenja DCV Elektro Gorenjska, z rezervnim centrom vodenja RDCV Elektro Gorenjska, z nadrejenim centrom vodenja RCV ELES in RCV2 ELES.

3. Energetska osnova rekonstrukcije

Osnove za planiranje dolgoročnega razvoja elektroenergetskega omrežja, na srednje-napetostnem (SN) in visoko-napetostnem (VN) nivoju, na širšem območju Letališča predstavljajo naslednje študije:

- Elaborat razvoja distribucijskega omrežja na področju Letališča Brnik, ki ga je izdelala Služba za razvoj, Elektro Gorenjska,
- Razvojni načrt omrežja distribucijskega sistema električne energije RS od leta 2025-2034, območje distribucijskega omrežja Elektro Gorenjska d.d.,
- REDOS 2050, št.: 2691/3 »Razvoj elektrodistribucijskega omrežja Elektro Gorenjska - Kranj, Tržič in Brnik«, ki je bila izdelana na Elektroinštitutu Milan Vidmar v Ljubljani leta 2025,
- REDOS 2050, št.: 2691/1 »Razvoj porabe električne energije in koničnih obremenitev na območju Elektro Gorenjska«, ki je bila izdelana na Elektroinštitutu Milan Vidmar v Ljubljani leta 2025.

4. Investicijski plani

Nadgradnja objekta RTP 110/20 kV Brnik je uvrščena v naslednje razvojne in investicijske plane:

- Razvojni načrt prenosnega sistema električne energije v Republiki Sloveniji za obdobje od leta 2025 do 2034,
- Razvojni načrt distribucijskega sistema električne energije v Republiki Sloveniji za obdobje od leta 2025 do 2034,
- Naložbeni načrt EG 2025-2028,
- Plan investicij EG 2025-2028,
- Plan investicij ELES 2025-2028.

5. Obseg projektne dokumentacije

Projekt nadgradnje obstoječega objekta razdelilne postaje RP 20 kV Brnik v razdelilno transformatorsko postajo RTP 110/20 kV Brnik obsega:

- izgradnjo nove zgradbe RTP v obsegu prostor 110 kV GIS stikališča, dva pokrita transformatorska prostora s temeljem za namestitev energetskih transformatorjev, razvodni hodnik, predprostor, TK prostor (ELES), komandni prostor (ELES), kletni (kabelski) prostor,
- končna zunanja ureditev območja RTP z novo dostopno cesto in drsnimi vrati v ograji, ureditev odvajanja meteornih vod,
- strojne inštalacije novega objekta (ogrevanje, hlajenje, prezračevanje),
- namestitev novega kompaktnega 110 kV stikališča v GIS tehnologiji (H – stik), s cevnimi (GIL) priključki na transformatorja,
- namestitev dveh energetskih transformatorjev 110/20 kV, moči 40 MVA,
- priklop primarne 110 kV strani energetskih TR preko GIL priključkov v novo GIS stikališče,
- priklop sekundarne 20 kV strani energetskih TR preko novih 20 kV kabelskih povezav v obstoječe 20 kV stikališče,
- namestitev opreme ozemljevanja nevtralne točke na primarni in sekundarni strani energetskih transformatorjev s priklopi,
- izvedba opreme zaščite in vodenja novega 110 kV stikališča ter opreme za obračunske številne meritve električne energije,
- nadgradnja in posodobitev sistema zaščite in vodenja objekta,
- nadgradnja opreme lastne rabe,
- dopolnitev združenega ozemljitvenega sistema na območju RTP,
- dopolnitev strelovodne zaščite,
- splošne električne inštalacije novega objekta (razsvetljava, mala moč objekta),
- dopolnitev sistema požarne varnosti.

Izgradnja novega priključnega 2x 110 kV kablovoda bo obdelana v ločenem projektu, ki ga zagotovi ELES.

Načrt št. 9464-7E1, »Ozemljitve in strelovodna inštalacija objekta« obravnava:

- izvedbo zunanjega ozemljitvenega sistema dograjenega objekta s povezavami na obstoječ ozemljitveni sistem,
- izvedbo ozemljitvenega sistema znotraj dograjenega objekta s povezavami na zunanji ozemljitveni sistem,
- izvedbo strelovodne zaščite dograjenega objekta z ustreznimi modifikacijami obstoječe strelovodne zaščite.

III.) OZEMLJITVE

1. Splošno

Osnovne naloge ozemljitev v električnih napravah in napeljavah so:

- zagotovitev varnosti ljudi, ki lahko pridejo v stik s temi napravami,
- zaščita opreme,
- kvaliteta obratovanja.

Različne vrste ozemljil imajo v elektrotehniki ter v splošni in specifični uporabi različne naloge. Ločimo:

- zaščitne ozemljitve, namenjene direktni električni zaščiti zaposlenih ali slučajno prisotnih ljudi pred električnim udarom. Te niso nujno vezane v obratovalne električne tokokroge, temveč na izolirane dele naprav, na katerih se zaradi poškodbe izolacije lahko pojavi nevarna napetost.
- Obratovalne ozemljitve, omogočajo brezhibno delovanje električnih naprav in elementov. So sestavni del obratovalnega električnega tokokroga, katerega povratni vodnik je zemlja in ki lahko vpliva na obratovanje omrežja ob zemeljskem stiku.
- Strelovodne ozemljitve, ki so namenjene odvajanju razelektritvenega toka iz strelovodne lovilne mreže oziroma atmosfere v zemljo.

2. Potencialne razmere okrog ozemljil

Ozemljilo

Ozemljilo je del ali skupina delov ozemljitvenega sistema, ki omogoča neposredno električno povezavo z zemljo in porazdeljuje električni tok po zemlji.

Ozemljilo je vodnik, položen v zemljo v okolici objekta. Vsebuje lahko ravne vodnike, obroč, zvezde, mreže ali njihovo kombinacijo.

Temeljno ozemljilo

Temeljno ozemljilo je ozemljilo položeno v betonske temelje stavbe ter je povezano z zunanjim ozemljitvenim sistemom in notranjim sistemom izenačitvenih povezav.

Napetostni lijak okrog ozemljil

Med zemljo v neposredni bližini mesta, kjer je ozemljilo vkopano in oddaljeno točko, do koder vpliv ozemljila ne sega več, se pojavi napetost. Povzroči jo tok, ki teče iz ozemljila v zemljo, pri tem pa se vzdolž upora, ki ga predstavlja upornost zemlje pojavi padec napetosti, to je napetost ozemljila. Napetost tal je najvišja tik ob ozemljilu in je praktično enaka napetosti ozemljila, z oddaljevanjem pa ta napetost pada. Prostorski potek napetosti na površini tal v odvisnosti od oddaljenosti od ozemljila imenujemo napetostni lijak.

Napetost koraka

Ena od posledic napetostnega lijaka, to je spreminjanja napetosti v odvisnosti od oddaljenosti od ozemljila, je napetost koraka. Napetost koraka U_k je enaka razliki napetosti tal v dveh točkah, ki sta v radialni smeri od ozemljila 1 m narazen.

Napetost dotika

Napetost dotika U_d je razlika med napetostjo ozemljila U_z in napetostjo tal v točki, ki je 1 m oddaljena od ozemljenega kovinskega predmeta.

Oblikovanje potenciala

Če se na nevarnih mestih v primeru okvare pojavi prevelika napetost dotika, moramo po veljavnih predpisih uporabiti dodatni zaščitni ukrep, to je oblikovanje potenciala. Na mesta, kjer se lahko pojavi previsoka napetost dotika, se na razdalji ≈ 1 m od mesta nevarnosti položi dodatni ozemljilni trak, v globini min. 0,5 m.

Referenčna zemlja

Referenčna zemlja je območje zemljišča, ki je od ustreznega ozemljila oddaljeno toliko, da med nobenimi točkami na njem ni pomembnejših potencialnih razlik.

Ozemljitvena upornost

Ozemljitvena upornost je upornost, izmerjena med ozemljitvenim sistemom in referenčno zemljo, pri stacionarni industrijski frekvenci.

3. Izvedene ozemljitve v 1. fazi gradnje

V prvi fazi gradnje objekta so bile izvedene naslednje ozemljitve:

ZUNAJ ZGRADBE:

1. Pod temelji nove RTP (1 Faza) je položena gola vrv tipa Cu 95 mm² v prikazanem pravokotnem rastru na risbi 7E1.1. Polaganje je izvedeno v dodatno izkopane jarke dimenzij 0,4x 0,3 m, pod nivo temeljne plošče. Izveden je zasip z 0,1 m plastjo zemlje, položitev vrvi in zasip s ponovno plastjo zemlje debeline 0,1 m. Na koncu je izveden zasip s izkopanim materialom in nabijanjem jarka do razreda zbitosti sosednje zemljine temelja.
2. Na mestu lokacije bodoče stavbe (110 kV del) je položena mreža iz ozemljitvenega valjanca Fe25x4 mm v prikazanem rastru. Mreža je položena neposredno v zemljo, v jarke globine 1 m.
3. Na preostalem notranjem delu parcele je izvedena mreža iz vrvi Cu 95 mm², v prikazanem rastru. Mreža je položena neposredno v zemljo, v jarek globine 1m. Zaključek notranje mreže predstavlja notranji potencialni obroč, ki je položen 1 m na notranji strani ograje, 1 m globoko.
4. Na zunanem delu ograje parcele, na zunanji strani parcele je izvedeno polaganje obroča iz vrvi Cu 70 mm². Vrv je položena neposredno v zemljo, v jarke globine 0,5 m na oddaljenosti 0,8 m od ograje. Sočasno so izvedeni z isto vrvjo Cu 70 mm² izpusti za ozemljevanje ograje parcele, prikazani izpusti so prikazani na risbi 7E1.1. Izpusti so dogovorno zaščiteni s črnimi bužirkami, zaradi preprečevanja vandalizma.
5. Izvedena sta dva potencialna obroča okoli stavbe z vrvjo Cu 95 mm². Prvi obroč na globino 0,5 m, 1,2 m od stavbe, drugi obroč na globini 1 m, 3 m od stavbe.
6. Na drugi potencialni obroč so povezani izpusti za strelovod, uporabljena je vrv Cu 70 mm², risba 7E1.1.
7. Na prvi potencialni obroč so povezani izpusti s stavbe z vrvjo Cu95, ki so izvedeni s prehodnimi ozemljitvami tipa HEA-P-M12/250. Prehod ozemljitev na stenah na notranjo ozemljitveno mrežo objekta, risba 7E1.1.
8. Z ozemljitvene mreže pod objektom so izvedeni izpusti iz vrvi Cu 95 mm² ter priklop na valjanec položen znotraj armaturne mreže v temeljni plošči, risba 7E1.1.

9. Spoje med vrvmi Cu-Cu so izvedeni z varjenjem, sistem CADWELD, spoje med valjancem in Cu tudi s sistemom CADWELD.

PO ZGRADBI:

1. V betonski skelet zgradbe je položen valjanec FeZn 25x4 mm, kot je prikazano na risbah 7E1.2-7E1.5. V stavbi je splošno gledano predvideno 6 vertikalnih vodov do strehe, ter po ploščah izvedene medsebojne povezave s potencialnimi trakovi.
2. Notranje izpuste za izvedbo ozemljitev opreme in zbiralnic ozemljitev so izvedeni s prehodnimi ozemljitvami tipa HEA-P-M12/250. Lokacije in višine predvidenih izpustov so prikazane na risbah 7E1.2-7E1.5.
3. Spoji med valjanci so izvedeni s križnimi sponkami.

EMC:

Pri izvedbi ozemljitev je za zmanjšanje EMC motenj izvedeno:

- varjenje železne armature objekta pritlične plošče, vsaj 40% armature in strešne plošče,
- montaža notranje zbiralke Cu 40x5 in povezava s Cu 95 mm² na predvidene izpuste za ozemljevanje.

4. Izvedba ozemljitev

S primerno razporeditvijo ozemljil dosežemo zmanjšanje napetosti dotika in napetosti korake ter razpršitev toka strele v zemljo, s čimer se zmanjšujejo prenapetosti. S stališča zaščite elektroenergetskih in telekomunikacijskih naprav, je enoten in združen ozemljitveni sistem vseh povezanih ozemljil na objektih najprimernejši. 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.

Ozemljitveni vodniki

Za izvedbo ozemljitvenega sistema novega objekta izberemo tračna ozemljila. Ozemljitveni sistem bo v celoti izveden z bakrenim vodnikom E-Cu vrv 95 mm², (osnovna ozemljitvena mreža, potenciali obroči, temeljno ozemljilo, povezave na obstoječe ozemljitve, povezave na odvode strelovodne zaščite,...).

Temeljno ozemljilo

Temeljno ozemljilo je ozemljilo položeno v betonske dele konstrukcije objektov (temeljno ploščo, ploščo nad kletjo, AB stene objekta, temelje ter AB požarne stene TR boksov) ter je povezano z zunanjim ozemljitvenim sistemom in notranjim sistemom za izenačitev potenciala.

Temeljno ozemljilo bo izvedeno z bakrenim vodnikom E-Cu vrvjo 95 mm². Spoji bakrene vrvi v betonu se izvedejo s posebnimi vročimi (Cadweld) spoji.

Ozemljilo bo položeno v temeljno ploščo objekta 110 kV stikališča pod obodnimi stenami ter pod predelno steno med kabelskim prostorom ter TR prostori. Temeljno ozemljilo bo na več mestih v AB stenah z vertikalami povezano na ozemljitveno mrežo v AB plošči nad kletjo.

V TR boksih bo temeljno ozemljilo položeno pod obodnimi stenami, požarno steno med

transformatorjema ter pod temelji posameznega transformatorja. V požarnih stenah med TR boksi so izvedene vertikale do kovinskega ostrešja nad TR boksi.

Geometrija in detajli izvedbe temeljnega ozemljila so razvidni iz priloženih risb in načrtov.

Temeljno ozemljilo naj bo s posebnimi vročimi (Cadweld) spoji bakrena vrv/rebrasto železo, povezano na jekleno gradbeno armaturo objekta na vsakem 1,0 m. Jeklena gradbena armatura mora biti dobro medsebojno povezana, varjena na vsaj 30 % spojev. Varjenje mora biti izvedeno pozorno, da ne pride do pregrevanja same armature in s tem do slabljenja nosilnosti.

Potencialni ozemljitveni obroči

Okoli obstoječe stavbe 20 kV stikališča sta položena dva ozemljitvena obroča za oblikovanje potenciala in posledično zmanjševanje napetosti dotika in napetosti koraka. dva potencialna obroča okoli stavbe z vrvjo Cu 95 mm². Prvi obroč je položen na globino 0,5 m, 1,2 m od stavbe, drugi obroč na globini 1 m, 3 m od stavbe.

Obroča na mestu gradnje se demontirata in dopolnjeta okrog novo zgrajenega objekta 110 kV stikališča. Za znižanje prehodne upornosti bo vrv obložena z zasipnim materialom z nizko specifično upornostjo.

Obroča na vseh križanjih povežemo z osnovno ozemljitveno mrežo.

Osnovna ozemljitvena mreža

Osnovna ozemljitev objekta RTP je izvedena s položitvijo ozemljila (E-Cu vrvi 95 mm²) v obliki ozemljitvene mreže preko celotnega platoja RTP ter pod objektom. Na mestu predvidene gradnje je mreža izvedena s pocinkanim valjancem Fe-Zn 25x 4 mm, katera se v celoti odstrani ob izkopu za klet novega objekta.

Na mestu gradnje se ozemljitvena mreža dopolni z mrežo izvedeno pod temeljno ploščo novega dela objekta s povezavami na obstoječo ozemljitveno mrežo. Raster polaganja vrvi znaša cca. 5x 5 m, z delnimi odstopanji zaradi oblike in velikosti objekta ter velikosti platoja. Bakrena vrv bo položena v jarek globine 0,6 m. Za znižanje prehodne upornosti bo vrv obložena z zasipnim materialom z nizko specifično upornostjo.

Spoji bakrene vrvi v zemlji se izvedejo s posebnimi vročimi (Cadweld) spoji.

Nov del ozemljitvene mreže povežemo na obstoječ ozemljitven sistem na vseh stikih z obstoječim sistemom (proti objektu 20 kV stikališča ter proti zunanji ograji stikališča). Ob izkopu se vse ozemljitvene vodnike priključi na nov ozemljilni sistem. Vrsto in izvedbo spoja se prilagodi tipu materiala obstoječega ozemljila.

Oblika ozemljilne mreže je razvidna iz risbe 7E1.1 »Grafični prikaz ozemljitvenega sistema«, ki je sestavni del tega načrta.

Spoji zunanje ozemljitvene mreže s temeljnim ozemljilom objekta – uvod zunanje ozemljitve v objekt

Temeljno ozemljilo na označenih križanjih vertikalno povežemo na osnovno ozemljitveno mrežo pod objektom. Povezave izvedemo z E-Cu vrvjo 95 mm². Spoje bakrene vrvi na vrv osnovne ozemljitvene mreže ter na vrv temeljnega ozemljila izvedemo s posebnimi vročimi (Cadweld) spoji.

S tem zagotovimo povezavo zunanje ozemljitve s temeljnim ozemljilom in posledično

z armaturo betonske konstrukcije objekta.

Spoji ozemljitve na odvode strelovodne zaščite

Strelovodna zaščita celotnega novega objekta 110 kV stikališča bo izvedena z sedmimi odvodi strelovoda na ozemljitveni sistem. Odvodi bodo izvedeni na vogalih objekta ter na vmesnih točkah daljših stranic objekta.

Povezave med merilnimi spoji (križna Rf sponka 70x 70 mm) strelovodne zaščite in ozemljitveno mrežo bodo izvedene z bakreno vrvjo E-Cu vrvjo 95 mm². Odvode na ozemljitveno mrežo spojimo s posebnimi vročimi (Cadweld) spoji.

Ozemljitve znotraj objekta 110 kV GIS stikališča

Za ozemljevanje opreme v objektu 110 kV stikališča se na strop v kletni etaži objekta (v kabelskem prostoru) namesti ozemljitvena mreža - Cu zbiralka za izenačitev potenciala, dimenzij 40x 5 mm. Raster mreže znaša cca. 2,5x 2,5 m in je prilagojen odprtina v AB plošči. Pod omarami z opremo za zaščito in vodenje se v dolžini cca. 12 m na strop montira dodatna ozemljitvena Cu zbiralka 40x 5 mm. Zbiralko namestimo v kovinske nosilce, s sidrnimi vijaki pritrjene na steno objekta.

Stropna ozemljitvena zbiralna mreža se na združeno ozemljitev objekta priključi preko ozemljitvenih točk HEA P M16, Haufftechnik.

Z bakreno vrvjo preseka 25 mm², se na združeno ozemljitev objekta povežejo:

- jeklene pločevine za prekrivanje odprtin v tleh,
- kabelske police,
- nosilci kabelske vezi,
- kovinski podboji vrat,
- vrata, okna,
- odtočni žlebovi,
- kovinske ograje ter fiksne lestve,
- ostali manjši kovinski deli v objektu.

Vsi kovinski deli se povežejo na najbližjo zbiralko ali obroč za izenačitev potenciala. Spoj bakrenih vrvi na Cu ozemljitveno zbiralko izvedemo z odcepnimi tunelskimi sponkami ustreznega preseka glede na presek posamezne bakrene vrvi.

Vsi priključki ozemljitve opreme v RTP se izvedejo z dvema pocinkanima vijakoma M10.

Vsa vgrajena oprema v RTP se ozemlji na vseh, za to predvidenih ozemljitvenih priključkih.

Vse stike, kjer se zahteva zanesljiva prevodnost, je potrebno izvesti na sledeč način:

- pri pocinkani izvedbi se uporabijo vzmetne podložke,
- pri obarvanih izvedbah se uporabijo zobate podložke.

Ozemljitve v prostorih za namestitev energetskih transformatorjev

Za ozemljevanje opreme, nameščene v posameznem TR boks, vključno z ozemljevanjem nevtralne točke transformatorja na VN strani, se v posameznem TR boks na betonske stene namestita dva ozemljitvena obroča - Cu zbiralka za izenačitev potenciala, dimenzij 40x 5 mm. Zbiralko spodnjega ozemljitvenega obroča se montira na višino 40 cm, zbiralko zgornjega obroča pa na višino 440 cm nad vrhom temelja za postavitev TR. Obroča med seboj povežemo s šestimi vertikalami (Cu zbiralka 40x 5 mm). Zbiralko namestimo v kovinske nosilce, s sidrnimi vijaki pritrjene na steno objekta. Vsak sistem obročev preko izpustov ozemljitev povežemo na temeljno ozemljilo ter nadalje na

osnovno ozemljitveno mrežo objekta.

Za ozemljitev ohišij energetskih transformatorjev na vsakem od pasovnih temeljev izvedemo direktni izpust iz temeljnega ozemljila (E-Cu 95 mm²).

Ozemljitve TK prostora in komandnega prostora (ELES)

Za potrebe ozemljevanja opreme v TK prostoru (ELES) in komandnem prostoru (ELES) se izvedbe ozemljitveni obroč s Cu zbiralnic 40x 5 mm, dimenzij 3,6x 2,9 m, montiran v dvojnem podu posameznega prostora (cca 15 cm od tal).

Obroč iz zbiralnic se preko ozemljitvenih izpustov na dveh mesti poveže na temeljno ozemljilo ter nadalje na osnovno ozemljitveno mrežo objekta.

Meritve ozemljitvenega sistema

Po izvedbi ozemljitvenega sistema se izdelata situacijski načrt ozemljitvenega omrežja, v katerega so vneseni vsi podatki o materialu, položaju ozemljil, njihovih razcepnih točkah ter globini vkopavanja.

Pred prevzemom ozemljitvenega sistema mora biti izdelano poročilo (SI: protokol), ki dokazuje, da so bile upoštevane vse zahteve PZI projektne dokumentacije ter, da je ozemljitveni sistem izveden skladno s standardom SIST EN 50522.

Zasnova in vgradnja ozemljitvenega sistema morata omogočati periodično izvajanje meritev ali sledenje glavnim spremembam, ki prizadevajo osnovne zahteve, ali celo preskuse neprekinjenosti.

Meritve se morajo izvesti po dograditvi, kjer je potrebno, za preveritev skladnosti s projektiranimi podatki. Meritve naj vključujejo impedanco ozemljitvenega sistema, pričakovane napetosti dotika in koraka na ustreznih mestih in preneseni potencial, če je to primerno. Ko se merita napetost dotika in koraka pod preskušanimi pogoji, npr. preskus z vsiljenim tokom, sta možni dve izbiri. Ali se merijo pričakovane napetosti dotika in koraka z uporabo visokoimpedančnega voltmetra ali pa se meri efektivna vrednost napetosti dotika in koraka s ustrezno upornostjo, ki predstavlja upornost človeškega telesa.

O stanju ozemljitvene naprave je potrebno voditi stalno evidenco, skladno s trenutno veljavno regulativo!

IV.) STRELOVODNA ZAŠČITA

1. Zaščita pred delovanjem strele

Strelovodna inštalacija in prenapetostna zaščita električnih inštalacij in električne opreme v novi stavbi 110 kV stikališča mora biti izvedena skladno z veljavnimi predpisi in standardi.

Sistem zaščite pred strelo (LPS) je medsebojno povezan sistem s katerim se zmanjšuje verjetnost škodnega nastanka zaradi udara strele. Sestavljen je iz zunanjega in notranjega LPS.

Notranji LPS – del LPS znotraj objekta, ki ga tvorijo izenačitve potencialov (onemogočanje visoke napetosti dotika in koraka) in usklajene ločilna razdalje med deli strelovodne inštalacije med seboj in med deli objekta (onemogočanje pojava iskrenja znotraj objekta).

Zunanji LPS – del LPS zunaj objekta, ki ga tvorijo lovilci, odvodi in sistem ozemljil.

Lovilni sistem – del zunanjega LPS, ki ga sestavljajo kovinske palice ali mreža vodnikov, katerih namen je prestrežanje strele.

Odvodni sistem – del zunanjega LPS, ki ga sestavljajo povezave med lovilnim in ozemljilnim sistemom, katerih namen je odvajanje električnega toka strele do sistema ozemljil.

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.

Glede na vrednotenje rizika in določen sprejemljiv rizik se za izbrano učinkovitost določi zaščitni nivo zaščite pred strelo in sicer:

- za učinkovitost 0,98 zaščitni nivo I,
- za učinkovitost 0,95 zaščitni nivo II,
- za učinkovitost 0,90 zaščitni nivo III,
- za učinkovitost 0,80 zaščitni nivo IV.

Glede na izbrani zaščitni nivo so izbrane štiri kategorije (I - IV) izvedb LPS, kot je prikazano v tabeli:

Zaščitni nivo	Vrsta LPS
I	I
II	II
III	III
IV	IV

Kategorije LPS se med seboj razlikujejo po:

- parametrov toka strele,
- polmer končne prebojne razdalje, velikosti lovilne zanke in zaščitnem kotu,
- značilnih razdaljah med odvodi in krožnem ozemljilnem obroču,
- ločilnih razdaljah med posameznimi deli, med katerimi lahko nastane preboj,

- minimalni dolžini ozemljilnih elektrod.

Odnos med maksimalnimi parametri toka strele in zaščitni nivoji so zbrani v naslednji tabeli:

Parameter toka strele prvi pozitivni udar	Zaščitni nivo (LPL)		
	I	II	III-IV
Temenska vrednost toka I (kA)	200	150	100
Udarni naboj Q_{strele} (C)	300	225	150
Specifična energija W/R [MJ/Ω]	10	5,6	2,5

Škodljivi učinki, ki jih povzroča inducirana napetost, so odvisni od strmine toka strele. Za namene načrtovanja se uporablja povprečna strmina med 30 % in 90 % temenske vrednosti toka strele.

Kategorija LPS se izbere na temelju vrednotenja rizika po standardu SIST EN 62305-2.

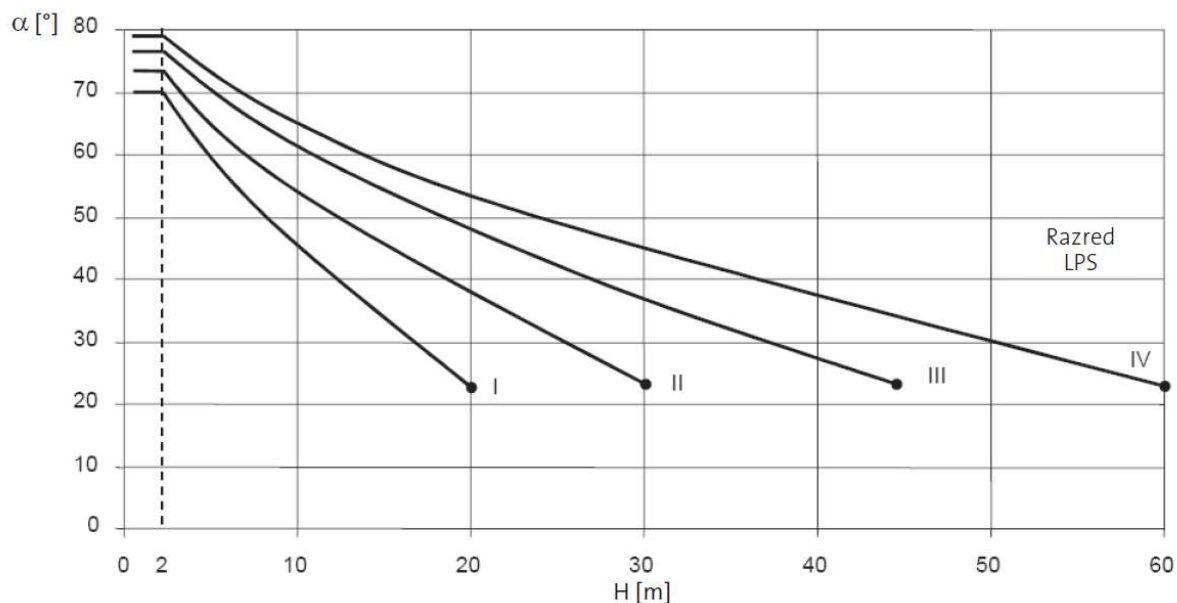
Kategorija LPS za obravnavan objekt, to je 110 kV stikališče razdelilne transformatorske postaje napetostnega nivoja s transformacijo 110/20 kV, je II. oziroma II. zaščitni nivo.

Za vzpostavitev lovilne mreže se uporabljajo:

- metoda zaščitnega kota (protection angle method),
- metoda kotaleče krogle (rolling sphere method),
- metoda mreže (mesh method).

Vse tri metode se v medsebojni kombinaciji prilagajajo geometrijskim danostim objektov, ki jih ščitijo. Prikazane so v naslednji tabeli in sliki.

Razred LPS (zaščitni nivo)	Sprejemljive metode lovilnikov		
	Polmer kotaleče krogle r [m]	Velikost mrežne zanke W [m]	Zaščitni kot α [°]
I	20	5 x 5	Slika spodaj!
II	30	10 x 10	
III	45	15 x 15	
IV	60	20 x 20	



Opomba 1: Metoda zaščitnega kota ni uporabna pri višinah preko označb •. 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.

Za osnovno izenačitev potencialov v objektu je montirana glavna ozemljitvena zbiralnica GIP. Nanjo mora biti povezano naslednje:

- glavni zaščitni vodnik PE,
- glavni ozemljitveni vodnik,
- glavni vodnik za izenačevanje potenciala, ki povezuje ozemljene dele vgrajene opreme in vse kovinske elemente objekta,
- strelovodne inštalacije.

Glavni ozemljitveni vod povezuje glavno ozemljitveno zbiralnico z ozemljilom objekta (temeljno ozemljilo, krožno ozemljilo), ki služi kot skupna zaščitna, obratovalna in strelovodna ozemljitev.

2. Izračun strelovodne zaščite

Zaščitna cona strelovodne inštalacije je preverjena po metodi kotaleče krogle, po metodi zaščitnega kota in po metodi mreže. Vse tri metode se v medsebojni kombinaciji prilagajajo geometrijskim danostim objekta, ki ga ščitimo.

Glavni pokazatelj nivoja ogroženosti pred atmosferskimi razelektritvami je gostota strel. Gostota strel predstavlja dolgoletno povprečno število atmosferskih razelektritev na nekem geografskem področju in se podaja s številom strel na km kvadrat na leto [strele/km²/leto].

Največja gostota strel na leto je odvisna od lokacije objekta. Podatek o vrednosti gostote strel na lokaciji RTP Brnik je določen s programom SKAT, ki ga je izdelal Elektroinštitut Milan Vidmar in s pomočjo Slovenskega centra za avtomatsko lokalizacijo atmosferskih razelektritev – SCALAR, na podlagi visoko resolucijske karte gostote strel določi vrednost gostote strel (N_G) na željeni lokaciji.

Vrednost gostote strel na lokaciji RTP Brnik znaša 1,06 n/km²/leto (poročilo izračuna je v prilogi tega načrta).

Kontrola izračuna s pomočjo vdorne globine kotaleče krogle

Ob upoštevanju namembnosti objekta in lokacije objekta, izberemo standardni, to je II. nivo zaščite. Pri tem nivoju zaščite znaša polmer kotaleče krogle $r = 30$ m.

Vdorna globina znaša:

$$p = r - \sqrt{r^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2}$$

pri čemer je:

r – polmer kotaleče krogle (30 m)

p – vdorna globina

d – razdalja med lovilnimi palicami

Za izvedbo lovilnega sistema strelovodne inštalacije objekta izberemo lovilne palice Al $\Phi 10$ mm, višine $h = 0,75$ m.

Vdorna globina na posameznih delih objekta znaša:

- sleme objekta 110 kV stikališča s TR prostori (SLEME A):
 - višina objekta $h = 10,00$ m
 - razdalja med lovilnimi palicami $d = 12,55$ m
 - vdorna globina $p = 0,66$ m (**0,75 m > 0,66 m**)
- sleme objekta 110 kV stikališča s TR prostori (SLEME B):
 - višina objekta $h = 10,00$ m
 - razdalja med lovilnimi palicami $d = 11,61$ m
 - vdorna globina $p = 0,57$ m (**0,7 m > 0,57 m**)

Kontrola izračuna s pomočjo zaščitnega kota

Zaščitni kot, ob upoštevanju skupne višine objekta in lovilne palice, za II. zaščitni razred, za posamezne dele objekta odčitamo iz grafa $\alpha(h)$.

Celotno zaščiteno področje, gledano s tal na posameznih delih objekta izračunamo po enačbi:

$$X = 2 \cdot \tan(\alpha) \cdot h$$

pri čemer je:

h – višina objekta, vključno z višino lovilne palice

α – zaščitni kot

X – zaščiteno področje, gledano s tal

- sleme objekta 110 kV stikališča s TR prostori:
 - skupna višina objekta (10,00 m) in lovilne palice (0,75 m) znaša $h = 10,75$ m
 - zaščitni kot $\alpha = 54^\circ$ (graf $\alpha(h)$)
 - zaščiteno področje gledano s tal $X = 29,6$ m

Najmanjše razdalje med odvodi in kovinskimi deli

Pri polaganju strelovodne zaščite je potrebno paziti na ločilno razdaljo med kovinskimi deli v (na) objektu in sistemom LPS. Ločilna razdalja mora biti večja kot varnostna razdalja s in sicer:

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

kjer je:

k_i	odvisen od izbranega razreda LPS (glej tabelo)
k_c	odvisen od toka strele, ki teče po lovilniku in odvodu (glej tabelo)
k_m	odvisen od električnega izolacijskega material (glej tabelo)
l	dolžina vodnika LPS v m na katerem je ločilno razdaljo treba vzpostaviti do najbližje točke izenačitve potencialov

Izolacija zunanjega LPS – vrednost koeficienta k_i

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

Izolacija zunanjega LPS – vrednost koeficienta k_c

Število odvodov n	k_c
1	1
2	0,66
3 in več	0,44

Izolacija zunanjega LPS – vrednost koeficienta k_m

Material	k_m
Zrak	1
Beton, opeka	0,5

3. Izvedba strelovodne inštalacije

Strelovod je namenjen prestrezanju, odvajanju in porazdelitvi toka strele v zemljo. Pri tem se na ščitenem objektu ne smejo pojaviti škode. Glavni deli strelovodnega sistema so:

- lovilni sistem,
- odvodni sistem,
- ozemljilni sistem.

Naloga lovilnega sistema je prestreči neposreden udar strele v objekt. Tok strele nato steče po lovilni inštalaciji do odvodnega sistema, katerega naloga je prevesti ta tok do ozemljilnega sistema. Ozemljilni sistem omogoči toku strele razdelitev v zemlji. Pri tem je pomembna oblika ozemljila. Ob pravilni obliki ozemljila se na površini ne pojavijo prevelike spremembe potenciala, ki bi bile nevarne za človeka.

Izvedba lovilnega sistema

Izvedba lovilne mreže objekta 110 kV stikališča s transformatorskimi prostori je narejena po sistemu treh linij, ene na obstoječem slemenu dela objekta z 20 kV stikališčem, ter dveh na novem delu objekta. Linije so kombinirane s po tremi lovilnimi palicami Al $\Phi 10$ mm, dolžine 0,75 m na koncih in v sredini.

Referenčna ravnina se vzame na višini slemena objekta. Streha je izvedena kot pločevinasta kritina, Prefa, tip Prefalz, položena na leseni opaž. Strešni nosilci strelovodnega sistema, INOX izvedbe so prilagojeni navedeni kritini, razdalja med pritrdišči je ca 1,5 m. Fasadni nosilci strelovodnega sistema so prilagojeni navedeni izvedbe fasade, razdalja med pritrdišči je ca 1,5m.

Izvedba odvodov

Strelovodni odvodi odvajajo tok strele od točke udara do zemlje. Omogočajo:

- več paralelnih tokovnih poti,
- dolžina paralelnih poti naj bo minimalna, če je mogoče navpična, brez sprememb smeri,
- izenačitev potencialov s prevodnimi deli objekta.

Razdalje med posameznimi navpičnimi odvodi in med posameznimi horizontalnimi krožnimi povezavami so prikazane v spodnji tabeli.

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

Glede na izbrani II. zaščitni nivo je potrebno izvesti odvod iz lovilne mreže na vsakih 10 m, kar pomeni, da bo na celotnem objektu potrebno izvesti 10 odvodov. Odvodi bodo izvedeni z okroglimi Al vodniki preseka 8 mm, ki so zaradi estetskega videza stavbe lahko montirani kar na odtočne žlebove z ustreznimi nosilci HERMI (kjer linije odvodov in žlebov sovpadajo), sicer pa so odvodni vodniki pritrjeni na steno objekta z zidnimi nosilci HERMI. Število in izvedba odvodov je prilagojena geometrijskim značilnostim celotnega objekta. Prehodi preko napuščev naj bodo izvedeni z gladkimi krivinami, estetsko prilagojenimi objektu.

Odvodi naj imajo na prehodih na ozemljilni sistem merilni spoj, katerega je mogoče v namene meritev galvansko ločiti. Ob uporabi naravnih kovinskih mas in armature, kot navadnih odvodov, v kombinaciji z drugimi odvodi je prav tako potrebno izdelati v merilne namene merilno točko, ki se zaradi večkratne paralelne povezanosti ne ločuje. Ločilno merilno mesto se v takih primerih izvede tam, kjer je odvod mogoče ločiti.

Vodniki, ki se medsebojno povezujejo in spojke morajo biti, če je le mogoče iz enakega materiala. Primernost povezave morebitnih različnih materialov, glede na elektrokemični potencial, je prikazana v spodnji tabeli.

	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

Pri spajanju nezdružljivih materialov po zgornji tabeli, je potrebno uporabiti ustrezen vložek iz nevtralnega materiala, debel vsaj 2 mm.

Preverjanje LPS

Investitor mora pred pričetkom izvajanja del na objektu zagotoviti imenovanje izvajalca preverjanja. Izvajalec preverjanja pri gradnji istega objekta ne more nastopati kot nadzornik. Izvajalec preverjanja mora za novo izvedene sisteme zaščite pred strelo ob sodelovanju nadzornika za električne in strelovodne inštalacije v ustreznih fazah gradnje opraviti preverjanje, ki obsega vizualni pregled, preskus in meritve vgrajenega sistema zaščite pred strelo. Izvajalec preverjanja preveri skladnost sistema zaščite pred strelo s »Pravilnikom o zaščiti stavb pred delovanjem strele« in njegovo varnost ter sestavi zapisnik na način, kot je določen v tehnični smernici TSG-N-003. Zapisnik je obvezna priloga dokazila o zanesljivosti objekta.

Redna in izredna preverjanja sistema zaščite pred strelo spadajo med vzdrževanje stavb. Na stavbah z zaščitnima nivojema I ali II je treba redna preverjanja izvajati najmanj vsaki dve leti in redne vizualne preglede najmanj vsako leto. Izredno preverjanje se opravi po vsakem neposrednem udaru strele v sistem zaščite pred strelo, po vsakršnih poškodbah stavbe zaradi udara strele ali posegih na sistemu zaščite pred strelo, vključno z njegovo rekonstrukcijo, ki lahko vplivajo na varnost stavbe in uporabnikov.

Strelovodna inštalacija predstavlja vedno zaključeno celoto, tako za vgradnjo, kot preverjanje in zajema naslednje: lovilni sistem, odvodni sistem, ozemljilni sistem in sistem zaščite pred prenapetostmi.

Izvedba ozemljilnega sistema

Odhode strelovodne inštalacije s kraki ozemljitvene vrvi E-Cu 95 mm² povežemo na združeno ozemljitev objekta, opisano v poglavju III. tega načrta.

V.) POPIS MATERIALA, ELEKTROMONTAŽNIH IN GRADBENIH DEL

1. Elektromontažna dela in material		enota	količina	cena	vrednost
1.1	Dobava ozemljitvenega vodnika, E-Cu vrvi 95 mm ² za izvedbo osnovne ozemljitvene mreže, temeljnega ozemljila in potencialnih obročev objekta	m	800		
1.2	Dobava ustreznega spojnega materiala, za izvedbo osnovne ozemljitvene mreže, potencialnih obročev objekta in temeljnega ozemljila: - Cadweld "TA" (T-spoj vrv/vrv) za Cu vrv 95 mm ² - Cadweld "XB" (križni spoj vrv/vrv) za Cu vrv 95 mm ² - Cadweld "PG" (vzporedni spoj vrv/vrv) za Cu vrv 95 mm ² - kalupi ter ostali drobni material	kos kos kos kompl. kompl.	100 100 80 1 1		
1.3	Dobava ustreznega spojnega materiala, za spajanje temeljnega ozemljila na armaturo objekta: - Cadweld "RT" spoj za Cu vrv 95 mm ² /rebrasto železo (vzporedni spoj) - Cadweld "RD" spoj za Cu vrv 95 mm ² /rebrasto železo (pravokotni spoj) - kalupi ter ostali drobni material	kos kos kompl. kompl.	200 150 1 1		
1.4	Izvedba temeljnega ozemljila objekta, kompletno s polaganjem in spajanjem vodnikov	kompl.	1		
1.5	Spajanje vodnikov temeljnega ozemljila na armaturo objekta	kompl.	1		
1.6	Varjenje armature objekta (30 % spojev)	kompl.	1		
1.7	Izvedba osnovne ozemljitvene mreže pod objektom, kompletno s polaganjem in spajanjem vodnikov izvedba izpustov na temeljno ozemljilo ter ozemljitvene obroče, povezave novega zunanega ozemljitvenega sistema na obstoječe ozemljitve				

		kompl.	1
1.8	Izvedba (dopolnitev) potencialnih obročev okrog objekta, kompletno s polaganjem in spajanjem vodnikov	kompl.	1
1.9	Ozemljevanje kovinskih delov (ograj, rešetk, pokrovov, lestve, podbojev,...) zunaj in znotraj objekta, kompletno s potrebnim materialom	kompl.	1
1.10	Dobava ustreznega materiala za izvedbo ozemljitvene mreže v kabelskem prostoru 110 kV stikališča:		
	- Cu zbiralka, ploščati baker 40x 5 mm, 1,8 kg/m	m	220
	- kovinski nosilec za pritrditev zbiralke na steno/strop	kos	350
	- križna kontaktna sponka 78x78 mm, Cu zbiralka/zbiralka	kos	35
	- križna kontaktna sponka 78x78 mm, Cu zbiralka/vodnik	kos	10
	- ozemljitvena točka HEA P M16, Haufftechnik	kos	10
	- prehod ozemljitve HEA PK M16/300, Haufftechnik	kos	4
	- vijačni material	kompl.	1
	- ostali drobní, spojni in vezni material	kompl.	1
		kompl.	1
1.11	Izvedba ozemljitvene mreže v kabelskem prostoru 110 kV stikališča, kompletno z montažo nosilcev zbiralk, montažo in spajanjem zbiralk, povezave na izpuste ozemljitev	kompl.	1
1.12	Dobava ustreznega materiala za izvedbo ozemljitvene mreže v transformatorskih prostorih TR1 in TR2:		
	- Cu zbiralka, ploščati baker 40x 5 mm, 1,8 kg/m	m	140
	- kovinski nosilec za pritrditev zbiralke na steno/strop	kos	150
	- križna kontaktna sponka 78x78 mm, Cu zbiralka/zbiralka	kos	45
	- ozemljitvena točka HEA P M16, Haufftechnik	kos	4
	- prehod ozemljitve HEA PK M16/300, Haufftechnik	kos	2
	- vijačni material	kompl.	1
	- ostali drobní, spojni in vezni material	kompl.	1
		kompl.	1

1.13	Izvedba ozemljitvene mreže v prostorih energetskih transformatorjev TR1 in TR2, kompletno z montažo nosilcev zbiralk, montažo in spajanjem zbiralk, povezave na izpuste ozemljitev	kompl.	1
1.14	Dobava ustreznega materiala za izvedbo ozemljitev ceevnih zbiralk GIS postroja:		
	- Cu zbiralka, ploščati baker 40x 5 mm, 1,8 kg/m	m	4
	- kovinski nosilec za pritrditev zbiralke na steno/strop	kos	6
	- križna kontaktna sponka 78x78 mm, Cu zbiralka/vodnik	kos	2
	- ozemljitvena točka HEA P M16, Haufftechnik	kos	2
	- P/F žica, 95 mm ² , RU-ZE	m	4
	- vijačni material	kompl.	1
	- ostali drobnji, spojni in vezni material	kompl.	1
		kompl.	1
1.15	Izvedba ozemljitvenih zbiralk za ozemljevanje GIS cevni zbiralk kompletno z montažo nosilcev zbiralk, montažo in spajanjem zbiralk, povezave na izpuste ozemljitev	kompl.	1
1.16	Dobava ustreznega materiala za izvedbo ozemljitev opreme v TK prostoru in komandnem prostoru (ELES):		
	- Cu zbiralka, ploščati baker 40x 5 mm, 1,8 kg/m	m	15
	- kovinski nosilec za pritrditev zbiralke na steno/strop	kos	30
	- križna kontaktna sponka 78x78 mm, Cu zbiralka/zbiralka	kos	4
	- križna kontaktna sponka 78x78 mm, Cu zbiralka/vodnik	kos	2
	- vijačni material	kompl.	1
	- ostali drobnji, spojni in vezni material	kompl.	1
		kompl.	2
1.17	Izvedba ozemljitvenih zbiralk za ozemljevanje opreme v TK prostoru in komandnem prostoru (ELES), kompletno z montažo nosilcev zbiralk, montažo in spajanjem zbiralk, povezave na izpuste ozemljitev	kompl.	2

1.18	Dobava opreme za izvedbo strelovodne inštalacije objekta 110 kV stikališča (Hermi): - okrogli vodnik iz aluminija AH2, dimenzije $\Phi 10$ mm, za izvedbo lovilnih palic m 10 - okrogli vodnik iz aluminij legure AH1, dimenzije $\Phi 8$ mm, za izvedbo odvodnih vodov m 250 - strešni nosilec Rf, za pločevinaste kritine Prefa kos 120 - zidni nosilec Rf, (za okrogli vodnik $\Phi 8$ mm), vijak 200 mm kos 35 - cevna objemka za pritrdjevanje okroglega vodnika na odtočno cev - vijačna kos 20 - sponka za spajanje okroglih vodnikov Al/Al kos 40 - merilna križna sponka za spajanje okroglega vodnika kos 7 - vertikalna zaščita, Rf, 1.5 m kos 7 - odkapnik kos 7 - kompl. 1	
1.19	Izvedba strelovodne inštalacije objekta, kompletno z montažo lovilnega in odvodnega sistema, navezave na strelovodni sistem obstoječega objekta s potrebnimi predelavami, povezave odvodov na ozemljilni sistem kompl. 1	
1.20	Preverjanje skladnosti sistema zaščite pred strelo s Pravilnikom o zaščiti stavb pred delovanjem strele, ki obsega vizualne preglede, preskuse in meritve vgrajenega sistema v ustreznih fazah gradnje. Izdelava zapisnikov in merilnih poročil skladno s TSG-N-003 kos 1	
1.21	Ostali drobni in nespecifiran material in dela % 5	
SKUPAJ EUR:		

2. Gradbena dela		enota	količina	cena	vrednost
2.1	Trasiranje konfiguracije novega ozemljitvenega sistema objekta RTP	kompl.	1		
2.2	Kombiniran izkop v zemlji III kategorije dimenzij 0,4x 0,7 m, za polaganje ozemljitvenega traku, zasipavanje z izkopanim materialom ali s pripeljanim materialom z nizko specifično upornostjo nabijanjem v plasteh po 0,2 m, čiščenje trase, zasajanje trave, nakladanje viška materiala na kamion in odvoz na deponijo z vsemi stroški	m	20		
2.3	Kombiniran izkop v zemlji III kategorije dimenzij 0,4x 0,6 m, za polaganje ozemljitvenega traku, zasipavanje z izkopanim materialom ali s pripeljanim materialom z nizko specifično upornostjo nabijanjem v plasteh po 0,2 m, čiščenje trase, zasajanje trave, nakladanje viška materiala na kamion in odvoz na deponijo z vsemi stroški	m	20		
2.4	Kombiniran izkop v zemlji III kategorije dimenzij 0,4x 0,3 m, za polaganje ozemljitvenega traku, zasipavanje z izkopanim materialom ali s pripeljanim materialom z nizko specifično upornostjo nabijanjem v plasteh po 0,2 m, čiščenje trase, zasajanje trave, nakladanje viška materiala na kamion in odvoz na deponijo z vsemi stroški	m	170		
2.5	Ustrezne poglobitve jarka na spojih posameznih ozemljitvenih sistemov	kompl.	1		
2.6	Dobava humusa oziroma drugega materiala z nizko specifično upornostjo, prevoz na objekt (ocenjeno)	m ³	25		
2.7	Izdelava geodetskega posnetka tras vodnikov novega ozemljitvenega sistema, z označitvijo globine				

	polaganja, lokacije spojev ter vnos v kataster	kompl.	1
2.8	Priprava in nadzor del, transport in projektantski nadzor	kompl.	1
2.9	Morebitna dodatna in nepredvidena dela v višini 10 % od načrtovanih del - obračun po dejanskih stroških in potrjeni gradbeni knjigi	%	10
SKUPAJ EUR:			

3. Skupna rekapitulacija izvedbe ozemljitev in strelovodne inštalacije objekta

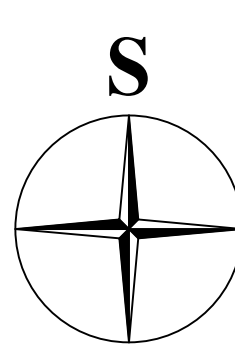
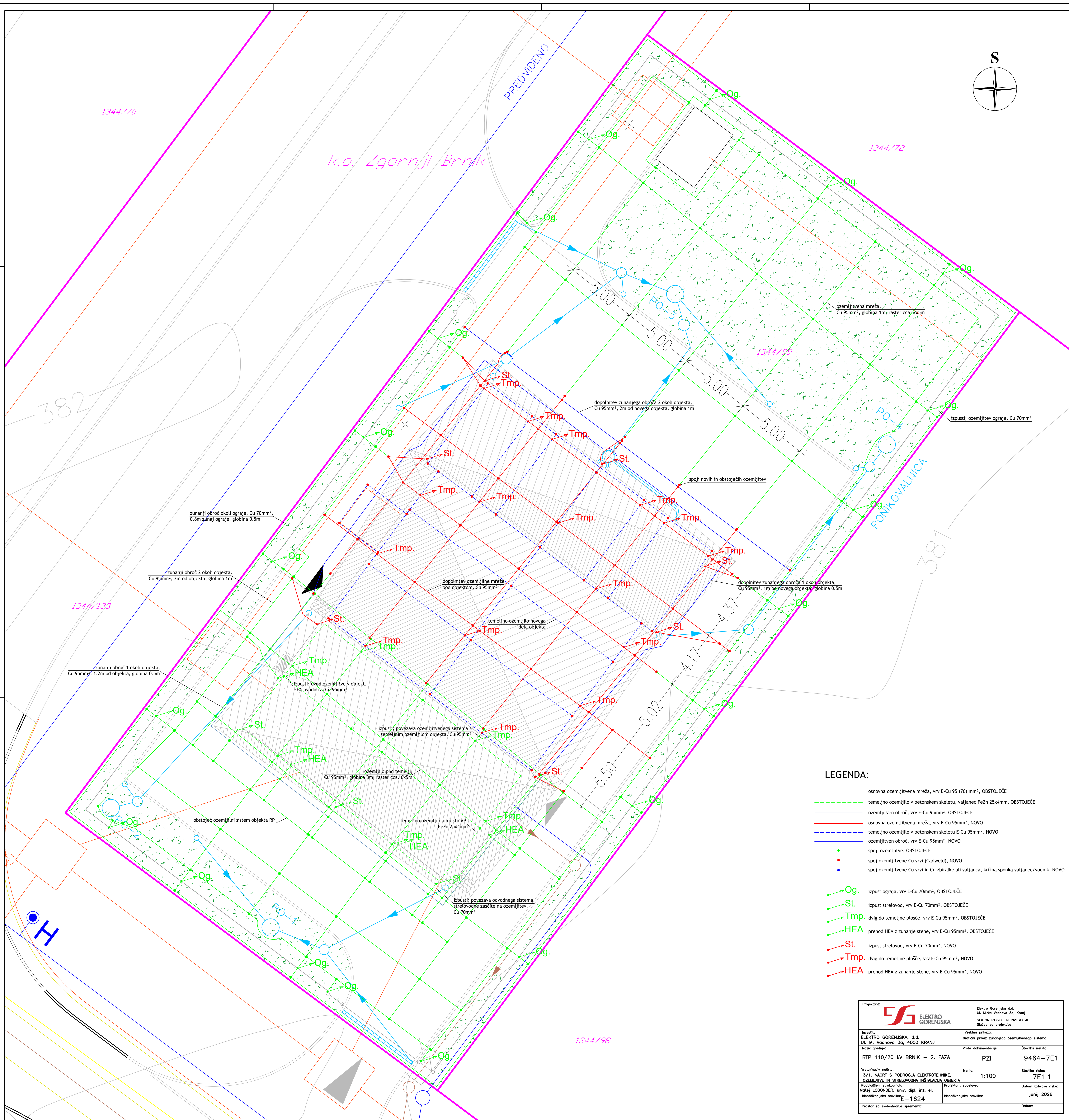
1. Elektromontažna dela in material	
2. Gradbena dela	
SKUPAJ EUR:	

TEHNIČNI PRIKAZI

- 7E1.1. Grafični prikaz zunanjega ozemljitvenega sistema, M 1:100**
- 7E1.2. Načrt ozemljitev – tloris temeljne plošče**
- 7E1.3. Načrt ozemljitev – tloris kleti**
- 7E1.4. Načrt ozemljitev – tloris pritličja**
- 7E1.5. Načrt ozemljitev – prečni prerez (D-D)**
- 7E1.6. Jarki za polaganje ozemljitvenega vodnika**
- 7E1.7. Strelovodna zaščita objekta – tloris strehe**
- 7E1.8. Strelovodna zaščita objekta – jugovzhodna fasada**
- 7E1.9. Strelovodna zaščita objekta – severovzhodna fasada**

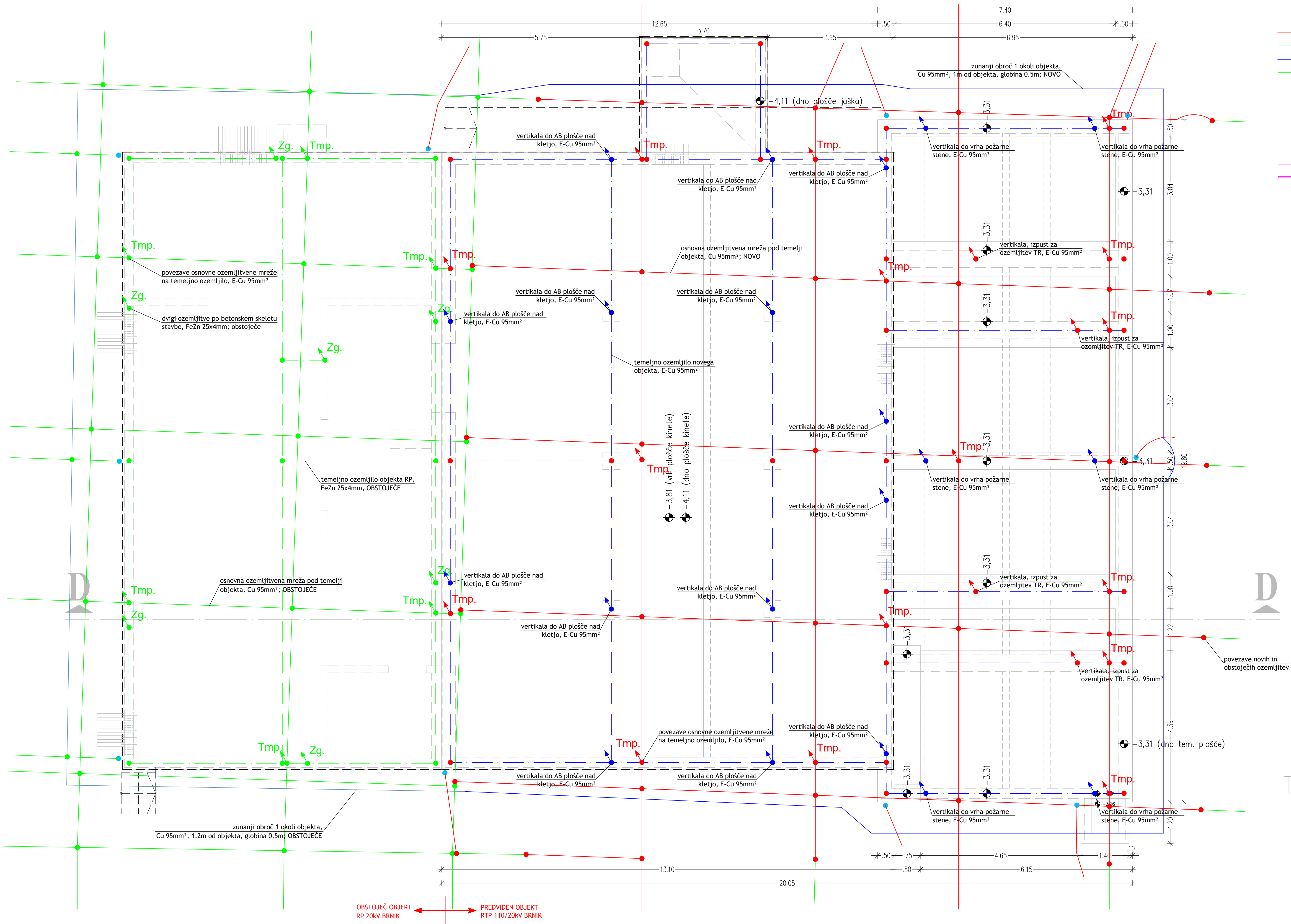
PRILOGE:

- 1. Poročilo o meritvah na ozemljitvenem sistemu RP 20 kV Brnik, VENO 4934, marec 2024**
- 2. Poročilo o merjenju specifične upornosti tal**
- 3. Poročilo o gostoti strel SKAT-20260527-74500-49**
- 4. Prehod za ozemljitev HEA PK M16/300**
- 5. Ozemljitvena točka HEA P M16**



- LEGENDA:**
- osnovna ozemljitvena mreža, vrv E-Cu 95 (70) mm², OBSTOJEČE
 - temeljno ozemljilo v betonskem skeletu, valjanec FeZn 25x4mm, OBSTOJEČE
 - ozemljitven obroč, vrv E-Cu 95mm², OBSTOJEČE
 - osnovna ozemljitvena mreža, vrv E-Cu 95mm², NOVO
 - temeljno ozemljilo v betonskem skeletu E-Cu 95mm², NOVO
 - ozemljitven obroč, vrv E-Cu 95mm², NOVO
 - spoji ozemljitve, OBSTOJEČE
 - spoj ozemljitvene Cu vrvi (Cadweld), NOVO
 - spoj ozemljitvene Cu vrvi in Cu zbiralke ali valjanca, križna sponka valjanec/vodnik, NOVO
 - Og. izpust ograja, vrv E-Cu 70mm², OBSTOJEČE
 - St. izpust strelodov, vrv E-Cu 70mm², OBSTOJEČE
 - Tmp. dvig do temeljne plošče, vrv E-Cu 95mm², OBSTOJEČE
 - HEA prehod HEA z zunanje stene, vrv E-Cu 95mm², OBSTOJEČE
 - St. izpust strelodov, vrv E-Cu 70mm², NOVO
 - Tmp. dvig do temeljne plošče, vrv E-Cu 95mm², NOVO
 - HEA prehod HEA z zunanje stene, vrv E-Cu 95mm², NOVO

Projektant:		Elektro Gorenjska d.d. Ul. Mirova Vadove 3a, Kranj SEKTOR RAZVOJA IN INVESTICIJE Služba za projektje	
 ELEKTRO GORENJSKA			
Investitor: ELEKTRO GORENJSKA, d.d. Ul. M. Vadove 3a, 4000 KRANJ	Vrednotenje projekta: Grafični prikaz zunanjega ozemljitvenega sistema	Številka nabora:	
Naziv gradnje: RTP 110/20 kV BRNIK – 2. FAZA	Vrsta dokumentacije: PZI	9464–7E1	
Vrsta/naziv nabora: 3/1. NAČRT S PODROČJA ELEKTROTEHNIKE, OZEMLJITVE IN STRELOVODNA INŠTALACIJA OBJEKTA	Merilo: 1:100	Številka risbe: 7E1.1	
Poskušani strokovnjaki: Matej LOGONDER, univ. dipl. inž. el.	Projektant sodelavec:	Datum izdelave risbe:	
Identifikacijska številka: E-1624	Identifikacijska številka:	junij 2026	
Prostor za evidentiranje sprememb:		Datum:	

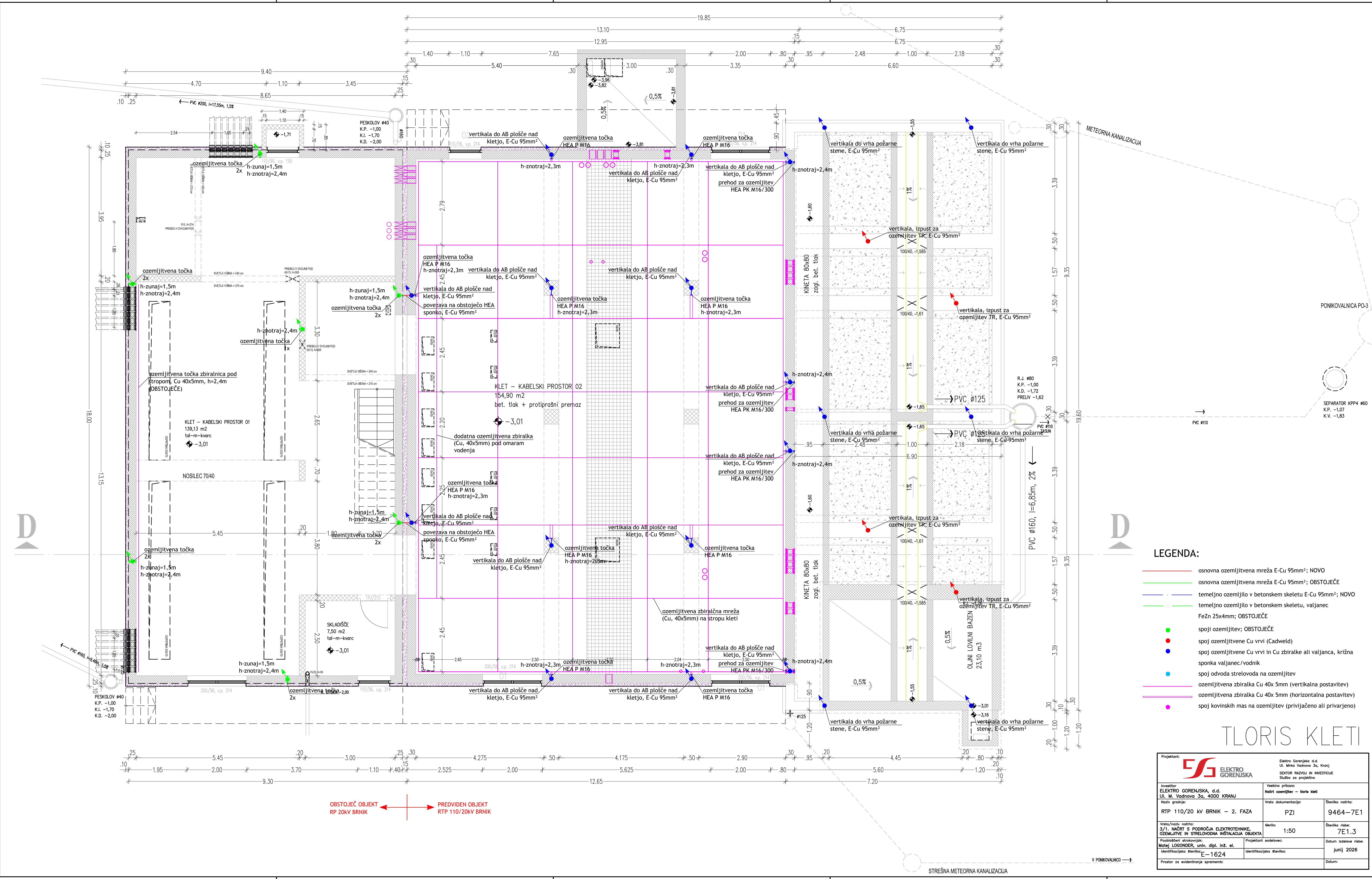


LEGENDA:

- osnovna ozemljitvena mreža E-Cu 95mm²; NOVO
- osnovna ozemljitvena mreža E-Cu 95mm²; OBSTOJEČE
- temeljno ozemljilo v betonskem skeletu E-Cu 95mm²; NOVO
- temeljno ozemljilo v betonskem skeletu, valjanec FeZn 25x4mm; OBSTOJEČE
- spoji ozemljitev; OBSTOJEČE
- spoj ozemljitvene Cu vrvi (Cadweld)
- spoj ozemljitvene Cu vrvi in Cu zbirke ali valjanca, križna sponka valjanec/vodnik
- spoj odvoda strelododa na ozemljitev
- ozemljitvena zbiralka Cu 40x 5mm (vertikalna postavitev)
- ozemljitvena zbiralka Cu 40x 5mm (horizontalna postavitev)
- spoj kovinskih mas na ozemljitev (privijačeno ali privarjeno)

TLORIS TEMELJNE PLOŠČE

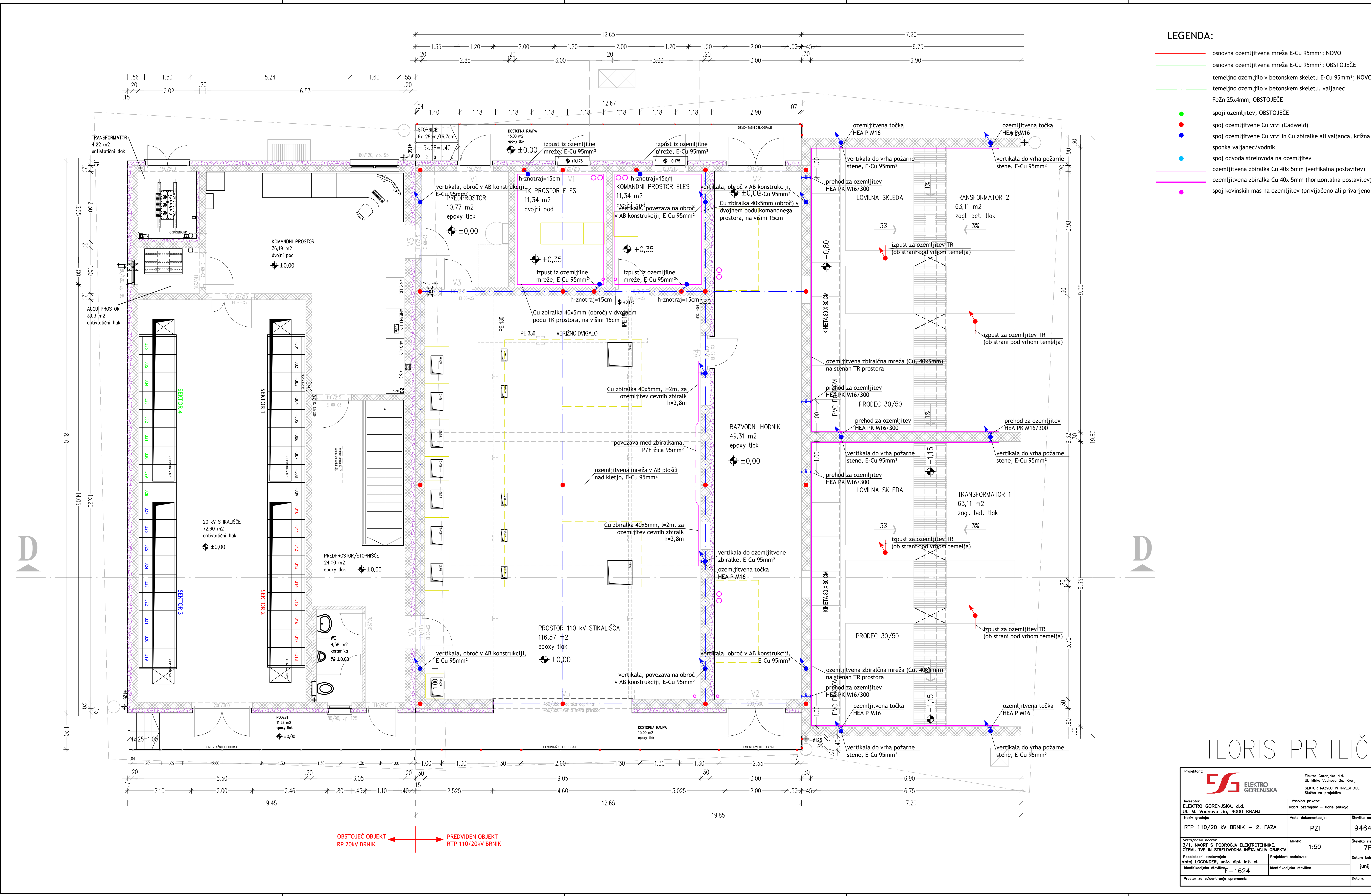
Projektant: ELEKTRO GORENJSKA		Elektro Gorenjska d.d. Ul. Minka Vodovca 3a, Kranj SEKTOR RAZVOJA IN INVESTICIJE Služba za projektivo	
Investitor ELEKTRO GORENJSKA, d.d. Ul. M. Vodnava 3a, 4000 KRANJ		Vsebina prikaza: Načrt ozemljičev – tloris temeljne plošče	
Naziv gradnje: RTP 110/20 kV BRNIK – 2. FAZA		Vrsta dokumentacije: PZI	Številka risbe: 9464-7E1
Vrsta/naziv risbe: 3/1. NAČRT S PODROČJA ELEKTROTEHNIKE, OZEMLJITVE IN STRELOVODNA INŠTALACIJA OBJEKTA		Merilo: 1:50	Številka risbe: 7E1.2
Pooblaščen strokovnjak: Matej LOGONDER, univ. dipl. inž. el. E-1624		Projektant sodelavec: Identifikacijska številka:	Datum izdelave risbe: junij 2026
Prostor za evidentiranje sprememb:		Datum:	



- LEGENDA:**
- osnovna ozemljitvena mreža E-Cu 95mm²; NOVO
 - osnovna ozemljitvena mreža E-Cu 95mm²; OBSTOJEČE
 - temeljno ozemljilo v betonskem skeletu E-Cu 95mm²; NOVO
 - temeljno ozemljilo v betonskem skeletu, valjanec FeZn 25x4mm; OBSTOJEČE
 - spoji ozemljitev; OBSTOJEČE
 - spoj ozemljitvene Cu vrvi (Cadmeweld)
 - spoj ozemljitvene Cu vrvi in Cu zbiralke ali valjanca, križna spunka valjanec/vodnik
 - spoj odvoda strelododa na ozemljitev
 - ozemljitvena zbiralka Cu 40x 5mm (vertikalna postavitev)
 - ozemljitvena zbiralka Cu 40x 5mm (horizontalna postavitev)
 - spoj kovinskih mas na ozemljitev (privijačeno ali privarjeno)

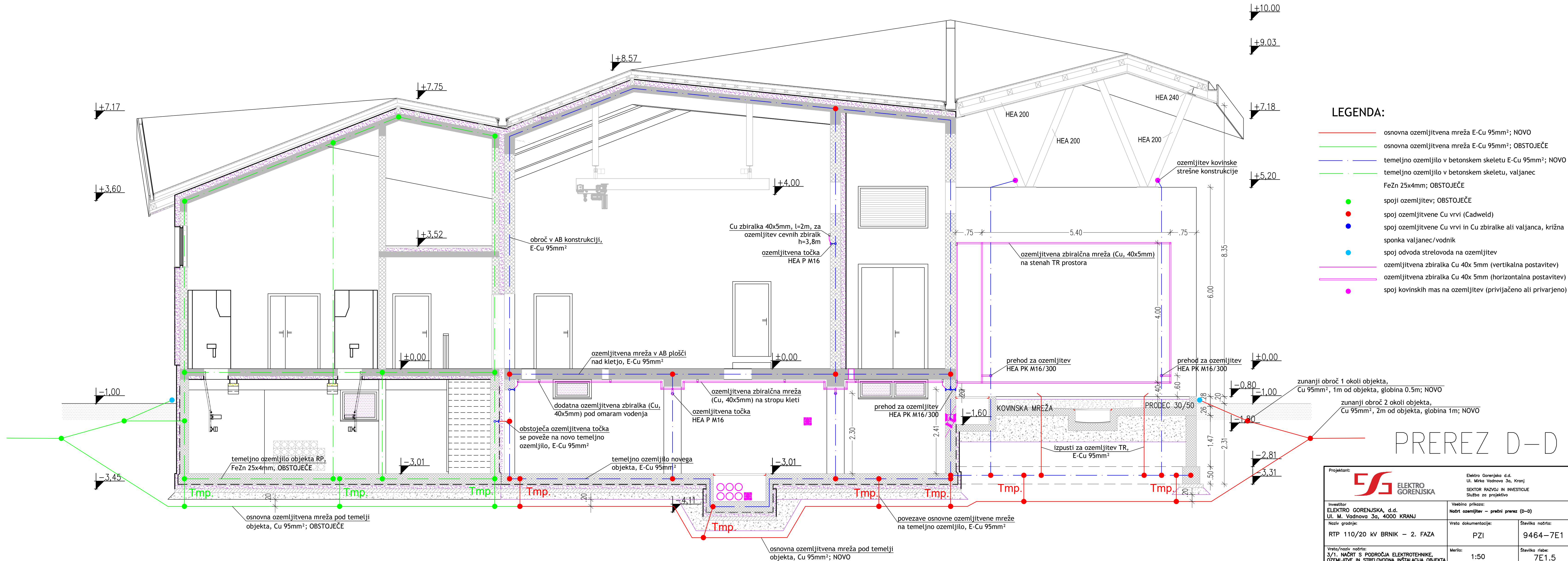
TLORIS KLETI

Projektant: ELEKTRO GORENJSKA		Elektro Gorenjska d.d. Ul. M. Vodenova 3a, 4000 Kranj SEKTOR RAZVOJA IN INVESTICIJ Služba za projektiranje	
Investitor: ELEKTRO GORENJSKA, d.d. Ul. M. Vodenova 3a, 4000 KRANJ	Vsebinski prikaz: Notrt ozemljitev - tloris kleti	Številka načrta: 9464-7E1	
Naziv gradnje: RTP 110/20 kV BRNIK - 2. FAZA	Vrsta dokumentacije: PZI	Številka risbe: 7E1.3	
Vrsta/naziv načrta: 3/1. NAČRT S PODROČJA ELEKTROTEHNIKE, OZEMLJITVE IN STRELOVODNA INŠTALACIJA OBJEKTA	Merilo: 1:50	Datum izdelave risbe: junij 2026	
Podpisani strokovnjak: Matej LOGONDER, univ. dipl. inž. el.	Projektant sodelavec:	Datum:	
Identifikacijsko število: E-1624	Identifikacijsko število:	Datum:	
Prostor za evidentiranje sprememb:		Datum:	



TLORIS PRITLIČJA

Investitor	ELEKTRO GORENJSKA	Vsebinski prikaz	Načrt ozemljitev - tloris pritličja
Naziv gradnje	RTP 110/20 kV BRNIK - 2. FAZA	Vrsta dokumentacije	PZI
Vrsta/naziv načrta	3/1. NAČRT S PODROČJA ELEKTROTEHNIKE, OZEMLJITVE IN STRELOVODNA INŠTALACIJA OBJEKTA	Merilo	1:50
Podoblastni strokovnjak	Matej LOGONDER, univ. dipl. inž. el.	Projektni sodelavec	
Identifikacijska številka	E-1624	Identifikacijska številka	
Proraz za evidentiranje sprememb		Datum	junij 2026



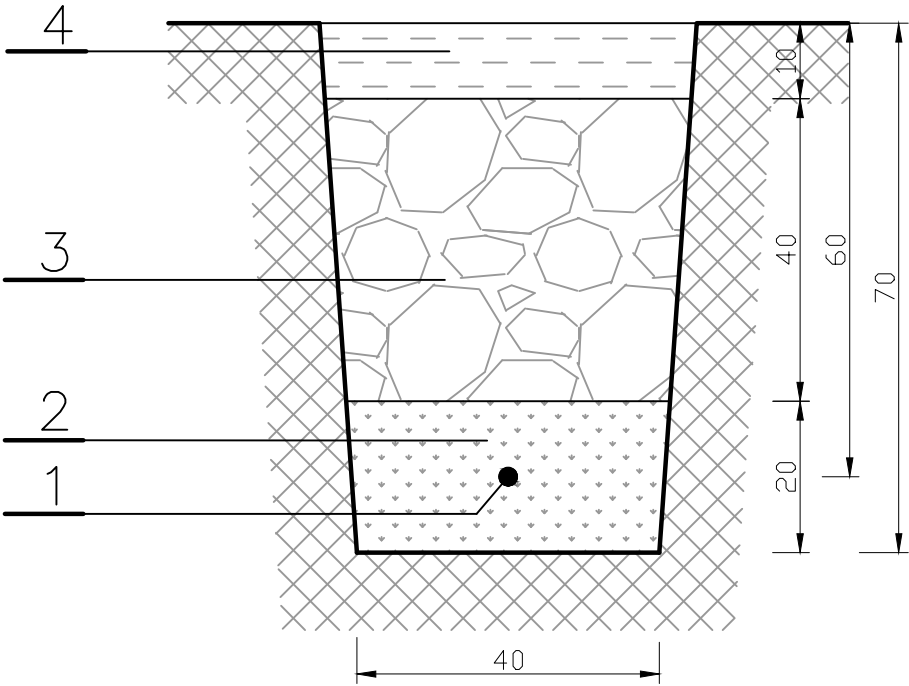
LEGENDA:

- osnovna ozemljitvena mreža E-Cu 95mm²; NOVO
- osnovna ozemljitvena mreža E-Cu 95mm²; OBSTOJEČE
- temeljno ozemljilo v betonskem skeletu E-Cu 95mm²; NOVO
- temeljno ozemljilo v betonskem skeletu, valjanec FeZn 25x4mm; OBSTOJEČE
- spoji ozemljitev; OBSTOJEČE
- spoj ozemljitvene Cu vrvi (Cadweld)
- spoj ozemljitvene Cu vrvi in Cu zbiralke ali valjanca, križna sponka valjanec/vodnik
- spoj odvoda strelovoda na ozemljitev
- ozemljitvena zbiralka Cu 40x 5mm (vertikalna postavitev)
- ozemljitvena zbiralka Cu 40x 5mm (horizontalna postavitev)
- spoj kovinskih mas na ozemljitev (privijačeno ali privarjeno)

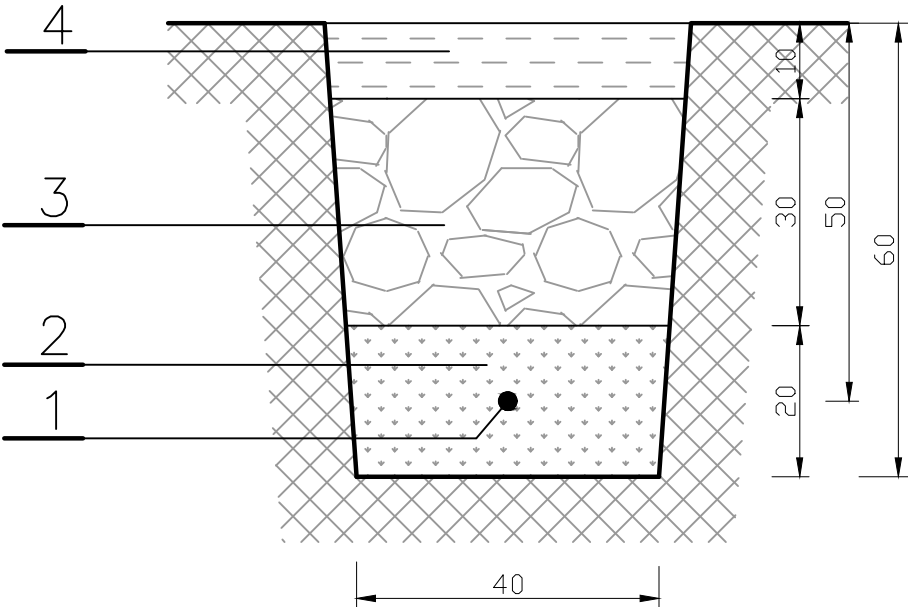
PREREZ D-D

Projektant:  ELEKTRO GORENJSKA		Elektro Gorenjska d.d. Ul. Mirka Vadnova 3a, Kranj SEKTOR RAZVOJ IN INVESTICIJE Služba za projektivo	
Investitor: ELEKTRO GORENJSKA, d.d. Ul. M. Vadnova 3a, 4000 KRANJ		Vsebinsko prikaza: Načrt ozemljitev – prečni prerez (D-D)	
Naziv gradnje: RTP 110/20 kV BRNIK – 2. FAZA		Vrsta dokumentacije: PZI	Številka načrta: 9464-7E1
Vrsta/naziv načrta: 3/1. NAČRT S PODROČJA ELEKTROTEHNIKE, OZEMLJITVE IN STRELOVODNA INŠTALACIJA OBJEKTA		Merilo: 1:50	Številka risbe: 7E1.5
Pooblaščen strokovnjak: Matej LOGONDER, univ. dipl. inž. el.		Projektant sodelavec:	Datum izdelave risbe:
Identifikacijska številka: E-1624		Identifikacijska številka:	junij 2026
Prostor za evidentiranje sprememb:			Datum:

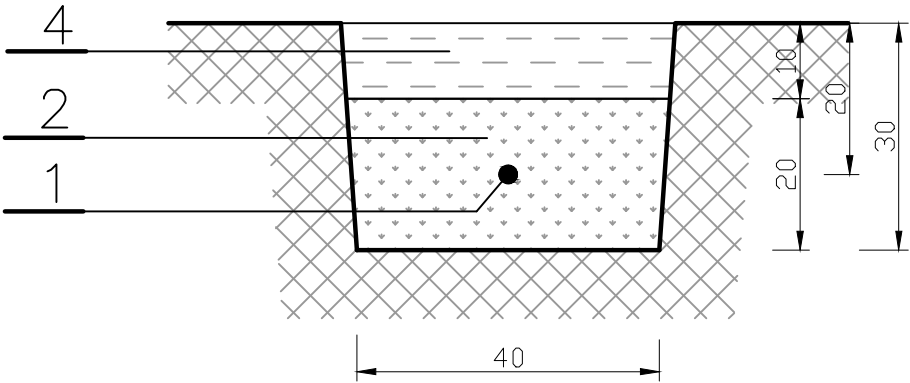
IZVEDBA JARKA ZA POLAGANJE
OZEMLJITVENEGA VODA NA GLOBINI 60cm



IZVEDBA JARKA ZA POLAGANJE
OZEMLJITVENEGA VODA NA GLOBINI 50cm



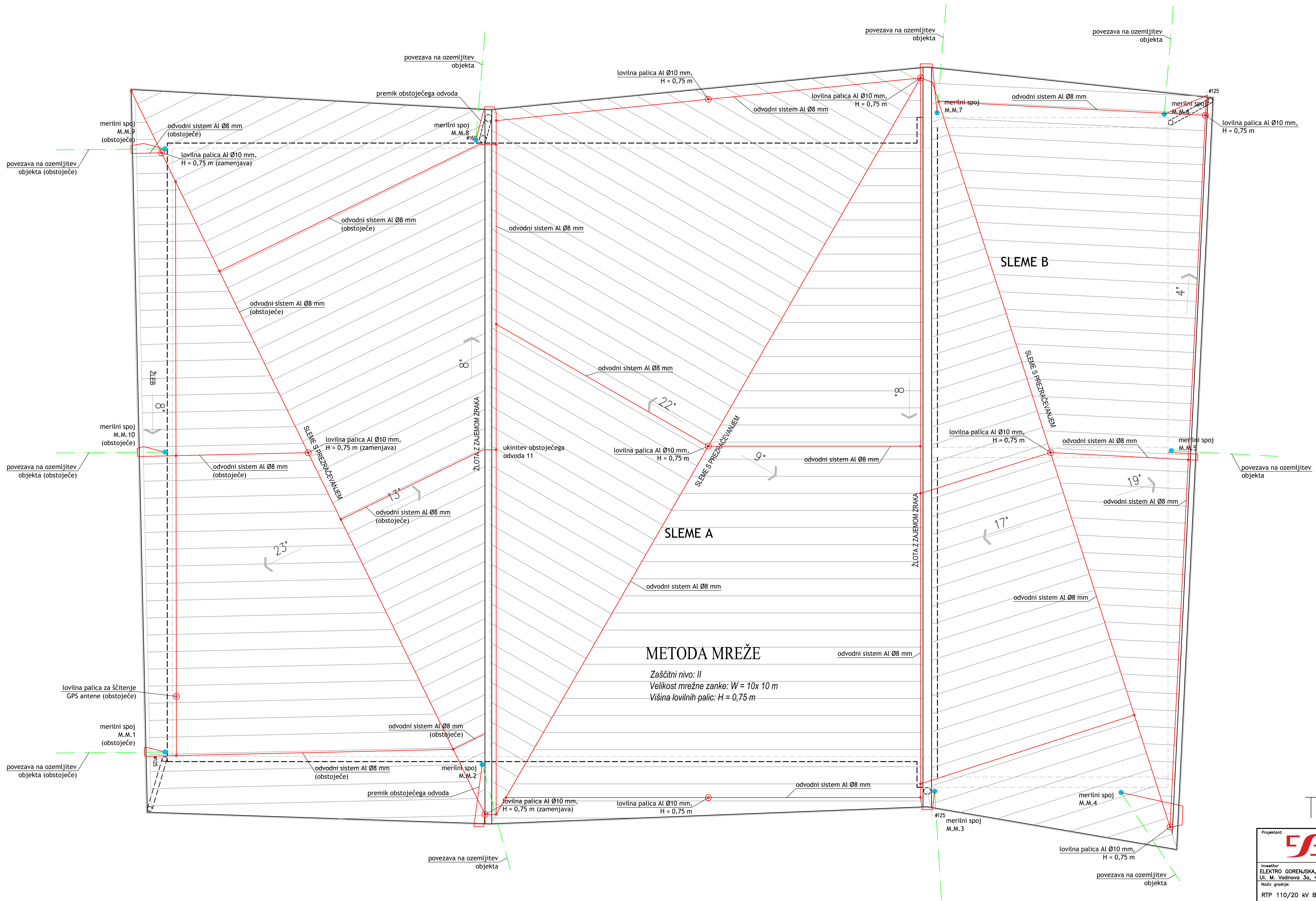
IZVEDBA JARKA ZA POLAGANJE
OZEMLJITVENEGA VODA NA GLOBINI 20cm



LEGENDA :

- ④ cestišče (asfalt, kocke) ali druge površine (humus)
- ③ zasip z izkopanim materialom
- ② zasip z izkopanim materialom ali pripeljanim materialom z nizko specifično upornostjo
- ① ozemljitvena vrv E-Cu 95mm²

Projektant:		 ELEKTRO GORENJSKA		Elektro Gorenjska d.d. Ul. Mirka Vadnova 3a, Kranj SEKTOR RAZVOJ IN INVESTICIJE Služba za projektivo	
Investitor ELEKTRO GORENJSKA, d.d. Ul. M. Vadnova 3a, 4000 KRANJ			Vsebina prikaza: Jarki za polaganje ozemljitvenega vodnika		
Naziv gradnje: RTP 110/20 kV BRNIK – 2. FAZA			Vrsta dokumentacije: PZI		Številka načrta: 9464–7E1
Vrsta/naziv načrta: 3/1. NAČRT S PODROČJA ELEKTROTEHNIKE, OZEMLJITVE IN STRELOVODNA INŠTALACIJA OBJEKTA			Merilo: 1:10		Številka risbe: 7E1.6
Pooblaščen strokovnjak: Matej LOGONDER, univ. dipl. inž. el.		Projektant sodelavec:		Datum izdelave risbe: junij 2026	
Identifikacijska številka: E–1624		Identifikacijska številka:			
Prostor za evidentiranje sprememb:				Datum:	



TLORIS STREHE

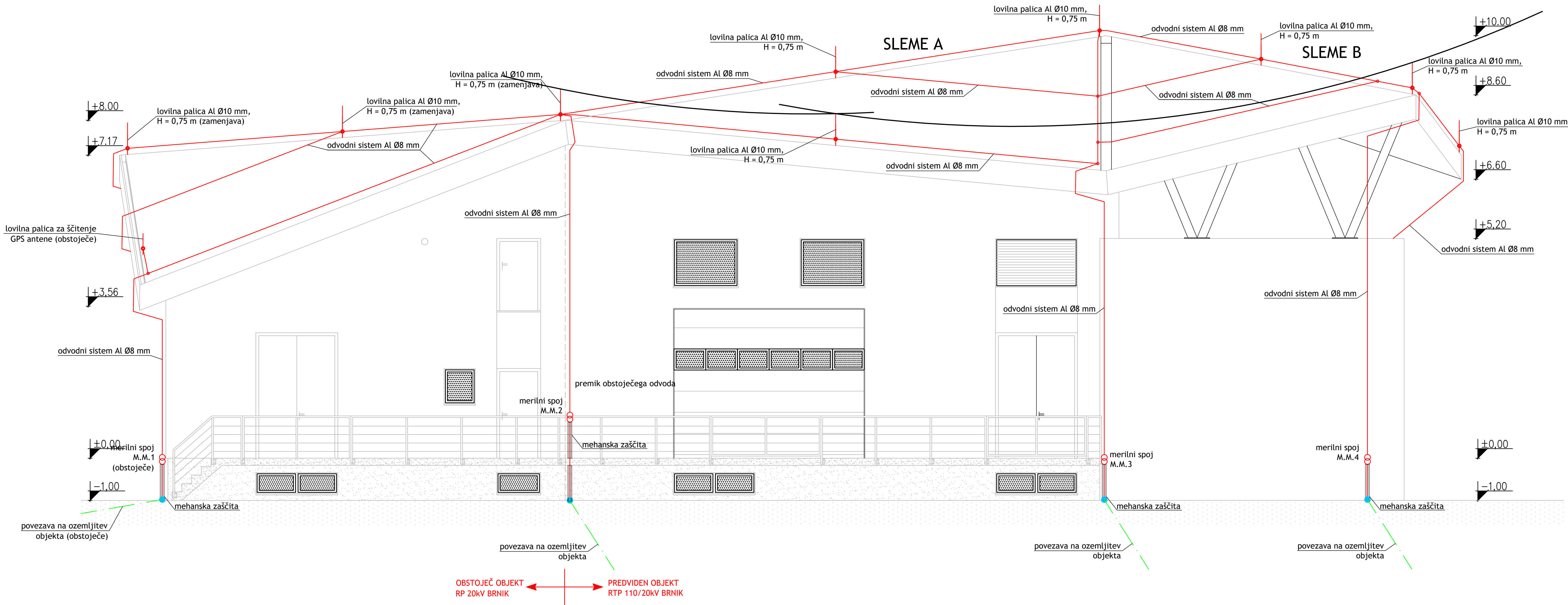
Projektant: ES ELEKTRO GORENJSKA		Elektro Gorenjska d.d. Ul. Mirova 3a, Kranj SEKTOR RAZVOJ IN INVESTICije Služba za projektivo	
Investitor: ELEKTRO GORENJSKA, d.d. Ul. Mirova 3a, 4000 KRANJ	Vsebina prikaza: Strešna zaščita objekta – tloris strehe	Številka načrta: 9464-7E1	
Naziv gradnje: RTP 110/20 kV BRNIK – 2. FAZA	Vrsta dokumentacije: PZI	Številka risbe: 7E1.7	
Vrsta/naziv načrta: 3/1. NAČRT S PODROČJA ELEKTROTEHNIKE, OZEMLJITVE IN STREŠNEGA INŠTALACIJA OBJEKTA	Merilo: 1:50	Datum izdelave risbe: junij 2026	
Problematični strokovnjak: Metja LOGONDER, univ. dipl. inž. el.	Projektant sodelavec: E-1624	Datum:	
Identifikacijska številka:		Prostor za evidentiranje sprememb:	

METODA MREŽE

Zaščitni nivo: II
Velikost mrežne zanke: W = 10x 10 m
Višina lovilnih palic: H = 0,75 m

METODA KOTALEČE KROGLE

Zaščitni nivo: II
Polmer kotaleče krogle: r = 30 m
Višina lovilnih palic: H = 0,75 m



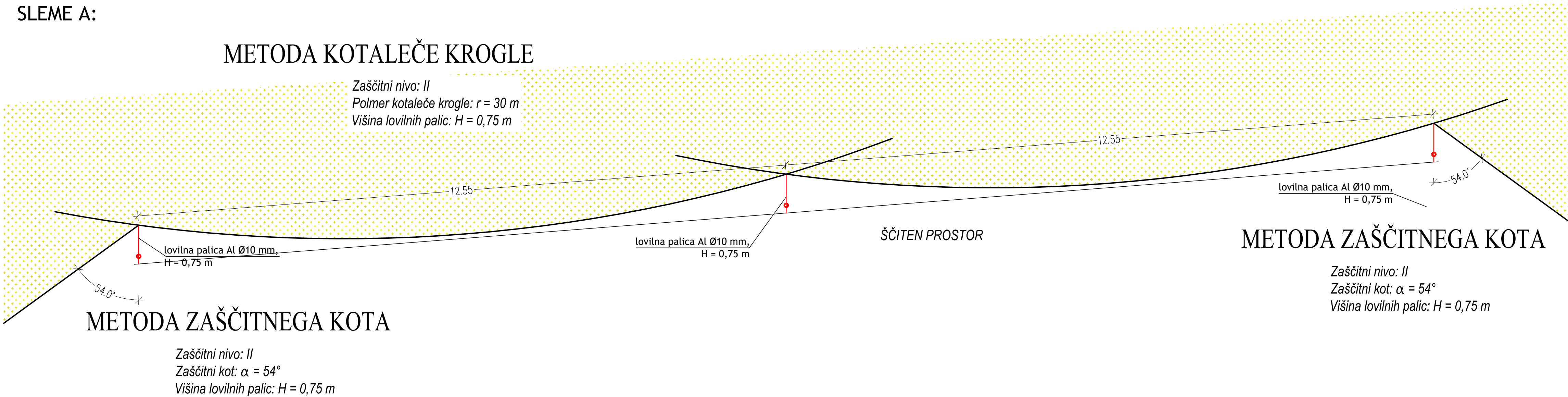
FASADA JV

Projektant: ELEKTRO GORENJSKA		Elektro Gorenjska d.d. Ul. Mirka Vadnova 3a, Kranj SEKTOR RAZVOJ IN INVESTICIJE Služba za projektivo	
Investitor ELEKTRO GORENJSKA, d.d. Ul. M. Vadnova 3a, 4000 KRANJ		Vsebina prikaza: Strelovodna zaščita objekta – jugovzhodna fasada	
Naziv gradnje: RTP 110/20 kV BRNIK – 2. FAZA		Vrsta dokumentacije: PZI	Številka načrta: 9464–7E1
Vrsta/naziv načrta: 3/1. NAČRT S PODROČJA ELEKTROTEHNIKE, OZEMLJITVE IN STRELOVODNA INŠTALACIJA OBJEKTA		Merilo: 1:50	Številka risbe: 7E1.8
Pooblaščen strokovnjak: Matej LOGONDER, univ. dipl. inž. el.	Projektant	sodelavec:	Datum izdelave risbe: junij 2026
Identifikacijska številka: E–1624	Identifikacijska številka:		Datum:
Prostor za evidentiranje sprememb:			

SLEME A:

METODA KOTALEČE KROGLE

Zaščitni nivo: II
Polmer kotaleče krogle: $r = 30\text{ m}$
Višina lovilnih palic: $H = 0,75\text{ m}$



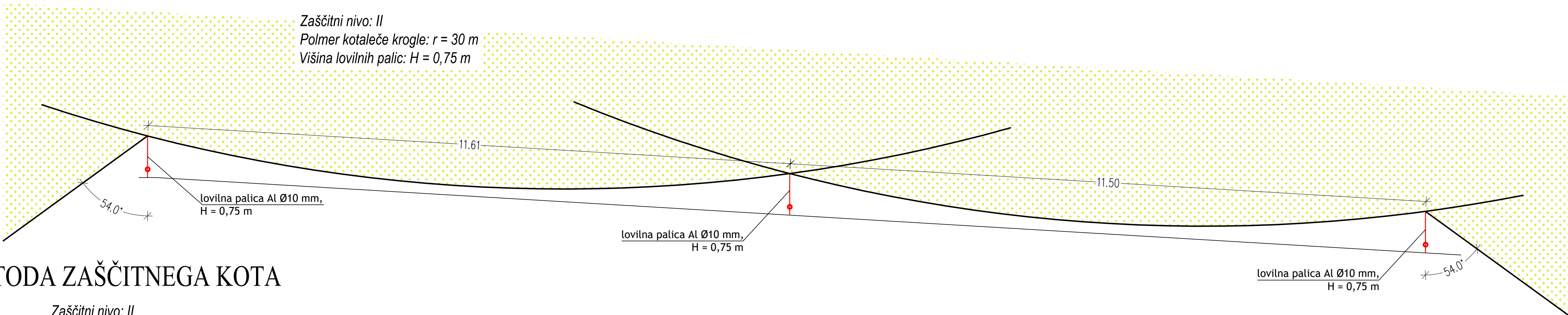
METODA ZAŠČITNEGA KOTA

Zaščitni nivo: II
Zaščitni kot: $\alpha = 54^\circ$
Višina lovilnih palic: $H = 0,75\text{ m}$

SLEME B:

METODA KOTALEČE KROGLE

Zaščitni nivo: II
Polmer kotaleče krogle: $r = 30\text{ m}$
Višina lovilnih palic: $H = 0,75\text{ m}$

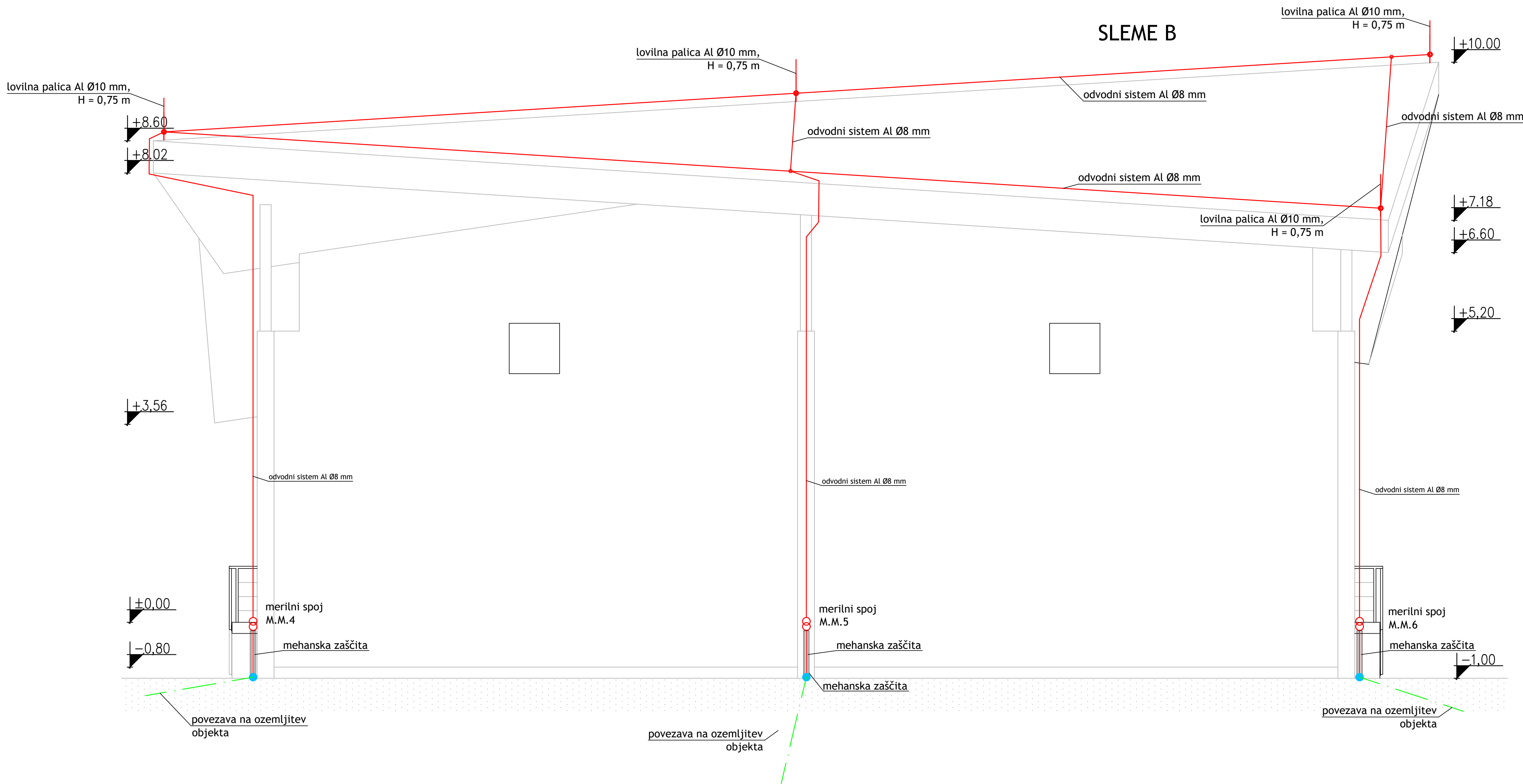


METODA ZAŠČITNEGA KOTA

Zaščitni nivo: II
Zaščitni kot: $\alpha = 54^\circ$
Višina lovilnih palic: $H = 0,75\text{ m}$

METODA ZAŠČITNEGA KOTA

Zaščitni nivo: II
Zaščitni kot: $\alpha = 54^\circ$
Višina lovilnih palic: $H = 0,75\text{ m}$



METODA MREŽE

Zaščitni nivo: II
Velikost mrežne zanke: $W = 10 \times 10\text{ m}$
Višina lovilnih palic: $H = 0,75\text{ m}$

FASADA SV

Projektant:		Elektro Gorenjska d.d. Ul. Minka Vodnava 3a, Kranj SEKTOR RAZVOJ IN INVESTICIJE Služba za projektivo	
Investitor:	ELEKTRO GORENJSKA, d.d. Ul. M. Vodnava 3a, 4000 KRANJ	Vsebina prikaza:	Strelovodna zaščita objekta – severovzhodna fasada
Naziv gradnje:	RTP 110/20 kV BRNIK – 2. FAZA	Vrsta dokumentacije:	PZI
Vrsta/naziv načrta:	3/1. NAČRT S PODROČJA ELEKTROTEHNIKE, OZEMLJIVJE IN STRELOVODNA INŠTALACIJA OBJEKTA	Merilo:	1:50
Pooblaščen strokovnjak:	Matej LOGONDER, univ. dipl. inž. el.	Projektant sodelavec:	
Identifikacijska številka:	E-1624	Identifikacijska številka:	
Prostor za evidentiranje sprememb:		Datum:	
		Datum:	

**POROČILO
O MERITVAH NA OZEMLITVENEM SISTEMU
RP 20 kV BRNIK**

Poročilo: VENO 4934

Ljubljana, marec 2024

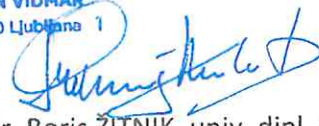
**POROČILO
O MERITVAH NA OZEMLJITVENEM SISTEMU
RP 20 kV BRNIK**

Poročilo: VENO 4934

Ljubljana, marec 2024

EIMV ELEKTROINŠTITUT
MILAN VIDMAR
Hajdrihova 2, SI-1000 Ljubljana 1

Direktor:


dr. Boris ŽITNIK, univ. dipl. inž. el.

Poročilo o meritvah na ozemljitvenem sistemu RP 20 kV Brnik, Strokovno poročilo. VENO 4934.
Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana, 2024.

Besedilo smo oblikovali z

- *Microsoft Word 2013, podjetja Microsoft Corporation,*
- *Microsoft Excel 2013, podjetja Microsoft Corporation.*

Za oblikovanje slik smo uporabili program:

- *MAP 2014, izdelovalca AutoDesk.*

Certifikati, dokazila, listine, odločbe, pooblastila:

- Certifikat ISO 9001:2015 in ISO 14001:2015 za razvojno-raziskovalno dejavnost, inženiring, svetovanje, strokovno ocenjevanje ter preskušanje na področju elektroenergetike in splošne energetike, številka certifikata 12 100/104 23886 TMS, veljaven do 26.01.2027.
- Pooblastilo po 108. členu Energetskega zakona, dopis št.: 311-29/2004, z dne 3.11.2004, Ministrstvo za okolje prostor in energijo.
- Pooblastilo za izvajanje prvih meritev in obratovalnega monitoringa za nizkofrekvenčne vire elektromagnetnega sevanja, številka pooblastila: 35435-5/2021-2, dne 17.03.2021, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje.
- Pooblastilo za izvajanje prvih meritev in obratovalnega monitoringa hrupa za vire hrupa, številka pooblastila: 35435-9/2021-2, dne 21.04.2021, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje.
- Pooblastilo za ocenjevanje hrupa z modelnim izračunom na podlagi računskih metod CNOSSOS za hrup cestnega prometa in industrijski hrup, številka pooblastila: 35435-10/2021-2, dne 6.5.2021, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje.
- Pooblastilo za ocenjevanja hrupa z modelnim izračunom na podlagi računske metode SIST ISO 9613-2, številka pooblastila: 35435-40/2018-3, dne 10.10.2018, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje.
- Pooblastilo za ocenjevanja hrupa z modelnim izračunom na podlagi računske metode NMPB-XPS 31-133, številka pooblastila: 35435-1/2020-2, dne 29.1.2020, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje.
- Pooblastilo/dovoljenje za delo za opravljanje strokovnih nalog varnosti pri delu na podlagi prvega odstavka 11. člena Pravilnika o dovoljenjih za opravljanje strokovnih nalog na področju varnosti pri delu (Ur. l. RS, št. 109/11, 36/14) ter prvega odstavka 13. člena Pravilnika o dovoljenjih za opravljanje strokovnih nalog na področju varnosti pri delu (Ur. l. RS, št. 2/17), številka dovoljenja 10200-50/2012/10, z dne 16.02.2017, Ministrstvo za delo, družino, socialne zadeve in enake možnosti.
- Odločba za ugotavljanje skladnosti proizvodov v skladu z 11. členom Pravilnika o elektromagnetni združljivosti (Ur. l. RS št.: 132/06), številka odločbe: 3201-3/2004-8, z dne 26.11.2007, Ministrstvo za gospodarstvo.
- Akreditirane postopke po zahtevah standarda SIST EN ISO/IEC 17025:2017, številka akreditacijske listine LP-063.

© Elektroinštitut Milan Vidmar 2024.

Vsebina poročila predstavlja izvirne podatke Laboratorija OVENO. Vse pravice so pridržane. Noben del tega poročila se ne sme razmnoževati, shranjevati v sistemu za shranjevanje podatkov ali prenašati v kakršnikoli obliki ali s kakršnimikoli sredstvi brez poprejšnjega pisnega dovoljenja Elektroinštituta Milan Vidmar.

Poročilo o meritvah na ozemljitvenem sistemu RP 20 kV Brnik, Strokovno poročilo. VENO 4934.
Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana, 2024.

Naslov: Poročilo o meritvah na ozemljitvenem sistemu RP 20 kV
Brnik

Oznaka poročila: VENO 4934

Naročilo: Pogodba št. NMV23-028 z dne 12.10.2023
Naročilo št. NMA23-04753-1 z dne 6.11.2023

Delovni nalog: 223677

Naročnik: ELEKTRO GORENJSKA, d.d.,
Ulica Mirka Vadnova 3a,
4000 Kranj

**Odgovorni
pri naročniku:** mag. Janez SMUKAVEC, univ. dipl. inž. el.

Odgovorni nosilec: dr. Primož HROBAT, univ. dipl. inž. el.

Naslov izvajalca: ELEKTROINŠTITUT MILAN VIDMAR
Inštitut za elektrogospodarstvo in elektroindustrijo,
Hajdrihova 2, 1000 Ljubljana

Meritve opravili: Igor BABIČ, dipl. inž. el.,
Boštjan ŠVIGELJ, dipl. inž. el.,
Jaka NARDIN, dipl. inž. el.

Poročilo izdelal: Igor BABIČ, dipl. inž. el.

Obseg poročila: VIII, 13 strani + 2 prilogi

Število izvodov: 5

Datum izdelave: marec 2024

Vodja oddelka:

dr. Primož HROBAT, univ. dipl. inž. el.

Poročilo o meritvah na ozemljitvenem sistemu RP 20 kV Brnik, Strokovno poročilo. VENO 4934.
Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana, 2024.

Poročilo o meritvah na ozemljitvenem sistemu RP 20 kV Brnik, Strokovno poročilo. VENO 4934.
Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana, 2024.

KAZALO

1. NALOGA	1
1.1 Predmet raziskave	1
1.2 Namen raziskav	1
2. PODATKI O OBJEKTU	3
2.1 Lokacija RP 20 kV Brnik	3
2.2 Ozemljitveni sistem	3
2.3 Redukcijski faktor 20 kV KB ekranov priključenih v RP 20 kV Brnik	3
2.4 Tok zemeljskega stika	3
2.5 Čas trajanja okvare ter dopustne vrednosti napetosti dotika	4
3. PODATKI O MERITVAH	5
3.1 Obseg meritev	5
3.2 Datum meritev in stanje tal	5
3.3 Merilna metoda	5
3.4 Merilni instrument	6
4. MERILNI REZULTATI	7
4.1 Ozemljitvena impedanca	7
5. ANALIZA MERILNIH REZULTATOV	9
5.1 Dvig ozemljitvene napetosti	9
6. OCENA OZEMLJITVENEGA SISTEMA	11
7. PRILOGE	13
Priloga 1:	Vezalna shema merilnega stika
Priloga 2:	Akreditirano poročilo o preskusu meritev ozemljitvene impedance

Poročilo o meritvah na ozemljitvenem sistemu RP 20 kV Brnik, Strokovno poročilo. VENO 4934.
Elektroinštitut Milan Vidmar, Ljubljana, 2024.

Seznam uporabljenih simbolov

$3I_0$	trikratni homopolarni tok voda
I_E	ozemljitveni tok ob zemeljskem stiku
I_{EM}	ozemljitveni tok pri meritvi
I_F	tok zemeljskega stika
I_{FMV}	mejna vrednost toka zemeljskega stika
I_M	izmerjeni preskusni tok
I_{TR}	tok, ki teče skozi ozemljitev nevtralne točke transformatorja
I_a	izmerjeni tok na prvi smeri (smer a)
I_b	izmerjeni tok na drugi smeri (smer b)
I_d	motilni tok na smeri 0
k	faktor za določitev dejanskih vrednosti napetosti dotika
r_E	rezultantni redukcijski faktor
r_M	redukcijski faktor voda proti oddaljenemu pomožnemu ozemljilu
R_v	vhodna upornost merilnega instrumenta
t_F	čas trajanja okvare
U_1	največja izmerjena napetost
U_2	najmanjša izmerjena napetost
U_a	izmerjena napetost pri preskusnem toku na prvi smeri (smer a)
U_b	izmerjena napetost pri preskusnem toku na drugi smeri (smer b), kjer je preskusni tok električno obrnjen za 180° glede na prvo smer (smer a)
U_d	motilna napetost (smer 0)
U_E	dvig potenciala zemlje – ozemljitvena napetost
U_{EM}	izmerjena napetost med ozemljitvenim sistemom in sondo v območju referenčne zemlje
U_M	preskusna napetost
U_S	napetost koraka
U_{SP}	dopustna napetost koraka
U_{VT}	napetost prostega teka dotikalnega tokokroga (največja možna napetost dotika)
U_T	napetost dotika
U_{TP}	dopustna napetost dotika
Z_E	ozemljitvena impedanca
f_M	preskusna frekvenca
γ	kot med tokom in napetostjo

Opomba: Analiza ozemljitvenega sistema je narejena z absolutnimi vrednostmi.

Seznam uporabljenih kratic

DV	daljnovid
KB	kabel
KBV	kablovod
MM	merilno mesto
RTP	razdelilna transformatorska postaja
TP	transformatorska postaja

Poročilo o meritvah na ozemljitvenem sistemu RP 20 kV Brnik, Strokovno poročilo. VENO 4934.
Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana, 2024.

POVZETEK

Poročilo vsebuje oceno ozemljitvenega sistema RP 20 kV Brnik, ki je podano na osnovi meritev impedance ozemljitvenega sistema.

Ključne besede: ozemljitveni sistem.

Poročilo o meritvah na ozemljitvenem sistemu RP 20 kV Brnik, Strokovno poročilo. VENO 4934.
Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana, 2024.

Poročilo o meritvah na ozemljitvenem sistemu RP 20 kV Brnik, Strokovno poročilo. VENO 4934.
Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana, 2024.

1. NALOGA

1.1 Predmet raziskave

Predmet raziskave je ozemljitveni sistem RP 20 kV Brnik.

1.2 Namen raziskav

Namen raziskav je ugotoviti ali ozemljitveni sistem RP 20 kV Brnik ustreza zahtevam, ki jih postavlja *Pravilnik o elektroenergetskih postrojih izmenične napetosti nad 1 kV (Uradni list RS, št. 63/16)*.

Poročilo o meritvah na ozemljitvenem sistemu RP 20 kV Brnik, Strokovno poročilo. VENO 4934.
Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana, 2024.

Poročilo o meritvah na ozemljitvenem sistemu RP 20 kV Brnik, Strokovno poročilo. VENO 4934. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana, 2024.

2. PODATKI O OBJEKTU

2.1 Lokacija RP 20 kV Brnik

RP 20 kV Brnik se nahaja na letališču Jožeta Pučnika.

2.2 Ozemljitveni sistem

Ozemljitveni sistem RP 20 kV Brnik sestavljajo:

1. raster iz bakrenih vodnikov položen znotraj ograje RP,
2. obroč za oblikovanje potenciala na zunanji strani ograje RP,
3. armature temeljev gradbenih objektov na območju RP,
4. prevodni in polprevodni ekrani SN kablov, ki so galvanjsko povezani na ozemljitveni sistem RP.

Na opisani ozemljitveni sistem so v skladu s predpisi priključene naslednje ozemljitve:

1. visokonapetostna zaščitna ozemljitev,
2. visokonapetostna obratovalna ozemljitev,
3. nizkonapetostna zaščitna ozemljitev,
4. nizkonapetostna obratovalna ozemljitev,
5. strelovodna ozemljitev,
6. funkcijske ozemljitve.

2.3 Redukcijski faktor 20 kV KB ekranov priključenih v RP 20 kV Brnik

Priključeni 20 kV KBV v RP Brnik so opremljeni s prevodnimi KB ekrani. Skupni redukcijski faktor r_E KB ekranov je:

$$r_E = 0,3$$

2.4 Tok zemeljskega stika

Razdelilna postaja RP 20 kV Brnik je priključena po 20 kV KBV na RTP 110/20 kV Primskovo, kjer 20 kV omrežje obratuje z indirektno ozemljeno nevtralno točko. Ozemljitev nevtralne točke je izvedena z nizko ohmskim uporom, tako da v primeru enofaznega zemeljskega stika znaša realna komponenta toka 150 A. Obsežno SN kabelsko omrežje temu prispeva še 185 A kapacitivne komponente toka. V RTP 110/20 kV Primskovo je zato na posameznem zvezdišču TR vgrajena kompenzacijska dušilka, ki za 200 A zmanjša velikost reaktivne komponente okvarnega toka. Tok zemeljskega stika v predmetnem 20 kV omrežju za najbolj neugodno obratovalno stanje znaša:

$$I_F = 151,0 \text{ A.}$$

Ozemljitveni tok ob enofaznem zemeljskem stiku je:

$$I_E = r_E \cdot I_F = 0,3 \cdot 151,0 \text{ A} = 45,3 \text{ A.}$$

2.5 Čas trajanja okvare ter dopustne vrednosti napetosti dotika

Po podatkih službe za zaščito je za predvideno stanje do leta 2029 čas trajanja okvare v primeru zemeljskega stika na 20 kV zbiralkah v RP Brnik 0,36 s. Dopustne vrednosti za napetosti dotika so po veljavnem Pravilniku:

$$U_d = 349 \text{ V},$$

kar pogojuje, da ozemljitvena upornost združenega ozemljila ozemljitvenega sistema RP 20 kV Brnik znaša največ:

$$Z_E \leq 2,31 \, \Omega$$

Pri ozemljitveni upornosti enaki ali nižji od navedene ni potrebno izvajati nobenih dodatnih meritev in ukrepov za znižanje potenciala.

V primeru višjih ozemljitvenih upornosti združenega ozemljila in kjer ni možno z dodatnimi ozemljitvami zniževati ozemljitvene upornosti zaradi zemljišča z visoko specifično upornostjo, je potrebno preveriti napetosti dotika na objektih, ki se napajajo iz omenjene RP in istočasno v naselju izvesti oblikovanje potenciala z ozemljitvijo dodatnih točk nevtralnega vodnika in za vsak nov objekt, ki se bo priključil na navedeno TP izvesti oblikovanje potenciala, da ne bi napetosti dotika presegale vrednosti določene s predpisi.

Poročilo o meritvah na ozemljitvenem sistemu RP 20 kV Brnik, Strokovno poročilo. VENO 4934. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana, 2024.

3. PODATKI O MERITVAH

3.1 Obseg meritev

V skladu s postavljenjo nalogo so bile na ozemljitvenem sistemu RP 20 kV Brnik opravljene meritve ozemljitvene impedance.

3.2 Datum meritev in stanje tal

Meritve smo izvajali dne 14. marca 2024. Vreme pred in med meritvami je bilo oblačno.

3.3 Merilna metoda

Meritve so bile izvedene po metodi toka in napetosti. Merilna shema opravljenega merilnega stika je prikazana v prilogi 1, pripadajoči podatki pa so naslednji:

- | | | |
|----|---|--|
| 1. | preskusna frekvenca vira | $f_M = 50 \text{ Hz}$ |
| 2. | preskusna napetost vira | $U_M = 230 \text{ V}$ |
| 3. | vir | TR LR; 20/0,4 kV; 160 kVA |
| 4. | napajalna točka merjenega ozemljila | ozem. zbiralka v KB prostoru;
(46°13'51,91" N in 14°27'40,8" E) |
| 5. | pomožno ozemljilo | RTP Primskovo |
| 6. | napajalni vod za pomožno ozemljilo | KBV 20 kV Brnik – Primskovo,
(2 vodnika) |
| 7. | redukcijski faktor voda proti oddaljenemu pomožnemu ozemljilu | $r_M = 1,0$ |
| 8. | napetostna merilna sonda | paličasto ozemljilo oddaljeno 870 m S-SV
(46°14'16,91" N in 14°28'27,58" E)
od RP 20 kV Brnik. |

3.4 Merilni instrument

Pri meritvah na ozemljitvenem sistemu je bil za merjenje napetosti in toka uporabljen naslednji merilni instrument:

- Digitalni osciloskop,
Proizvajalec Metrix,
Tip Scopix III, OX 7104,
inventarna št.: 6467,
s pripadajočo tokovno sondo
Probix,
Tip HX 0073.

Poročilo o meritvah na ozemljitvenem sistemu RP 20 kV Brnik, Strokovno poročilo. VENO 4934. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana, 2024.

4. MERILNI REZULTATI

4.1 Ozemljitvena impedanca

Rezultati meritev ozemljitvene impedance so zbrani v tabeli 3.

Tabela 3: Preskusni tok in izmerjena napetost

FFT	Napetost U_{EM} [V]	Tok I_a [A]	Kot med U_{EM} in I_M φ [°]
Vrednost	2,144	52,9	6
Negotovost	0,045	1,8	2,1

Vrednost ozemljitvene impedance Z_E pri upoštevanju redukcijskega faktorja voda proti pomožnemu ozemljilu $r_M = 1,0$ znaša:

$$Z_E = \frac{U_{EM}}{I_M} = \frac{U_{EM}}{r_M \cdot I_a} = 0,0405 \, \Omega.$$

Poročilo o meritvah na ozemljitvenem sistemu RP 20 kV Brnik, Strokovno poročilo. VENO 4934.
Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana, 2024.

Poročilo o meritvah na ozemljitvenem sistemu RP 20 kV Brnik, Strokovno poročilo. VENO 4934.
Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana, 2024.

5. ANALIZA MERILNIH REZULTATOV

5.1 Dvig ozemljitvene napetosti

Ozemljitvena napetost, ki se pojavi na ozemljitvenem sistemu RP Brnik pri zemeljskem stiku na 20 kV napetostnem nivoju bo znašala:

$$U_E = I_E \times Z_E = 45,3 \text{ A} \times 0,0405 \text{ } \Omega = 1,8 \text{ V}$$

Poročilo o meritvah na ozemljitvenem sistemu RP 20 kV Brnik, Strokovno poročilo. VENO 4934.
Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana, 2024.

Poročilo o meritvah na ozemljitvenem sistemu RP 20 kV Brnik, Strokovno poročilo. VENO 4934.
Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana, 2024.

6. OCENA OZEMLJITVENEGA SISTEMA

Na osnovi:

1. podatkov o višini toka enofaznega zemeljskega kratkega stika $3I_0$ (točka 2.4) in
2. podatkov o izklopnih časih okvare ter dopustnih napetostih dotika (točka 2.5, tabela 1)

**zaključimo,
da ozemljitveni sistem
RP 20 kV BRNIK**

U S T R E Z A

zahtevam:

*Pravilnika o elektroenergetskih postrojih izmenične napetosti nad 1 kV
(Uradni list RS, št. 63/16).*

Poročilo o meritvah na ozemljitvenem sistemu RP 20 kV Brnik, Strokovno poročilo. VENO 4934.
Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana, 2024.

Poročilo o meritvah na ozemljitvenem sistemu RP 20 kV Brnik, Strokovno poročilo. VENO 4934.
Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana, 2024.

7. PRILOGE

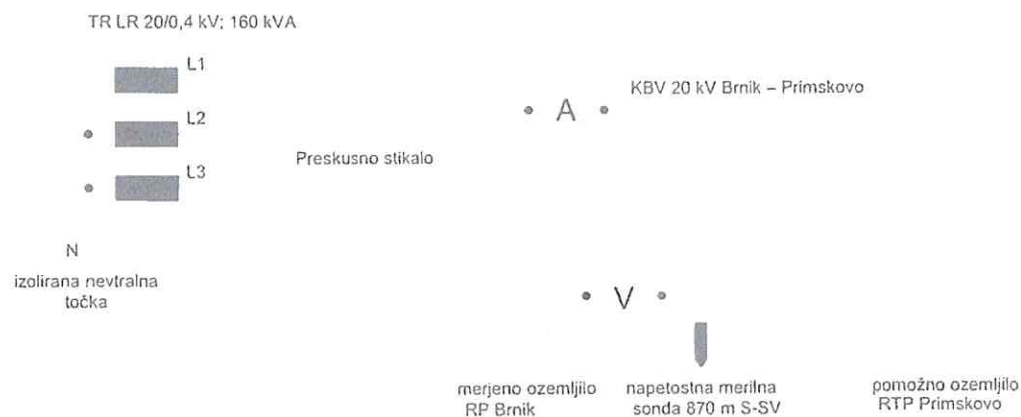
Priloga 1: Vezalna shema merilnega stika

Priloga 2: Akreditirano poročilo o preskusu meritev ozemljitvene impedance



Poročilo o meritvah na ozemljitvenem sistemu RP 20 kV Brnik, Strokovno poročilo. VENO 4934.
Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana, 2024.

VEZALNA SHEMA MERILNEGA STIKA





Poročilo o meritvah na ozemljitvenem sistemu RP 20 kV Brnik, Strokovno poročilo. VENO 4934.
Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana, 2024.



Poročilo o meritvah na ozemljitvenem sistemu RP 20 kV Brnik, Strokovno poročilo. VENO 4934.
Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana, 2024.

PRILOGA 2

AKREDITIRANO POROČILO O PRESKUSU MERITEV OZEMLJITVENE IMPEDANCE

Laboratorij OVENO

Hajdrihova 2, 1000 LJUBLJANA

POROČILO O PRESKUSU: MERITEV OZEMLJITVENE IMPEDANCE

Oznaka poročila:
VENO 4934/A

Datum izdelave poročila:
21. 3. 2024

Število strani:
4

OBJEKT

RP 20 kV Brnik

Naročnik:

ELEKTRO GORENJSKA, d.d.,
Ulica Mirka Vadnova 3a,
4000 Kranj

Naročilnica:

Pogodba št. NMV23-028 z dne 12.10.2023
Naročilo št. NMA23-04753-1 z dne 6.11.2023

Delovni nalog:

223677

Vrsta preskusa:

Meritev ozemljitvene impedance

Kraj preskusa:

RP 20 kV Brnik

Vodja meritev:

Igor BABIČ, dipl. inž. el.

Meritve opravili:

Igor BABIČ, dipl. inž. el.

Boštjan ŠVIGELJ, dipl. inž. el.

Žiga LONGAR, el. teh.

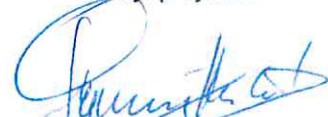
Poročilo izdelal:

Igor BABIČ, dipl. inž. el.

Predpisi oziroma standardi:

SIST EN 50522:2022, Ozemljitve elektroenergetskih postrojev, ki presegajo 1 kV izmenične napetosti.
modifikacija: OPA.6.OZ.

Vodja projekta:



dr. Primož HROBAT, univ. dipl. inž. el.

Tehnični vodja laboratorija:



mag. Tomaž ŽIVIC, univ. dipl. inž. el.

Vodja laboratorija:



dr. Primož HROBAT, univ. dipl. inž. el.

KAZALO

1	PODATKI O MERITVAH	3
1.1	Obseg meritev.....	3
1.2	Datum meritev.....	3
1.3	Podatki o merilnem stiku.....	3
1.4	Merilna oprema	3
1.5	Izvedba meritev in poročila	3
1.6	Pogoji okolja.....	3
2	MERILNI REZULTATI.....	4

SEZNAM SIMBOLOV

f_M	preskusna frekvenca
I_a	preskusni tok na smeri a
r_M	redukcijski faktor voda do pomožnega ozemljila
U_{EM}	ozemljitvena napetost med meritvijo
U_M	preskusna napetost
Z_E	ozemljitvena impedanca
γ	kot med tokom in napetostjo

SEZNAM KRATIC

DV	daljnovid
EEO	elektro energetska omrežje
KB	kabel
KBV	kablovod
MM	merilno mesto
MOFFT	računalniški program-metoda z osciloskopom-postopek s hitro Fourierjevo transformacijo (FFT)
RTP	razdelilna transformatorska postaja
RP	razdelilna postaja
TP	transformatorska postaja

1 PODATKI O MERITVAH

1.1 Obseg meritev

V skladu z naročilom je bila na ozemljitvenem sistemu opravljena meritev ozemljitvene impedance po akreditiranem postopku.

1.2 Datum meritev

Meritve smo opravili 14. 3. 2024.

1.3 Podatki o merilnem stiku

Meritev je bila izvedena po metodi toka in napetosti (SIST EN 50522:2022, L.2.b in modificirana v OPA.6.OZ.). Pripadajoči podatki merilnega stika so:

- | | | |
|----|---|---|
| 1. | preskusna frekvenca vira | $f_M = 50 \text{ Hz}$ |
| 2. | preskusna napetost vira | $U_M = 230 \text{ V}$ |
| 3. | napajanje preskusnega stika z | TR LR; 20/0,4 kV; 160 kVA |
| 4. | napajalna točka merjenega ozemljila | ozem. zbiralka v KB prostoru;
(46°13'51,91" N in 14°27'40,8" E) |
| 5. | pomožno ozemljilo | RTP Primskovo |
| 6. | napajalni vod za pomožno ozemljilo | KBV 20 kV Brnik – Primskovo,
(2 vodnika) |
| 7. | redukcijski faktor voda proti oddaljenemu pomožnemu ozemljilu | $r_M = 1,0$ |
| 8. | napetostna merilna sonda | paličasto ozemljilo oddaljeno 870 m
S- SV (46°14'16,91" N in
14°28'27,58" E) od RP 20 kV Brnik. |

1.4 Merilna oprema

Za merjenje napetosti in toka je bil uporabljen prenosni osciloskop Metrix, Scopix III, OX 7104, inventarna št.: 6467, s pripadajočo tokovno sondo Probix, Tip HX 0073.

1.5 Izvedba meritev in poročila

Pri izvedbi meritev in pri izdelavi poročila so bile upoštevane zahteve dokumentov OPA.6.OZ in NDA.6.OZ-MI.TR-AG.

1.6 Pogoji okolja

V času meritev je bila temperatura + 5°C, relativna zračna vlaga pa 79 % (izmerjeno z indikatorjem z oznako CP-OZ).

2 MERILNI REZULTATI

Iz posnetka vklopa preskusnega tokokroga z osciloskopom so bile eliminirane motilne napetosti in motilni tokovi po metodi z osciloskopom. Z računalniškim programom MOFFT smo iz posnetka izračunali ozemljitveno napetost med meritvijo (U_{EM}), preskusni tok na smeri a (I_a) in kot med ozemljitveno napetostjo in preskusnim tokom (γ).

Podrobneje je postopek opisan v OPA.6.OZ. Izračunane vrednosti U_{EM} , I_a , γ so v tabeli 1.

Negotovost rezultata je podana za faktor pokritosti $k = 2$ ($\pm 95\%$ verjetnost zaupanja).

Tabela 1: Izračunane vrednosti ($k=2$)

MOFFT	Napetost U_{EM} [V]	Tok I_a [A]	Kot med U_{EM} in I_M γ [°]
Vrednost	2,144	52,9	6
Negotovost	0,045	1,8	2,1

Vrednost ozemljitvene impedance Z_E (pri $k=2$) z upoštevanim r_M – redukcijskim faktorjem voda proti oddaljenemu pomožnemu ozemljilu – je:

$$Z_E = \frac{U_{EM}}{I_M} = \frac{U_{EM}}{r_M \cdot I_a} = (0,0405 \pm 0,0016) \Omega$$

KONEC AKREDITIRANEGA POROČILA O PRESKUSU!

POROČILO O MERJENJU SPECIFIČNE UPORNOSTI TAL

Dne 031.03.2017 se izvedlo merjenje specifične upornosti tal za potrebe izdelave projektne dokumentacije: "RTP 11'/20 kV Brnik" na v skici prikazani lokaciji.

Merilni inštrument in metoda

- merilni inštrument: Fluke 1625
- tov. št.: S104804360B4
- št. potrdila o skladnosti inštrumenta s predpisi: E17-007 z dne 9.1.2017
- merilna metoda : Wennerjeva

Rezultati meritev

Meritev	a (m)	1	2	3	4	5	6	8	10	12
Meritev 1	ρ (Ω m)	375	321	441	440	412	418	432	434	294***
Meritev 2	ρ (Ω m)	449*	330	277	292	305	320	357	0	415
Meritev 3**	ρ (Ω m)									
Meritev 4	ρ (Ω m)									
Meritev 5	ρ (Ω m)									
Meritev 6***	ρ (Ω m)									

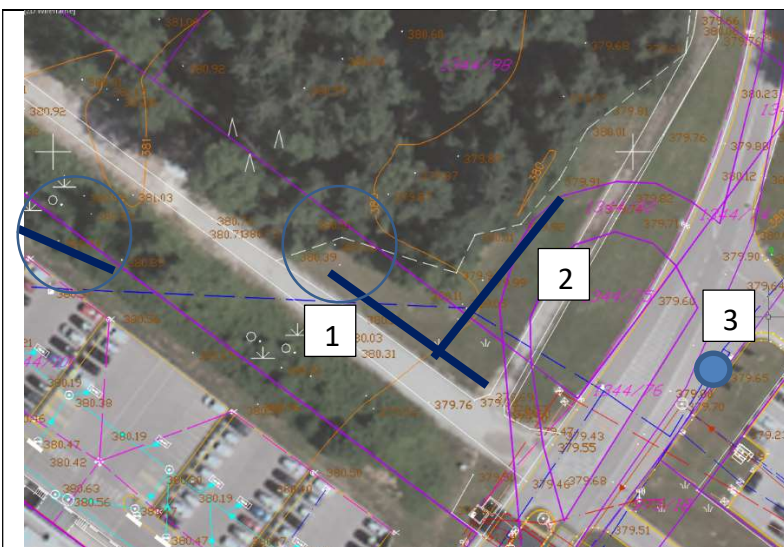
Stanje zemlje: suha

*nekaj spodaj, beton?, problem zabijanja sond

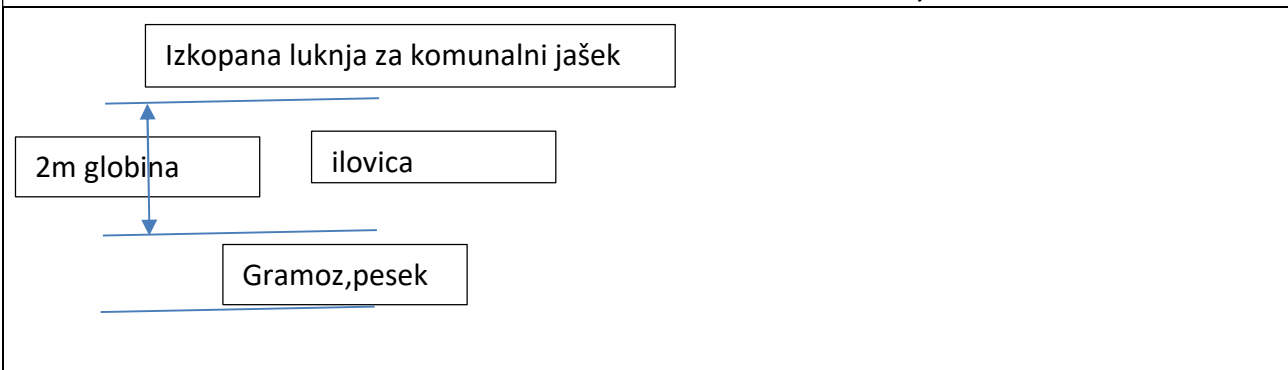
**-ogled strukture terena na bližnjem gradbišču

***-zadnja sonda na 13 m, ograja

Skica lokacij izvedenih meritev



Meritev 1, Meritev 2



Meritve izvedela
Mitja Rant, Borut Zemljarič



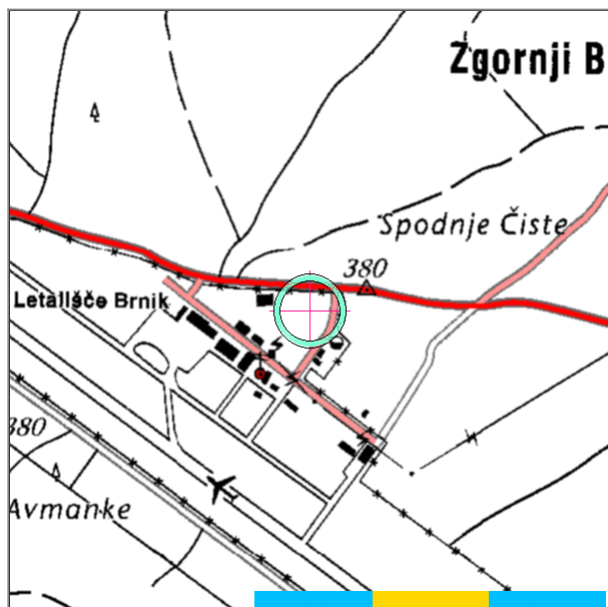
ELEKTROINŠTITUT
MILAN VIDMAR

Inštitut za elektrogospodarstvo in elektroindustrijo
Ljubljana

Poročilo o gostoti strel

Poročilo št.: SKAT-20260527-74500-49

Podatki o lokaciji poizvedbe



Izbrana lokacija:

Lambda-fi koordinate

Geografska širina - Latitude: 46.231294 °

Geografska dolžina - Longitude: 14.461249 °

Vrednost gostote strel (N_G):

1.06 n/km²/leto

Dodatek

1. Splošno o sistemu SCALAR

Leta 1998 je bil v Sloveniji vzpostavljen sistem za avtomatsko lokalizacijo atmosferskih razelektritev - SCALAR. Z njegovo pomočjo se zbirajo podatki o strelah med oblakom in zemljo na širšem območju Slovenije. V letu 2006 smo začeli sistem SCALAR nadgrajevati z modernejšimi senzorji, ki je postavljen pri kraju Bate na Banjški planoti, nato v letu 2008 smo postavili nov senzor v kraju Jelše na Krškem polju. Do danes smo sistem SCALAR razširili tudi na Hrvaškem, Bosni in Hercegovini, Srbiji in Črni Gori.



Lokacije senzorjev sistema SCALAR

Zabeležena strela ima več parametrov. Numerični podatki, ki jo definirajo so:

- časovna značka udara,
- zemljepisna širina in zemljepisna dolžina lokacije,
- amplituda toka v kA,
- število povratnih udarov,
- večja in manjša polos elipse napake,
- naklon elipse in
- parameter kakovosti.

Glavna parametra, ki govori o kakovosti sistema, sta točnost in učinkovitost detekcije strel. Sistem SCALAR zagotavlja točnost lokacij pod 250 m. Dejanska korelacija med izračunano lokacijo strele in znano lokacijo (dobi se jo s primerjavo posledic udarov v objekte in izpadov daljnovodov) pa nakazuje, da je dejansko odstopanje lokacij pod 150 m. Učinkovitost, ki govori, koliko strel, večjih od 5 kA, se detektira, je več kot 98- odstotna. Zaradi teh parametrov se sistem SCALAR uvršča med najboljše sisteme za lokalizacijo strel v svetu.

Več informacij o sistemu SCALAR dobite na spletni strani: <http://www.scalar.si>

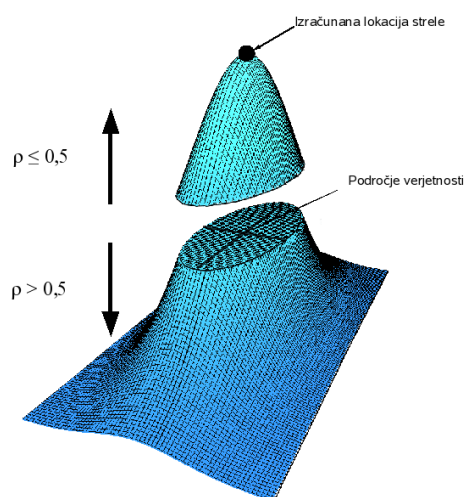
2. Karta gostote strel

Glavni pokazatelj nivoja ogroženosti pred atmosferskimi razelektritvami je gostota strel. Gostota strel predstavlja dolgoletno povprečno število atmosferskih razelektritev na nekem geografskem področju in se podaja s številom strel na km kvadrat na leto [strele/km²/leto].

Gostota strel se na ozemlju Slovenije giblje v zelo širokem področju od 0,6 - 1,1 strele/km²/leto v Prekmurju, 2,5 - 3,7 strele/km²/leto v ljubljanski kotlini, pa vse do 6,3 strele/km²/leto in več na Trnovski planoti. Predvsem zahodni del Slovenije je tudi v evropskem merilu izrazito ogrožen zaradi udarov strel.

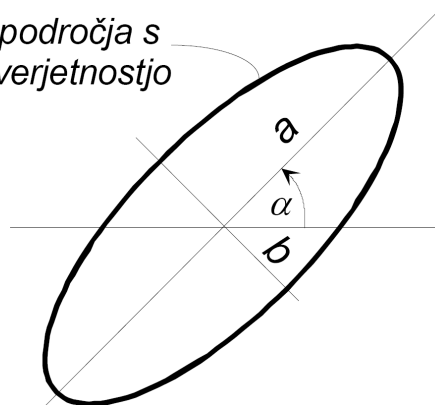
3. Izračun gostote strel po metodi z upoštevanjem elipse napake

Mesto udara strele je praviloma točkovni pojav (razen ko gre za viličasto strelo), vendar lahko sistem SCALAR določi le najverjetnejšo točko (koordinato) udara. Negotovost rezultata poda z elipso, ki ji pravimo elipsa napake. Elipsa napake je opisana z večjo in manjšo polosjo ter kotom nagiba. Predstavlja presek 3 dimenzionalne Gaussove ogrinjače, ki predstavlja naključne vplive v zasukanem ortogonalnem sistemu, ki se podrejajo normalni porazdelitvi. Manjši kot je raztros merilnih rezultatov v vsaki osi, manjši sta polosi in manjša je velikost elipse. Manjša površina elipse tako pomeni manjšo negotovost izračunane lokacije atmosferske razelektritve.



Ogrinjača verjetnosti lokacije

meja področja s
50% verjetnostjo



Elipsa napake z polosema a in b in nagibom α

Prehod za ozemljitev

S priključno sponko in križno sponko

HEA PK M16/300

Št. artikla: 1700031300, GTIN: 4052487136693



- **Patentirano varovalo proti vrtenju s posebnim obrisom kontaktne plošče**

Za z opazem poravnano vgradnjo v vodotesni beton. Na obojestranskem navoju v jedru vodnika je mogoče opraviti ozemljitvene priključke znotraj in zunaj. Z nastavkom s križno sponko lahko izvedete ozemljitveni priključek v steni.



Slika se lahko razlikuje od izbranega izdelka

Dejstva

Prednosti:

- Zatesnitev na beton z zaporo za vodo
- Obojestransko vodotesni priključni navoj (luknja)
- Odporno proti koroziji

Obseg dobave:

- Križna sponka za priključitev na armaturo/temeljno ozemljitev
- Zaščitni pokrovi s 4 luknjami za žeblje

Mere:

- Jedro vodnika: okroglo, Ø 25 mm
- Povezava s jedrom vodnika: navojni sornik M16
- Kontaktna plošča: Ø 72 mm

Področje uporabe:

- Vodotesni beton – razred obremenitve 1 in 2

Material:

- Jedro vodnika in kontaktne plošče: nerjavno jeklo V4A (AISI 316L)
- Povezava s jedrom vodnika: St37, pocinkano
- Zapora za vodo: NBR
- Zaščitni pokrovi: PE
- Priključna sponka s križno sponko: St37

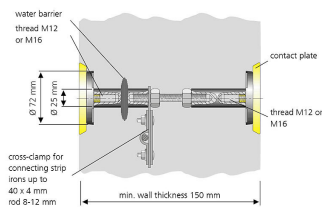
Preizkusi/standardi:

- DIN 18014
- DIN EN 62305-3
- VDE 0185-305-3 (za zaščito proti strelam)

Lastnosti

Debelina stene (mm): 300
Navojna priključitev: M16

Dimenzionirana risba



Slike



Ozemljitvena točka

S križno sponko

HEA P M16

Št. artikla: 1700100020, GTIN: 4052487044752



- **Patentirano varovalo proti vrtenju s posebnim obrisom kontaktne plošče**

Za ozemljitveni priključek s križno sponko za z opažem poravnano vgradnjo. Navoj v jedru vodnika omogoča izvedbo ozemljitvenega priključka.



Slika se lahko razlikuje od izbranega izdelka

Dejstva

Prednosti:

- Priključitev palic in valjancev v betonu
- Priključni navoj M12/M16 (luknja)
- Vodotesni priključni navoj (luknja)
- Odporno proti koroziji

Obseg dobave:

- Zaščitni pokrov s 4 luknjami za žeblice

Mere:

- Jedro vodnika: okroglo, Ø 25 mm
- Kontaktna plošča: Ø 72 mm
- Razdalja med kontaktno ploščo in križno sponko: 120 mm

Področje uporabe:

- Vodotesni beton – razred obremenitve 1 in 2

Material:

- Jedro vodnika in kontaktne plošče: nerjavno jeklo V4A (AISI 316L)
- Križna sponka 70 x 70 mm z navojnim sornikom: St 37 pocinkano
- Zaščitni pokrovi: PE

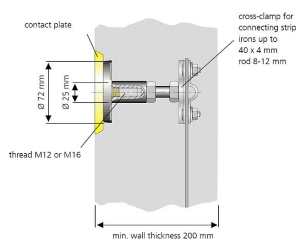
Preizkusi/standardi:

- Po DIN 18014
- DIN EN 62305-3
- VDE 0185-305-3 (za zaščito proti strelam)

Lastnosti

Navojna priključitev: M16

Dimenzionirana risba



Slike

