

Osiguranje kvalitete prilikom izrade troškovnika električnih instalacija stambeno-poslovne zgrade

Frčko, Kristijan

Undergraduate thesis / Završni rad

2025

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:050199>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

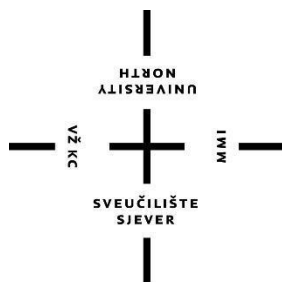
Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-31**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





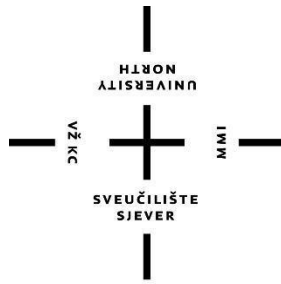
**Sveučilište
Sjever**

Završni rad br. 539/EL/2024

**Osiguranje kvalitete prilikom izrade troškovnika
električnih instalacija stambeno-poslovne zgrade**

Kristijan Frčko, 0336042662

Varaždin, siječanj 2025. godine



Sveučilište Sjever

Odjel za Elektrotehniku
Završni rad br. 539/EL/2024

Osiguranje kvalitete prilikom izrade troškovnika električnih instalacija stambeno-poslovne zgrade

Student

Kristijan Frčko, 0336042662

Mentor

dr. sc. Josip Nađ, dipl. ing. el.

Prijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za elektrotehniku		
STUDIJ	preddiplomski stručni studij Elektrotehnika		
PRISTUPNIK	Kristijan Frčko	MATIČNI BROJ	0336042662
DATUM	11.07.2024.	KOLEGIJ	Osiguranje kvalitete
NASLOV RADA	Osiguranje kvalitete prilikom izrade troškovnika električnih instalacija stambeno-poslovne zgrade		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Quality assurance during the creation of cost estimates for electrical installations of residential and commercial buildings		
MENTOR	dr. sc. Josip Nađ	ZVANJE	Predavač
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. izv. prof. dr. sc. Srđan Skok 2. doc. dr. sc. Dunja Srpak 3. dr. sc. Josip Nađ, predavač 4. Josip Srpak, viši predavač 5.		

Zadatak završnog rada

BRJ 539/ELI/2024

OPIS

Prilikom projektiranja električnih instalacija na stambeno-poslovnim zgradama potrebno je veliku pažnju posvetiti izradi troškovnika, pri čemu osiguranje kvalitete ima značajnu ulogu.

U završnom radu je potrebno prikazati i analizirati proces izrade troškovnika u sklopu projektiranja električnih instalacija jedne konkretne stambeno-poslovne zgrade:

- elektroenergetske instalacije
- instalacija rasvjete
- instalacija uzemljenja i izjednačenja potencijala

U sklopu izrade završnog rada je potrebno navesti korištene podloge, stručnu literaturu te predmetne pravilnike i norme koji se koriste prilikom izrade troškovnika. Potrebno je navesti sve potrebne preduvjete i ukazati na kritične točke kod izbora opreme. Navesti primjere mogućih pogrešaka u izboru opreme koje bi se kasnije mogle pokazati kao problem za izvođače radova.

ZADATAK URUČEN

11. 07. 2024.



J. Nađ

Predgovor

Zahvaljujem mentoru na pomoći koju je ukazao prilikom izrade završnog rada te na kvalitetnim uputama i korisnim savjetima. Htio bih zahvaliti i elektroinstalaterskom obrtu Elektro-Pozaić te osobito Mariju Lisjaku, vlasniku Elektroforme LM d.o.o., koji mi je omogućio uvid u dokumentaciju za stambeno-poslovnu zgradu u Krapinskim Toplicama te mi svojim savjetima uvelike pomogao u pisanju ovog rada. Također bih htio zahvaliti svim profesorima na pruženom znanju tijekom akademskog obrazovanja te svim suradnicima iz elektroinstalaterskog obrta gdje sam proveo stručnu praksu. Na kraju bih htio zahvaliti obitelji, prijateljima i kolegama koji su me podržavali na ovom putovanju i zbog kojih sam tu gdje jesam!

Kristijan Frčko

Sažetak

U ovom radu detaljno je analiziran proces projektiranja i izrade troškovnika te su pokazane moguće pogreške prilikom odabira opreme za elektroinstalacije stambeno-poslovne zgrade. Fokus je stavljen na važnost osiguranja kvalitete u svakom koraku, od izrade tehničke dokumentacije i proračuna do odabira materijala i opreme točnih specifikacija. Izrada troškovnika predstavljena je kao ključni dio procesa, gdje su obrađene metode računanja količina materijala te troškovi ugradnje istih. Analizirane su potencijalne greške, poput nepravilnog odabira opreme ili nesporazuma između projektanta i izvođača, koje mogu uzrokovati kašnjenja i povećane troškove. Također je naglašena važnost preciznosti u troškovniku, kako bi se izbjegli nepredviđeni troškovi i omogućila učinkovita realizacija projekta. Ovaj rad pruža praktične smjernice za projektante i izvođače naglašavajući važnost poštivanja zakonodavnih okvira i tehničkih propisa za osiguranje kvalitete. Rezultati i metode prikazani u radu mogu se primijeniti u budućim projektima, smanjujući rizik od grešaka i osiguravajući učinkovitu realizaciju unutar zadanih vremenskih i financijskih okvira. Svi proračuni potkrijepljeni su tablicama koje su autorsko djelo Marija Lisjaka.

KLJUČNE RIJEČI: električne instalacije, stambeno-poslovna zgrada, troškovnik, ekonomičnost

Abstract

This work provides a detailed analysis of the process of designing and creating a bill of quantities, highlighting potential errors in the selection of equipment for electrical installations in a residential-commercial building. The focus is placed on the importance of ensuring quality at every step, from the preparation of technical documentation and calculations to the selection of materials and equipment with precise specifications. The creation of the bill of quantities is presented as a crucial part of the process, covering methods for calculating material quantities and installation costs. Potential errors, such as improper equipment selection or miscommunication between the designer and the contractor, which may lead to delays and increased costs, are analyzed. The importance of precision in the bill of quantities is also emphasized to avoid unforeseen expenses and enable efficient project execution. This paper provides practical guidelines for designers and contractors, emphasizing the importance of adhering to legislative frameworks and technical regulations to ensure quality. The results and methods presented in this paper can be applied to future projects, reducing the risk of errors and ensuring efficient implementation within specified time and financial constraints. All calculations are supported by tables authored by Mario Lisjak.

KEY WORDS: electrical installations, residential and commercial building, cost estimate, cost-effectiveness

Popis korištenih kratica

%	Postotak
€	Euro
A	Amper
Al	Aluminij
cm	Centimetar
CS	Valovita zaštitna cijev
d.o.o	Društvo s ograničenom odgovornošću
EKI	Elektro-komunikacijske instalacije
EKM	Elektro-komunikacijske mreže
EMP	Električni mehanički priključak
Fe-Zn	Pocinčana željezna traka
HEP	Hrvatska elektroprivreda
HT	Hrvatski telekom
IBG	Vodič za betonsku gradnju
IP	Stupanj zaštite
k.č.o.	Katastarska čestica pod brojem
k.o.	Katastarska općina
kom	Komad
kpl	Komplet
KPO	Kabelsko priključni ormar
kW	Kilovat
m	Metar
mA	Miliamper
mm	Milimetar
mm²	Milimetar kvadratni
NN	Niskonaponski
Ø	Promjer
p/ž	Položno žični vodič
PEHD	Polietilen visoke gustoće
PMO	Priključni mjerni ormar
PR	Priključni razvod
PVC	Polivinil klorid
RCD	Residual Current Device
RO	Razdjelni ormar
RZP	Razdjelnik zajedničke potrošnje
TD	Tehnička dokumentacija
V	Volt
VN	Visokonaponski
ZAS	Sustavi za odvođenje dimnih plinova
Ω	Ohm
Ωm	Ohm metar

Sadržaj

1.	Uvod	1
2.	Tehnički dio projekta.....	3
2.1.	Projektni zadatak.....	3
2.2.	Općenito o građevini	3
2.3.	Tehničke karakteristike elektroinstalacija.....	3
3.	Elektroenergetske instalacije	5
3.1.	Odabir kabela	5
3.2.	Proračun struja kratkog spoja.....	11
3.3.	Izvedba utičnica i prekidača.....	14
3.4.	Instalacija rasvjete.....	15
3.5.	Zaštita od indirektnog dodira.....	16
4.	Instalacija uzemljenja, izjednačenja potencijala i gromobranskog sustava.....	18
4.1.	Gromobranski sustav	18
4.2.	Proračun otpora uzemljenja	22
5.	Troškovnik.....	24
5.1.	Proces izrade troškovnika	24
5.2.	Formiranje jediničnih cijena	26
5.3.	Naslovni list troškovnika	27
5.4.	Troškovnik elektroinstalacija.....	31
6.	Osiguranje kvalitete prilikom izrade troškovnika	44
6.1.	Moguće pogreške prilikom odabira opreme.....	45
6.2.	Preduvjeti prilikom odabira opreme.....	46
6.3.	Kritične točke prilikom odabira opreme	47
7.	Zaključak	48
8.	Literatura	49
9.	Popis tablica	50
10.	Popis slika.....	51
11.	Prilozi	52

1. Uvod

U suvremenoj gradnji stambeno-poslovne zgrade postaju sve češće zbog svojih multifunkcionalnih prostora koji nastaju kombiniranjem stambenih jedinica s komercijalnim ili poslovnim prostorima. Takvi objekti mogu biti zasebne jedinice, kat ili krilo zgrade. U ovom radu prikazan je podrum, poslovni prostor koji je smješten u prizemlju zgrade te stambene jedinice na četiri etaže iznad stambenog prostora.

Takve zgrade predstavljaju kompleksne građevinske projekte koji zahtijevaju precizno planiranje i detaljno projektiranje svih svojih elemenata, što iziskuje dulji vremenski interval i pravilnu raspodjelu novčanim sredstvima. Upravo jedna takva zgrada gradi se u Krapinskim Toplicama gdje je osiguranje kvalitete u izradi troškovnika glavna točka za uspješnu realizaciju projekta.

Dokument s opisom svih radova, jediničnim mjerama te količinama i cijenama naziva se troškovnik. Uvidom u troškovnik razvidan je detaljan i pregledan popis radova i materijala s troškovima istih. Ovisno o namjeni troškovnik može biti:

- Planski ili projektni – izrađuje se u početnim fazama projekta na temelju projektne dokumentacije
- Ponudbeni – troškovnik kojeg investitor dostavlja izvođačima radova kako bi se dobile procjene radova
- Odobreni – finalna verzija troškovnika koju je investitor odabrao i temeljem koje počinje realizacija projekta.

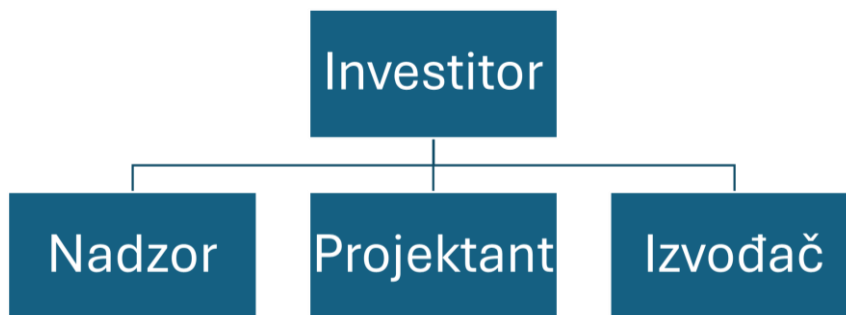
Glavni projekt sastoji se od više međusobno povezanih pojedinačnih projekata, od kojih svaki obrađuje specifične aspekte projektiranja i izvedbe građevine. Jedan od tih pojedinačnih projekata je i elektrotehnički projekt koji se bavi planiranjem i izvedbom električnih instalacija. Na temelju tog projekta izrađuje se i troškovnik elektroinstalacija koji obuhvaća sve potrebne materijale, radove i usluge potrebne za izvedbu elektroinstalacija.

Na početku svakog pojedinačnog projekta, u skladu s tehničkim propisima i pravilnicima, potrebno je u popisu mapa jasno navesti sve projekte koji čine sastavni dio glavnog projekta. Na taj način osigurana je preglednost, lakša komunikacija među strukama i jednostavnije praćenje izvedbe.

Popis mapa Glavnog projekta s uobičajenim oznakama:

- **Mapa 1:** Arhitektonski projekt
- **Mapa 2:** Građevinski projekt
- **Mapa 3:** Projekt vodovoda i odvodnje
- **Mapa 4:** Strojarski projekt
- **Mapa 5:** Elektrotehnički projekt

Svaki građevinski projekt ima definirane uloge sudionika u njemu. Prilikom izrade kvalitetnog elektrotehničkog projekta mora se ostvariti suradnja investitora, projektanta, izvođača radova te nadzora. [1] Investitor financira, a i pokreće projekt te izlaže svoje zahtjeve i želje projektantu. Projektant pretvara te želje i zahtjeve u projekt, ali pod uvjetom da su u skladu sa zakonima i normama. Izvođač izvršava radove prema projektnoj dokumentaciji, brine o materijalu, opremi i radnoj snazi na gradilištu. Na kraju dolazi nadzor koji brine o tome je li sve u skladu s projektom, normama i propisima te provodi inspekcije i obavještava investitora ako je došlo do odstupanja. Važno je napomenuti da i nadzorni inženjer i projektant moraju imati položen stručni ispit te status ovlaštenog inženjera i biti članovi komore.



Slika 1 Hijerarhija sudionika u elektrotehničkom projektu

Uspješan završetak elektroinstalacijskih radova ne ovisi samo o tehničkoj preciznosti projekta, već i o temeljitoj pripremi svih potrebnih materijala i troškova. Troškovnik elektroinstalacija ključan je za planiranje, praćenje i optimizaciju cijelog procesa. Osiguranje točnih i detaljnih izračuna omogućuje pravovremenu i učinkovitu izvedbu radova, smanjuje rizik od nepredviđenih troškova te doprinosi izgradnji sigurne i funkcionalne elektroinfrastrukture koja zadovoljava sve tehničke i sigurnosne standarde.

2. Tehnički dio projekta

Tehnički dio projekta obuhvaća projektni zadatak, općenito o građevini te tehničke karakteristike elektroinstalacija. Projektni zadatak definira osnovne zahtjeve investitora i glavne smjernice za realizaciju. Općenito o građevini pokazuje osnovne karakteristike i namjenu planirane građevine, uključujući njezinu strukturu, organizaciju prostora i broj stambenih jedinica. Tehničke karakteristike elektroinstalacija pružaju detalje o svim sustavima jake i slabe struje te uzemljenja i izjednačenja potencijala, čime se osiguravaju funkcionalnost, sigurnost i energetska učinkovitost objekta.

2.1. Projektni zadatak

Projektni zadatak odnosi se na izradu Elektrotehničkog projekta za izgradnju stambeno-poslovne zgrade prema zahtjevima investitora. Elektrotehnički projekt usklađen je sa svim odgovarajućim arhitektonskim i tehnološkim projektima. U okviru tog projekta planiraju se sve elektroinstalacije, od napajanja električnom energijom do rasvjete, uzemljenja i svih drugih potrebnih sustava. Bitno je da svi zahtjevi investitora budu provedeni u skladu s važećim zakonima i normama, kako bi zgrada bila sigurna i funkcionalna. [2]

2.2. Općenito o građevini

Izgrađena stambeno-poslovna zgrada sastoji se od podruma, prizemlja i četiri stambene etaže. U podrumu su smještena parkirna mjesta za vlasnike stambenih jedinica, dok je u prizemlju predviđen poslovni prostor (trgovina neprehrambenim proizvodima). Na četiri stambene etaže izgrađene su ukupno dvadeset i četiri stambene jedinice, po šest na svakoj etaži. Također, stambeno-poslovna zgrada izvedena je u skladu s propisima i važećim normama.

2.3. Tehničke karakteristike elektroinstalacija

Elektroinstalacije uključuju instalacije jake struje, instalacije slabe struje te instalacije uzemljenja i izjednačenja potencijala. Instalacije jake struje obuhvaćaju električnu rasvjetu, kao i priključnice, priključke i izvode električne energije koji se usklađuju s arhitektonskim projektom. Također, predviđeni su priključci i izvodi električne energije prema tehnološkim projektima, poput strojarstva, kako bi se osigurao pravilni rad svih sustava unutar objekta.

Instalacije slabe struje obuhvaćaju elektro-komunikacijske instalacije (EKI) i elektro-komunikacijske mreže (EKM), kao i sustave za odvođenje dimnih plinova (ZAS). Osim toga, projekt uključuje instalaciju sustava za odimljavanje stubišta te autonomni dojavnik u oknu lifta, koji se integriraju u sustav zgrade za zaštitu korisnika.

Za sigurnost objekta, u sklopu elektrotehničkog dijela projekta predviđene su instalacije uzemljenja i izjednačenja potencijala. Ti sustavi pokrivaju izjednačenje potencijala, postavljanje temeljnog uzemljivača te realizaciju sustava zaštite od udara munje, čime se osigurava sigurno korištenje svih elektroinstalacija i zaštita od potencijalnih opasnosti. [2]

3. Elektroenergetske instalacije

Elektroenergetske instalacije obuhvaćaju sve sustave i komponente koji omogućuju distribuciju i korištenje električne energije unutar zgrade. To uključuje kućne priključke, ulazne vodove i glavni kućni razvod, zajedničke kućne elektroenergetske instalacije, instalacije u stanu te instalacije u kupaonici i WC-u. [3] Takve instalacije postavlja se po zidovima, podovima ili stropovima. Način postavljanja može biti podžbukni ili nadžbukni, u cijevima ili kanalicama.

3.1. Odabir kabela

Proračun ukupne snage ključan je za odabir odgovarajućeg kabela, s obzirom na to da je jedan od glavnih čimbenika pri odabiru tehničkih karakteristika elektroinstalacija. Pojedinačne predviđene priključne snage iščitane su iz HEP-ovog dokumenta „Elektroenergetska suglasnost“, a ukupna predviđena snaga objekta dobiva se zbrajanjem priključnih snaga svih potrošača unutar zgrade. Svaka stambena jedinica ima predviđenu priključnu snagu od 4,60 kW, a u zgradi se nalaze ukupno dvadeset i četiri stambene jedinice što daje ukupnu snagu od 110,4 kW ($4,60 \text{ kW} \times 24$). Osim stambenog dijela, poslovni prostor u prizemlju ima predviđenu potrošnju od 7,36 kW, dok je za razdjelnik zajedničke potrošnje (RZP) priključna snaga 11,04 kW.

Zbrajanjem svih priključnih snaga (stambene jedinice, poslovni prostor i RZP) ukupna priključna snaga građevine iznosi 128,8 kW. Ova vrijednost koristi se kao osnova za daljnji odabir elektroinstalacija i kabela potrebnih za siguran i efikasan prijenos energije unutar objekta.

Također, prilikom odabira kabela za napajanje razdjelnih ormara stambenih jedinica (RO) iz priključno-mjernih ormara stubišta (PMO), uzeti su u obzir dozvoljena struja opterećenja kabela, faktor polaganja, struja opterećenja električnih potrošača i pad napona. Ovi čimbenici, zajedno s proračunom ukupne snage, ključni su za pravilan odabir kabela koji osigurava učinkovito napajanje objekta.

Kako bi se provjerilo zadovoljava li kabel kriterije s obzirom na strujno opterećenje i pad napona, koriste se tablice koje je osmislio Mario Lisjak. Tablice sadrže napisane formule i uvjete, a jedini parametri koje treba unijeti i izabrati su:

- nazivna struja kabela I_n ,
- tip kabela,

- presjek kabela,
- broj paralelnih žila,
- duljina kabela,
- faktor polaganja f_p ,
- priključna snaga P_V .

U ovom slučaju izostavljen je faktor istodobnosti (K) zbog unaprijed prilagođenih tablica za odabir kabela. Specifikacije kabela moraju podnijeti maksimalnu moguću struju opterećenja u trenutku kad su svi uređaji povezani na sustav. Ta metodologija je nit vodilja tijekom procesa odabira kabela neovisno o tome hoće li svi uređaji raditi istovremeno. U nastavku su prikazani te objašnjeni dizajn tablice te uvjeti i izrazi korišteni u tablicama (Tablica 2, Tablica 3, Tablica 4 i Tablica 5).

Niže su prikazani izrazi koji se koriste u Tablici 3 (*Proračun strujnog opterećenja*).

Izraz za struju opterećenja u jednofaznom sustavu:

$$I_O = \frac{P_V}{U} \text{ [A]}.$$

Gdje je: I_O – struja opterećenja [A]

P_V – priključna snaga [kW]

U – napon [V].

Za razliku od jednofaznog sustava, u trofaznom sustavu mora se voditi računa o faktoru snage ($\cos\varphi$) zato što je u jednofaznom sustavu radna snaga (P) jednaka prividnoj (S) tj. uzima se da je $\cos\varphi \approx 1$, pa je $P \approx S$. U trofaznom sustavu to nije moguće zbog reaktivnih opterećenja te vektorskog odnosa napona i struja između faza, koji uvodi faktor $\sqrt{3}$. Sukladno tome izraz za struju opterećenja u trofaznom sustavu glasi:

$$I_O = \frac{P_V}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} \text{ [A]}.$$

Gdje je: I_O - struja opterećenja [A]

P_V - priključna snaga [kW]

U - napon [V]

$\cos\varphi$ - faktor snage (obično između 0,8 i 1).

Izraz za dozvoljenu struju kabela:

$$I_{doz} = I_{kab} \cdot f_p \text{ [A]}.$$

Gdje je: I_{doz} – dozvoljena struja, tj. maksimalna struja koju kabel može sigurno prenositi [A]

I_{kab} – nominalna struja koju kabel može prenositi pod nominalnim uvjetima (propisana od strane proizvođača) [A]

f_p – faktor polaganja ovisi o tome kako je kabel položen.

Faktor polaganja iščitava se iz Tablice faktora polaganja (Tablica 1).

Za siguran rad mora vrijediti $I_{doz} \geq I_0$.

Tablica 1 Tablica faktora polaganja [4]

Način polaganja	Faktor polaganja
U zraku	1,0
U kanalici	0,9
Podžbukno	0,8
U zemlji	0,7

Tablica 2 Tablica specifikacije kabela

Boja	Značenje
	Ćelije koje treba popuniti.
	Ćelije u kojima su gotove formule. Ne treba ništa dirati.
	Ćelije u kojima treba izabrati presjek kabela/žile i broj paralelnih žila. Npr. ako je kabel 2x(4x35), presjek kabela je 35mm ² , a broj paralelnih žila je 2.
	Podaci o kabeu koji se automatski ažuriraju ovisno o izabranom presjeku kabela.
	Ćelije u kojima treba modificirati formule ovisno o strukturi mreže (struja 1P i 3P K.S. i pad napona).
	Samo u ćeliji 1,45xI _{doz} , ako je crveno znači da je 1,45xI _{doz} <I ₂ . Dozvoljena struja (I _{doz}) ne smije biti manja od struje isklopa (I ₂). Sukladno tome treba smanjiti veličinu osigurača ili povećati presjek kabela.

U tablici *Proračun strujnog opterećenja* (Tablica 3) prikazani su stupci NAZIV, U (nazivni napon), P_V (priključna snaga), I_b (nazivna struja) koji se odnose na trošilo. Stupci I_n (nazivna struja kabela), tip, A (presjek kabela), BPŽ (broj paralelnih žila), l (duljina kabela), f_p (faktor polaganja), I_{op} (nazivna strujna opteretivost kabela) odnose se na kabel, a stupac I_z (trajna podnosiva struja kabela) prikazuje rezultat samog proračuna.

Tablica 3 Proračun strujnog opterećenja [2]

NAZIV	U [V]	P _v [kW]	I _b [A]	I _n [A]	TIP	A [mm ²]	BPŽ	l [km]	f _p	I _{op} [A]	I _z [A]
KPO do PMO/PR	400	128,8	195,9	225	NYY 5x120	120	1	0,02	0,8	382	305,60
KPO do PMO1	400	27,6	42,0	63	NYY 5x25	25	1	0,005	0,8	128	102,40
KPO do PMO2	400	27,6	42,0	63	NYY 5x25	25	1	0,01	0,8	128	102,40
KPO do PMO3	400	27,6	42,0	63	NYY 5x25	25	1	0,015	0,8	128	102,40
KPO do PMO4	400	27,6	42,0	63	NYY 5x25	25	1	0,02	0,8	128	102,40
PMO4 do RO/24	230	4,6	20,0	20	NYY 3x10	10	1	0,025	0,8	75	60,00
PRORAČUN ZA NAJUDALJENIJE TROŠILO (RAZDJELNIK RO/24)											
Priključnica - strujni krug 1/1	230	0,6	2,7	16	NYM 3x2,5	2,5	1	0,02	0,8	34	27,20
Rasvjeta - strujni krug 1/4	230	0,4	1,8	10	NYM 3x1,5	1,5	1	0,02	0,8	26	20,80

Niže navedeno prikazani su izrazi korišteni u tablici *Proračun pada napona na vodičima* (Tablica 4).

Pad napona za bakrene vodiče u jednofaznom sustavu računa se prema sljedećem izrazu:

$$u = \frac{2 \cdot P_v \cdot l \cdot \rho \cdot 10^5}{U^2 \cdot A} [\%].$$

Gdje je : u – pad napona [%]

P_v – priključna snaga [kW]

l – duljina kabela [m]

ρ – specifični otpor bakra [Ωm]

U – nazivni napon jednofaznog sustava (230V) [V]

A – presjek vodiča [mm²].

Pad napona za bakrene vodiče u trofaznom sustavu računa se prema sljedećem izrazu:

$$u = \frac{P_V \cdot l \cdot \rho \cdot 10^5}{U^2 \cdot A} [\%].$$

Gdje je: u – pad napona [%]

P_V – priključna snaga [kW]

l – duljina kabela [m]

ρ – specifični otpor bakra [Ωm]

U – nazivni napon trofaznog sustava (400V) [V]

A – presjek vodiča [mm^2].

Pad napona u elektroinstalacijama mora biti unutar propisanih granica kako bi se osigurala pravilna funkcionalnost sustava. Prema normi HRN HD 60364-5-52 maksimalno dozvoljeni pad napona za rasvjetu je 3 %, dok za utičnice iznosi 5 %. [5]

U tablici *Proračun pada napona na vodičima* (Tablica 4) prikazani su stupci NAZIV, U (nazivni napon), P_V (priključna snaga), I_b (nazivna struja) koji se odnose na trošilo. Stupci I_n (nazivna struja kabela), tip, A (presjek kabela), BPŽ (broj paralelnih žila), l (duljina kabela), f_p (faktor polaganja) odnose se na kabel, a stupac u (pad napona) prikazuje rezultat proračuna.

Tablica 4 Proračun pada napona na vodičima [2]

NAZIV	U [V]	P _V [kW]	I _b [A]	I _n [A]	TIP	A [mm ²]	BPŽ	l [km]	f _p	u [%]
KPO do PMO/PR	400	128,8	195,9	225	NYN 5x120	120	1	0,02	0,8	0,36
KPO do PMO1	400	27,6	42,0	63	NYN 5x25	25	1	0,005	0,8	0,45
KPO do PMO2	400	27,6	42,0	63	NYN 5x25	25	1	0,01	0,8	0,53
KPO do PMO3	400	27,6	42,0	63	NYN 5x25	25	1	0,015	0,8	0,62
KPO do PMO4	400	27,6	42,0	63	NYN 5x25	25	1	0,02	0,8	0,70
PMO4 do RO/24	230	4,6	20,0	20	NYN 3x10	10	1	0,025	0,8	1,22
PRORAČUN ZA NAJUDALJENIJE TROŠILO (RAZDJELNIK RO/24)										
Priključnica - strujni krug 1/1	230	0,6	2,7	16	NYM 3x2,5	2,5	1	0,02	0,8	1,55
Rasvjeta - strujni krug 1/4	230	0,4	1,8	10	NYM 3x1,5	1,5	1	0,02	0,8	1,58

Na temelju proračuna iz tablica dobiveni su sljedeći rezultati: kabelsko priključni ormar (KPO) koji se koristi kao priključak građevine na niskonaponsku mrežu postavljen je na fasadi uz glavni ulaz. Od kabelsko priključnog ormara (KPO) do priključnog mjernog ormara prizemlja (PMO/PR) povlači se kabel NYN 5x120 mm². Od kabelskog priključnog ormara (KPO) pa do priključnih mjernih ormara etaža jedan, dva, tri i četiri (PMO1,PMO2,PMO3,PMO4) povlači se kabel NYN5x25 mm². Također, poteže se kabel NYN5x10 mm² u svrhu napajanja zajedničke potrošnje (rasvjeta stubišta, hodnika). Oznaka NYN označava kabel s bakrenim vodičima, izolacijom od PVC-a i plaštem od PVC-a. Pogodan je za polaganje u tlo ili vodu uz uvjet da je zaštićen od mehaničkih oštećenja. [6] Za instalacije rasvjete koristi se kabel NYM3x1,5 mm², a za priključnice i ostala trošila NYM3x2,5 mm². Oznaka NYM označava da se također radi o kabelu s bakrenim vodičima, izolacijom od PVC-a i dodatnim vanjskim PVC plaštem, ali za razliku od NYN-a, NYM kabel namijenjen je za ugradnju unutar zgrade tj. zidova iste pod uvjetom da je zaštićen od mehaničkih oštećenja. [6]

Kabeli se polažu zračno u stropu od razvodnog ormara do montažnih kutija promjera 60 ili 80 mm, u kojima se smještaju elektro priključci, poput priključnica i sklopki. Nakon toga, kabeli se

provode kroz zidove, vodoravno ili okomito, do instalacijskih točaka. Zaštita i sigurnost instalacija osigurava se korištenjem instalacijskih vodiča za betonsku gradnju (IBG) i položnog/žičnog (p/ž) kabela koji se sastoji od više žica.

Duljina kabela se određuje mjerenjem nacrtanih trasa kabela u programu AutoCAD. Kako bi se izbjegla nestašica kabela na gradilištu zbog kretanja kabela kroz različite zakrivljene ili složene rute koje se ne mogu izmjeriti u AutoCAD-u potrebno je voditi brigu o faktoru valovitosti (1,2 %), a zbog spajanja ormara potrebno je uračunati dodatnih 1,5 m kabela. Vrijednosti faktora valovitosti i dodatne metraže kabela nisu striktno definirane te ovise o projektantu i njegovu iskustvu. Također, svaka debljina kabela broji se i zbraja zasebno kako bi se točno odredila količina potrebnog materijala za svaku vrstu kabela.

3.2. Proračun struja kratkog spoja

Proračun struja kratkog spoja ključan je za odabir zaštitnih uređaja i pravilno dimenzioniranje mreže. Potrebno je izračunati maksimalnu struju troleznog kratkog spoja koja određuje izbor aparata poput prekidača i osigurača. Također, potrebno je izračunati minimalne struje jednofaznog kratkog spoja kako bi se osiguralo ispravno djelovanje zaštitnih uređaja. Na taj način osigurava se pouzdanost i sigurnost elektroenergetskog sustava.

Maksimalna vrijednost struje kratkog spoja određuje se primjenom izraza koji se koristi za izračun troleznog kratkog spoja:

$$I_{k3p} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z_{min}} \text{ [A]}$$

$$Z_{min} = \sqrt{R^2 + X^2} \text{ [\Omega]}.$$

Gdje je: I_{k3p} – maksimalna vrijednost struje troleznog kratkog spoja

U – fazni napon [V]

Z_{min} – minimalna ukupna impedancija kratkog spoja [Ω]

R – ukupni otpor vodiča [Ω /fazi]

X – ukupna reaktancija vodiča [Ω /fazi].

Minimalna struja koja je ključna za ispravan rad zaštitnih uređaja kod jednopolnog kratkog spoja određuje se prema sljedećem izrazu:

$$I_{k1p} = \frac{0,95 \cdot U \cdot \sqrt{3}}{Z_{max}} \text{ [A]}$$

$$Z_{max} = \sqrt{(2R + R_o)^2 + (2X + X_o)^2} \text{ [\Omega]}.$$

Gdje je: I_{k1p} – maksimalna vrijednost struje jednopolnog kratkog spoja [A]

0,95 – faktor sigurnosti, kako bi se smanjila vrijednost izračunate struje za 5%

U – fazni napon [V]

Z_{max} – maksimalna ukupna impedancija kratkog spoja [Ω]

R – ukupni otpor vodiča [Ω /fazi]

X – ukupna reaktancija vodiča [Ω /fazi]

R_o – otpor zaštitnih vodiča [Ω /fazi]

X_o – reaktancija zaštitnih vodiča [Ω /fazi]

Navedeni izrazi se također nalaze u tablici te su dobiveni sljedeći rezultati :

Tablica 5 Proračun struja kratkog spoja [2]

TROŠILO	KABEL						REZULTATI	
NAZIV	Veličina I_n [A]	Tip	Presjek [mm ²]	Broj paral. žila	Duljina [km]	Faktor polaganja	Struja 1-p K.S. [A]	Struja 3-p K.S. [A]
KPO do PMO/PR	225	NY Y 5x120	120	1	0,02	0,8	14243,42	20495,97
KPO do PMO1	63	NY Y 5x25	25	1	0,005	0,8	15852,19	22323,35
KPO do PMO2	63	NY Y 5x25	25	1	0,01	0,8	11298,03	18117,22
KPO do PMO3	63	NY Y 5x25	25	1	0,0015	0,8	8625,25	14803,80
KPO do PMO4	63	NY Y 5x25	25	1	0,02	0,8	6933,39	12350,42
PMO4 do RO/24	20	NY Y 3x10	10	1	0,025	0,8	3027,62	5000,24
Proračun za najudaljenije trošilo (RAZDJELNIK RO/24)								
Priključnica strujni krug 1/1	16	NY Y 3x2,5	2,5	1	0,02	0,8	668,84	774,45

Rasvjeta strujni krug ¼	10	NYN 3x1,5	1,5	1	0,02	0,8	405,02	468,98
-------------------------	----	-----------	-----	---	------	-----	--------	--------

Na temelju dobivenih struja kratkog spoja, odabiru se odgovarajući osigurači i ostali zaštitni uređaji koji osiguravaju sigurnost elektroinstalacija. Ovi uređaji postavljaju se u elektroinstalacijske ormara i spojeni prema shemi (*Prilog 1* i *Prilog 2*), čime se omogućuje učinkovita zaštita od preopterećenja i kratkog spoja cijele zgrade.

Broj i tip osigurača određuje se prema normi HRN HD 60364-6. [7] Sukladno normi i proračunu struje kratkog spoja određen je tip automatskog osigurača C. Iako se osigurač C primarno koristi u industriji zbog veće tolerancije vršnih struja, u ovom slučaju, temeljem proračuna, struja kratkog spoja ima prednost naspram osigurača tipa B koji se inače koristi u kućanstvu. Svaki strujni krug ima svoj osigurač jačine 10 A (rasvjeta), 16 A (priključnice i klima uređaj) te 20 A (pećnica). Pokraj osigurača ugrađene su i diferencijalne sklopke (RCD) nazivne struje 40 A i struje greške 30 mA.

Dimenzije razvodnih ormara određuju se na temelju nekoliko ključnih faktora kako bi se osigurala sigurnost objekta te usklađenost s važećim normama. Prije svega, potrebno je uzeti u obzir broj i specifikacije prethodno navedene opreme koja se ugrađuje u razvodni ormar, pri čemu se mora predvidjeti i dodatni prostor za buduća proširenja ili nadogradnje. Nadalje, potrebno je obratiti pažnju na mjesto ugradnje razvodnog ormara. Potrebno je definirati radi li se o unutarnjoj ili vanjskoj ugradnji te koliko je slobodnog prostora za razvodni ormar kako bi se neometano otvarao. Završno, potrebno je pratiti normu HRN EN 61439-1. [8] Ona detaljno specificira materijal od kojeg se izrađuje razvodni ormar i dimenzije istog, je li potrebna dodatna ventilacija kako ne bi došlo do pregrijavanja razvodnog ormara, način na koji se postavljaju kabeli u razvodni ormar kako ne bi došlo do njihova oštećenja te na koji način sve komponente ormara moraju biti označene.

U prizemlju je smješten priključni mjerni ormar prizemlja (*Slika 2*) dimenzija 1750x600x250 mm (Širina×Visina×Dužina) u kojem su smještene dva brojila i odvod do ostalih priključnih mjernih ormara. Svako od četiri stubišta ima priključni mjerni ormar istih dimenzija kao i priključni mjerni ormar prizemlja. U njima je smješteno šest brojila (za svaku stambenu jedinicu po jedno) i odvod do razdjelnog ormara stambene jedinice. Razdjelni ormari u dvadeset i četiri stambene jedinice dimenzija su 360x464x95 mm, modula 2x12 (dva reda po 12 modula). Svi prethodno navedeni razvodni ormari postavljaju se podžbukno.

3.4. Instalacija rasvjete

Instalacija rasvjete uključuje ugradnju svih elemenata koji omogućuju osvjetljenje prostora. S obzirom na izvedbu može biti vanjska ili unutarnja rasvjeta. Cijeli proces instalacije obuhvaća odabir i postavljanje različitih rasvjetnih tijela, uključujući viseće, nadgradne, ugradne, zidne, podne svjetiljke te reflektore. Uz njih, instalacija uključuje i pripadajuće vodove, sklopke i osigurače, s obzirom na to da se rasvjeta izvodi s više strujnih krugova. Za određivanje jakosti rasvjete najčešće se koriste dva programa Dialux i Relux. Oba programa pružaju realnu simulaciju rasvjete te izračun potrebne jakosti svjetla za određene prostorije.

Rasvjeta unutar stambenih jedinica stambeno-poslovne zgrade izvedena je na način da se naprave izvodi na stropu prema označenim pozicijama na nacrtima te na zidu na visini 220 cm od poda, osim ako na nacrtima nije drugačije označeno.

Viseće svjetiljke montiraju se na strop tako da vise s njega pomoću šipke ili lanca. Danas se one sve češće postavljaju kao rasvjeta u dnevnim boravcima i blagovaonicama. Nadgradne svjetiljke montiraju se direktno na sam strop i uglavnom se koriste kao glavna rasvjeta kupaoonica i hodnika. Zidne svjetiljke kao što im samo ime kaže montiraju se na zid te osvjetljavaju prostor sa strane, to su više dekorativne svjetiljke koje se mogu vidjeti u hodnicima ili spavaćim sobama. U slučaju da je stan prodan, a kupac nije odabrao izgled svjetiljke montira se samo obična žarulja kako bi se prilikom tehničkog pregleda vidjelo ima li napajanja u kablovima.

Pomoću prethodno navedenih programa dobivene su specifikacije za rasvjetu zajedničkih prostorija (hodnika i stubišta). Panik rasvjeta postavlja se na hodnicima, stubištima i izlazima iz zgrade kako bi omogućila jasno označavanje i sigurno vođenje prema evakuacijskim izlazima u slučaju nužde. Visina postavljanja ovisi o visini vrata jer se najčešće montira iznad njih, na visini od približno 200 do 250 cm, kako bi bila lako uočljiva i dostupna iz svakog dijela prostora. Unutar projektne dokumentacije navedenih stambenih jedinica panik rasvjeta postavlja se na visini 220 cm od gotove kote poda, a radit će najmanje jedan sat u slučaju nestanka struje.

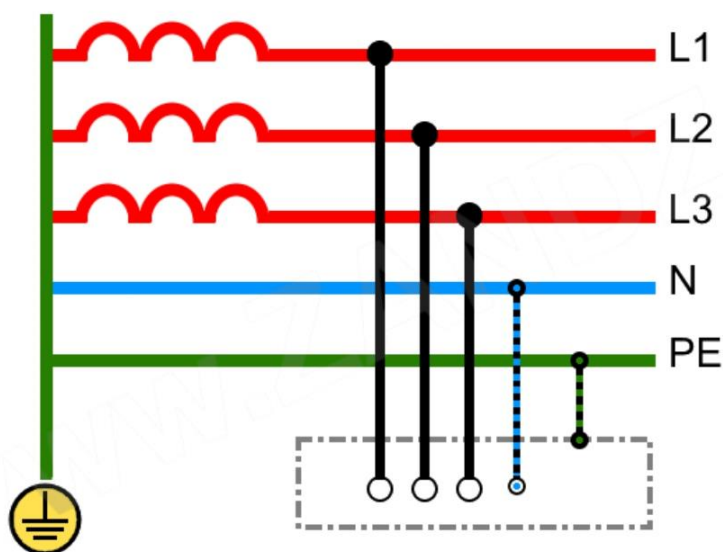
- S1** OMS, Nadgradna LED svjetiljka PLAST B 25W, 2300lm, 4000K, 80Ra, IP54
- S2** OMS, Nadgradna vodotijesna LED svjetiljka TDO V L 44W, 6500lm, 80Ra, 4000K, IP65, IK10
- P1** HYBRYD, Nadgradna protupanična LED svjetiljka OWA SU LED - RP, 1W, 142lm, CW, 9016, RND, 3h, IP65
- P2** HYBRYD, Nadgradna protupanična LED svjetiljka OWA SU LED - AP, 2W, 229lm, CW, 9016, RND, 3h, IP65
- P3** HYBRYD, Nadgradna protupanična LED svjetiljka PRIMOS CLA LED - 0140, CL, 1W, 70lm, CW, 3h, IP65
- P4** HYBRYD, Nadgradna evakuacijska LED svjetiljka PROFILIGHT SGN, dvostrani spuštenu pleks, 1W, 3h, IP40

Slika 3 Specifikacije zajedničke rasvjete [2]

Količina prekidača, priključnica i svjetiljki u elektroinstalacijama određuje se pomoću nacрта (*Prilog 3 i Prilog 4*) koji prikazuju raspored i broj instalacija u zgradi. Na temelju tih nacрта, potrebno je ubrojiti svaku stavku (prekidač, priključnica, svjetiljka) kako bi se definirale količine potrebnog materijala po projektu.

3.5. Zaštita od indirektnog dodira

Zaštita od indirektnog dodira izvedena je TN-S sustavom uz upotrebu diferencijalne sklopke (RCD). TN-S sustav je vrsta uzemljenja u kojem je neutralni vodič (N) odvojen od zaštitnog vodiča (PE) u cijelom sustavu od napajanja do potrošača (*Slika 4*). Prvo slovo T (tera) označava direktan spoj zvjezdista mreže s uzemljenjem, drugo slovo N (neutral) označava spoj kućišta potrošača na neutralni dio mreže, slovo S (separated) označava da su neutralni i zaštitni vodič razdvojeni.



Slika 4 Shema TN-S sustava [9]

Izloženi vodljivi dijelovi koji inače nisu pod naponom, ali mogu doći pod napon prilikom kvara, moraju biti spojeni sa zaštitnim vodičem instalacije. Kako bi se spriječile razlike električnih potencijala na metalnim dijelovima opreme, sustav izjednačenja potencijala povezuje sve metalne dijelove s posebnom sabirnicom koja je dodatno uzemljena.

Na taj način smanjuje se rizik od električnih udaraca i omogućuje efikasna zaštita od indirektnog dodira, što je vrlo bitno za stambeno-poslovnu zgradu gdje je potrebna visoka razina sigurnosti u električnim instalacijama zbog povećanog broja korisnika u istoj.

4. Instalacija uzemljenja, izjednačenja potencijala i gromobranskog sustava

Instalacija uzemljenja, izjednačenja potencijala i gromobranskog sustava ključni su elementi sigurnosnih elektroinstalacija koje štite ljude i objekte od opasnosti električnog udara i prenapona. Sustav uzemljenja usmjerava opasne struje prema zemlji, dok sustav izjednačenja potencijala, kao što je prethodno navedeno, povezuje sve vodljive dijelove zgrade pomoću zaštitnog vodiča (žuto-zelene boje) s glavnom sabirnicom za izjednačavanje potencijala. Tim postupkom osigurava se sigurnost od opasnih razlika potencijala između različitih dijelova objekta u slučaju kvara, prenapona ili udara munje.

4.1. Gromobranski sustav

Gromobranski sustav služi za zaštitu objekta od posljedica udara groma (požari, fizičko oštećenje objekta). Njegova je uloga usmjeriti struju munje sigurno prema tlu, sprječavajući oštećenja zgrade i opasnosti za ljude. Gromobranski sustav čine hvataljke, vodiči za odvod, mjerni spojevi, zemni uvodnici i uzemljivač. Oni se povezuju s glavnim sustavom uzemljenja i sabirnicom za izjednačenje potencijala, čime se osigurava potpuna zaštita cijelog objekta.

Rizik R predstavlja vrijednost prosječnih godišnjih gubitaka za svaku vrstu potencijalnog gubitka, koji se može dogoditi na građevini ili naponskom vodu. Vrlo je važno zasebno izračunati pripadajući rizik. Kako vjerojatnost udara munje raste, tako se povećava i ukupni rizik. Međutim, uvođenjem odgovarajuće zaštite, smanjuje se mogućnost nastanka štete i gubitaka unutar zaštićenog prostora.

Rizici koji se računaju za građevinu:

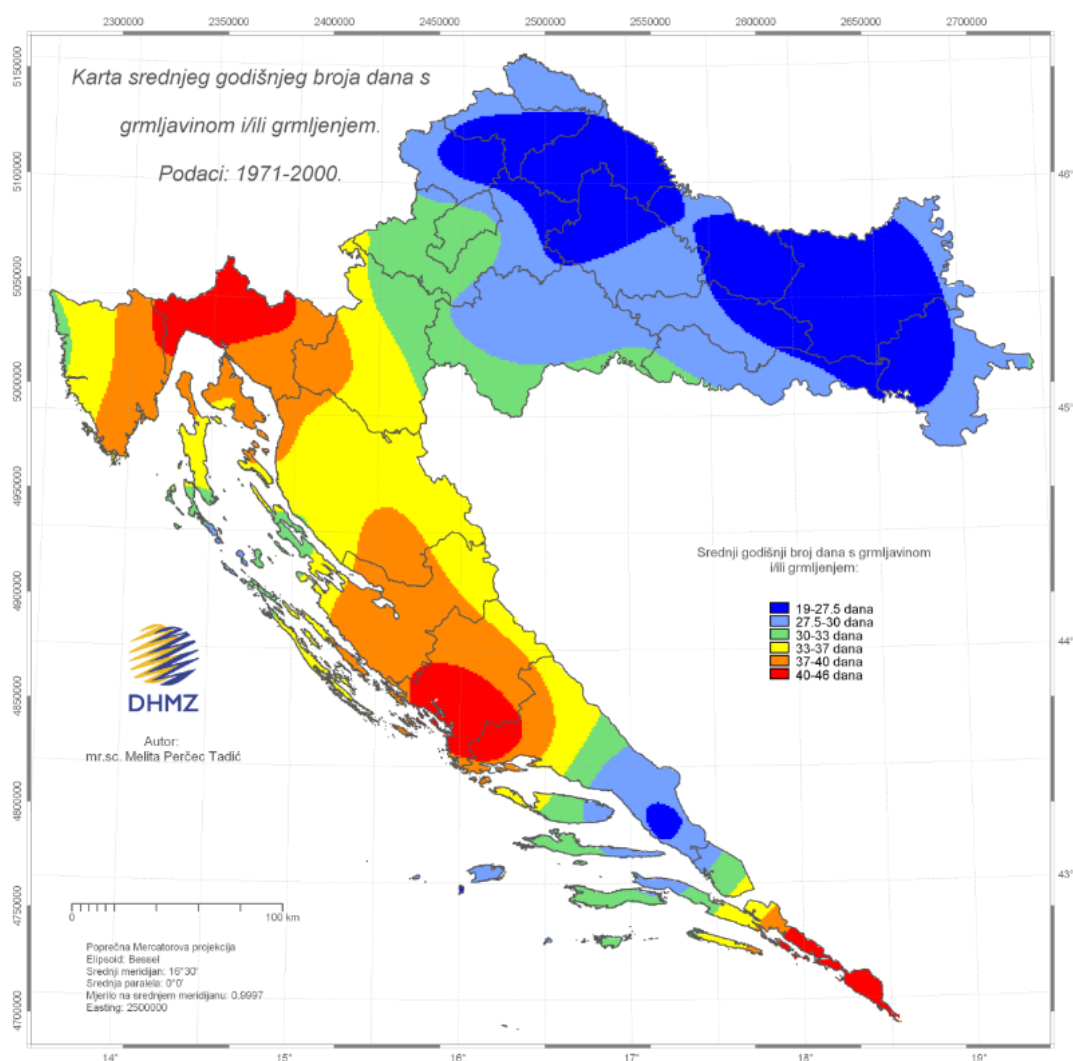
- R_1 – rizik gubitka ljudskog života
- R_2 – rizik gubitka javne opskrbe
- R_3 – rizik gubitka kulturnog nasljeđa
- R_4 – rizik gubitka gospodarskih vrijednosti. [2]

Ako je rizik R (R_1 do R_4) veći od granične vrijednosti prihvatljivog rizika R_T tada je potrebna zaštita od munje. Vrijednost R_T se određuje prema normi HRN EN 62305-2. [10]

Tablica 6 Vrijednosti prihvatljivog rizika [2]

Vrsta gubitka	Vrijednost R_r
R_1	1:100 000 (10^{-5})
R_2	1:1000 (10^{-3})
R_3	1:1000 (10^{-3})
R_4	1:1000 (10^{-3})

Ako je očekivana učestalost izravnih udara godišnje N_d manjeg ili približno jednakog iznosa kao i prihvaćena učestalost udara munje N_c , tada nije potrebno izračunati vrijednost rizika R do kraja jer građevina ne treba zaštitu od udara munje. U tablicu *Proračun munje (Tablica 8)* potrebno je unijeti duljinu, širinu i visinu objekta koje se iščitavaju iz projekta, a broj grmljavinskih dana dobije se pomoću *Izokerauničke karte Hrvatske (Slika 5)*.



Slika 5 Izokeraunička karta Hrvatske [11]

Također, tablica *Proračun munje (Tablica 8)* programirana je tako da nudi mogućnost odabira za daljnje formiranje parametara:

1. Položaj objekta:

- objekt je okružen nižim objektima
- objekt se nalazi u širem području objekata ili stabala koje su jednake visine ili viši
- samostojeći objekt, unutar radijusa tri puta većeg od visine objekta nema drugih objekata
- izoliran objekt na vrhu brda ili uzvisine.

2. Struktura krova/struktura zidova:

- metal / metal
- metal / obično gradivo (cigla, beton)
- metal / zapaljivo gradivo (drvo)
- obično gradivo / metal
- obično gradivo / obično gradivo
- obično gradivo / zapaljivo gradivo
- zapaljivo gradivo / metal
- zapaljivo gradivo / obično gradivo
- zapaljivo gradivo / zapaljivo gradivo.

3. Koeficijent sadržaja:

- bez vrijednosti i nezapaljivo
- normalna vrijednost i normalna zapaljivost
- veća vrijednost i povećana zapaljivost
- izuzetna vrijednost, nenadoknadiva, vrlo lako zapaljivo, eksplozivno.

4. Koeficijent korištenja:

- nezaposjednutost (trafostanice)
- normalna zaposjednutost (stambene zgrade, obiteljske kuće)
- teže evakuiranje ili rizik od panike (bolnice, škole).

5. Posljedice jednog udara munje:

- kontinuitet opskrbe nije neophodan i nema posljedica na okolinu (stambene zgrade, obiteljske kuće)
- kontinuitet opskrbe je neophodan i nema posljedica na okolinu (podatkovni centri, bolnice)
- posljedica djelovanja na okolinu (industrijska postrojenja).

Tablica 7 Specifikacije proračuna munje

Boja	Značenje
	Ćelije koje treba popuniti.
	Ćelije u kojima su gotove formule. Ne treba ništa dirati.
	Ćelije gdje treba odabrati karakteristike objekta.
	Faktori koji se sami mijenjaju.
	Ćelije u koje treba upisati dimenzije objekta i broj udara munje.

Tablica 8 Proračun munje [2]

0,98 < E NIVO I 0,95 < E <= 0,98 NIVO II 0,80 < E <= 0,95 NIVO III 0,00 < E <= 0,80 NIVO IV	IV	IV NIVO (razmak odvoda <=20m)
E - učinkovitost zaštite	$E = 1 - N_c / N_d$	0,709384764
Nd - očekivana učestalost izravnih udara godišnje	$N_d = N_g \times A_g \times C_1 \times 10^{-6}$	0,018925367
Nc - prihvaćena učestalost udara munje	$N_c = ((5,5 \times 10^{-3}) / C)$	0,0055
Ng - srednja godišnja gustoća munje u području u kojem je locirana građevina smještena	$N_g = 0,04 \times T_d^{1,25}$	2,808416783
Nk - broj grmljavinskih dana u godini		30
Ag - odgovarajuća ekvivalentna izložena površina građevine	$A_g = L \times I + 6 \times H \times (L + I) + 9 \pi H^2$	13477,60567
L - dužina objekta (m)		29,9
I - širina objekta (m)		17,8
H - visina objekta (m)		16,93
	$C = C_2 \times C_3 \times C_4 \times C_5$	1
RELATIVNI POLOŽAJ OBJEKTA C1	Objekt je okružen nižim objektima	0,5
STRUKTURNI KOEFICJENT C2 Struktura krova / Struktura gradiva zidova	Obično gradivo / Obično gradivo	1
KOEFICIJENT SADRŽAJA C3	Normalna vrijednost i normalna zapaljivost	1
KOEFICIJENT KORIŠTENJA C4	Normalna zaposjednutost	1
KOEFICIJENT POSLJEDICA JEDNOG UDARA MUNJE C5	Kontinuitet opskrbe nije neophodan i nema posljedica na okolinu	1

Temeljom izračuna iz tablice *Proračun munje (Tablica 8)* iščitava se da je očekivana učestalost izravnih udara godišnje N_d veće vrijednosti od udara munje N_c . Stoga je prema normi HRN EN 62305-2, potrebna zaštita od udara munje. [10] Kako učinkovitost zaštite (E) iznosi 0,709384764 zahtjeva se nivo zaštite IV, znači da razmak između odvoda (vodiča uzemljenja) mora biti 20 m.

4.2. Proračun otpora uzemljenja

Otpori uzemljenja bi trebali biti niskih vrijednosti u kućanstvu, ustanovama i industriji. Preporučeno je da to bude $< 10 \Omega$, a za objekte HT-a, HEP-a, bolnice i sl. $\leq 5 \Omega$. [4] Temeljni uzemljivač se polaže u temelj, a izveden je INOX trakom 30x3,5 mm. Iako je INOX traka skuplja izvedba od Fe-Zn trake, u ovom projektu INOX traka ima prednost zbog svoje velike otpornosti na koroziju, što je ključno kod trajnih građevina. S druge strane, Fe-Zn traka često se koristi kod privremenih radova ili na mjestima gdje nije znatno izložena vlazi jer je ekonomičnija, ali isto tako manje otporna na koroziju. Otpor uzemljenja računa se pomoću sljedećeg izraza:

$$R_{uz} = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{2l^2}{b \cdot h} [\Omega].$$

Gdje je : ρ – specifični otpor tla [Ωm]

l – duljina postavljene trake [m]

h – prosječna dubina postavljene trake [m]

b – širina postavljene trake [m]. [2]

Duljina postavljene trake dobiva se mjerenjem trasa iz nacрта u programu AutoCAD.

Tablica 9 Specifični otpor tla [4]

Vrsta tla	Specifični otpor tla (Ωm)
Glina	10-20
Pjeskovito tlo	10-50
Vlažna zemlja	10-100
Močvara-treset	90-150
Oranice	90-150
Suha zemlja	100-300
Beton	150-500
Vapno	500-1000
Kamenito tlo	1000-5000

Izračun otpora uzemljenja:

$$R_{uz} = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{2l^2}{b \cdot h} = \frac{300}{2 \cdot 3,14 \cdot 100} \ln \frac{2 \cdot 100^2}{0,035 \cdot 0,85} = 6,4\Omega$$

Otpor uzemljenja iznosi 6,4 Ω što zadovoljava uvjet niske vrijednosti za kućanstvo, ustanove i industriju.

5. Troškovnik

Na temelju svih prethodno provedenih proračuna i odabranih materijala izrađuje se troškovnik. Troškovnik je dokument s opisom svih radova složenih prema vrstama, jediničnim mjerama te količinama i cijenama. [12] Kod električnih instalacija, troškovnik mora biti izuzetno precizan kako bi osigurao točne procjene troškova i pravilan raspored sredstava.

Ako dođe do problema tijekom radova pojaviti će se vanstroškovnički radovi (dodatni radovi) što može utjecati na prvobitno dogovorene troškove. Za svaku vanstroškovničku stavku, koja nije unaprijed predviđena u troškovniku, potrebno je priložiti odgovarajuće dokaznice. Dokaznice su dokumenti kojima se opravdava potreba za dodatnim radovima ili materijalima. Dokaznice se izrađuju u programu AutoCAD i dostavljaju nadzornom inženjeru na pregled da procijeni jesu li izvanredni radovi zaista potrebni.

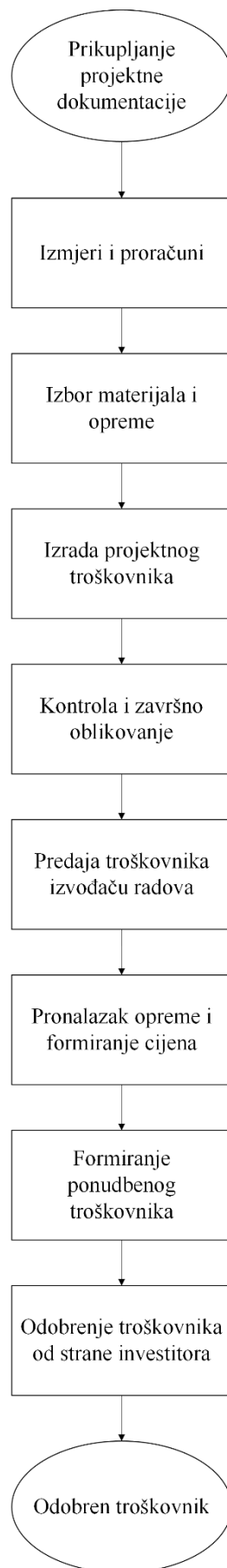
5.1. Proces izrade troškovnika

Svaki projektant dužan je uz projektnu dokumentaciju formirati projektni troškovnik na temelju izmjera i proračuna. Projektni troškovnik koji formira projektant ne smije imati ukalkulirane cijene te nikako ne smije biti definiran proizvođač nego samo specifikacija opreme. Prije predaje troškovnika investitoru izrađuje se provjera količina i završno oblikovanje.

Investitor raspisuje natječaj za odabir izvođača radova. Inženjer izvođača preuzima odgovornost za pronalazak opreme i materijala u skladu sa zadanim specifikacijama te izrađuje ponudbeni troškovnik. Ponudbeni troškovnik izrađuje se prije početka radova te služi kao dokument na temelju kojeg se izvođači mogu natjecati za dobivanje suglasnosti za izvođenje projekta. Također, temeljem ponudbenog troškovnika dobiva se procjena troškova i investitor odlučuje hoće li realizirati projekt ili ne. Uvidom u dostavljene ponude investitor ima pregled troškovnika potencijalnih izvođača radova koje može usporediti te odabire najpovoljnijeg ponuditelja uz uvjet da su troškovi prihvatljivog iznosa.

Nakon što investitor odobri prihvatljivo izrađen troškovnik kreće u realizaciju projekta. Po završetku projekta revidira se troškovnik izvedenih radova u kojem se navode sve izvršene stavke. Obično je to spoj ponudbenog troškovnika i vanstroškovničkih radova, naravno ako postoje.

Objašnjenje procesa izrade troškovnika prikazano je i dijagramom toka (*Slika 6*).



Slika 6 Dijagram toka izrade troškovnika

5.2. Formiranje jediničnih cijena

Kao što je navedeno u prethodnom odlomku, za formiranje cijena troškovnika zadužen je inženjer izvođača radova. U formiranju cijena ima nekoliko bitnih faktora, a to su bruto cijena proizvoda, norma sati za postavljanje tog proizvoda i cijena rada. Cijena proizvoda ovisi o stanju cijena na tržištu. Sukladno tome u troškovniku se navodi datum kada je troškovnik dogovoren zato što cijene proizvoda mogu biti u porastu ili padu.

Norma sat je vremenski okvir u kojem osoba može izvršiti određeni zadatak izražen u satima, zbog toga kod elektroinstalacija norma sati za svaku stavku ovisi o načinu postavljanja i mjestu postavljanja (polaganje u rov, kableske police, polaganje u cijevi, polaganje u zidove...). Norme sata iščitavaju se iz stručne literature kao što su tehničke knjige i priručnici. [13] Cijena rada ovisi o nekoliko ključnih čimbenika, uključujući osnovnu plaću radnika, troškove hladnog pogona (poput održavanja opreme i alata), putne naloge te troškove smještaja za radnike koji rade izvan mjesta prebivališta.

Primjer formiranja jedinične cijene za kabel NYY-J 4x10 mm² položen u zemlju:

Tablica 10 Čimbenici prilikom formiranja cijena

Stavka	Jedinična količina	Bruto cijena [€]	Norma sat	Cijena rada [€]
Kabel	1 metar	10,46	0,18	17

Trošak rada dobiva se množenjem cijene rada s normom sati.

$$0,18 \times 17 = 3,06 \text{ €}$$

Kako bismo dobili cijenu postavljanja kabela potrebno je zbrojiti cijenu kabela i trošak rada.

$$10,46 + 3,06 = 13,52 \text{ €}$$

Zaključno, cijena postavljanja kabela NYY-J 4x10 mm² po metru iznosi 13,52 €.

Slijedeći ovaj postupak izračuna dobiva se jedinična cijena svake stavke troškovnika.

5.3. Naslovni list troškovnika

Troškovnik elektroinstalacija sastoji se od dva lista u programskom alatu Microsoft Excel:

- naslovni list gdje su predstavljeni općeniti podaci
- drugi list predstavlja sam troškovnik.

Na naslovnom listu nalaze se sljedeći podaci:

- investitor
- naziv građevine
- lokacija građevine
- faza projekta
- broj tehničke dokumentacije (TD)
- vrsta projekta
- projektant
- datum i mjesto.

Podatci o investitoru moraju sadržavati informacije o investitoru, ako se radi o osobi to su puno ime i prezime investitora, a ako se radi o tvrtci naziv tvrtke. Također, treba biti navedena adresa sjedišta za osobe, a za tvrtku adresa prebivališta.

Iz naziva građevine vidljive su informacije o vrsti građevine (zgrada, kuća, hala, dvorana...), funkciji građevine (javna, stambena, poslovna...) te na kraju, o samom statusu građevine (izgradnja, dogradnja, rekonstrukcija...).

Lokacija građevine treba biti definirana pomoću katastarske čestice pod brojem (k.č.br.) i pripadajuće katastarske općine (k.o.).

Faza projekta također je dio naslovnog lista troškovnika te navodi na temelju kojeg dokumenta je troškovnik izrađen (glavni projekt, izvedbeni projekt, idejni projekt...).

Broj tehničke dokumentacije (TD) oznaka je koja se koristi za identifikaciju određenog dijela projekta ili dokumentacije vezane uz isti.

Vrsta projekta, s obzirom na to o kojim se tehničkim specifikacijama radi, može biti arhitektonski (izgled građevine), građevinski (vrsta građevinskih radova), projekt vodovoda i odvodnje (projektiranje vodova i kanalizacije), strojarski (klimatizacija, ventilacija i grijanje) te elektrotehnički projekt (elektroinstalacije građevine).

Naslovni list troškovnika mora sadržavati osobne podatke projektanta (ime i prezime ovlaštenog inženjera) te njegovo zvanje i titulu (stručni specijalist inženjer elektrotehnike, magistar ili diplomirani inženjer elektrotehnike). Također, na naslovnom listu troškovnika definira se točan datum i mjesto kada i gdje je troškovnik izrađen.

Napomena: svi podatci naslovnog lista troškovnika su fiktivni (*Slika 7*).

5.1. TROŠKOVNIK	
Investitor:	Elektromont Šipek d.o.o. Matije Gupca 5, Zlatar
Naziv građevine:	Stambeno-poslovna zgrada-gradnja
Lokacija građevine:	k.č. br. 539, k.o. Konjščina
Faza projekta:	GLAVNI PROJEKT
TD:	238-26
Vrsta projekta:	ELEKTROTEHNIČKI PROJEKT
Projektant:	Vladimir Marković struč.spec.ing.el.
U Zlataru, 17. siječanj 2023. godine	

Slika 7 Naslovni list troškovnika

Sam troškovnik ima nekoliko elemenata (stupaca):

- redni broj stavke
- opis stavke
- jedinična mjera
- količina
- jedinična cijena
- ukupna cijena.

Redni broj definira broj pod kojim se stavka nalazi u troškovniku te na taj način omogućuje lakši i jasniji pregled troškovnika.

Opis stavke obično uključuje detaljan opis radova koje treba izvesti te detaljne specifikacije materijala koji se ugrađuju. U završnom dijelu opisa često se dodaje napomena na koji način se obračunava pojedina stavka.

Jediničnom mjerom izražava se mjerna jedinica u kojoj je stavka izražena (mm, mm², m, kom, komplet ili paušal). Paušal kao jedinična mjera koristi se kada je riječ o vijcima i ostalim spojnim elementima zato što označava stavke za koje se ne može izraziti točna potrebna količina. Za takve stavke jedinična cijena formira se kao cjelina.

Količina se određuje temeljem dokumentacije, a predstavlja ukupni broj jedinica mjere definirane stavke.

Jedinična cijena predstavlja novčani iznos za jednu jedinicu mjere stavke, a ukupna cijena je umnožak količine i jedinične mjere. Jediničnu cijenu i ukupnu cijenu definira izvođač radova, dok ostatak parametara definira projektant.

Na početku svakog ponudbenog troškovnika su i napomene koje daju jasno do znanja čega se izvođač radova treba pridržavati tijekom izvedbe projekta. Napomene u troškovniku imaju ključnu ulogu u usklađivanju svih sudionika u projektu i postavljanju jasnih pravila za realizaciju radova.

Napomene uključuju nekoliko važnih točaka:

- Ponuđač je odgovoran za točnost količina navedenih u troškovniku, zato je potrebna provjera količina stavki prije ponude, čime se smanjuje mogućnost nesporazuma i osigurava preciznost ponude.
- Izvođač je primoran detaljno proučiti kompletnu projektantsku dokumentaciju te se u slučaju nejasnoća konzultirati s nadzornim inženjerom i projektantom prije početka izvođenja radova kako bi se izbjegle potencijalne nepravilnosti.
- Troškovnik je dio šire projektne dokumentacije te ga treba promatrati u kontekstu s ostalim dijelovima projekta za pravilnu izvedbu radova (nacrti, tehnički opis).
- Radovi i ugrađeni materijali moraju biti u skladu s važećim zakonima, pravilnicima i normama, čime se osigurava legalnost, kvaliteta i sigurnost izvedbe.
- Izvođač je obvezan sve radove kalkulirati prema hrvatskim normama (HRN), tako se osigurava točnost i standardizacija u izračunima troškova.
- Jedinичne cijene moraju obuhvatiti sve što je potrebno za izvedbu radova, uključujući dobavu, transport, montažu i testiranje kako bi se izbjegli dodatni troškovi.
- Sav materijal mora zadovoljiti hrvatske norme i standarde (CE), a svaka promjena u specifikacijama zahtijeva odobrenje projektanta, čime se osigurava kvaliteta radova.
- Izvođač je odgovoran za ispravnu izvedbu radova, a svi nekvalitetni radovi moraju se ponoviti o njegovom trošku, čime se osigurava postizanje visokih standarda kvalitete.

Prethodno navedene napomene su kombinacija normi, zakonskih regulativa i iskustva projektanta, uzimajući u obzir specifičnosti ovog projekta i dobre prakse iz prethodnih sličnih radova. Također, one predstavljaju temeljni okvir za uspješnu izvedbu radova i jasno definiraju obveze izvođača kako bi projekt bio izveden u skladu s važećim pravilnicima. Primjer napomena vidljiv je u početnom dijelu troškovnika.

5.4. Troškovnik elektroinstalacija

Općenito, troškovnik elektroinstalacija se u razradi dijeli na više dijelova, a konkretni troškovnik koji je obrađen u ovom završnom radu sadrži šest dijelova:

1. Elektroenergetski razvod
2. Razdjelni ormari
3. Instalacije utičnica, EMP-a i priključaka
4. Izjednačenje potencijala
5. Instalacija rasvjete
6. Instalacija uzemljenja. [14]

Na kraju svakog dijela troškovnika elektroinstalacija nalazi se ukupna cijena istog koja predstavlja zbroj svih ukupnih cijena pojedinih stavki. Sve cijene u troškovniku su fiktivne i zaokružene, ali približne realnim vrijednostima.

Elektroenergetski razvod obuhvaća sve radove potrebne za postavljanje i povezivanje elektroenergetskih instalacija koje omogućuju pouzdanu i sigurnu distribuciju električne energije unutar stambeno-poslovne zgrade počevši od vanjskih priključnih točaka tj. ulaznih izvora energije (priključni ormar) do ormara stambenih jedinica.

Neke od bitnijih stavki ovog dijela troškovnika su sljedeće:

- polaganje energetskih kabela
- provođenje kabela kroz zaštitne cijevi
- postavljanje zaštitnih PEHD cijevi (polietilen visoke gustoće)
- montaža kabelačkih polica.

Specifične oznake kabela:

- FG7OR označava kabel s bakrenim vodičem, izolacijom od elastičnog materijala, plaštem od PVC-a, nazivnog napona od 0,6/1 kV te je fleksibilan i otporan na ulje.
- NHXCH FE180/E90 označava kabel s koncentričnim bakrenim vodičem s izolacijom unakrsno umreženog polietilena i plaštem bez halogena gdje izolacijska svojstva u požaru mogu izdržati 180 minuta, a električna funkcionalnost sustava 90 minuta. [6]

Tablica 11 Elektroenergetski razvod

R. br.	Opis	JM	kol.	Jed. cijena (€)	Ukupno (€)
F.1. ELEKTROENEGETSKI RAZVOD					
1.1.	Dobava, polaganje u zid kabela 5xFG7OR 1x120 mm ² od KPO do PMO/PR te spajanje kabela, komplet s kablaskim stopicama i označavanjem na metalnoj pločici.				
	Komplet st. 1.1.	m	80	115,00	9.200,00
1.2.	Dobava, polaganje u zid kabela 5xFG7OR 1x25 mm ² od PMO/PR do PMO1 te spajanje kabela, komplet s kablaskim stopicama i označavanjem na metalnoj pločici.				
	Komplet st. 1.2.	m	80	28,00	2.240,00
1.3.	Dobava, polaganje u zid kabela 5xFG7OR 1x25 mm ² od PMO/PR do PMO2 te spajanje kabela, komplet s kablaskim stopicama i označavanjem na metalnoj pločici.				
	Komplet st. 1.3.	m	80	28,00	2.240,00
1.4.	Dobava, polaganje u zid kabela 5xFG7OR 1x25 mm ² od PMO/PR do PMO3 te spajanje kabela, komplet s kablaskim stopicama i označavanjem na metalnoj pločici.				
	Komplet st. 1.4.	m	80	28,00	2.240,00
1.5.	Dobava, polaganje u zid kabela 5xFG7OR 1x25 mm ² od PMO/PR do PMO4 te spajanje kabela, komplet s kablaskim stopicama i označavanjem na metalnoj pločici.				
	Komplet st. 1.5.	m	80	28,00	2.240,00
1.6.	Dobava, provlačenje kroz CS Ø50 cijev prethodno položenoj u kablaskom rovu kabela NHXCH FE180/E90 5x10mm ² od PMO/PR do RZP te spajanje kabela, komplet s kablaskim stopicama i označavanjem na metalnoj pločici, komplet sa CS Ø50 cijevi.				
	Komplet st. 1.6.	m	80	17,00	1.360,00

1.7.	Dobava, provlačenje kroz CS Ø40 cijev prethodno položenoj u kabelskom rovu kabela 3xFG7OR 1x10 mm ² od PMO do razdjelnog ormara poslovnog prostora i razdjelnih ormara stanova prosječne dužine po izvodu 15m te spajanje kabela, komplet s kabelskim stopicama i označavanjem na metalnoj pločici, komplet sa CS Ø40 cijevi.				
	Komplet st. 1.7.	kom	25	134,00	3.350,00
1.8.	Dobava, postavljanje i spajanje kabelskih polica, komplet s originalnim nosačima, instalacijskim priborom itd.				
	PK 100	m	10,00	18,00	180,00
	PK 200	m	80,00	23,00	1.840,00
	PK 300	m	10,00	34,00	340,00
	PK 400	m	30,00	46,00	1.380,00
	Komplet st. 1.8.	kom	1,00		3.740,00
1.9.	Dobava i polaganje PEHD Ø110 mm cijevi, komplet s iskopom i ponovnim zatrpavanjem rova dubine 0,8m, širine 0,4m.				
	Komplet st. 1.9.	m	90	3,00	270,00
1.10.	Dobava i polaganje montažnog betonskog zdenca tip MZD1 za uvod kabela NN mreže, komplet s iskopom i ponovnim zatrpavanjem.				
	Komplet st. 1.10. NE NUDE SE GRAĐEVINSKI RADovi	kom	4		-
F.1. ELEKTROENERGETSKI RAZVOD UKUPNO:					26.880,00

Razdjelni ormari moraju biti izrađeni, dopremljeni na gradilište, spojeni i montirani prema najvišim standardima kvalitete koji uključuju usklađenost s normama, kvalitetan materijal i komponente te testiranje istih. Obuhvaćene su razne vrste ormara i elektroinstalacijskih sustava koji omogućuju pravilno upravljanje i distribuciju električne energije unutar stambeno-poslovne zgrade. Ugradnja svakog razdjelnog ormara uključuje širok raspon zaštitne opreme, od uređaja za zaštitu od prenapona do automatskih prekidača, rastalnih osigurača i diferencijalnih sklopki.

Svaki razdjelni ormar opremljen je potrebnim sabirnicama, spojnim materijalima i drugim komponentama kako bi se osigurala sigurnost i ispravnost elektroenergetskih sustava. U tablici *Razdjelni ormari (Tablica 12)* nisu navedene jedinične cijene zbog toga što se ormari s opremom nabavljaju kao komplet istog dobavljača. Tako se ostvaruje popust koji nije uključen u cijene pojedinačnih stavki.

Tablica 12 Razdjelni ormari

R. br.	Opis	JM	kol.	Jed. cijena (€)	Ukupno (€)
F.2.	RAZDJELNI ORMARI				
2.1	Razdjelnik PMO/PR				
	Dobava, postava i spajanje priključno mjernog ugradbenog ormara ukupnih dimenzija 1750x600x250 mm. U razdjelnik ugraditi sljedeću opremu prema jednopolnoj shemi – razdjelnik "PMO/PR".				
	SPD klasa I+II, 4P, 27 VAC, 25/100 kA	kom	1		
	Rastalni osigurač, 63A, NVO, 3-polni	kom	4		
	Rastalni osigurač, 35A, NVO, 3-polni	kom	1		
	Rastalni osigurač, 40A, NVO, 1-polni	kom	1		
	Brojilo 4T/3F	kom	1		
	Brojilo 4T/1F	kom	1		
	Sva potrebna montažna i spojna oprema potrebna za ugradnju specificirane opreme u ormar, sabirnice nule i zemlje, te ostali potrebni sitni spojni i montažni materijal i pribor.	kpl	1		
	Komplet st. 2.1	kpl	1	1.345,00	1.345,00

2.2.	Razdjelnik PMO/1, PMO/2, PMO/3, PMO/4				
	Dobava, postava i spajanje ugradbenog ormara dimenzija 1750x600x250 mm. U razdjelnik ugraditi sljedeću opremu prema jednopolnoj shemi – razdjelnik "PMO1".				
	Rastalni osigurač NVO63A, 3-polni	kom	1		
	Rastalni osigurač, 32A, NVO, 1-polni	kom	6		
	Brojilo 4T/1F	kom	6		
	Sva potrebna montažna i spojna oprema potrebna za ugradnju specificirane opreme u ormar, sabirnice nule i zemlje, te ostali potrebni sitni spojni i montažni materijal i pribor.	kom	1		
	Komplet st. 2.2	kpl	4	850,00	3.400,00
2.3.	Razdjelnik RO/1, 3, 7, 9, 13, 15, 19, 21				
	Dobava, postava i spajanje dvorednog podžbuknog ugradbenog ormara dimenzija 360x464x95 mm, (modul 2x12). U razdjelnik ugraditi sljedeću opremu prema 1p shemi "RO/1,3,7,9,13,15,19,21".				
	SPD klasa II, 2P	kom	1		
	OSO 20A, obveza distributera EE	kom	1		
	Diferencijalna zaštitna sklopka, 2-polna, 25/0,03A,	kom	2		
	Minijturni automatski prekidač, 10A, C karakteristike, 1-polni	kom	2		
	Minijturni automatski prekidač, 16A, C karakteristike, 1-polni	kom	10		
	Minijturni automatski prekidač, 20A, C karakteristike, 1-polni	kom	1		
	Sva potrebna montažna i spojna oprema potrebna za ugradnju specificirane opreme u ormar, sabirnice nule i zemlje, te ostali potrebni sitni spojni i montažni materijal i pribor.	kpl	1		
	Komplet st. 2.3.	kpl	8	232,00	1.856,00
2.4.	Razdjelnik RO/2,4,8,10,14,16,20,22				
	Dobava, postava i spajanje dvorednog podžbuknog ugradbenog ormara dimenzija 360x464x95mm, (modul 2x12). U razdjelnik ugraditi sljedeću opremu prema jednopolnoj shemi - "RO/2,4,8,10,14,16,20,22".				
	SPD klasa II, 2P	kom	1		
	OSO 20A,2p obveza distributera EE	kom	1		

	Diferencijalna zaštitna sklopka, 2-polna, 25/0,03A, klasa A	kom	2		
	Minijaturni automatski prekidač, 10A, C karakteristike, 1-polni	kom	2		
	Minijaturni automatski prekidač, 16A, C karakteristike, 1-polni	kom	9		
	Minijaturni automatski prekidač, 20A, C karakteristike, 1-polni	kom	1		
	Sva potrebna montažna i spojna oprema potrebna za ugradnju specificirane opreme u ormar, sabirnice nule i zemlje, te ostali potrebni sitni spojni i montažni materijal i pribor.	kpl	1		
	Komplet st. 2.4	kpl	8	227,00	1.816,00
2.5.	Razdjelnik RO/5,6,11,12,17,18,23,24				
	Dobava, postava i spajanje dvorednog podžbuknog ugradbenog ormara dimenzija 360x464x95mm, (modul 2x12). U razdjelnik ugraditi sljedeću opremu prema jednopolnoj shemi - "RO/5,6,11,12,17,18,23,24".				
	SPD klasa II, 2P	kom	1		
	OSO 20A,2p obveza distributera EE	kom	1		
	Diferencijalna zaštitna sklopka, 2-polna, 25/0,03A, klasa A	kom	2		
	Minijaturni automatski prekidač, 10A, C karakteristike, 1-polni	kom	2		
	Minijaturni automatski prekidač, 16A, C karakteristike, 1-polni	kom	11		
	Minijaturni automatski prekidač, 20A, C karakteristike, 1-polni	kom	1		
	Sva potrebna montažna i spojna oprema potrebna za ugradnju specificirane opreme u ormar, sabirnice nule i zemlje, te ostali potrebni sitni spojni i montažni materijal i pribor.	kpl	1		
	Komplet st. 2.5.	kpl	8	236,00	1.888,00
2.6.	Razdjelnik RZP				
	Dobava, postava i spajanje etažnog trorednog nadžbuknog ormara dimenzija 360x590x150mm, (modul 3x12). U razdjelnik ugraditi sljedeću opremu prema jednopolnoj shemi - "RZP".				
	SPD klasa i+II, 4P	kom	1		
	OSO 3X16A, obveza distributera EE	kom	1		
	Diferencijalna zaštitna sklopka, 4-polna, 63/0,03A, klasa A	kom	2		

	Minijaturni automatski prekidač, 16A, C karakteristike, 3-polni	kom	1		
	Minijaturni automatski prekidač, 16A, C karakteristike, 1-polni	kom	8		
	Minijaturni automatski prekidač, 10A, C karakteristike, 1-polni	kom	4		
	Sklopnik 16A	kom	1		
	Sklopnik 10A	kom	6		
	Kompaktni prekidač 40 A	kom	1		
	Sva potrebna montažna i spojna oprema potrebna za ugradnju specificirane opreme u ormar, sabirnice nule i zemlje, te ostali potrebni sitni spojni i montažni materijal i pribor.	kpl	1		
	Komplet st. 2.6.	kpl	1	550,00	550,00
2.7.	Razdjelnik RO/PO				
	Dobava, postava i spajanje dvorednog podžbuknog ugradbenog ormara dimenzija 360x464x95mm, (modul 2x12), prema shemi. U razdjelnik ugraditi sljedeću opremu prema jednopolnoj shemi - "RO/PO".				
	SPD klasa II, 2P	kom	1		
	OSO 20A,2p obveza distributera EE	kom	1		
	Diferencijalna zaštitna sklopka, 2-polna, 25/0,03A, klasa A	kom	1		
	Minijaturni automatski prekidač, 10A, C karakteristike, 1-polni	kom	1		
	Minijaturni automatski prekidač, 16A, C karakteristike, 1-polni	kom	2		
	Sva potrebna montažna i spojna oprema potrebna za ugradnju specificirane opreme u ormar, sabirnice nule i zemlje, te ostali potrebni sitni spojni i montažni materijal i pribor.	kpl	1		
	Komplet st. 2.7.	kpl	1	145,00	145,00
F.2. RAZDJELNI ORMARI UKUPNO:					11.000,00

Instalacija utičnica, EMP-a i priključaka uključuje polaganje različitih tipova kabela, montažu plastičnih cijevi s razvodnim kutijama, ugradnju utičnica (detaljan opis ugradnje objašnjen je u točki 3.3.) te spajanje uređaja za klimatizaciju i grijanje. Oznaka NYM-J označava kabel sastavljen od više bakrenih vodiča s PVC izolacijom kabela i plaštem od PVC-a. Oznaka LiYCY označava fleksibilni kabel s bakrenim vodičima PVC izolacijom, bakrenim opletom i PVC plaštem. [6] Obuhvaća i instalaciju sustava za odimljavanje stubišta, čime se osigurava sigurnost stambeno-poslovne zgrade te njenih korisnika.

Tablica 13 Instalacija utičnica, EMP-a i priključaka

r.br.	Opis	JM	kol.	Jed. Cijena (€)	Ukupno (€)
F.3.	INSTALACIJA UTIČNICA, EMP-a I PRIKLJUČAKA				
3.1	Dobava, uvlačenje u plastične cijevi i p/žb, djelomično uvlačenje u instalacijske kanale, te obostrano spajanje kabela sljedećih tipova:				
	NHXCH FE180/E90 5x6mm ²	m	20	10,00	200,00
	NHXCH FE180/E90 3x2,5mm ²	m	20	4,00	80,00
	NHXCH FE180/E90 3x1,5mm ²	m	60	3,00	180,00
	NYM-J 3x2,5mm ²	m	9255	2,00	18.510,00
	NYM-J 3x4mm ²	m	360	4,00	1.440,00
	LiYCY 2x0.75mm ²	m	240	2,00	480,00
	Komplet st. 3.1	kpl	1		20.890,00
3.2.	Dobava i postava p/žb plastične cijevi tipa CS, komplet s potrebnim razvodnim kutijama i žlijebljenjem:				
	CS 50	m	240	1,50	360,00
	CS 32	m	320	1,00	320,00
	CS 25	m	8330	1,00	8.330,00
	CS 20	m	216	0,50	108,00
	Komplet st. 3.2	kpl	1		9.118,00
3.3.	Dobava postavljanje i spajanje elemenata za unutarnju podžbuknu montažu, komplet s termoplastičnim ugradbenim kutijama te nosećim i ukrasnim okvirom proizvod VIMAR ili sličan sve prema odabiru investitora.				
	Priključnica shuko 230V/16A	kom	252	7,00	1.764,00
	Priključnica shuko 230V/16A, dvostruka	kom	104	10,00	1.040,00
	Priključnica shuko 230V/16A, trostruka	kom	24	14,00	336,00

	Priključnica shuko 230V/16A, sa poklopcem, IP44	kom	72	8,00	576,00
	Komplet st. 3.3	kpl	1		3.716,00
3.4.	Spajanje (dobava i postava u okviru strojarske opreme) uređaja sustava klimatizacije i grijanja:				
	jednofazni izvodi	kom	90	7,00	630,00
	Komplet st. 3.4	kpl	1		630,00
3.5.	Spajanje izvoda 230V za ostale potrošače sve komplet				
	Komplet st. 3.5	kom	75	6,00	450,00
3.6.	Ostali nespecificirani sitni spojni i montažni materijal i pribor.				
	Komplet st. 3.6	kpl	1	198,00	198,00
3.7.	Dobava, postavljanje i spajanje centrale odimljavanja stubišta tip kao GEZE THZ Comfort, komplet s dva tipkala za odimljavanje i jednim optičkim javljačem požara.				
	Komplet st. 3.7	kpl	1	949,00	949,00
F.3. INSTALACIJA UTIČNICA, EMP-a I PRIKLJUČAKA UKUPNO:					35.951,00

Izjednačenje potencijala obuhvaća sve potrebne radove za sigurno izjednačavanje potencijala u električnim i metalnim instalacijama unutar stambeno-poslovne zgrade. U ovom dijelu troškovnika definirane su stavke koje uključuju nabavu, instalaciju i spajanje vodova, plastičnih cijevi, kutija za izjednačenje potencijala te obujmica za metalne cjevovode. Isto tako obuhvaća postavljanje potrebnog spojnog i montažnog pribora. Također, spominje se kabel oznake P/F-Y odnosno finožični bakreni vodič s PVC izolacijom žuto-zelene boje. [6] Ovi radovi osiguravaju sigurnost sustava sprječavanjem izbijanja napona između različitih dijelova instalacija i zaštitu ljudskih života.

Tablica 14 Izjednačenje potencijala

r.br.	Opis	JM	kol.	Jed. cijena (€)	Ukupno (€)
F.4. IZJEDNAČENJE POTENCIJALA					
4.1.	Dobava, i uvlačenje u plastične cijevi p/žb voda za izjednačenje potencijala sljedećih tipova:				
	P/F-Y 1x6mm ²	m	680	1,50	1020,00
	Komplet st. 4.1	kpl	1		1020,00
4.2.	Dobava i postava p/žb plastične cijevi tipa CS, komplet s potrebnim razvodnim kutijama i žlijebljenjem:				
	CS 16	m	600	1,00	600,00
	Komplet st. 4.2	kpl	1		600,00
4.3.	Dobava, izrada otvora u zidu, ugradnja i spajanje kutije za izjednačenje potencijala, sve komplet sa zaštitnim poklopcem te sitnim spojnim i montažnim materijalom.				
	Komplet st. 4.3	kom	32	7,00	224,00
4.4.	Dobava i postava obujmica za cijevi u sanitarijama, za izjednačenje potencijala, sve komplet sa spajanjem.				
	Komplet st. 4.4	kom	64	1,00	64,00
4.5.	Dobava i postava obujmica za metalne cjevovode, za izjednačenje potencijala, sve komplet sa spajanjem.				
	Komplet st. 4.5	kom	64	1,00	64,00
4.6.	Ostali nespacificirani sitni spojni i montažni materijal i pribor.				
	Komplet st. 4.6	pauš.	1	60,00	60,00
F.4. IZJEDNAČENJE POTENCIJALA UKUPNO:					2.032,00

Instalacija rasvjete obuhvaća kompletnu izvedbu instalacija rasvjete i prekidača unutar objekta. Uključuje nabavu i uvlačenje kabela, postavu zaštitnih plastičnih cijevi s razvodnim kutijama, montažu i spajanje raznih vrsta rasvjetnih tijela te instalaciju unutarnjih sklopki i tipkala. Oprema je odabrana prema zahtjevima investitora i prilagođena funkcionalnim i estetskim potrebama stambeno-poslovne zgrade (detaljan opis montaže naveden je u točki 3.4.).

Tablica 15 Instalacija rasvjete

r.br.	Opis	JM	kol.	Jed. cijena (€)	Ukupno (€)
F.5. INSTALACIJA RASVJETE					
5.1.	Dobava, uvlačenje u plastične cijevi p/žb, djelomično uvlačenje u instalacijske kanale te spajanje kabela sljedećih tipova:				
	NYM-J 3x1,5 mm ²	m	8.470	1,50	12.705,00
	Komplet st. 5.1	kpl	1		12.705,00
5.2.	Dobava i postava p/žb plastične cijevi CS20, komplet s potrebnim razvodnim kutijama i žlijebljenjem:	m	7.623	1,00	7.623,00
	Komplet st. 5.2	kpl	1		7.623,00
5.3.	Postavljanje i spajanje rasvjetnih tijela prema odabiru investitora				
	Stropna svjetiljka nadgradna	kom	176	18,00	3.168,00
	Stropna svjetiljka zidna	kom	96	6,50	624,00
	Stropna svjetiljka viseća	kom	96	6,50	624,00
	Rasvjeta protupanična 1W, 142lm, CW, 3h, IP 65	kom	4	28,50	114,00
	Rasvjeta protupanična AP 2W, 229lm, 3h, IP 65	kom	2	34,00	68,00
	Rasvjeta protupanična 1W, 70lm, CW, 3h, IP 65	kom	13	29,00	377,00
	Rasvjeta evakuacijska, dvostrani spuštenu pleks 1W, 3h, IP 40	kom	7	41,00	287,00
	Rasvjeta nadgradna 25W, 2300lm, 4000K, IP 54	kom	10	59,00	590,00
	Rasvjeta nadgradna vodotijesna 44W, 6500lm, 4000K, IP 65, IK10	kom	15	43,00	645,00
	Senzor pokreta	kom	3	38,00	114,00
	Komplet st. 5.3	kpl	1		6.611,00
5.4.	Dobava postavljanje i spajanje elemenata za unutarnju podžbuknu montažu, komplet s termoplastičnim ugradbenim kutijama te nosećim i ukrasnim okvirom, proizvod VIMAR ili sličan, sve prema odabiru investitora.				
	Sklopka obična	kom	252	5,00	1.260,00
	Sklopka izmjenična	kom	152	5,50	836,00
	Tipkalo	kom	20	7,00	140,00
	Komplet st. 5.4	kpl	1		2.236,00
F.5. INSTALACIJA RASVJETE UKUPNO:					29.175,00

Instalacija uzemljenja uključuje polaganje INOX trake (vidi točku 4.2.) u temelje stambeno-poslovne zgrade, postavljanje lovnih vodiča na krovu, izradu izvoda s trakastog uzemljivača te spajanje na glavnu sabirnicu potencijala i mjerni spoj. Sustav zaštite od munje koristi aluminijske vodiče na krovu, dok se lovne palice ugrađuju radi dodatne zaštite objekta.

Završno, obavlja se mjerenje otpora uzemljenja i izdaje atest čime se osigurava sigurnost sustava i usklađenost s normama.

Tablica 16 Instalacija uzemljenja

r.br.	Opis	JM	kol.	Jed. Cijena (€)	Ukupno (€)
F.6. INSTALACIJA UZEMLJENJA					
6.1.	Dobava i polaganje INOX plosnatog vodiča 30x3,5 mm postavljena u temelje objekta.				
	Komplet st. 6.1.	m	120,00	8,00	960,00
6.2.	Dobava i polaganje INOX plosnatog vodiča 30x3,5 mm postavljena u kabelski rov za uzemljenje opreme na parceli.				
	Komplet st.6.2.	m	60,00	8,00	480,00
6.3.	Dobava i montaža križne spojnice, namijenjene spoju dva plosnata vodiča do 40mm.				
	Komplet st. 6.3.	kom	20,00	4,50	90,00
6.4.	Izrada izvoda s trakastog uzemljivača INOX plosnatim vodičem 30x3,5 mm, dužine cca 3m te spoj na glavnu sabirnicu izjednačenja potencijala u objektu.				
	Komplet st. 6.4.	kom	5,00	25,00	125,00
6.5.	Izrada izvoda s trakastog uzemljivača INOX plosnatim vodičem 30x3,5 mm, dužine cca 6m te spoj na mjerni spoj na fasadi.				
	Komplet st. 6.5.	kom	6,00	56,00	336,00
6.6.	Dobava i polaganje Al vodiča Ø10 mm za spoj krovne hvataljke s mjernim spojem.				
	Komplet st. 6.6.	m	100,00	3,00	300,00
6.7.	Dobava i polaganje Al lovećeg vodiča Ø8 mm na krovu zgrade.				
	Komplet st. 6.7.	m	180,00	2,00	360,00

6.8.	Dobava i polaganje loveće palice h=1,5m komplet s pripadajućim postoljem.				
	Komplet st. 6.8.	kom	12,00	47,00	564,00
6.9.	Ostali sitni neimenovani materijal kao elektrode, bitumen.				
	Komplet st. 6.9	kpl	1,00	65,00	65,00
6.10.	Mjerenje otpora uzemljenja i izdavanje atesta.				
	Komplet st. 6.10.	kpl	1,00	205,00	205,00
F.6. INSTALACIJA UZEMLJENJA UKUPNO:					3.485,00

Na kraju troškovnika radi se rekapitulacija tako što se zbroje ukupne cijene svih dijelova troškovnika elektroinstalacija. Sukladno tome, dobije se ukupna cijena elektroinstalacija objekta.

Tablica 17 Rekapitulacija

r.br.	Opis	JM	kol.	Jed. Cijena (€)	Ukupno (€)
	<u>REKAPITULACIJA</u>				
	F.1. ELEKTROENEGETSKI RAZVOD UKUPNO:				26.880,00
	F.2. RAZDJELNI ORMARI UKUPNO:				11.000,00
	F.3. INSTALACIJA UTIČNICA, EMP-a I PRIKLJUČAKA UKUPNO:				35.951,00
	F.4. IZJEDNAČENJE POTENCIJALA UKUPNO:				2.032,00
	F.5. INSTALACIJA RASVJETE UKUPNO:				29.175,00
	F.6. INSTALACIJA UZEMLJENJA UKUPNO:				3.485,00
	UKUPNA CIJENA ELEKTROINSTALACIJA:				108.523,00

6. Osiguranje kvalitete prilikom izrade troškovnika

Osiguranje kvalitete osigurava da sve stavke i izvedeni radovi zadovoljavaju propisane standarde, tehničke zahtjeve te očekivanja investitora. Jedno od osnovnih pravila osiguranja kvalitete nalazi se u motu: „Zapiši što radiš, radi točno kako piše!“. [15] Taj moto naglašava važnost dokumentiranja procesa i pridržavanja dogovorenih postupaka.

Kod izrade troškovnika potrebno je osigurati nekoliko čimbenika koji su spominjani u cijelom radu. Temeljni čimbenici kvalitetnog troškovnika su jasna i precizna specifikacija stavki. Svi radovi u troškovniku trebaju biti odrađeni prema propisanim tehničkim normama i zakonima te je na kraju obavezno ispitivanje sustava. Zbog podložnosti promjenama zakonskih regulativa i tehničkih normi potrebno je provoditi redovita ažuriranja istih.

Principi osiguranja kvalitete prilikom izrade troškovnika:

- sprječavanje pojave grešaka ili nedostataka u troškovniku
- izbjegavanje problema tijekom izvođenja radova
- uspostavljanje povjerenja investitora izgradnjom sigurnog i pouzdanog objekta
- *fit for purpose*: izbor odgovarajuće opreme za konkretni objekt
- *right first time*: uspješna realizacija projekta bez naknadnih korekcija troškovnika i vanstroškovničkih radova.

Sprječavanje pojave grešaka ili nedostataka u troškovniku postiže se preciznim specifikacijama opreme (prikazano u točki 5.4.), primjenom normi, propisa, pravilnika i zakona te provjerom troškovnika prije finalizacije. Kako bi se izbjegli problemi tijekom izvođenja radova i ostvario zadan vremenski rok, potrebna je jasna komunikacija između svih sudionika projekta. Prateći prethodne korake dobiva se valjano izrađen troškovnik i kvalitetno izvedeni radovi što rezultira izgradnjom sigurnog i pouzdanog objekta, čime se postiže povjerenje investitora. Također, troškovnik mora biti „fit for purpose“, što znači da oprema mora odgovarati tehničkim specifikacijama i uvjetima rada konkretnog objekta. Ako je projekt realiziran bez naknadnih korekcija troškovnika i vanstroškovničkih radova, tada je ostvaren i zadnji princip osiguranja kvalitete „right first time“.

Ako osiguranje kvalitete nije postojano, prilikom izrade troškovnika može doći do negativnih posljedica. Primjeri negativnih posljedica mogu biti povećani troškovi, poteškoće prilikom tehničkog pregleda te učestali popravci elektroinstalacija.

Takve posljedice događaju se zbog pogrešaka prilikom odabira opreme te će iste biti analizirane u sljedećem poglavlju rada. Pridržavanjem mota i principa osiguranja kvalitete realizacija projekta u zadanom vremenskom roku nije ugrožena.

6.1. Moguće pogreške prilikom odabira opreme

Pogrešan odabir elektroinstalacijske opreme ima štetan utjecaj na izvođenje radova te na sigurnost i kvalitetu projekta. Do pogrešaka prilikom odabira opreme dolazi zbog nepridržavanja napomena, nejasnih specifikacija, nepoznavanja projekta ili pogrešne komunikacije između projektanta i izvođača.

Jedan od primjera takvih pogrešaka uključuje različite dimenzije opreme. Na primjer, ako je dubina ormara veća od debljine zida, oprema neće odgovarati prostoru predviđenom za ugradnju, što može dovesti do problema pri montaži. Također, Schrack-ova oprema ima za 1 mm veće dimenzije od standardnih modela drugih marki, zbog čega se broj modula u ormarima može smanjiti ili ne odgovarati postojećem razmaku.

Primjer pogreške može biti i neispravan odabir svjetiljki. Ako svjetiljka nije adekvatno spuštена zbog prekratkog lanca uzrokovanog nejasnim specifikacijama, može doći do nedovoljne osvijetljenosti prostorije. Ovakav propust zahtijeva zamjenu svjetiljke ili prilagodbu ugradnje, što dodatno povećava troškove i produžuje vrijeme izvođenja radova. Također, prilikom odabira svjetiljki može doći i do pogrešnog izbora boja svjetiljki. Ako se svjetiljke sa žutom svjetlošću postave u prostor gdje su predviđene svjetiljke s bijelom svjetlošću, to može utjecati na funkcionalnost prostora, a i sam proračun zbog potrebne izmjene.

Najgore od svega je to što takve pogreške mogu uzrokovati odgode u izvedbi zato što izvođač mora prilagoditi ili zamijeniti opremu, čime se produžuje planirani tijek rada. Takvo produženje radova može rezultirati promašajem roka predaje građevine, što za izvođača može značiti financijsku penalizaciju zbog kašnjenja i stvaranje negativne reputacije te smanjenje povjerenja klijenata u budućnosti.

Upravo zbog toga važno je da komunikacija između projektanta i izvođača bude jasna i da sve specifikacije budu precizno definirane kako bi se izbjegle ovakve pogreške i neugodne situacije.

6.2. Preuvjeti prilikom odabira opreme

Kako bi se izbjegle prethodno navedene pogreške potrebno je poštivati preuvjete prilikom odabira opreme. Neki od preuvjeta su:

- ekonomska isplativost
- učinkovitost
- kompatibilnost
- proizvođač
- tehničke specifikacije.

Da bi se ostvarila ekonomska isplativost, potrebno je birati opremu definiranih specifikacija, bez dodatnih funkcija zato što svaka dodatna funkcija povlači porast cijene. Također, treba obratiti pažnju na učinkovitost opreme tako da prilikom rada ne dođe do gubitaka energije. Tako se smanjuju troškovi rada i produljuje vijek trajanja opreme.

Kompatibilnost opreme također je bitan preuvjet zato što sva oprema ne odgovara svim ormarima (vidi točku 6.1.) pa je poželjno birati istog proizvođača ormara i opreme. Kad se već govori o proizvođaču, on mora biti pouzdan te nuditi jamstvo na svoju opremu. Neki od pouzdanih proizvođača su Schneider Electric i Siemens koji zbog dostupnosti rezervnih dijelova i kvalitete „drže reputaciju“ za razliku od nepoznatih proizvođača.

Tehničke specifikacije uključuju detaljne karakteristike opreme kao što su nazivna struja, napon, snaga i dimenzije koje moraju odgovarati zahtjevima projekta. Zbog toga se izrađuju detaljni proračuni (proračuni su prikazani u poglavlju 3. i poglavlju 4.).

6.3. Kritične točke prilikom odabira opreme

Tijekom odabira opreme potrebno je posvetiti pažnju kritičnim stavkama poput kabela, osigurača i uzemljivača, zato što svaka od navedenih stavki ima specifične zahtjeve koji drastično utječu na kvalitetu i sigurnost sustava.

Kabeli su jedna od najkritičnijih komponenti u sustavu jer njihovo nepravilno dimenzioniranje može uzrokovati pregrijavanje, čime dolazi da gubitaka energije i kvarova. Kako bi se izbjegli takvi problemi potrebno je odrediti duljinu, presjek i zaštitu kabela (detaljan postupak dimenzioniranja kabela prikazan je u točki 3.1.).

Osigurači imaju ulogu zaštite sustava od struja preopterećenja i kratkog spoja. Time se osigurava sigurno korištenje električnih instalacija. Kod odabira osigurača treba voditi računa o tipu osigurača i vrijednostima nazivnih struja osigurača (proces odabira osigurača opisan je u točki 3.2.).

INOX traka za uzemljenje osigurava sigurnost elektroenergetskog sustava jer odvodi višak struje u tlo ako dođe do udara groma ili prenaponsa. Potrebno je odabrati točan presjek trake kako prilikom odvođenja struje u tlo ne bi došlo do zagrijavanja iste (postupak određivanja presjeka trake je obrađen i prikazan u točki 4.2.).

7. Zaključak

Tijekom izrade završnog rada zaključeno je koliko je zapravo važno osiguranje kvalitete prilikom izrade troškovnika električnih instalacija stambeno-poslovne zgrade. Prilikom odabira teme završnog rada nije se uviđalo u kolikoj je mjeri važno kvalitetno definirati stavke troškovnika, specifikaciju istih te predvidjeti vanstroškovničke radove koji uvelike mogu promijeniti smjer odvijanja projektnog zadatka.

Troškovnik je završni produkt koji nastaje kao rezultat pomno isplaniranog procesa projektiranja i izrade proračuna. Kako bi se taj proces isplatio i dao željene rezultate, vrlo je važno pridržavati se zakonske regulative, normi i stručnih standarda. Na taj način osigurava se ispravnost i kvaliteta izvedbe te se minimalizira mogućnost pogreške, nastajanje dodatnih troškova ili problema tijekom izvedbe projekta. Slijedeći sve unaprijed definirane korake u izradi troškovnika postavlja se temelj uspješnog završetka projekta koji ne probija rokove izvođenja radova niti odstupa od ponudbenog troškovnika.

Ako troškovnik nije izrađen kako je propisano može doći do potencijalnih pogrešaka u odabiru materijala i opreme, što će negativno utjecati na reputaciju izvođača i projektanta. Što dokazuje da je kvalitetna komunikacija, uz norme i standarde, važan faktor uspješne realizacije projekta.

Tijekom izrade rada analizirano je kako teorijsko znanje iz kolegija "Osiguranje kvalitete" primijeniti u stvarnim projektima. Zaključeno je kako će stečeno znanje biti od velike koristi u daljnjoj karijeri, s obzirom na to da se električna energija svakodnevno koristi, a pažljivo izrađen troškovnik osigurava sigurno korištenje iste.

U suradnji s mentorom i kolegama stečena je jasnija i opširnija slika o važnosti kvalitete prilikom izrade troškovnika. Zahvaljujući njihovoj pomoći i podršci, savladane su metode pravilnog usmjeravanja kako bi se prevladali izazovi te je osigurano da svi aspekti projekta budu usklađeni i kvalitetni, od planiranja i projektiranja do završne izvedbe troškovnika.

8. Literatura

- [1] Zakon o gradnji, <https://www.zakon.hr/z/2417/Zakon-o-gradnji-2019-2019>
[Pristupljeno 20.07.2024.]
- [2] GLAVNI PROJEKT – elektrotehnički projekt, TD: 231-21
- [3] Drago Keler, Miljenko Maričević, Vjekoslav Srb: Elektromonterski priručnik, Tehnička knjiga, Zagreb, Jurišićeva 10, 1987.
- [4] Mario Lisjak, individualne konzultacije, Zabok, 2024.
- [5] Norma HRN HD 60364-5-52, <https://repozitorij.hzn.hr/norm/HRN+HD+60364-5-52%3A2012>
[Pristupljeno 21.09.2024.]
- [6] Ellabo, tehničke specifikacije kabela, <https://www.ellabo.hr/>
[Pristupljeno 28.12.2024.]
- [7] Norma HRN HD 60364-6, <https://repozitorij.hzn.hr/norm/HRN+HD+60364-6%3A2016>
[Pristupljeno 22.09.2024.]
- [8] Norma HRN EN 61439-1, <https://repozitorij.hzn.hr/norm/HRN+EN+IEC+61439-1%3A2021>
[Pristupljeno 29.12.2024.]
- [9] Shema TN-S sustava, <https://our.electricianexp.com/hr/sistema-zazemleniya-tn-c-s.html>
[Pristupljeno 30.12.2024.]
- [10] Norma HRN EN 62305-2, <https://repozitorij.hzn.hr/norm/HRN+EN+62305-2%3A2013>
[Pristupljeno 18.10.2024.]
- [11] Izokeraunička karta Hrvatske, https://klima.hr/k1/k1_9/TLnormY7100_detaljno.pdf
[Pristupljeno 20.10.2024.]
- [12] Troškovnici, <https://mplan.hr/djelatnosti/bjelovar/troskovnici>
[Pristupljeno 06.11.2024.]
- [13] Radoslav Mijatović: Normativi i standardi rada u građevinarstvu 5-Elektroinstalacije, Građevinska knjiga, Zagreb, 2009.
- [14] Troškovnik elektroinstalacija, TD: 231-21
- [15] Josip Nađ: predavanje iz kolegija „Osiguranje kvalitete“ - Načela kvalitete, (autorska prezentacija), Sveučilište Sjever, Varaždin, 2023.
- [16] Vladimir Rodeš: Električne instalacije 1-2, Elektrostrojarska škola, Varaždin, 2019.

9. Popis tablica

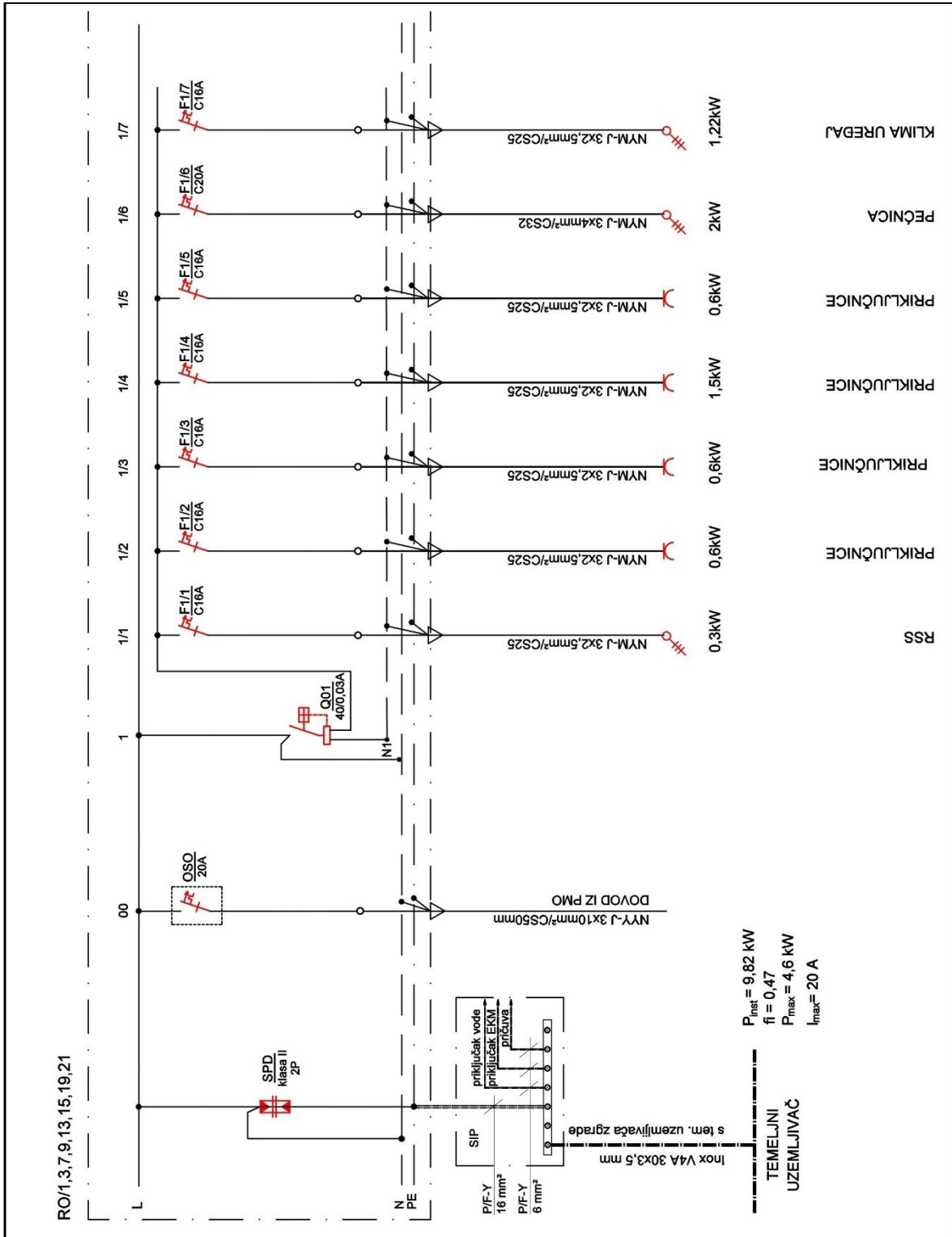
Tablica 1 Tablica faktora polaganja [4].....	7
Tablica 2 Tablica specifikacije kabela.....	7
Tablica 3 Proračun strujnog opterećenja [2].....	8
Tablica 4 Proračun pada napona na vodičima [2]	10
Tablica 5 Proračun struja kratkog spoja [2].....	12
Tablica 6 Vrijednosti prihvatljivog rizika [2].....	19
Tablica 7 Specifikacije proračuna munje	21
Tablica 8 Proračun munje [2]	21
Tablica 9 Specifični otpor tla [4].....	23
Tablica 10 Čimbenici prilikom formiranja cijena	26
Tablica 11 Elektroenergetski razvod	32
Tablica 12 Razdjelni ormari	34
Tablica 13 Instalacija utičnica, EMP-a i priključaka.....	38
Tablica 14 Izjednačenje potencijala	40
Tablica 15 Instalacija rasvjete	41
Tablica 16 Instalacija uzemljenja	42
Tablica 17 Rekapitulacija	43

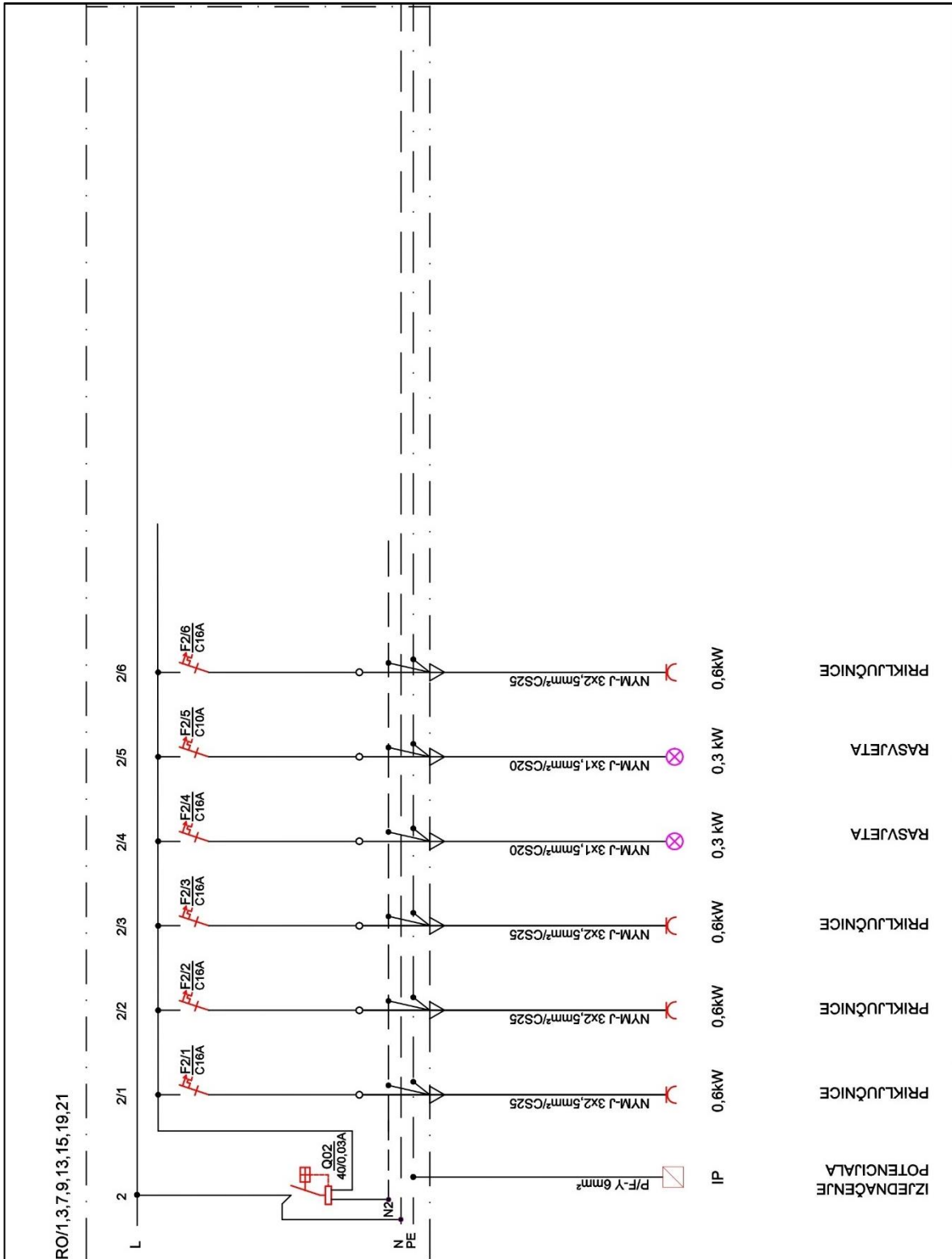
10. Popis slika

Slika 1 Hijerarhija sudionika u elektrotehničkom projektu.....	2
Slika 2 Raspored ormara u prizemlju [2].....	14
Slika 3 Specifikacije zajedničke rasvjete [2].....	16
Slika 4 Shema TN-S sustava [9].....	16
Slika 5 Izokeraunička karta Hrvatske [11]	19
Slika 6 Dijagram toka izrade troškovnika	25
Slika 7 Naslovni list troškovnika.....	28

11. Prilozi

Prilog 1 Električna shema RO, stranica 1/2 [2]	53
Prilog 2 Električna shema RO, stranica 2/2 [2]	54
Prilog 3 Tlocrt kata s električnom instalacijom rasvjete [2].....	55
Prilog 4 Tlocrt kata s električnom instalacijom jake struje [2].....	56
Prilog 5 Popis primijenjenih zakona i normi prilikom projektiranja [2]	57

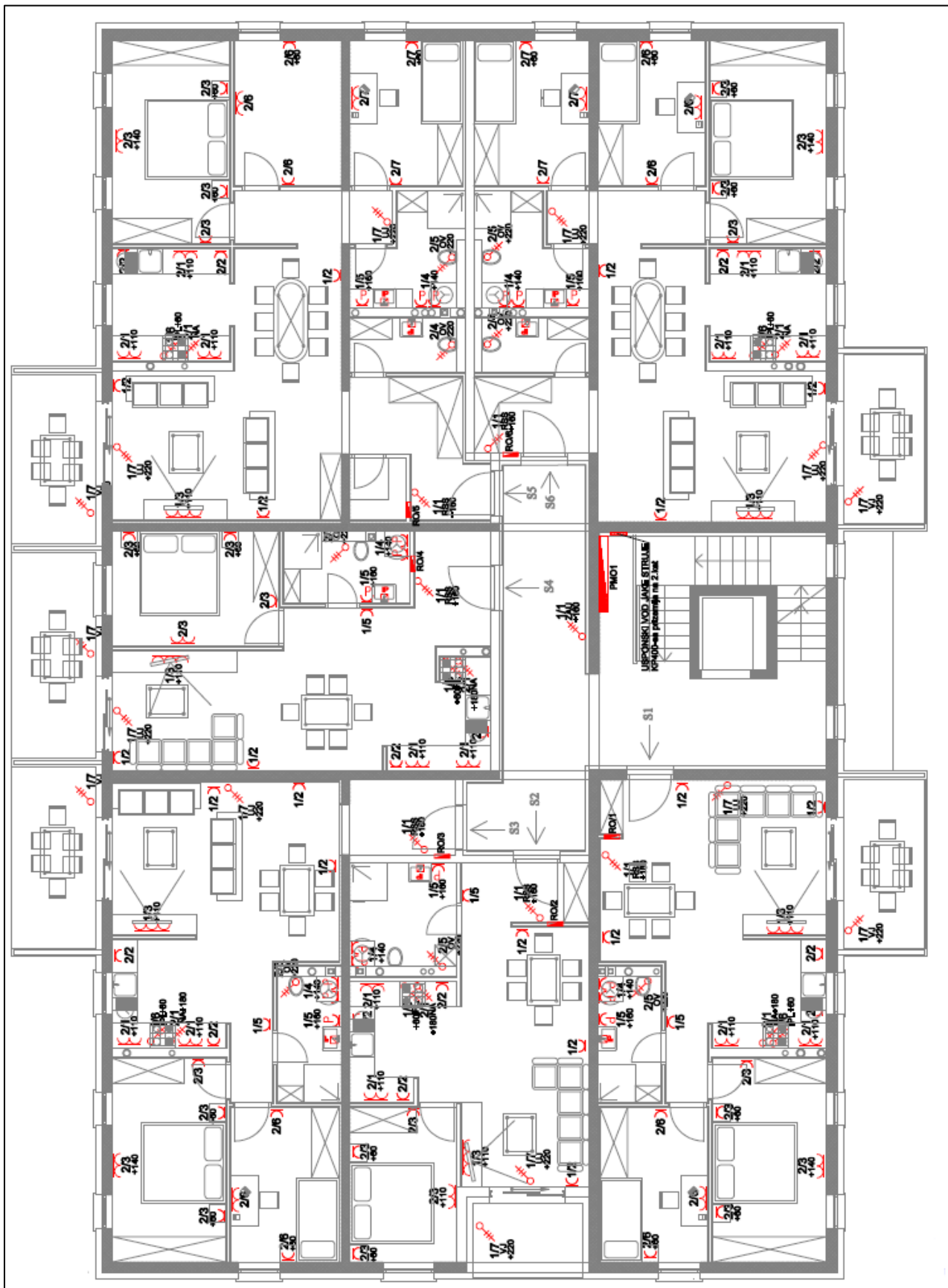




Prilog 3 Tlocrt kata s električnom instalacijom rasvjete [2]



Prilog 4 Tlocrt kata s električnom instalacijom jake struje [2]



Zakon o gradnji (NN 153/13, 20/17, 39/19, 125/19),
Zakon o prostornom uređenju (NN 153/13, 65/17, 114/18, 39/19, 98/19),
Zakon o državnom inspektoratu (NN 115/18),
Zakon o zaštiti od požara (NN 92/10),
Zakon o zaštiti na radu (NN 71/14, 118/14, 154/14, 94/18, 96/18),
Zakon o normizaciji (NN 80/2013),
Zakon o poslovima i djelatnostima prostornog uređenja i gradnje (NN 78/15, 118/18, 110/19),
Zakon o tehničkim zahtjevima za proizvode i ocjenjivanju sukladnosti (NN 80/13, 14/14, 32/19),
Zakon o energiji (NN 120/12, 14/14, 102/15, 68/18),
Zakon o tržištu električne energije (NN 22/13, 95/15, 102/15, 68/18, 52/19),
Zakon o općoj sigurnosti proizvoda (NN 30/09, 139/10, 14/14, 32/19),
Zakon o elektroničkim komunikacijama (NN 73/08, 90/11, 133/12, 80/13, 71/14, 72/17),
Zakon o održivom gospodarenju otpadom (NN 94/13, 73/17, 14/19, 98/19),
Pravilnik o obveznom sadržaju i opremanju projekata građevina (NN 118/19, 65/20),
Pravilnik o načinu provedbe stručnog nadzora građenja, obrascu, uvjetima i načinu vođenja građevinskog dnevnika te o sadržaju završnog izvješća nadzornog inženjera (NN 111/14, 107/15, 20/17, 98/19, 121/19),
Pravilnik o zaštiti na radu za mjesta rada – (NN 105/20),
Pravilnik o tehničkim normativima za zaštitu od statičkog elektriciteta (SL. list br., 62/73),
Tehnički propis za niskonaponske električne instalacije (NN 5/10),
Tehnički propis za sustave zaštite od djelovanja munje na građevine (N.N. br. 87/08, NN 33/10),
Pravilnik o sigurnosti i zdravlju pri radu s električnom energijom (NN 88/12),
Pravilnik o zaštiti na radu na privremenim gradilištima (NN 48/18),
Pravilnik o električnoj opremi namijenjenoj za uporabu unutar određenih naponskih granica (NN 43/16),
Pravilnik o mjernim jedinicama (NN 88/15).



Sveučilište
Sjever



SVEUČILIŠTE
SIEVER

IZJAVA O AUTORSTVU

Završni rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja Kristijan Frčko pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor završnog rada pod naslovom Osiguranje kvalitete prilikom izrade troškovnika električnih instalacija stambeno-poslovne zgrade te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student:
Kristijan Frčko

(vlastoručni potpis)

Sukladno članku 58., 59. i 61. Zakona o visokom obrazovanju i znanstvenoj djelatnosti završne/diplomske/specijalističke radove sveučilišta su dužna objaviti u roku od 30 dana od dana obrane na nacionalnom repozitoriju odnosno repozitoriju visokog učilišta.

Sukladno članku 111. Zakona o autorskom pravu i srodnim pravima student se ne može protiviti da se njegov završni rad stvoren na bilo kojem studiju na visokom učilištu učini dostupnim javnosti na odgovarajućoj javnoj mrežnoj bazi sveučilišne knjižnice, knjižnice sastavnice sveučilišta, knjižnice veleučilišta ili visoke škole i/ili na javnoj mrežnoj bazi završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice, sukladno zakonu kojim se uređuje umjetnička djelatnost i visoko obrazovanje.