PRO-ELEKT d.o.o.
Projektiranje električnih inštalacij,
inženiring in tehnično svetovanje
Staničeva 41, 1000 Ljubljana
Tel: 0590-15-612

NASLOVNA STRAN NAČRTA

PODATKI O GRADNJI	
investitor	**GIMNAZIJA IN EKONOMSKA SREDNJA ŠOLA TRBOVLJE, GIMNAZIJSKA CESTA 10, 1420 TRBOVLJE**
naziv gradnje	**GESŠ TRBOVLJE - PRIZIDEK Z ZUNANJIM DVIGALOM, STOPNIŠČEM IN MEDETAŽO**
kratek opis gradnje	**Gradnja prizidka v namen rešitve odprave vertikalnih ovir znotraj same stavbe GESŠ . Istočasno se bo rešil tudi nov dostop, vhod v stavbo. Obstoječi vhod ima več višinskih ovir v obliki medetažnih stopnišč. Zagotoviti je bilo treba še možnost dovoza do novega glavnega vhoda. Obstoječe stopnišče z vhodno avlo bo ostalo nespremenjeno in bo služilo zahtevam po evakuaciji. Prizidek bo 2 etažen, dvigalo bo imelo 6 vstopnih postaj.**
vrste gradnje	**NOVOGRADNJA - PRIZIDAVA**
PODATKI O PROJEKTNI DOKUMENTACIJI	
vrsta dokumentacije	**PZI (projektna dokumentacija za izvedbo gradnje)**
številka projekta	**240066**
PODATKI O NAČRTU	
strokovno področje načrta	**3/I NAČRT ELEKTROTEHNIKE**
številka načrta	**PE27/24-15**
datum izdelave	**FEBRUAR 2025**
PODATKI O PROJEKTANTU NAČRTA	
projektant (naziv družbe)	**PRO-ELEKT d.o.o.**
naslov	**Staničeva ulica 41, 1000 Ljubljana**
odgovorna oseba projektanta	**BOJAN KRALJ, dipl. or. man.**
podpis odgovorne osebe projektanta načrta	PRO-ELEKT d.o.o.
PODATKI O IZDELOVALCU NAČRTA	
ime in priimek pooblaščenega arhitekta, pooblaščenega inženirja	**JANEZ TOMŠE, dipl. inž. el.**
identifikacijska številka	**IZS E-1959**
podpis pooblaščenega arhitekta, pooblaščenega inženirja	JANEZ TOMŠE dipl.inž.el. IZS E-1959

PRO-ELEKT d.o.o.
Projektiranje električnih inštalacij,
inženiring in tehnično svetovanje
Staničeva 41, 1000 Ljubljana
Tel: 0590-15-612

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

PROJEKTANT NAČRTA	
projektant načrta (naziv družbe)	**PRO-ELEKT d.o.o.**
naslov	**Staničeva ulica 41, 1000 Ljubljana**
odgovorna oseba projektanta načrta	**BOJAN KRALJ, dipl. or. man.**

IN POOBLAŠČENI STROKOVNJAK, KI JE IZDELAL NAČRT	
pooblaščeni strokovnjak	**JANEZ TOMŠE, dipl. inž. el.**

IZJAVLJAVA:

da načrt

vrsta dokumentacije	**PZI**
strokovno področje načrta	**PODROČJE ELEKTROTEHNIKE**
naziv načrta	**3/I NAČRT ELEKTROTEHNIKE**
številka načrta	**PE27/24-15**
datum izdelave	**FEBRUAR 2025**

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

pooblaščeni strokovnjak	**JANEZ TOMŠE, dipl. inž. el.**
identifikacijska številka	**IZS E-1959**
podpis pooblaščenega strokovnjaka	JANEZ TOMŠE dipl.inž.el. IZS E-1959
odgovorna oseba projektanta načrta	**BOJAN KRALJ, dipl. or. man.**
podpis odgovorne osebe projektanta načrta	PRO-ELEKT d.o.o.

2. KAZALO VSEBINE NAČRTA

1. **Naslovna stran načrta**
2. **Kazalo vsebine načrta**
3. **Tehnično poročilo**

I. POGLAVJE
- Podatki za Elektro distributerja

II. POGLAVJE
- Tehnično poročilo

III. POGLAVJE
- Popis materiala in rekapitulacija stroškov

4. Risbe

Št. strani	Oznaka risbe	Merilo
L1	Tloris kleti	M 1:100
L2	Tloris pritličja	M 1:50
L3	Tloris medetaže	M 1:50
L4	Tloris strehe	M 1:100
L5	Enopolna shema razdelilnika električnih inštalacij GRB	-
L6	Enopolna shema razdelilnika električnih inštalacij Rpr	-
L7	Enopolna shema razdelilnika električnih inštalacij Rme	-
L8	Shema komunikacijskega vozlišča	-
L9	Shema zasilne razsvetljave	-
L10	Shema požarnega javljanja	-
L11	Tloris temeljev - ozemljitev	M 1:100
L12	Tloris strehe - strelovodna inštalacija	M 1:100

5. Priloge

Št. priloge	Oznaka priloge	Merilo
P1	Glavno izenačevanje potenciala	-
P2	Dodatno izenačevanje potenciala	-

PODATKI ZA ELEKTRO DISTRIBUTERJA

Celotni objekt ima na razpolago 43 kW priključne moči, največja trenutna obremenitev znaša 30 kW.
Zaradi predvidenega prizidka se trenutna moč poveča za 10 kW. Trenutna priključna moč in varovalke se ohranijo:

P = 43 kW

Velikost priključnih varovalk v PMO:

1 x 3 x 63A

V tej fazi se ne predvideva povečava zakupljene priključne moči ter varovalke.

Za priklop nadaljnjih porabnikov je potrebno zaprositi za povečavo priključne moči oziroma pridobiti soglasje za priključitev distributerja elektro energetskega sistema in upoštevati podane zahteve.

TEHNIČNO POROČILO

I. Električne inštalacije

1.1 Splošno

Načrt je izdelan skladno s/z:

- Gradbenim zakonom (GZ-1, Ur. list RS, št.199/21,105/22–ZZNŠPP,133/23 in 85/24-ZAID-A)
- Pravilnikom o podrobnejši vsebini projektne dokumentacije (Ur. list RS, št. 30/23)
- Pravilnik o požarni varnosti v stavbah (Ur. list RS, št. 31/04, 10/05, 83/05, 14/07 in 12/13)
  ter pripadajoče tehnične smernice **TSG-1-001:2019**
- Pravilnika o zahtevah za nizkonapetostne električne inštalacije v stavbah (Ur. l. RS, št. 140/21) ter pripadajoče tehnične smernice **TSG-N-002:2021**
- Pravilnika o zaščiti stavb pred delovanjem strele (Ur. list RS, št. 140/21)
  ter pripadajoče tehnične smernice **TSG-N-003:2021**
- Pravilnika o učinkoviti rabi energije v stavbah (Ur. l. RS, št. 52/10,61/17,199/21)
  ter pripadajoče tehnične smernice **TSG-N-004:2010**

Inštalacije morajo biti izvedene skladno z navedenim pravilniki in tehničnimi smernicami.

V načrtu so upoštevane zahteve z načrta požarne študije, katero je izdelalo podjetje CIP d.o.o. št.: NPV.2275/2025, februar 2025.

Projekt je izdelan na osnovi arhitekturnih načrtov, razgovorov s predstavnikom investitorja, podatkov projektanta strojnih inštalacij ter veljavnih standardov in tehničnih predpisov.

Predviden je TN-S sistem električne inštalacije kot zaščitni ukrep pred nevarno napetostjo dotika.

1.2 Meritve kWh

Za obravnavani prizidek je predvidena že obstoječa meritev električne energije v kabelski omarici PMO. Celotni objekt ima na razpolago 43 kW priključne moči, največja trenutna obremenitev znaša 30 kW.
Po predvidenem projektu se trenutna moč poveča za 10 kW. V tej fazi se ne predvideva povečava zakupljene priključne moči ter varovalke, te ostanejo 3x63A.
Za priklop nadaljnjih porabnikov je potrebno zaprositi za povečavo priključne moči oziroma pridobiti soglasje za priključitev distributerja elektro energetskega sistema in upoštevati podane zahteve.

1.3 Napajanje prizidanih prostorov

Predviden prizidek zajema v pritličju novo vhodno avlo z dvigalom. V medetaži so nad vhodno avlo predvidene garderobe in dve pisarni. Električni porabniki v dograjenih prostorih se bodo napajali iz novo predvidenih ločenih etažnih razdelilnikov, Rpr ter Rme. Nova razdelilnika se električno priključujeta na obstoječi glavni razdelilnik.

Dimenzije tokokrogov in njihovo varovanje je razvidno iz stikalnih načrtov.

Vsak razdelilnik mora biti označen z napisnimi tablicami:
- ime razdelilnika,
- proizvajalec,
- sistem ozemljitve (TN-S),
- nazivna napetost in frekvenca.

Vsi elementi v posameznem razdelilniku morajo biti označeni skladno z vezalno shemo pripadajočega razdelilnika, katera mora biti nameščena na notranji strani vrat. Proizvajalec razdelilnika mora izdati ustrezne ateste z navedbo opravljenih preizkusov in meritev.

1.4 Izvedba električnih inštalacij

Inštalacija je predvidena s kabli ustreznih tipov in dimenzij, vse razreda **C_{ca} s1d2a1**, v podometni izvedbi v ceveh v ometu oziroma betonu, v medstropovju na kabelskih policah, delno v izolirnih ceveh na distančnih objemkah ter nadometno v NIK kanalih. Pri izvajanju inštalacij je potrebno paziti na predpisane odmike od ostalih inštalacij in razmak med električnimi in telekomunikacijskimi inštalacijami:

- pri paralelnem vodenju električnih in telekomunikacijskih inštalacij je minimalen razmak 20 cm,
- pri križanju električnih in telekomunikacijskih inštalacij je dovoljen minimalen pravokoten razmak 3 cm ter
- odmik svetil z žarilno nitko od lesenih delov najmanj 25 mm.

Zahteve za kable: UPOŠTEVATI AKTUALNI NAČRT POŽARNE VARNOSTI.

V vseh novo predvidenih prostorih obravnavanega prizidka morajo vgrajeni kabli ustrezati razredu **C_{ca} s1d2a1**.

1.5 Izvedba priključnih mest in prižiganje
(če ni drugače označeno)

- Vtičnice na višini 0,3 m od tal ter nad delovnimi površinami 1,2;
- Parapetni kanal 0,65 m od tal (zg. rob)
- Stikala 1,2 m od tal;
- Priključki za tehnološke porabnike, ter porabnike ostalih inštalacij priključenih na električno inštalacijo, se izvedejo v skladu z zahtevami teh naprav in mora izvajalec elektroinštalacij izdelati, le te v skladu z zahtevami ostalih izvajalcev.

1.6 Izvedba razsvetljave

Splošna razsvetljava je v celoti predvidena z LED svetlobnimi viri. V prostorih s povišano vlago je potrebno izbrati svetilke z ustrezno zaščito IP.
Prižiganje v pritličju je predvideno preko DALI vmesnika (lociranega na DIN letvi razdelilnika Rpr) ter PIR senzorjev prisotnosti. V medetaži so predvidene svetilke s prižiganjem preko PIR senzorjev prisotnosti, v pisarnah preko klasičnih stikal.
Zunaj je predvidena razsvetljava s stalnim vklopom ponoči oziroma preko luxomata.

1.7 Zasilna razsvetljava

V objektu je predvidena zasilna razsvetljava, ki v primeru izpada električne energije označuje evakuacijsko pot iz objekta. Zasilne svetilke so predvidene še nad vsemi gasilnimi sredstvi in razdelilniki električnih inštalacij. Ob izpadu električnega omrežja se mora varnostna razsvetljava avtomatično preklopiti v času, ki ni daljši od 3 sekund. Po evakuacijskih površinah je minimalna osvetlitev 1 lx. Razdelilniki in gasilna sredstva so osvetljeni z E_{min} = 5lx.
Zasilna razsvetljava je predvidena s svetilkami z lastnim baterijskim napajanjem in v trajnem spoju. Izvedba inštalacije je predvidena s kablom NHXMH 3x1,5mm^2, razreda **C_{ca} s1d2a1**.
Zasilna razsvetljava je predvidena in jo je potrebno izvesti v skladu s SIST EN 1838, SIST EN50171, SIST EN60598-2-22 in SIST 1013.

1.8 Prenapetostna zaščita

V priključni merilni omarici je obstoječa prenapetostna zaščita stopnje B z ustreznim predvarovanjem. V posameznih etažnih razdelilnikih so predvideni prenapetostni odvodniki stopnje C.

II. Telekomunikacije

2.1 Splošno

Telekomunikacijska inštalacija se povezuje v obstoječo komunikacijsko vozlišče, ki se nahaja v strežniški sobi, v kleti obstoječega objekta. V njem je predviden nov priključni panel za zaključevanje novih kablov UTP Cat. 6A iz obravnavanega prizidka. Obstoječi TK distribucijski vodi se ne spreminjajo.

2.2 Podatkovna inštalacija

V pisarnah so predvidene dvojne podatkovne vtičnice v parapetnem kanalu oziroma talni dozi. Inštalacija je predvidena s kablom UTP Category 6A LSHZ, razreda **C_{ca} s1d2a1**, v izolirnih ceveh ø16 mm v ometu oziroma betonu ter v medstropovju na kabelskih policah, delno v izolirnih ceveh na distančnih objemkah.

2.3 Požarno javljanje

V obravnavanem prizidku je predvideno avtomatsko odkrivanje in javljanje požara. Predvideni so adresni optični javljalniki dima v vseh novih prostorih. Pri izhodih iz prizidka posameznih etaž ter na poti evakuacije so predvidene tipke za ročni vklop. Alarmiranje je predvideno preko alarmnih siren. Požarna centrala je predvidena v obstoječem delu telovadnice, poleg glavnega razdelilnika GRB.Požarna centrala krmili:

- vklop alarmiranja preko siren,
- prenos na stalno zasedeno delovno mesto (24/7),
- odpiranje avtomatskih drsnih vrat na evakuacijskih poteh,
- izklop sistema prezračevanja ter
- krmiljenje dvigala.

Inštalacija požarnega javljanja je predvidena s kablom J-H(St) BMK LSHZ 1x2x1mm^2 E30 (rdeč-ognjevaren), napajalni tokokrog požarnih siren pa s kablom NHXCH E30 2x1,5mm^2, vse razreda **C_{ca} s1d2a1**.
Javljanje intervencijskim enotam opravi centrala po alarmu druge stopnje. Med alarmom prve in druge stopnje je časovni zamik od **1 do 3 minute**, kar omogoča kontrolo morebitnega lažnega signala. V primeru aktiviranja ročnega javljalca preide signal takoj k intervencijski enoti. V primeru aktiviranja ročnega javljalca preide signal na centrali v alarm druge stopnje. V primeru požara mora biti možno alarmiranje tudi preko telefona. V objektu mora biti izveden sistem alarmiranja (sirena oziroma ozvočenje), ki omogoča takojšnje obveščanje obiskovalcev, da je v objektu oziroma v prostoru prišlo do požara in da naj takoj zapustijo objekt oziroma prostor.

2.4 SOS - WC invalidi

Na WC-ju - invalid je predvidena SOS signalizacija. Pri školjki je predvidena potezna SOS tipka, ki je povezana s centralo, predvideno nad vrati pred sanitarijami (svetlobni indikator). Povezava je predvidena s kablom LiHCH 3x0,5mm^2. Dodatno je predvidena oddaljena naprava s svetlobno indikacijo v tajništvu. Za to je predvidena povezava s kablom LiHCH 2x0,5mm^2. Centrala se stalno napaja preko napajalnega kabla NHXMH 3x1,5mm^2. Vsa inštalacija je predvidena razreda **C_{ca} s1d2a1**, v izolirnih ceveh ø16 mm v ometu oziroma betonu ter v medstropovju na kabelskih policah, delno v izolirnih ceveh na distančnih objemkah.

III. Strelovodna inštalacija

3.1 Splošno

Strelovodna inštalacija se projektira na podlagi Pravilnika o zaščiti stavb pred delovanjem strele (Ur. l. RS, št. 140/21) ter pripadajoče tehnične smernice **TSG-N-003:2021**.
Inštalacije morajo biti izvedene skladno navedenim pravilnikom in tehničnimi smernicami. Strelovodna naprava je projektirana po metodi kotaleče krogle in ustreza IV. zaščitnemu nivoju LPS po standardu SIST EN 62305. Polmer kotaleče krogle pri tem nivoju znaša 60 m.

3.2 Izvedba strelovodne inštalacije

Strelovodna inštalacija je predvidena tako, da tvori zaprto kletko okrog varovanega objekta. To kletko sestavljajo:- lovilci- odvodi- merilni in vezni stiki- zemljevodi- ozemljitev.

3.3 Lovilci

Za lovilni vod je uporabljen Al vodnik Φ8 mm montiran na strešnih nosilcih. Z lovilnim vodom je potrebno povezati vse kovinske obrobe strehe, žlebove, obstoječe lovilne vode obstoječega objekta, ki se drži obravnavanega prizidka itd.

3.4 Odvodi

Odvodi povezujejo lovilce z merilnimi sponkami. Kot odvodi nam služi Al vodnik Φ8 mm, z navezavo na obstoječe odvode objekta, h kateremu se priključuje obravanvani prizidek. Z odvodi so povezane vse kovinske mase na fasadi, kovinske obloge, kovinske ograje itd.

3.5 Merilni stiki

Merilni stiki (ZT) služijo za kontrolo ozemljitve in povezavo med odvodom in zemljevodom. Merilni stiki so izvedeni pri stikih zemljevodov ter odvodov in so obstoječi.
Vse kovinske mase na fasadi so priključene na strelovodno inštalacijo nad merilnimi stiki. Na pomožnih odvodih so merilni stiki predvideni 0,5 m nad tlemi.

3.6 Zemljevodi

Zemljevodi povezujejo merilne stike z ozemljitvijo. Predvideni so z Rf trakom 30x3,5 mm, vkopanim v zemljo ob temelju do globine ozemljitev.

3.7 Ozemljitev

Poleg obravnavanega prizidka stoji obstoječi objekt z obstoječim strelovodnim ozemljilom. Tega se pred pričetkom del preveri z meritvami in v kolikor so meritve ustrezne, se lahko strelovodno ozemljilo predvidenega prizidka poveže na obstoječe ozemljilo.
Ozemljitev obravnavanega prizidka je predvidena z Rf trakom 30x3,5 mm, položenim v zemljo v globino 60 cm z zanko okrog temeljne plošče prizidka.

3.8 Izračun ločilne razdalje

Izračun ločilne razdalje se izračuna po spodnji enačbi:

$$S = ki\frac{kc}{km}\text{l (m)}$$

kjer so:
k_i - koeficient odvisen od izbranega zaščitnega nivoja
k_c – koeficient razdelitve toka odvisen od toka strele
k_m – koeficient odvisen od ločilnega materiala
l (m) – dolžina vzdolž odvodov, merjena od točke, kjer se ugotavlja bližina, do najbližje točke izenačitve potencialov

Zaščitni nivo	Tipične razdalje (m)
I.	0,08
II.	0,06
III.	0,04
IV.	0,04

Preglednica 1: Odvisnost koeficienta k_i od izbranega zaščitnega nivoja

Število odvodnih vodnikov	Ozemljilo tipa A	Ozemljilo tipa B
1	1	1
2	0,66	0,5-1
3 ali več	0,44	0,25-0,5

Preglednica 2: Odvisnost koeficienta k_c od števila odvodnih vodnikov in tipa ozemljila

Material	k_m
Zrak	1
Beton, opeka	0,5

Preglednica 3: Odvisnost koeficienta k_m od uporabljenega materiala

Vzamemo:
k_i = 0,04
k_c = 0,25
k_m = 1
l= 21 m

Ločilna razdalja v našem primeru znaša 21 cm in mora biti večja kot varnostna.

SISTEM NAPAJANJA ELEKTRIČNE INŠTALACIJE

Do prizidka je predviden TN-C sistem električne inštalacije kar pomeni:

- Nevtralna točka sistema električnega napajanja je direktno ozemljena v trafo postaji. V isti točki so s pomočjo zaščitenih vodnikov PEN (rumeno zelene barve) ozemljeni tudi vsi izpostavljeni prevodni deli (ohišja električnih naprav, zaščitni kontakti vtičnic itd.) .

- Vsi zaščitni vodniki so dodatno ozemljeni pri vhodu električne inštalacije v zgradbo (glavno izenačenje potencialov).

Za inštalacije v prizidku je predviden TN-S sistem električne inštalacije, kar pomeni:

- Zaščitni vodnik PE poteka vedno ločeno od nevtralnega vodnika N.

Izračun koničnih moči in dovodnih kablov

Pri izračunu koničnih moči in koničnih tokov razdelilnika upoštevamo vrsto inštaliranih moči vseh tokokrogov in ocenjene faktorje istočasnosti, obremenitve ter izkoristka motorjev. Pri napajalnih razdelilnikih pa upoštevamo vsoto končnih moči napajanih razdelilnikov in ocenjeni faktor prekrivanja:

$$Pk = \frac{Pi * fi * fo}{\eta} \qquad Pkk = fp * \sum Pk \qquad Ik = \frac{Pk * 1000}{U * \cos\phi * \sqrt{3}}$$

Pk (kw) ..... konična (nazivna) moč razdelilnika ali napajalnega razdelilnika
Pi (kw) ..... inštalirana moč
fi ..... faktor istočasnosti
fo ..... faktor obremenitve
η ..... izkoristek motorjev
fp ..... faktor prekrivanja
Ik (A) ..... konični tok
cos ϕ ..... faktor moči
U (V) ..... nazivna napetost

Velikost izklopne naprave, ki varuje kabel pred preobremenitvijo in kratkim stikom, je določen gledena konični tok in selektivnost varovanja.

Presek vodnika je določen po **SIST HD 60364-5-52** v odvisnosti od tipa električne inštalacije in od korekcijskih faktorjev vzporednega polaganja ter temperature okolice.

Skladno s **SIST HD 60364-4-43** pa kontroliramo izbrane vodnike še z ozirom na zaščito pred prevelikimi tokovi, ki navaja pogoje:

$$Ik \leq In \leq Iz$$

in

$$I2 \leq Iz * 1.45$$

oziroma

$$In \leq \frac{1.45 * Iz}{k}$$

kjer pomeni:

In (A) .... nazivni tok zaščitne naprave
Iz (A) .... trajno zdržni tok kabla po standardu
I2 (A) .... pogojni stalilni (preizkusni) tok
k .... faktor varovalke

Vrednost za k po standardu znašajo:

k = 2,1 za varovalke 2 in 4 A
k = 1,9 za varovalke 6 in 10 A
k = 1,6 za varovalke 16 A in več
k = 1,45 za inštalacijske odklopnike

Izračuni koničnih moči in dovodnih kablov posameznih razdelilnikov so razvidni iz tabele moči in dovodov.

TABELA MOČI IN DOVODOV				
RAZDELILNIK			**Dvigalo**	**Rpr+Rme**
oznaka tokokroga	-		W5	W6
napetost tokokroga	U	V	400	400
dolžina tokokroga	L	m	25	20
sistem el. instalacije	-		TN-S	TN-S
skupna instalirana moč	Pi	kW	9,50	13,90
faktor istočasnosti	fi		1	0,7
izkoristek	η		1,00	1,00
faktor obremenitve	fo		1,00	1,00
faktor prekrivanja	fp		1,00	1,00
faktor moči	$\cos\varphi$		0,95	0,95
konična delovna moč	Pk	kW	10	10
konična navidezna moč	S	kVA	10	10
konični tok	Ik	A	14	15
zaščitna naprava	In	A	DII / 25	DII / 25
tip el. instalacije	-		E-J	A2
faktor okolne temp.	fT		1,06	1,06
faktor skupine kablov	fs		1	1
obremen. kabla: In/fT/fs	-	A	24	24
zdržni tok kabla	Iz	A	60	29
tip in			1 x NHXMH	1 x NHXMH
presek kabla	mm^2		5 x 6	5 x 6
kontrola preobremenitve:				
Ik < In < Iz	-	A	USTREZA	USTREZA
In * k < 1,45 * Iz	-	A	USTREZA	USTREZA
padec napetosti	u	%	0,49%	0,40%
napajanje razdelilnikov:				
OPOMBA:				

ZAŠČITA PRED ELEKTRIČNIM UDAROM IN PADEC NAPETOSTI

Skladno s **SIST HD 60364-5-51** so predvideni naslednji zaščitni ukrepi:

1. Zaščita pred neposrednim dotikom
2. Zaščita pred posrednim dotikom

Ad.1) Zaščita pred neposrednim dotikom je izvedena z izoliranjem vodnikov in s postavitvijo elementov električne inštalacije v ohišja.

Ad.2) Zaščita pred posrednim dotikom pa obsega naslednje ukrepe:
a) zaščita s samodejnim odklopom napajanja
b) izenačitev potencialov

Ad.2.a) Zaščitni ukrep s samodejnim odklopom napajanja v primeru okvare, mora preprečiti vzdrževanje napetosti dotika v takšnem trajanju, da bi postalo nevarno. Zaščitna naprava (v našem primeru inštal. odklopniki in taljive varovalne patrone) mora samodejno odklopiti napajanje tistega dela inštalacije, ki ga naprava ščiti.

Zato morajo biti tako zaščitna naprava kot vodniki v inštalaciji izbrani tako, da se samodejni odklop izvrši v času, ki ustreza v spodnji tabeli navedenim vrednostim, če se na kateremkoli delu inštalacije ali v sami napravi pojavi kratek stik med faznim in zaščitnim vodnikom ali izpostavljenimi deli.

Ta zahteva je izpolnjena, ko je izpolnjen pogoj:

$$Zs * Ia < Uo$$

kjer pomeni:

- Zs ….. impedanca okvarne zanke
- Ia ….. tok delovanja naprave za samodejni odklop v času, ki ustreza podatkom iz spodnje tabele
- Uo ….. nazivna fazna napetost

Impedanco izračunamo po formuli:

$$Zs = \frac{l}{56 * Sf} + \frac{L}{56 * So}$$

kjer pomeni:

- l [m] ..... dolžina kabla
- Sf [mm^2] ..... prerez faznega vodnika
- So [mm^2] …. prerez ničnega (zaščitnega) vodnika
- Zs [Ω] ….. impedanca okvarne zanke

Tabela najdaljših dovoljenih časov trajanja napetosti dotika

Najdaljši dovoljeni odklopni čas (s)	Najvišja pričakovana napetost dotika Ul (V) (efektivna vrednost izmenične napetosti)
neskončno	≤50
5	50
0.8	120
0.4	230 ali 220
0.4	277
0.2	400 ali 380
0.1	nad 400

Za tokokroge z vtičnicami do 63A, na katere se lahko priključijo prenosni aparati, je maximalni dovoljeni izklopni čas 400 ms. Za napajalne tokokroge je dovoljeni izklopni čas do 5 sekund. Kot dopolnilna zaščita pa je v nekaterih tokokrogih -predvsem v kopalnicah - predvidena zaščitna naprava na diferenčni tok KZS 68.

Zaščita pri kratkostičnem toku

Skladno s **SIST HD 60364-4-43** kontroliramo delovanje zaščite pri kratkem stiku. Izračun kratkega stika se izdela za primer tripolnega ali enopolnega kratkega stika kateri se pojavi računsko na koncu kabla.

Kratkostični tok računamo po enačbi

$$Iks = \frac{1.1 * Un}{\sqrt{3} * Zk}$$

kjer pomeni:

- Iks [A] …. impedanca okvarne zanke
- Un [V] …. nazivna napetost
- Zk [Ω] …. impedanca kratkostične zanke

Pri vodnikih prereza nad 6 mm^2 preverimo, če je odklopni čas zaščitne naprave manjši od časa v katerem se vodniki segrejejo do dopustne mejne temperature vodnika.
Za kratke stike kateri trajajo do 5s se čas v katerem dani kratkostični tok segreje vodnike do dopustne mejne temperature, izračuna približno po formuli:

$$\sqrt{t} = k * \frac{S}{I}$$

kjer pomeni:

S [mm^2] ..... prerez
t [s] ..... trajanje
I [A] ..... efektivna vrednost dejanskega kratkostičnega toka
k ..... 115 za Cu vodnike s PVC izolacijo
76 za Al vodnike s PVC izolacijo

Za čase krajše od 0,1s mora biti izpolnjen pogoj

$$k^2 * s^2 > I^2 * t$$

kjer je

$$I^2 * t (A^2 s)$$

vrednosti prepuščene energije, ki jo poda proizvajalec zaščitne naprave.

Kontrola min. preseka se izvede po standardu **SIST HD 60364-4-43** in sicer po formuli

$$S \min = \frac{1}{k} * IA * \sqrt{t}$$

kjer pomeni:

k …. faktor določen v standardu
t [s] .... izklopni čas zaščitne naprave
(izklopna karakteristika zaščitne naprave)

Za vodnike manjše od 10 mm^2 kontrole Smin ne izvajamo. Kontrola preseka zaščitnih vodov se izvede po standardu **SIST HD 60364-5-54** kateri določa da mora biti presek zaščitnega vodnika

- enak preseku faznega vodnika do preseka 16 mm^2
- 16 mm^2 če je fazni vodnik od 16 mm^2 do 35 mm^2
- polovični presek faznega vodnika če je ta > 35 mm^2

V primeru da zaščitni vodnik ni del kabla mora biti po **SIST HD 60364-5-54**

- 2,5 mm^2 za Cu ali 4mm^2 za Al če je vodnik mehansko zaščiten
- 4 mm^2 za Cu če ni mehansko zaščiten
- 50 mm^2 za FeZn

Odklopni časi zaščitnih naprav, pri danem kratkem stiku, so vzeti iz diagramov I-t proizvajalca. Izračunani časi, so prikazani v tabeli zaščite.
Tabela: izklopni tokovi , ki zagotavljajo delovanje naprave za samodejni odklop napajanja v času. Ki je še dovoljen s predpisi in zgornje vrednosti dopustnih impedanc (Zs) oz. upornosti (Rs) okvarnih zank, pri nazivni napetosti Uo=230V, pri uporabi taljivih vložkov gG.
(po Ivan Ravnikar Električne inštalacije zgradb skladno z družino standardov SIST HD 60364)

Nazivni tok taljivega vložka In (A)	Taljivi vložek gG					
	Ia	Zs	Ia	Zs	Ia	Zs
	(0,2s)		(0,4s)		(5s)	
	(A)	(Ω)	(A)	(Ω)	(A)	(Ω)
2	19	12,1	16	14,3	9,2	25
4	39	5,8	32	7,1	18,5	12,4
6	57	4,0	47	4,8	28	8,2
10	97	2,3	82	2,8	48	4,7
16	135	1,7	110	2,0	68	3,3
20	175	1,3	150	1,5	85	2,7
25	220	1,0	190	1,2	110	2,0
32	315	0,7	275	0,8	160	1,4
40	380	0,6	320	0,7	190	1,2
50	550	0,4	470	0,48	265	0,86
63	675	0,34	550	0,41	325	0,70
80	970	0,23	840	0,27	450	0,51
100	1200	0,19	1020	0,22	580	0,39
125	1700	0,13	1500	0,15	750	0,3
160	2100	0,10	1700	0,13	950	0,24
200	3000	0,07	2600	0,08	1350	0,17
250	3600	0,06	3000	0,07	1600	0,14
315	4950	0,04	4100	0,05	2250	0,1
400	6500	0,03	5500	0,04	2800	0,08
500	8800	0,02	7150	0,03	3800	0,06
630	11600	0,01	9500	0,02	5100	0,04

V uporabi inštalacijskih odklopnikov B,C,D:

Nazivni tok nadtokovne zaščite In (A)	Inštalacijski odklopnik					
	Tip B		Tip C		Tip D	
	5*In	Zs	10*In	Zs	20*In	Zs
	(A)	(Ω)	(A)	(Ω)	(A)	(Ω)
2	10	23	20	11,5	40	5,7
4	20	11,5	40	5,7	80	2,8
6	30	7,6	60	3,8	120	1,9
8	40	5,7	80	2,8	160	1,4
10	50	4,6	100	2,3	200	1,1
13	63	3,6	130	1,7	260	0,8
16	80	2,8	160	1,4	320	0,7
20	100	2,3	200	1,1	400	0,5
25	125	1,8	250	0,9	500	0,4
32	160	1,4	320	0,7	640	0,3
40	200	1,15	400	0,57	800	0,28
50	250	0,92	500	0,46	1000	0,23
63	315	0,73	630	0,36	1260	0,18

Padci napetosti

Padci napetosti po pravilniku **Ur. l. RS, št. 41/09**, električne inštalacije na porabniku ne smejo presegati dopustnih padcev ki znašajo

3% ... za tokokroge razsvetljave
5% ... za vse ostale tokokroge

Če se inštalacija napaja neposredno iz transformatorske postaje, priključene na srednje ali visoko napetostno omrežje, je dovoljen padec napetosti od napajalne točke do katere koli točke električne inštalacije:

5% ... za tokokroge razsvetljave
8% ... za vse ostale tokokroge

Če je dolžina električne inštalacije večja od 100 m, lahko povečamo dovoljen padec napetosti za 0,05 % za vsak meter, ki presega 100 m, vendar skupno največ 0,5%.

Izračuni padcev napetosti za eno in trifazni tokokrog so izvedeni po obrazcih:

enofazni

$$\Delta u = \frac{200 * P * 1}{\lambda * S * U_f^2}$$

trifazni

$$\Delta u = \frac{100 * P * l}{\lambda * S * U^2}$$

kjer pomeni:

Δu [%] ..... padec napetosti na koncu voda
P [W] ..... priključna moč tokokroga ali konična moč razdelilnika
l [m] ..... dolžina vodnika
S [mm^2] ..... presek vodnika
Uf [V] ..... fazna napetost
U [V] ..... medfazna napetost
λ [m/Ωmm^2] ..... specifična prevodnost (λCu=56, λAl=37)

Kontrola delovanja zaščite za nekatere najbolj kritične tokokroge, je prikazana v priloženih tabelah.

KONTROLA DELOVANJA ZAŠČITE

RAZDELILNIK		Rme	4 razsv.	10 vtič.
trafo postaja				
upornost:	R (Ω)			
	X (Ω)			
kontaktne upornosti	R (Ω)			
dovod iz razdelilnika	-	GBR - POLJE 3	Rme	Rme
oznaka tokokroga	-	W6	4	10
napetost tokokroga	U (V)	400	230	230
konična moč tokokroga	Pk (kW)	10	0,2	0,6
izklopna naprava	In (A)	NV-gL/ 25	ST-68/B 10	ST-68/C 16
dolžina tokokroga	l (m)	0	35	30
material kabla	-	Cu	Cu	Cu
št. in presek L	S (mm^2)	1 x 6	1 x 1,5	1 x 2,5
vzpored.vodnikov PE	S (mm^2)	1 x 6	1 x 1,5	1 x 2,5
upornost tokokroga	R (Ω)	0,0000	0,9901	0,4624
	X (Ω)	0,0000	0,0081	0,0066
upornost celotne	Rs (Ω)	0,0000	0,9901	0,4624
KS zanke	Xs (Ω)	0,0000	0,0081	0,0066
impedanca KS zanke	Zs (Ω)	0,0000	0,9901	0,4624
korekcijski faktor	C (-)	1	0,8	0,8
kratkostični tok	Iks (A)		186	398
izklopni tok:	Ia (A)	5s : 110	0.4s : 50	0.4s : 160
izklopni čas	ta (s)			
vrsta izolacije	-	PVC	PVC	PVC
dopustni čas KS	tk (s)		0,9	0,5
padec napetosti tokokroga	u (%)	0,00%	0,35%	0,54%
skupni padec napetosti	u (%)	0,00%	0,35%	0,54%
dopustni padec napetosti	u (%)		3%	5%
padec napetosti 1. tokokroga		0,00%		

Glavno izenačenje potencialov

Skladno s **SIST HD 60364-4-41** in **SIST IEC 60364-5-54** se predvidi izenačevanje potencialov.

Za glavno izenačenje potencialov v celotnem objektu je že izvedena glavna ozemljitvena zbiralnica, nameščena pri vstopu EL inštalacije v objekt. Nanjo mora biti vezano naslednje:

- glavni ozemljitveni vod
- glavni PEN ali PE vodnik
- glavni vodniki za izenačenje potenciala, ki povezujejo glavne cevi vodovoda, kanalizacije, centralne kurjave, plina, kanale za prezračevanje in druge večje kovinske mase v zgradbi.

Glavni ozemljitveni vod povezuje glavno ozemljitveno zbiralnico z ozemljilom objekta, ki je predviden kot združena zaščita in strelovodna ozemljitev.

Presek vodnikov za izenačevanje potenciala je izbran skladno s standardom SIST HD 60364-5-54 in je sledeč:

Od ozemljila do GIP -	Rf 30x3,5mm
Od GIP na kovinske mase	≥ H07Z1 6mm^2 (Ru/Ze)
Od GIP na PE zbiralko v razdelilniku	≥ H07Z1 10mm^2 (Ru/Ze)