

# Tehnički proračun električnih instalacija u dijelu proizvodnog procesa u Saponiji d.d.

---

Jovičić, Borna

Master's thesis / Diplomski rad

2020

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:977025>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-10**

*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU**

**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I  
INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA**

**Sveučilišni studij**

**TEHNIČKI PRORAČUN ELEKTRIČNIH  
INSTALACIJA U DIJELU PROIZVODNOG PROCESA  
U SAPONIJI D.D.**

**Diplomski rad**

**Borna Jovičić**

**Osijek, 2020.**

## SADRŽAJ:

<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Zadatak diplomskog rada .....</b>	<b>2</b>
<b>2. POVIJEST TVRTKE I PROIZVODA .....</b>	<b>3</b>
<b>3. TEHNIČKI OPIS .....</b>	<b>6</b>
<b>4. TEHNOLOŠKI PROCESI U SAPONIJI d.d. ....</b>	<b>7</b>
<b>5. NAPAJANJE ELEKTRIČNOM ENERGIJOM I DIMENZIONIRANJE VODOVA</b>	<b>17</b>
<b>5.1. Dimenzioniranje presjeka vodova.....</b>	<b>20</b>
<b>5.2. Osiguranje kabela od termičkog naprezanja .....</b>	<b>21</b>
<b>5.3. Kontrola pada napona.....</b>	<b>21</b>
<b>5.4. Električna instalacija rasvjete .....</b>	<b>22</b>
<b>5.5. Kontrola pada napona najnepovoljnijeg strujnog kruga rasvjete.....</b>	<b>23</b>
<b>5.6. Proračun rasvjete .....</b>	<b>24</b>
<b>5.7. Električna instalacija motora i trošila .....</b>	<b>29</b>
<b>5.8. Električna instalacija prostorija sa specifičnim uvjetima.....</b>	<b>29</b>
<b>5.9. Zaštita od nedozvoljenog dodirnog napona .....</b>	<b>30</b>
<b>5.9.1. Računska provjera zaštite od nedozvoljenog dodirnog napona .....</b>	<b>32</b>
<b>6. GROMOBRANSKA INSTALACIJA I UZEMLJENJE .....</b>	<b>40</b>
<b>7. PRORAČUN OTPORA UZEMLJENJA .....</b>	<b>42</b>
<b>7.1. Proračun udarnog otpora rasprostiranja.....</b>	<b>44</b>
<b>8. ODABIR I NAČIN POLAGANJA ENERGETSKIH KABELA .....</b>	<b>45</b>
<b>9. NISKONAPONSKA MREŽA .....</b>	<b>53</b>
<b>10. TEHNIČKI UVJETI ELEKTRIČNE INSTALACIJE.....</b>	<b>58</b>
<b>11. ZAKLJUČAK .....</b>	<b>60</b>
<b>12. LITERATURA.....</b>	<b>61</b>

## 1. UVOD

U diplomskom radu opisana je povijest tvrtke Saponia d.d. te proizvoda. Dan je tehnički opis te tehnološki proces proizvodnje uz dio rješenja električne instalacije te pripadajuće sheme postrojenja sa pojedinim dijelovima tehnološkog procesa i strojeva koji sudjeluju u tom procesu. Idejna i tehnička dokumentacija sastoji se od arhitektonskog projektiranja, projekta konstrukcija i projekta građevinskog dijela objekta niskogradnje, elektro projektiranja i strojarskog projektiranja. Naglasak je stavljen na opću rasvjetu, sigurnosnu rasvjetu, gromobranske instalacije, instalacije uzemljenja te niskonaponske priključke. Prikazani su podaci strojeva koji sudjeluju u tehnološkom procesu. Detaljno je objašnjeno napajanje električnom energijom te dimenzioniranje napojnih vodova tehničkim proračunima na električnim dijelovima instalacija, zaštite kao što su zaštite motora i trošila, prostorijama sa specifičnim uvjetima (pakiranje, proizvodnja i skladištenje alkoholnim losionima), niskonaponskoj mreži i tehničkim uvjetima instalacije kako bi cijeli pogon funkcionirao na prikladan način. Opisano je osiguranje kabela od termičkog naprezanja, kontrola pada napona, električna instalacija rasvjete, kontrola pada napona najnepovoljnijeg strujnog kruga rasvjete i proračun rasvjete. Prikazane su jednopolne sheme trafostanica iz kojih se objekt napaja te je prikazan pregled razdjelnica s duljinama vodova i strujama u pojedinim dijelovima. Zatim je opisana gromobranska instalacija te uzemljenje uz proračun otpora uzemljenja i proračun udarnog otpora rasprostiranja. Opisani su odabir i način polaganja energetskih kablova. Objašnjena je niskonaponska mreža uz tablični pregled proračuna niskonaponskog razvoda, a posljednje su opisani tehnički uvjeti električne instalacije.

## **1.1. Zadatak diplomskog rada**

Uvidom u pogon i dostupnu dokumentaciju treba proučiti i opisati pogon Saponija d.d. ili jednu njegovu proizvodnu liniju od ulaska sirovine i/ili poluproizvoda u njega do konačnog proizvoda u pogonu Saponija d.d. Posebnu pažnju posvetiti elektromotornom pogonu, napajanju, zaštiti od opasnih napona, rasvjeti i uzemljenju. Prema vlastitom izboru izvršiti proračune kabela, vodova, rasvjete ili uzemljenja. Sadržaj popratiti odgovarajućim skicama, slikama i shemama koje daju viziju rada i funkcije ovakvog pogona.

## 2. POVIJEST TVRTKE I PROIZVODA

1894. Samuel Reinitz osnovao u Osijeku obrtničku radionicu za proizvodnju sapuna. Radionica Samuela Reinitza povezuje se sa svjetski poznatom tvrtkom Georga Schichta, uvode se novi proizvodi i povećava proizvodnja. Nakon Drugog svjetskog rata tvornica je nacionalizirana i nastavlja raditi pod imenom "Prva tvornica sapuna Osijek". Nakon nacionalizacije započinje proizvodnja kozmetičkih proizvoda. Tvornica dobiva ime Saponia, koje nosi i danas. 1956. [1] proizveden je prvi sintetski prašak za pranje bijelog i šarenog rublja - Plavi Radion. Nakon toga započela je proizvodnja tekućih deterdženata pod robnom markom BIS.

Među prvima na ovim prostorima, Saponia provodi marketinške akcije. 1959. započela je proizvodnja sintetskog praška za pranje finog rublja i stvaranje robne marke Nila, a dvije godine kasnije rekonstruiran je pogon za proizvodnju deterdženata i sapuna te modernizirana proizvodnja. 1968. godine proizveden je Faks helizim, prvi proizvod na ovim prostorima razvijen na osnovi biološki razgradivih tenzida koji je sadržavao enzime. Pet godina poslije na tržište je uvedena robna marka pasta za zube Zirodent [1]. 1975. godine rekonstruiran je pogon za proizvodnju praškastih deterdženata i podignut kapacitet proizvodnje na 110.000 t/g. Iste te godine Saponia na tržište uvodi tri nove strateške robne marke: Rubel - univerzalni praškasti deterdžent za pranje rublja, Ornel - omekšivač za rublje, i Tipso - tekući deterdžent za pranje posuđa. 1977. godine Saponia stvara robnu marku Likvi, tekući deterdžent za pranje posuđa, i robnu marku Arf, tekuće sredstvo za čišćenje u kućanstvu [1].

Na izdvojenoj lokaciji u Nemetinu puštene su u rad nove suvremene tvornice za proizvodnju tekućih deterdženata i toaletno-kozmetičkih proizvoda, kao i impresivan distribucijski centar. Tijekom Domovinskog rata Saponia d. d. pretrpjela je velike štete na objektima i jedan je od najvećih ratnih stradalnika. Godinu dana poslije uspostavljena je redovita poratna proizvodnja i počela je obnova tvornice. Ubrzo nakon obnove proizvode se Likvi Automat tablete za strojno pranje posuđa [1].

1994. godine Saponia postaje dioničko društvo. Saponia d. d, privatizirana je i započinje snažan investicijsko-razvojni ciklus. 2002. godine rekonstruiran je pogon za proizvodnju praškastih deterdženata, čime je modernizirana tehnologija proizvodnje u skladu s

najsuvremenijim trendovima. Obnovljeno je i skladište gotove robe u Nemetinu na površini od 13.000 četvornih metara korisnoga skladišnog prostora. Godinu dana poslije proizveden je Faks helizim s inkapsuliranim mirisnim štapićima i aktivnim zrcima čistoće [1]. 2004. godine puštena su u rad automatska postrojenja za pakiranje praškastih i tekućih deterdženata i pasta za zube, kao i robotizirani paletizatori. Iste godine proizvedena je višebojna pasta za zube, a Saponia d. d. obilježava 110 godina postojanja i uspješnog rada. Ubrzo je otvoren i novi pogon za proizvodnju plastične ambalaže. Saponiji je uručen Certifikat ISO 14001, prema kojem je Saponia uspostavila sustav upravljanja okolišem, a uveden je i Eurocompact standard proizvodnje [1].

Danas Saponia d.d. nudi više od 500 različitih proizvoda razvrstanih u tri osnovne skupine proizvoda:

- deterdženti široke potrošnje (deterdženti za pranje rublja, omekšivači, sredstva za pranje posuđa, sredstva za čišćenje);
- toaletni program (paste za zube, četkice za zube, sapuni, šamponi, proizvodi za njegu beba, proizvodi za sunčanje);
- sredstva za industriju i institucije (proizvodi za pranje, čišćenje i dezinfekciju u različitim industrijskim poduzećima i institucijama).

Misija firme se bazira na svakodnevnom unapređenju življenja razvijanjem kulture čistoće i zdravlja kao životnog stila [1]. Na slici 2.1. [2] prikazana je Saponia d.d.



**Slika 2.1.** Saponia d.d. Osijek [2]



### 3. TEHNIČKI OPIS

Idejna i tehnička dokumentacija se sastoji od arhitektonskog projektiranja, projekta konstrukcija i projekta građevinskog dijela objekta niskogradnje, elektro projektiranja i strojarskog projektiranja. Dokumentacija se također sastoji i od sporednih djelatnosti kao što su: sabiranje i obrada predprojektne dokumentacije za izradu elaborata za objekte navedene prethodno, stručnih mišljenja, vještačenja, sastavljanja energetskih bilanci, ispitivanja projekta, kalkulacija stručnih radova, te kontrola navedenih ispitivanja. Pogon Saponije d.d. se sastoji od sljedećih sadržaja:

#### 1. Prizemlje – osnovni objekt

- ulazni hol s garderobama i sanitarnim čvorovima
- pakiranje gotovih proizvoda

#### 2. Prizemlje – aneks

- priprema sirovina
- doziranje praškastih materijala i lužina
- toplinska stanica
- akumulatorske prostorije i ispravljači

#### 3. Kat

- proizvodnja
- odležavanje i skladištenje
- laboratorij i restoran
- klima stanica

#### 4. TEHNOLOŠKI PROCESI U SAPONIJI d.d.

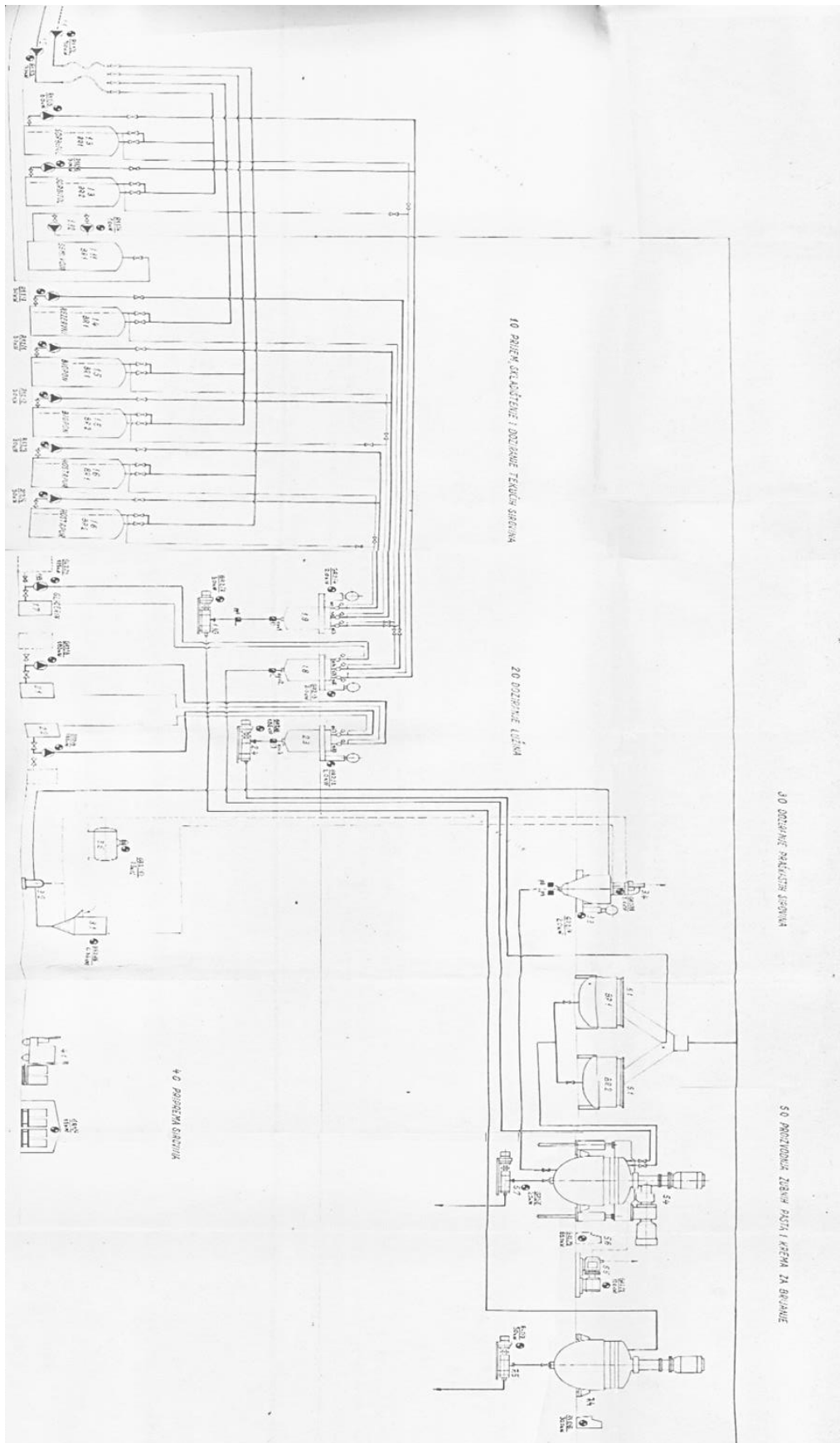
Tehnološki procesi u Saponiji d.d. su opisani u nastavku, uključujući i strojeve koji sudjeluju u svakom pojedinom koraku. Redni brojevi strojeva koji sudjeluju u tehnološkim procesima prikazani su na shemama koje slijede nakon sljedećih točaka.

1. Prijem, skladištenje i doziranje tekućih sirovina (1.1 pumpa, 1.2 pumpa, 1.3 rezervoar, 1.5 rezervoar, 1.6 rezervoar, 1.7 kontejner, 1.8 vaga, 1.9 vaga, 1.10 pumpa, 1.11 rezervoar, 1.12 hidropak)
2. Doziranje lužina (2.1 kontejner, 2.2 kontejner, 2.3 vaga, 2.4 pumpa)
3. Doziranje praškastih sirovina (3.1 usipni koš, 3.2 pumpa, 3.3 vaga, 3.4 filter)
4. Priprema sirovina (4.1 viljuškar, 4.2 komora za taljenje)
5. Proizvodnja zubnih pasta i krema za brijanje (5.1 duplikator, 5.2 mješalica 2000 l „jedinstvo“, 5.3 pumpa, 5.4 mješalica 2000 l „Pressindustria“, 5.5 vakuum pumpa, 5.6 komandni pult, 5.7 pumpa, 5.8 mješalica „Spangeberg“, 5.9 vakuum pumpa)
6. Proizvodnja kozmetičkih krema (6.1 duplikator, 6.2 duplikator, 6.3 pumpa, 6.4 mješalica 500 l „pressindustria“, 6.5 vakuum pumpa, 6.6 komandni pult, 6.7 pumpa, 6.8 homogenizator „Alm“)
7. Proizvodnja šampona, regeneratora i pjena za kupanje (7.1 duplikator, 7.2 mješalica „Spangenberg“, 7.3 vakuum pumpa)
8. Proizvodnja emulzija (8.1 duplikator, 8.2 pumpa, 8.3 mješalica, 8.4 vakuum pumpa)
9. Proizvodnja praškastih proizvoda (9.1 mlin za praškaste sirovine i proizvode, 9.2 sito, 9.3 mješalica, 9.4 mješalica, 9.5 ventilator)
10. Proizvodnja alkoholnih i bezalkoholnih losiona, parfumerijskih proizvoda, lakova za nokte i odstranjivača laka za nokte (10.1 podna vaga, 10.2 pumpa, 10.3 rezervoar 700 l s mješalicom „Diaf“, 10.4 pumpa, 10.5 hladnjak, 10.6 pločasti filter, 10.7 pločasti filter, 10.8 rezervoar za odležavanje, 10.9 pumpa, 10.10 mješalica 100 l „Jedinstvo“)
11. Proizvodnja dekorativne kozmetike (11.1 duplikator, 11.2 mješalica 50 l „Pressindustria“, 11.3 vakuum pumpa, 11.4 mješalica „Bear“, 11.5 trovaljak, 11.6 homogenizator „Alm“, 11.7 koloidni mlin)
12. Priprema ambalaže proizvoda (12.1 stroj za pranje bočica, 12.2 kompresor, 12.3 stroj za kodiranje, 12.4 stroj za savijanje letaka, 12.5 usisavač za prašinu)

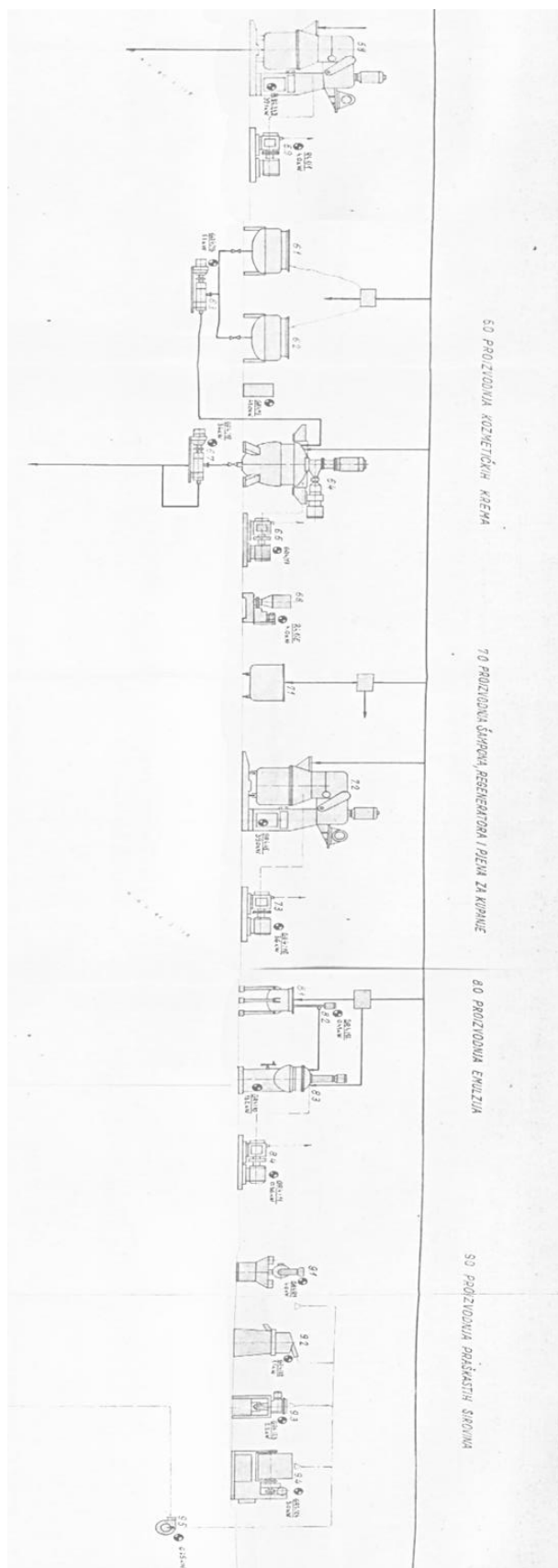
13. Pakiranje proizvoda u aluminijske i laminirane tube (13.1 stroj za punjenje „Arenco“, 13.2 stroj za pakiranje, 13.3 automatska vaga, 13.4 tračni transporter, 13.5 stroj za omatanje TS folijom sa termotunelom, 13.6 stol za zbirno pakiranje, 13.7 uređaj za kvašenje i odsijecanje ljepljive trake)
14. Pakiranje proizvoda u aluminijske tube (14.1 stroj za punjenje „IWK“, 14.2 stroj za pakiranje, 14.3 automatska vaga, 14.4 tračni transporter, 14.5 stroj za omatanje TS folijom, 14.6 termotunel, 14.7 stol za zbirno pakiranje, 14.8 uređaj za kvašenje i odsijecanje ljepljive trake)
15. Pakiranje proizvoda u plastične tube (15.1 stroj za punjenje „KX14“, 15.2 tračni transporter, 15.3 stroj za omatanje TS folijom, 15.4 termotunel, 15.5 stol za zbirno pakiranje, 15.6 uređaj za kvašenje i odsijecanje ljepljive trake)
16. Pakiranje sašete (16.1 stroj za automatsko punjenje, 16.2 stroj za automatsko punjenje, 16.3 tračni transporter, 16.4 stol za zbirno pakiranje, 16.5 uređaj za kvašenje i odsijecanje ljepljive trake)[3]
17. Pakiranje u boce (17.1 stroj za automatsko punjenje, 17.2 tračni transporter, 17.3 stol za zbirno pakiranje, 17.4 uređaj za kvašenje i odsijecanje ljepljive trake)
18. Pakiranje proizvoda u aluminijske kutijice i teglice (18.1 stroj za automatsko punjenje, 18.2 tračni transporter, 18.3 automatski stroj za pakiranje u kartonske kutije, 18.4 stol za omatanje TS folijom, 18.5 termotunel, 18.6 stol za zbirno pakiranje, 18.7 uređaj za kvašenje i odsijecanje ljepljive trake)
19. Pakiranje proizvoda u plastične tube i teglice (19.1 stroj za punjenje, 19.2 tračni transporter, 19.3 stroj za omatanje TS folijom, 19.4 termotunel, 19.5 stol za zbirno pakiranje, 19.6 uređaj za kvašenje i odsijecanje ljepljive trake)
20. Pakiranje proizvoda u aluminijske tube (20.1 stroj za punjenje „Gasti“, 20.2 tračni transporter, 20.3 stol za zbirno pakiranje, 20.4 uređaj za kvašenje i odsijecanje ljepljive trake)
21. Pakiranje ruževa za usne, sjenila za kapke, maskara za trepavice, tuševa za kapke i pigmentiranih emulzija u teglice i bočice (21.1 uređaj za topljenje i mješanje ruževa, 21.2 radni stol, 21.3 hladnjak, 21.4 tračni transporter, 21.5 uređaj za punjenje „Engler II“, 21.6 stroj za toplu aplikaciju „Canac“, 21.8 stroj za postavljanje brtvi, 21.9 stol za zbirno pakiranje, 21.10 uređaj za kvašenje i odsijecanje ljepljive trake)
22. Pakiranje losiona, parfumerijskih proizvoda i odstranjivača laka (22.1 stroj za punjenje bočica „PKB I“, 22.2 tračni transporter, 22.3 stol za zbirno pakiranje, 22.4 uređaj za kvašenje i odsijecanje ljepljive trake)

23. Pakiranje praškastih i kompaktiranih pudera i sjenila za kapke (23.1 stroj za kompaktiranje pudera, 23.2 stroj za punjenje pudera, 23.3 tračni transporter, 23.4 kontrolna vaga, 23.5 stol za zbirno pakiranje, 23.6 uređaj za kvašenje i odsijecanje ljepljive trake)
24. Pakiranje lakova za nokte (24.1 tračni transporter, 24.2 stroj za punjenje bočica, 24.3 stol za zbirno pakiranje, 24.4 uređaj za kvašenje i odsijecanje ljepljive trake)
25. Proizvodnja i pakiranje deodorant stikova (25.1 mješalica 100l „Jedinstvo“, 25.2 tračni transporter, 25.3 duplikator, 25.4 stol za zbirno pakiranje, 25.5 uređaj za kvašenje i odsijecanje ljepljive trake) [3].

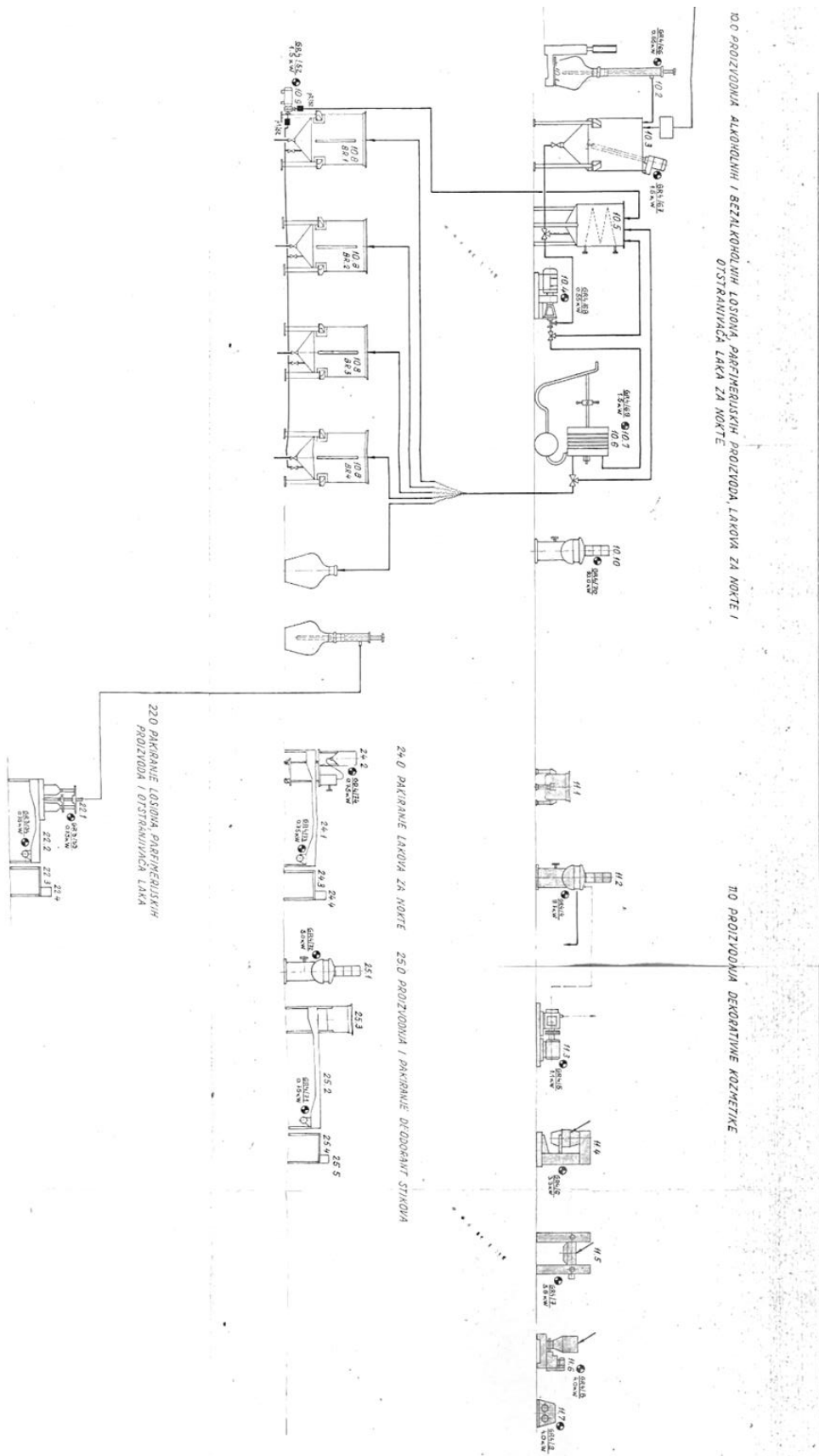
Na sljedećim slikama (Slika 4.1 [3], Slika 4.2 [3], Slika 4.3 [3], Slika 4.4 [3] i Slika 4.5 [3]) nalazi shema takvog postrojenja sa pojedinim dijelovima tehnološkog procesa i strojeva koji sudjeluju u tom procesu.



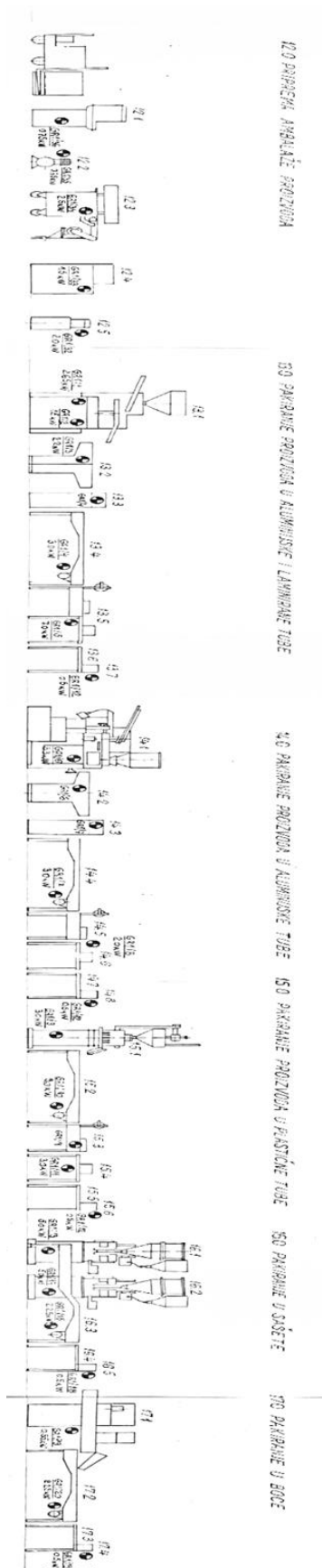
Slika 4.1. Shema tehnološkog procesa. [3]



Slika 4.2. Shema tehnološkog procesa. [3]

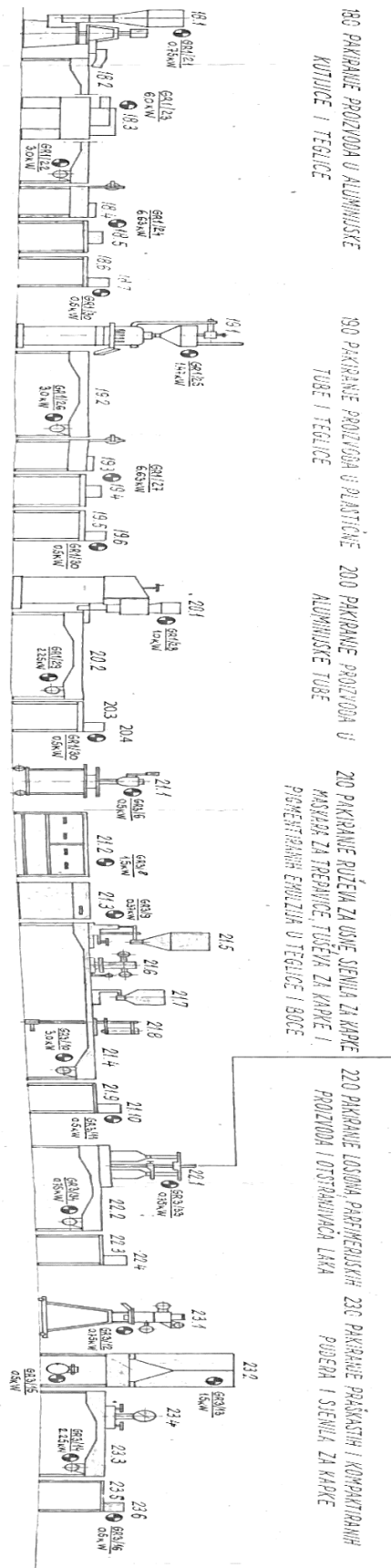


Slika 4.3. Shema tehnološkog procesa. [3]



Slika 4.4. Shema tehnološkog procesa. [3]





Slika 4.5. Shema tehnološkog procesa. [3]

## 4.1. Podatci o strojevima koji sudjeluju u tehnološkom procesu

Podatci za svaki stroj dani su u obliku tablice iz koje je vidljiv – naziv stroja, nazivna snaga, ukupna snaga i način priključka. U tablici 4.1 [3] nalazi se prikaz podataka strojeva koji sudjeluju u tehnološkom procesu u tvornici Saponia d.d.

**Tablica 4.1.** Prikaz podataka o strojevima koji sudjeluju u tehnološkom procesu

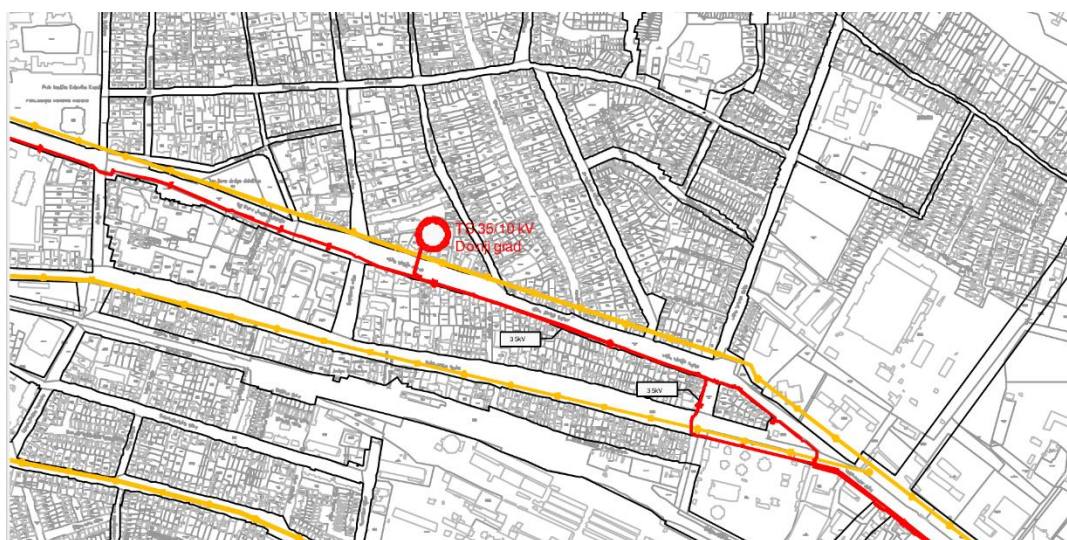
Naziv stroja	Nazivna snaga [kW]	Ukupna snaga [kW]	Način priključka	Sa razdjelnice	RMD = iz razdj. na motor s gornje strane
Piton pumpa	11	11	RMD	R1. 1/2	RMD = iz razdj. na motor s donje strane
Rezervoari	2x3,0	6		R1.1/3	RPOG = iz razdj. preko priklj. ormarića s gornje strane
Hidrostanica	1,1	1,1	RPOD	R 1.1/4	
Centrifugalna pumpa	1,85	1,85	RPOD	GR2/6	
Automatska dozirna vaga	2,0	2,0	RPOD	GR2/2	
Usipni koš – elektropneumatski lijevak	0,36	2	RPOD	GR2/15	RPOD = iz razdj. preko priklj. ormarića s gornje strane
Automatska vaga	2,0	2,0	RPOD	GR2/2	
Filter ciklon	0,37+0,25	1,5	RMD	GR2/11	RU = preko utičnice
Kompresor	7,5	7,5	RU	GR2/14	
Miješalica 500 l	17,5+20+1,5	39	Energetski ormar	GR4/15	
Vakum pumpa	3,6	3,6		GR4/16	

**Tablica 4.1.** Prikaz podataka o strojevima koji sudjeluju u tehnološkom procesu – nastavak

Naziv stroja	Nazivna snaga [kW]	Ukupna snaga [kW]	Način priključka	Sa razdjelnice
Miješalica 2000 l	30	30		R4.1/6
Piton pumpa	3	3	RMD+sklop	R4.1/7
Pumpa	0,41		RU	GR4/12
Miješalica 100 l		13,2	RPOD	GR4/10
Mlin	4	4	RMD+sklop	GR4/21
Sito	1,1	1,1	RMD+sklop	GR4/21
Miješalica	2,2	2,2	RMD+sklop	GR4/23
Ventilator za otprašivanje	0,75	0,75	RMD+sklop	GR4/

## 5. NAPAJANJE ELEKTRIČNOM ENERGIJOM I DIMENZIONIRANJE VODOVA

Pogon za proizvodnju praškastih proizvoda deterdženta i kozmetičkih proizvoda Saponia d.d. napaja se s dvije trafostanice koje se nalaze unutar Saponije; Trafostanice 1 i Trafostanice 2. Trafostanica 2 se napaja srednjenaponskim kablom na naponsku mrežu HEP-a preko TS Osijek 95, niskonaponskog raspjeta 0,4 kV i priključnog kabela KB10 (20) i TS 35/10 kV Donji grad (Slika 5.1) [4]. Trafostanica 1 napaja se iz Trafostanice 2 srednjenaponskim kablom. Trafostanica 1 napaja jednu polovinu objekata u Saponiji d.d., a Trafostanica 2 drugu polovinu objekata.



**Slika 5.1.** Prikaz položaja trafostanica koje napajaju Saponiu d.d. [4]

U cijelom pogonu nalaze se četiri razdjelnice, odnosno razdjelnice na koje dolazi direktno napajanje iz trafostanice. Razdjelnice GR1 i GR3 smještene su u prizemlju, a GR2 i GR4 na katu. Sa razdjelnice GR1 napaja se pet podrazdjelnica R1.1-R.1.4 i T1, sa razdjelnice GR2 napajaju se tri podrazdjelnice R 2.1 – R 2.3, sa razdjelnice GR3 napaja se četiri podrazdjelnice R 3.1, R 3.2, T 2, T3 i sa razdjelnice GR 4 napaja se samo razdjelnica R 4.1 [3]. Obzirom na

relativno veliki broj napojnih vodova podatci proračuna su dani u nastavku, a proračun je proveden na sljedeći način [3]:

Struja u vodu  $I(A)$  za idealan slučaj bez gubitaka:

$$I = \frac{P_v}{1,73 \cdot U \cdot \cos \varphi} \quad (5 - 1)$$

gdje je:

$I$  – struja u vodu (A),

$P_v$  – vršno opterećenja (W),

$U$  – linijski napon (V),

$\cos \varphi$  – faktor snage.

Trošila su povezana s izvorima električne struje prijenosnim vodovima. Pri proračunu takvih vodova treba paziti na dimenzije vodiča i jakost električne struje koja teče vodičem, jer su to činitelji koji izravno utječu na razvijanje topline u vodiču (Jouleov zakon). Kod prijenosnih vodova Jouleova toplina očituje se kao neželjena pojava, iz više razloga: - zagrijavanjem vodiča raste njegova otpornost, materijali od kojih se izrađuju vodiči imaju pozitivni temperaturni koeficijent otpora te se, jer je vod priključen na izvor stalnog napona, smanjuje jakost električne struje koja prolazi vodom pa se ujedno smanjuju i učinci te električne struje, - kod prijenosa dolazi do gubitaka energije, naročito ako se radi o duljem vodiču, - postoje mogućnosti kratkog spoja, požara i sličnih neprilika, naročito kod izoliranih vodiča gdje je ograničena mogućnost odvođenja viška topline [5]. Pri odabiru presjeka vodiča, osim jakosti električne struje, prema propisima, moraju se uzeti u obzir i dopušteni padovi napona i dopušteni gubitak snage na vodovima te cijena materijala od kojeg se izrađuju vodiči. Kako jakost električne struje najznačajnije utječe na razvijanje topline u vodiču, jer je razvijena toplina razmjerna kvadratu jakosti električne struje, posebna pažnja se posvećuje odnosu jakosti električne struje i presjeka

vodiča. Izrađene su tablice u kojima su navedene jakosti električne struje za razne presjeke vodiča i vrsti vodiča. S obzirom na jakost električne struje proračun nije složen [5].

## 5.1. Dimenzioniranje presjeka vodova

Za dimenzioniranje presjeka vodova mjerodavni su:

- a) dopušteni pad napona i
- b) gubici energije, jer o njima ovisi ekonomičnost prijenosa energije [6].

Snaga izmjeničnog potrošača određuje se izrazom:

jednofazni potrošač:

$$P = U_f \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot \eta \quad (5 - 2)$$

trofazni potrošač:

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot \eta \quad (5 - 3)$$

gdje je:

$U_f$  – fazni napon mreže (V)

$U$  – linijski napon mreže (V)

$I$  – struja u vodu (A)

$\cos \varphi$  – faktor snage potrošača (tereta)

$\eta$  – korisnost (stupanj djelovanja potrošača) (tereta)

Napon na stezaljkama potrošača jednak je razlici između napona izvora i pada napona voda. Ako je zbog premalog presjeka pojnog voda pad napona duž njega prevelik, bit će preostali napon na stezaljkama potrošača znatno manji od onog za kojeg je potrošač građen [6].

## 5.2. Osiguranje kabela od termičkog naprezanja

Svaki od kablova osiguran je pojedinačno rastalnim osiguračima čija je nazivna struja  $I_0$  manja od dozvoljene struje  $I$  za pojedinačni vod [3]. Zaštita vodiča od nedozvoljenog opterećenja, bilo namjernog ili slučajnog ili kratkog spoja, riješena je upotrebom osigurača koji se stavljaju na početku vodiča u smjeru dolaska struje. Ako se u instalaciji, neposredno pokraj osigurača, postavlja i prekidač, savjetuje se da se osigurač postavi iza prekidača jer se tada osigurač može zamijeniti pri otvorenom prekidaču i nije pod naponom. Kod korištenja automatskih prekidača osigurač se obavezno postavlja iza ovog prekidača. Zaštita se može izvesti za dvožičnu mrežu dvopolno ili jednopolno. Za trofazni sustav na nulti vodič se ne stavlja zaštita [7].

Osigurač obavlja funkciju zaštite vodiča prekidom strujnog kruga u kome je smješten. Ovaj prekid može se ostvariti taljenjem rastalnog umetka u osiguraču, elektromagnetnim djelovanjem ili termičkim djelovanjem kojim se savija bimetalna traka [7].

## 5.3. Kontrola pada napona

Vodovi odabrani po gore navedenom, prekontrolirani su na pad napona. Za vodove do  $25 \text{ mm}^2$ , kod kojih je induktivni otpor zanemariv, pad napona izračunat je na sljedeći način:

$$u\% = \frac{100 \cdot l \cdot P_v}{A \cdot U^2 \cdot \sigma} \quad (5 - 4)$$

gdje je:

$u\%$  - postotni pad napona (%),

$l$  – dužina voda (m),

$P_v$  – vršna snaga (W),



$A$  – presjek voda ( $\text{mm}^2$ ),

$U$ - linijski napon (V),

$\sigma$  – specifična vodljivost ( $\text{Sm}/\text{mm}^2$ ).

Za vodove čiji je presjek  $25 \text{ mm}^2$  ili veći, pad napona računa se izrazom:

$$u\% = \frac{100 \cdot l \cdot P_v}{U^2 \cdot \cos \varphi} (R_1 \cos \varphi + X_1 \sin \varphi) \quad (5 - 5)$$

gdje je:

$R_1$  – jedinični radni otpor ( $\Omega/\text{km}$ ),

$X_1$  – jedinični induktivni otpor kabela ( $\Omega/\text{km}$ ).

Pri tome je vođeno računa da pad napona za rasvjetu ne prijeđe dozvoljenih 6,5% (napajanja rasvjete i motornog pogona s iste razdjelnice), za motore u normalnom radu 7%, a kod pokretanja 10% [3].

## 5.4. Električna instalacija rasvjete

Instalacija rasvjete izvedena je pomoću vodiča PP-Y. Vodiči u pogonskom dijelu prostorija položeni su na OG obujmicama, a u dijelu garderoba, sanitarija, ulaznom dijelu i laboratoriju vodič je položen pod žbuku iz estetskih razloga. Paljenje rasvjete predviđeno je kod ulaza. U hali za pakiranja jedan dio rasvjete se pali sa jednog od tri ulaza, a drugi dio rasvjete se pali sa same razdjelnice. Gdje konstrukcija stropa dozvoljava, svjetiljke su postavljene direktno na strop, dok su npr. u hali svjetiljke na krovnim nosačima. Nosači svjetiljki izvedeni su od plosnatog željeza  $20 \times 3 \text{ mm}$ . Gornji dio nosača pričvršćen je pomoću plastičnih čepova i dva vijka okomita na dio betonskog krovnog nosača. U prostorijama gdje se skuplja veći broj ljudi – hala za pakiranja i hodnici- postavljena je sigurnosna rasvjeta, a u ostalim prostorijama

označavanje i osvjetljavanje izlaza. Svjetilkama se upravlja preko daljinskog upravljača smještenog u razdjelnicama [3].

## 5.5. Kontrola pada napona najnepovoljnijeg strujnog kruga rasvjete

Najveći pad napona od trafostanice do razdjelnice s koje se napaja rasvjeta je do razdjelnice R 1.1 – 3,1%, ali je ocjenjen kao najnepovoljniji strujni R 1.4/3, sa razdjelnice R 1.4. Pad napona do razdjelnice R 1.4 iznosi 2,9% [3].

Pad napona za strujni krug R 1.4/3

$$P = 1300 \text{ W}$$

$$l = 20+6=26 \text{ m}$$

$$\rho = 0,01793 \text{ } \Omega\text{mm}^2/\text{m}$$

$$U = 220 \text{ V}$$

$$A = 1,5 \text{ mm}^2$$

$$u = \frac{2 \cdot l \cdot P \cdot \rho \cdot 10^5}{U^2 \cdot A} \quad (5 - 6)$$

$$u = \frac{2 \cdot 26 \cdot 1,3 \cdot 0,01793 \cdot 10^5}{220^2 \cdot 1,5} \quad (5 - 7)$$

$$u = 1,7 \% \quad (5 - 8)$$

Ukupni pad napona od TS do zadnje svjetiljke bit će:

$$\sum u_{\%} = u_{TS-R1.4} + u_{R1.4/3} \quad (5 - 9)$$

$$\sum u_{\%} = 2,9 + 1,7 = 4,6\% \quad (5 - 10)$$

Pad napona je znatno manji od dozvoljenih 6,5% te zadovoljava uvjet. Kako je ocjenjeno da je to jedan od najnepovoljnijih strujnih krugova, ostali će također zadovoljiti [3].

## 5.6. Proračun rasvjete

Proračun rasvjete rađen je prema Svjetlotehničkom priručniku – Elektrokovine [8]. Nivo osvjetljenosti opće rasvjete u radnim prostorijama računat je s 250 lx. U prostorijama dekorativne kozmetike (ruževi) projektirana je rasvjeta 500 lx s dobrim raspoznavanjem boja. Sigurnosna rasvjeta projektirana je kao nužna rasvjeta i panik rasvjeta. Za prostore gdje se okuplja veći broj ljudi (hala pakiranja) projektirana je sigurnosna rasvjeta nivoa 1 lx – 3h i panik rasvjeta – označavanje izlaza, a za ostale prostore samo panik rasvjeta, odnosno označavanje i osvjetljavanje izlaza [3].

Proračun rasvjete rađen je prema sljedećim obrascima:

$$\phi = \frac{E \cdot a \cdot b}{\eta_R \cdot f_1 \cdot f_a} \quad (5 - 11)$$

$$h_k = h - h_d \quad (5 - 12)$$

$$h_k = h - h_d - h_v \quad (5 - 13)$$

$$K = \frac{a \cdot b}{h_k \cdot (a + b)} \quad (5 - 14)$$

$$E_1 = \frac{\phi_1}{\phi} \cdot E \quad (5 - 15)$$

Značenje pojedinih oznaka je sljedeće:

$E$  – nazivna osvjetljenost (lx),  $a$  – dužina prostorije (m),  $b$  – širina prostorije (m),

$\eta_R$  – iskoristivost osvjetljenja,  $f_1$  – faktor zagađivanja,  $f_2$  – faktor starenja

$h_k$  – korisna visina (m),  $h$  – visina prostorije (m),  $h_d$  – visina radne površine (m),

$h_v$  – visina zavješnja svjetiljke (m),  $K$  – indeks prostorije,  $\Phi$  – potreban svjetlosni tok (lm),

$\phi_1$  – stvarni svjetlosni tok (lm),  $E_1$  – postignuta osvjetljenost (lx).

Prema gore navedenom izvedeni su proračuni rasvjete za sve važnije prostorije. Tablica 5.2 [3] prikazuje proračune za neke od prostorija unutar pogona.

**Tablica 5.2** Proračun rasvjete

Naziv prostorije	Potrebna jakost rasvjete ( $E$ [lx])	Dimenzije prostorije (a x b [m])	Korisna visina prostorije ( $h_k$ )	Tip svjetiljke	Indeks prostorije (k)	Iskoristivost osvjetljenja ( $\eta_R$ )	Faktor zagađivanja ( $f_1$ )	Faktor starenja ( $f_2$ )	Potreban svjetlosni tok (lm)	Broj žarulja, odnosno cijevi i snaga (kom x[W])	Priključna vrijednost (P [W])	Postignut svjetlosni tok ( $\phi_1$ [lm])	Postignuta osvjetljenost ( $E_1$ [lx])
Hala pakovanja viši dio	250	54x24	5,1	VTAR	3,3	0,7	0,7	0,9	782382	104(3x40)	15600	811200	259
Hala pakovanja niži dio	250	50x6	2,3	VTAR	1,640	0,500	0,7	0,9	212332	26(3x40)	3900	202800	239
Prostor za zadržavanje	120	5,6x11,6	2,3	VTAR	1,64	0,5	0,7	0,87	25600	6(2x40)	600	31200	146
Pakiranje losiona, parf. proizv.	250	5,7x11,7	2,3	FS240	1,670	0,450	0,7	0,87	608837	12(2x40)	1200	62400	256
Pakiranje praškastih i kompak. pudera	250	5,7x8,5	2,3	VTAR	1,480	0,49	0,7	0,87	20056	8(2x40)	800	41600	256

**Tablica 5.2** Proračun rasvjete - nastavak

Naziv prostorije	Potrebna jakost rasvjete ( $E$ [lx])	Dimenzije prostorije (a x b [m])	Korisna visina prostorije ( $h_k$ )	Tip svjetiljke	Indeks prostorije (k)	Iskoristivost osvjetljenja ( $\eta_R$ )	Faktor zagađivanja ( $f_1$ )	Faktor starenja ( $f_2$ )	Potreban svjetlosni tok (lm)	Broj žarulja, odnosno cijevi i snaga (kom x[W])	Priključna vrijednost (P [W])	Postignut svjetlosni tok ( $\phi_1$ [lm])	Postignuta osvjetljenost ( $E_1$ [lx])
Mehanička radionica	250	3,3x11,7	2,3	VTAR	1,12	0,41	0,7	0,87	38658	5(2x40)	750	39000	252
Priprema ambalaže	250	6x11,7	2,3	VTAR	1,72	0,51	0,7	0,87	56505	12(2x40)	600	62400	276
Priprema sirovina	250	8,7x14,3	2,3	VTAR	2,35	0,52	0,7	0,87	98214	15(3x40)	2250	117000	298
Transportni put	150	3,0x12	2,3	VTAR	1,04	0,41	0,7	0,87	21629	5(2x40)	500	26000	180
Ženska garderoba	150	11,8x14	2,3	FSN 121	2,78	0,45	0,83	0,87	28(1x40)	1400	1400	72800	143
Ulazni hol	150	6,4x8,4	2,3	FSN 400	1,58	0,26	0,83	0,87	42952	9x(1x40) 4x(2x40)	850	44200	154

**Tablica 5.2** Proračun rasvjete - nastavak

Naziv prostorije	Potrebna jakost rasvjete ( $E$ ) [lx]	Dimenzije prostorije (a x b [m])	Korisna visina prostorije ( $h_k$ )	Tip svjetiljke	Indeks prostorije (k)	Iskoristivost osvjetljenja ( $\eta_R$ )	Faktor zagađivanja ( $f_1$ )	Faktor starenja ( $f_2$ )	Potrebna svjetlosni tok (lm)	Broj žarulja, odnosno cijevi i snaga (kom x [W])	Priključna vrijednost (P [W])	Postignut svjetlosni tok ( $\phi_1$ ) [lm]	Postignuta osvjetljenost ( $E_1$ ) [lx]
Muška garderoba	150	5,7x12	2,3	FSN 121	1,68	0,34	0,83	0,87	41790	17(1x40)	850	44200	158
Skladište HTZ opreme	120	4,3x5,7	2,3	FSN 121	1,07	0,35	0,83	0,87	11637	2(3x40)	300	15600	160
Ured	30	4x5,7	2,3	FSN121	1,02	0,34	0,83	0,87	27860	4(3x40)	600	31200	336
Akumulat. Prostorija	150	6x3,1	2,7	FS 240	0,76	0,34	0,7	0,87	13474	3(2x40)	300	15600	173
Ispravljači	250	6x1,4	2,7	VTAR	0,42	0,27	0,7	0,87	12721	3(2x40)	300	15600	305

## **5.7. Električna instalacija motora i trošila**

Na većini velikih strojeva postoje ormarići u kojima je smještena sva potrebna oprema za uključivanje i zaštitu motora tog stroja. Ova vrsta strojeva ima samo napojni vod osiguran rastalnim osiguračima. Strojevi koji se pokreću na licu mjesta imaju vod osiguran rastalnim osiguračima i zaštitnu sklopku na licu mjesta, pomoću koje se uključuje motor, a koja ga ujedno i štiti. Manji broj motora pokreće se na daljinski u blokadi. Kod te vrste motora koriste se rastalni osigurači i sklopnik s bimetalnim relejom za zaštitu motora. Također se nalaze i tipkala pomoću kojih se upravlja elektromotorom [3]. Kod motora koji imaju dva komandna mjesta, tipkala uz motor imaju i tipkalo s ključem pomoću kojeg se u slučaju rada na stroju radnik može osigurati od nekontroliranog pokretanja s drugog mjesta. Kod razvoda u instalaciji korišteni su vodiči PP-Y, odnosno PPOO-Y. Pojedinačni vodovi položeni su pomoću obujmica na zidu. Kod većih skupina vodova kablovi su položeni u regale. Mehanička zaštita se nalazi na visini 2 m od poda prostorije. Svi metalni dijelovi u instalaciji zaštićeni su s dva premaza antikorozivne boje i završnim premazom. Za zaštitu čovjeka u općoj opasnosti predviđene su na svim glavnim razdjelnicama automatske glavne sklopke koje se mogu isključiti posebnim tipkalima raspoređenim u pogonu. Područje koje napaja jedna razdjelnica pokriveno je tipkalima koja izbacuju kompletan elektro dio pogona i rasvjete koji napaja ova razdjelnica. Za potrebe remonta predviđene su na svim razdjelnicama posebne ručne glavne sklopke kojima se posebno može isključiti motorni dio, odnosno rasvjetni dio razdjelnice [3].

## **5.8. Električna instalacija prostorija sa specifičnim uvjetima**

U pogonu proizvodnje nalaze se tri prostorije koje su ugrožene eksplozivnim smjesama. To su: prostorija gdje se pakiraju alkoholni losioni, prostorija gdje se skladište alkoholni losioni i prostorija gdje se proizvode alkoholni losioni i dekorativna kozmetika [3].

Sva ugrađena oprema u ovim prostorijama ima navedenu klasu eksplozivnosti. Prostorije su odvojene od ostalog dijela zračnom zavjesom. Prije uključivanja napona u prostoriji potrebno je uključiti zračnu zavjesu i ventilaciju prostorije. Ovim se uključuje vremenski relej koji nakon podešenog vremena uključuje sklopnik preko kojeg je omogućeno daljnje uključivanje



potrošača u ovim prostorijama. Ulaz kabela u ove prostorije je omogućen kroz zračnu zavjesu, tako da su kabele obuhvaćeni strujom zraka [3]. Svaki pojedinačni kabel koji ulazi kroz zid prostorije ima ugrađen u zid čeličnu cijev koja na oba kraja ima odgovarajuću trubastu uvodnicu koja onemogućuje prolaz eksplozivnih smjesa u neugroženi dio prostora. Svi prodori za kablove izvedeni su pri vrhu prostorije jer eksplozivne smjese koje se mogu stvoriti u prostorijama teže su od zraka, pa će glavna koncentracija biti pri podu. Za potrebe sigurnosti u svim prostorijama postavljena su u prostoriji i s vanjske strane prostorije tipkala kojima se izbacuje kompletan napon u prostoriji [3].

Za zaštitu od statičkog elektriciteta u ovim prostorijama na visini od 30 cm od poda nalaze se gromobranske trake FeZn 25x3 mm. Ova traka povezana je s uzemljenjem cijelog objekta i na nju su povezane sve metalne mase u prostoriji [3].

## **5.9. Zaštita od nedozvoljenog dodirnog napona**

Zaštita od nedozvoljenog dodirnog napona rađena je pomoću nulovanja s posebnim zaštitnim vodičem. U tu svrhu se od razdjelnice, u kojoj je razdvojen nul vodič od zaštitnog vodiča, polaže peterožilni vodič do svakog trofaznog potrošača (iznimno kod trofaznog asinkronog elektromotora četverožilni vodič R, S, T i ZV), odnosno trožilni vodič monofaznog potrošača. Kod zaštite od dodirnog napona nulovanjem osnovni je uvjet da je:

$$I_k > I_i \quad (5 - 16)$$

gdje je:

$I_k$  – struja greške kod kratkog spoja faznog i nul vodiča,

$I_i$  – isklopna struja pripadnog osigurača.

Pri određivanju struje pogreške ( $I_k$ ) uzima se impedancija cijele petlje kratkog spoja zajedno s prijelaznim otporima. Impedancija petlje mora zadovoljiti uvjet:

$$Z_k \leq \frac{U_f}{I_i} = \frac{U_f}{k \cdot I_n} \quad (5 - 17)$$

gdje je:

$Z_k$  – impedancija petlje ( $\Omega$ )

$U_f$  – napon faznog vodiča prema zemlji (V)

$I_i = k \cdot I_n$  – isklopna struja (A)

$I_n$  – nominalna struja osigurača (A)

$k$  – faktor koji osigurava pregaranje osigurača za max 0,2 s.

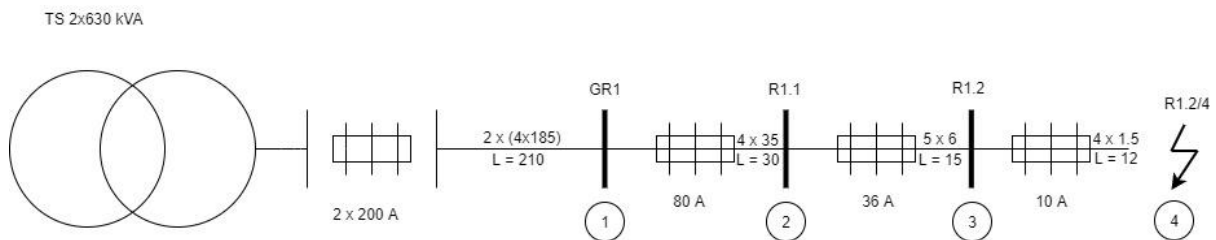
Na zaštitnom vodiču povezani su svi metalni dijelovi koji u normalnom pogonu nisu pod naponom, ali uslijed greške na stroju mogu doći pod napon [3].

Osim zaštite nulovanjem sve veće metalne mase su još povezane pomoću pocinčane trake na uzemljenje objekta. Pri izvođenju instalacija izvršeno je mjerenje otpora petlje za sve potrošače. To je bilo potrebno iz razloga što vrlo često prijelazni otpor nekvalitetnog spoja zna biti znatno veći od otpora samih vodiča petlje [3].

Pri izjednačavanju potencijala, u svim sanitarnim čvorovima povezane su metalne mase s nul vodičem. Metalne mase (kada, odvodne metalne cijevi, vodovodne cijevi i dr.) spojene su pomoću obujmica i vodiča P/FJ 4mm<sup>2</sup> do kutije za izjednačavanje potencijala. Svi vodiči spojeni su na posebnu stezaljku koja je također pomoću vodiča P/FJ 4mm<sup>2</sup> povezana s nul vodičem u razdjelnici. Zaštitni vodič u cijeloj instalaciji je žuto/zelene boje [3].

### 5.9.1. Računska provjera zaštite od nedozvoljenog dodirnog napona

Na slici 5.2 [3] prikazana je jednopolna shema trafostanice TS 2x630 kVA iz koje se objekt napaja, te je prikazan pregled razdjelnica od razdjelnice GR1 do podrazdjelnice R1.2, sa duljinama vodova i strujama u pojedinim dijelovima. Pregled otpora za takvu shemu se vidi iz tablice 5.3 [3].



**Slika 5.2.** Jednopolna shema od TS 2x630 kVA do podrazdjelnice R1.2/4. [3]

**Tablica 5.3.** Pregled otpora i reaktancija u n.n. za R 1.2/4

Dionica	R ( $\Omega$ )	X ( $\Omega$ )	Z ( $\Omega$ )
TS 2x630	$\frac{0,0026}{2}$	$\frac{0,010}{2}$	
TS – GR1	$\frac{0,0208}{2}$	$\frac{0,0168}{2}$	
U točki 1	0,0221	0,0218	0,0310
GR1-R 1.1	0,0445	0,0071	
U točki 2	0,1111	0,0360	0,1168
R 1.1-R 1.2	0,0453	0	
U točki 3	0,2017	0,0360	0,2049
R 1.2-R 1.2/4	0,1596	0	
U točki 4	0,5197	0,0360	0,5209

Presjek žile faznog vodiča jednak je presjeku nultog, odnosno zaštitnog vodiča.

Provjera zaštite od nedozvoljenog dodirnog napona:

Provjera u točki 1:

$$I_k = \frac{U}{Z_k} = \frac{220}{0,031} = 7097 \text{ A} \quad (5 - 18)$$

$$I_i = I_o \cdot k = 400 \cdot 2,5 = 1000 \text{ A} \quad (5 - 19)$$

$$I_k = 7097 \text{ A} - \text{ je veće od } I_i = 1000 \text{ A} - \text{ zadovoljava} \quad (5 - 20)$$

Provjera u točki 2:

$$I_k = \frac{220}{0,1168} = 1884 \text{ A} \quad (5 - 21)$$

$$I_i = 80 \cdot 2,5 = 200 \text{ A} \quad (5 - 22)$$

$$I_k = 1884 \text{ A je veće od } I_i = 200 \text{ A} - \text{ zadovoljava} \quad (5 - 23)$$

Provjera u točki 3:

$$I_k = \frac{220}{0,2049} = 1073 \text{ A} \quad (5 - 24)$$

$$I_i = 36 \cdot 2,5 = 90 \text{ A} \quad (5 - 25)$$

$$I_k = 1073 \text{ A je veće od } I_i = 90 \text{ A} - \text{ zadovoljava} \quad (5 - 26)$$

Provjera u točki 4:

$$I_k = \frac{220}{0,5209} = 422 \text{ A} \quad (5 - 27)$$

$$I_i = 10 \cdot 3,5 = 35 \text{ A} \quad (5 - 28)$$

$$I_k = 422 \text{ A je veće od } I_i = 35 \text{ A} - \text{ zadovoljava} \quad (5 - 29)$$

Provjera zaštite od nedozvoljenog dodirnog napona:

Provjera u točki 1:

$$I_k = \frac{U}{Z_k} = \frac{220}{0,0304} = 7237 \text{ A} \quad (5 - 30)$$

$$I_i = I_o \cdot k = 400 \cdot 2,5 = 1000 \text{ A} \quad (5 - 31)$$

$$I_k = 7237 \text{ A} - \text{ je veće od } I_i = 1000 \text{ A} - \text{ zadovoljava} \quad (5 - 32)$$

Provjera u točki 2:

$$I_k = \frac{220}{0,2} = 1100 \text{ A} \quad (5 - 33)$$

$$I_i = 36 \cdot 2,5 = 90 \text{ A} \quad (5 - 34)$$

$$I_k = 1100 \text{ A je veće od } I_i = 90 \text{ A} - \text{ zadovoljava} \quad (5 - 35)$$

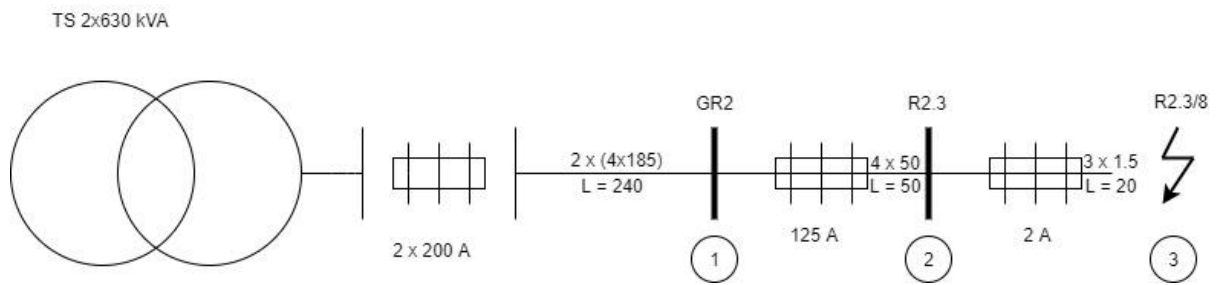
Provjera u točki 3:

$$I_k = \frac{220}{1} = 220 \text{ A} \quad (5 - 36)$$

$$I_i = 10 \cdot 3,5 = 35 \text{ A} \quad (5 - 37)$$

$$I_k = 220 \text{ A je veće od } I_i = 35 \text{ A} - \text{ zadovoljava} \quad (5 - 38)$$

Na slici 5.3. [3] prikazana je jednopolna shema trafostanice TS 2x630 kVA, te je prikazan pregled razdjelnica od razdjelnice GR2 do podrazdjelnice R2.3, sa duljinama vodova i strujama u pojedinim dijelovima. Pregled otpora za takvu shemu se vidi iz tablice 5.4. [3].



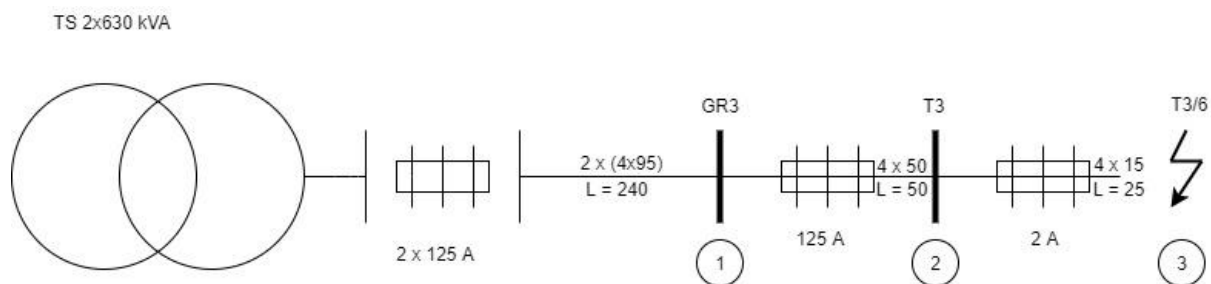
**Slika 5.3.** Jednopolna shema od TS 2x630 kVA do podrazdjelnice R2.3/8. [3]

**Tablica 5.4.** Pregled otpora i reaktancija u mreži n.n. za R 2.3/8

Dionica	R ( $\Omega$ )	X ( $\Omega$ )	Z ( $\Omega$ )
TS 2x630	$\frac{0,0026}{2}$	$\frac{0,010}{2}$	
TS – GR2	$\frac{0,0203}{2}$	$\frac{0,0164}{2}$	
U točki 1	0,0216	0,0214	0,0304
GR2-R 2.3	0,0906	0	
U točki 2	0,2028	0,0214	0,20
R 2.3-R 2.3/8	0,399	0	
U točki 3	1,0	0,0214	1,0

Presjek žile faznog vodiča jednak je presjeku nultog, odnosno zaštitnog vodiča.

Na slici 5.4. [3] prikazana je jednopolna shema trafostanice TS 2x630 kVA, te je prikazan pregled razdjelnica od razdjelnice GR3 do podrazdjelnice T3, sa duljinama vodova i strujama u pojedinim dijelovima. Pregled otpora za takvu shemu se vidi iz tablice 5.5. [3].



**Slika 5.4.** Jednopolna shema od TS 2x630 kVA do podrazdjelnice T3/6. [3]

**Tablica 5.5.** Pregled otpora i reaktancija u mreži n.n. za T 3/6

Dionica	R (Ω)	X (Ω)	Z (Ω)
TS	$\frac{0,0026}{2}$	$\frac{0,010}{2}$	
TS – GR3	$\frac{0,0463}{2}$	$\frac{0,0196}{2}$	
U točki 1	0,0489	0,0246	0,055
GR 3 – T 3	0,019	0,0041	
U točki 2	0,0869	0,0325	0,0927
T 3 - T 3/6	0,332	0	
U točki 3	0,750	0,0325	0,75

Presjek žile faznog vodiča jednak je presjeku nultog, odnosno zaštitnog vodiča.

Provjera zaštite od nedozvoljenog dodirnog napona:

Provjera u točki 1:

$$I_k = \frac{U}{Z_k} = \frac{220}{0,055} = 4000 \text{ A} \quad (5 - 39)$$

$$I_i = I_o \cdot k = 250 \cdot 2,5 = 625 \text{ A} \quad (5 - 40)$$

$$I_k = 4000 \text{ A} - \text{ je veće od } I_i = 625 \text{ A} - \text{ zadovoljava} \quad (5 - 41)$$

Provjera u točki 2:

$$I_k = \frac{220}{0,0927} = 2373 \text{ A} \quad (5 - 42)$$

$$I_i = 125 \cdot 2,5 = 325 \text{ A} \quad (5 - 43)$$

$$I_k = 2373 \text{ A je veće od } I_i = 325 \text{ A} - \text{zadovoljava} \quad (5 - 44)$$

Provjera u točki 3:

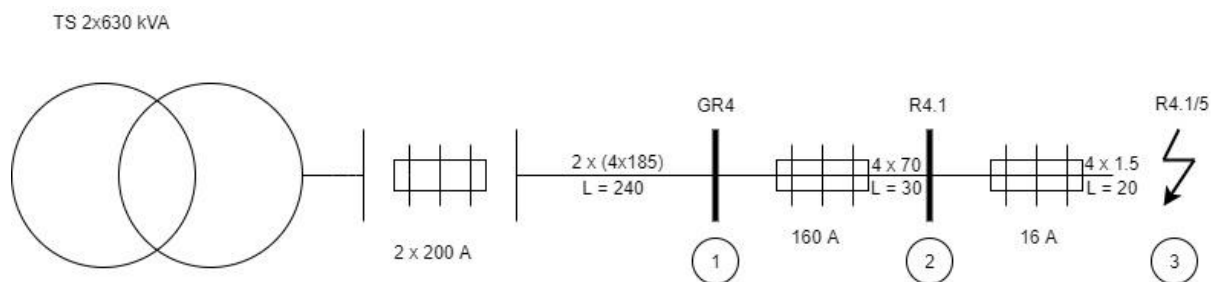
$$I_k = \frac{220}{0,75} = 293 \text{ A} \quad (5 - 45)$$

$$I_i = 2 \cdot 3,5 = 7 \text{ A} \quad (5 - 46)$$

$$I_k = 293 \text{ A je veće od } I_i = 7 \text{ A} - \text{zadovoljava} \quad (5 - 47)$$

Na slici 5.5. [3] prikazana je jednopolna shema trafostanice TS 2x630 kVA, te je prikazan pregled razdjelnica od razdjelnice GR4 do podrazdjelnice R4.1, sa duljinama vodova i strujama u pojedinim dijelovima. Pregled otpora za takvu shemu se vidi iz tablice 5.6. [3].





**Slika 5.5.** Jednopolna shema od TS 2x630 kVA do podrazdjelnice R4.1/5. [3]

**Tablica 5.6.** Pregled otpora i reaktancija u mreži n.n. za R 4.1/5

Dionica	R (Ω)	X (Ω)	Z (Ω)
TS	$\frac{0,0026}{2}$	$\frac{0,010}{2}$	
TS – GR4	$\frac{0,0237}{2}$	$\frac{0,0192}{2}$	
U točki 1	0,025	0,0242	0,0347
GR 4 – R 4.1	0,0080	0,0024	
U točki 2	0,041	0,029	0,050
R 4.1 - R 4.1/5	0,266	0	
U točki 3	0,573	0,029	0,574

Presjek žile faznog vodiča jednak je presjeku nultog, odnosno zaštitnog vodiča.

Provjera zaštite od nedozvoljenog dodirnog napona:

Provjera u točki 1:

$$I_k = \frac{U}{Z_k} = \frac{220}{0,0347} = 6340 \text{ A} \quad (5 - 48)$$

$$I_i = I_o \cdot k = 400 \cdot 2,5 = 1000 \text{ A} \quad (5 - 49)$$

$$I_k = 6340 \text{ A} - \text{ je veće od } I_i = 1000 \text{ A} - \text{ zadovoljava} \quad (5 - 50)$$

Provjera u točki 2:

$$I_k = \frac{220}{0,05} = 4400 \text{ A} \quad (5 - 51)$$

$$I_i = 160 \cdot 2,5 = 1000 \text{ A} \quad (5 - 52)$$

$$I_k = 4400 \text{ A je veće od } I_i = 400 \text{ A} - \text{ zadovoljava} \quad (5 - 53)$$

Provjera u točki 3:

$$I_k = \frac{220}{0,574} = 293 \text{ A} \quad (5 - 54)$$

$$I_i = 16 \cdot 3,5 = 56 \text{ A} \quad (5 - 55)$$

$$I_k = 383 \text{ A je veće od } I_i = 56 \text{ A} - \text{ zadovoljava} \quad (5 - 56)$$

## 6. GROMOBRANSKA INSTALACIJA I UZEMLJENJE

Uzemljenje u električnom smislu predstavlja kontakt uzemljivača s električnom zemljom, a definira se preko otpora uzemljenja. Otpor uzemljenja se sastoji od tri dijela:

1. Otpor metalnog spoja na elektrodi uzemljenja,
2. Otpor dodira između elektrode uzemljenja i najbližeg sloja zemljišta i
3. Otpor mase zemljišta koje okružuje elektrodu uzemljenja – otpor rasprostiranja.

Otpor rasprostiranja uzemljivača je otpor zemlje između uzemljivača i referentne zemlje. Referentna zemlja je dio zemlje koji je od pripadnog uzemljivača toliko udaljen da se između po volji odabranih točaka na tom dijelu ne pojavljuju znatne razlike potencijala. Otpor uzemljenja je zbroj otpora rasprostiranja i otpora zemljovoda [9]. Uzemljivač predstavlja vodič koji se postavlja u zemlju i s njom je u vodljivoj vezi ili vodič koji se stavlja u beton koji je sa zemljom u dobro vodljivoj vezi.

Otpor mase zemljišta ovisi o:

- a) Geološkim značajkama zemljišta,
- b) Kemijskom sastavu tla,
- c) Temperaturi zemljišta i
- d) Sadržaju vlage [9].

Obzirom na veličinu objekta, bilo je potrebno izvesti pouzdanu gromobranksku instalaciju za zaštitu od atmosferskog elektriciteta. Instalacija je izvedena pocinčanom željeznom trakom Fe Zn 25x3 mm koja je na krovu položena na nosače. Širina „oka“ je u granicama do 20 m, a na dijelu gdje se nalaze prostorije eksplozivno ugrožene širina „oka“ je do 10 m. Spustovi po objektima uklizani su u betonske stupove, a mjerni spoj izveden je na visini 170 cm od zemlje. Spoj je izveden preklapanjem traka na dužini 10 cm i spojen s 2 vijka M8. Spajanje prihvatne mreže i uzemljivača izvedeno je trakom FeZn 30 x 4mm [3]. Uzemljivač je izveden trakom FeZn 30x4 mm i popločen je kružno oko objekta na udaljenosti 2m od zidova. Traka je postavljena u rov na dubini 0,8 m i zemlja je nabijena u slojevima. Na krovu objekta svi metalni dijelovi spojeni su gromobrankskom instalacijom. Križne spojnice stavljene su u zemlju u kutije i zalivene su olovom. Svi metalni dijelovi spojeni su sa uzemljivačem. Na križanju energetskih kabela s gromobrankskim uzemljenjem, kabel je uvučen u izolacijske cijevi na dužini 3,0 m od

mjesta križanja. Na gromobransko uzemljenje povezane su razdjelnice i željezna vrata na ulazima u objekt [3].

## 7. PRORAČUN OTPORA UZEMLJENJA

Otpor uzemljenja redovito se mjeri i provjerava nakon postavljanja uzemljivača zbog stalne kontrole sigurnosti ljudi i materijalne štete. Zbog različitih iona i kiselosti tla uzemljivači su podložni koroziji ili drugim oštećenjima. Korodiranje uzemljivača se može spriječiti tako da se uzemljivači izrađeni od odgovarajućih materijala, ali se postupno propadanje uzemljivača ne može spriječiti. Zbog toga se nakon određenog perioda treba provjeriti otpor uzemljenja i vidjeti koliko je odstupanje od početnog otpora u trenutku postavljanja uzemljivača, ukoliko odstupanje postoji. Kada se projektira uzemljivački sustav najvažnije je najviše moguće smanjiti otpor cijelog uzemljivačkog sustava [10].

Otpor uzemljenja se može mjeriti mjerenjem napona i struje. To je U-I metoda mjerenja otpora uzemljenja. Prilikom mjerenja potrebno je uzeti u obzir da struja mora biti izmjenična. Podjela pada napona nije jednako raspoređena između uzemljivača. Pad napona je velik u neposrednoj blizini uzemljivača, dok je između uzemljivača je pad napona mali. Pad napona je mali jer struja na srednjem dijelu između uzemljivača i pomoćnog uzemljivača ima veliki presjek i svladava mali otpor [10].

Otpor uzemljenja U-I metodom mjeri se tako da se prvo izmjeri otpor između uzemljivača i okolne zemlje. Sav otpor se nalazi u blizini uzemljivača. Zbog toga što se zemlja ne može iskoristiti za potrebno mjerenje postavlja se dodatni uzemljivač, koji će poslužiti kao pomoćni uzemljivač pri mjerenju. Konačno, otpor uzemljenja je onaj otpor koji se izmjeri između prvotno postavljenog uzemljivača i pomoćnog uzemljivača. Metoda mjerenje struje i napona, U-I metoda, se rijetko koristi za mjerenje uzemljivača male prostranosti. Kod takvih uzemljivača koriste se tvornička mjerila. U-I metoda se koristi kod mjerenja za velike površinske uzemljivače koji se mogu nalaziti u elektranama ili transformatorskim stanicama. Kod takvih mjerenja sondu treba postaviti dovoljno daleko. Ona omogućuje točnija mjerenja od U-I metode budući da je kod Wiechterove metode sonda u ravnoteži bez struje pa njen otpor uzemljenja ne utječe na mjerenje. No ona se rjeđe koristi jer zahtijeva dva mjerenja [10].

Uz U-I metodi i Wiechterovu koristi se i Stosselova metoda. I Stosselova mosna metoda kao i Wiechterova zahtijeva dva mjerenja, no kod Stosselove metode nije potrebno dodatno računati otpor uzemljenja po određenim formulama.

Behrendovom kompenzacijskom metodom otpora uzemljenja može se izmjeriti pomoću samo jednog mjerenja. Ova metoda se vrlo često primjenjuje [10].

Proračun otpora rasprostiranja trakastog uzemljivača se izračunava po formuli [3]:

$$R_z = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \ln \left( \frac{2 \cdot l^2}{h \cdot b} \right) \quad (7 - 1)$$

gdje su:

$\rho = 100 \text{ } \Omega/\text{m}$  – specifični otpor tla ,

$l = 510 \text{ m}$  – dužina traka u zemlji,

$h = 0,8 \text{ m}$  – dubina ukopavanja trake,

$b = 0,03 \text{ m}$  – širina položene trake.

$$R_z = \frac{100}{2 \cdot \pi \cdot 510} \cdot \ln \left( \frac{2 \cdot 510^2}{0,8 \cdot 0,03} \right) \quad (7 - 2)$$

$$R_z = 0,51 \text{ } \Omega \quad (7 - 3)$$

Kada se završi polaganje uzemljivača potrebno je izmjeriti postignuti otpor uzemljenja.

## 7.1. Proračun udarnog otpora rasprostiranja

Kako je za udarni otpor rasprostiranja učinkovita samo dužina od 20 m, treba izračunati njezin otpor uzemljenja.

$$l = 20 \text{ m}$$

$$\rho = 100 \text{ } \Omega/\text{m}$$

$$h = 0,8 \text{ m}$$

$$b = 0,03 \text{ m}$$

$$R_z = \frac{100}{2 \cdot \pi \cdot 20} \cdot \ln \left( \frac{2 \cdot 20^2}{0,8 \cdot 0,03} \right) \quad (7 - 4)$$

$$R_z = 8,29 \text{ } \Omega < 20 \text{ } \Omega \quad (7 - 5)$$

Kako je specifični otpor tla manji od 250  $\Omega\text{m}$ , izračunati otpor od 8,29  $\Omega$  zadovoljava uvjet jer je manji od najvećeg dozvoljenog 20  $\Omega$ .

## 8. ODABIR I NAČIN POLAGANJA ENERGETSKIH KABELA

Električni kabel je električni vod koji sadrži dva ili više vodiča povezanih ili isprepletenih zajedno čineći jedan sklop. Vodiči su od dobro vodljivog materijala električni izolirani te smješteni u zajednički vanjski omotač za zaštitu od vanjskih utjecaja. Krajevi koji mogu spojiti dva uređaja omogućuju prijenos električnih signala s jednog uređaja na drugi [11].

Za odabir kabela postoji nekoliko kriterija [12, 13].

1. Nazivni napon kabela mora biti jednak ili veći od napona mreže [12, 13]
2. Nazivna struja kabela mora biti veća od nazivne struje koju zahtijevaju potrošači [12, 13].

$$I_n = \frac{P_n}{U \cos \varphi \sqrt{3}} \quad (8 - 1)$$

$P_n$  - snaga potrošača [W]

$U$  - linijski napon potrošača [V]

$\cos \varphi$  - faktor snage potrošača

$I_n$  - nazivna struja potrošača [A]

3. Presjek kabela mora biti takav da izdrži trajno dozvoljenu struju kabela.

Trajno dozvoljena struja je manja od nazivne struje kabela zbog različitih utjecaja koji se daju koeficijentom utjecaja okoline  $C$  koji se izračunava izrazom [12, 13]:

$$C = C_{tla} C_t C_p C_h \quad (8 - 2)$$

$C_{tla}$  - koeficijent utjecaja toplinskog otpora medija u kojem je kabel položen

$C_t$  - koeficijent utjecaja temperature okoline

$C_p$  - koeficijent utjecaja drugih paralelno položenih kabela

$C_h$  - koeficijent utjecaja dubine polaganja

Svi koeficijenti se mogu pronaći u Elka katalogu.



Trajno dozvoljena struja se dobiva kao:

$$I_t = I_n \cdot C \quad (8 - 3)$$

4. Potrebni presjek kabela s obzirom na struju kratkog spoja [12, 13]:

$$A = \alpha I_{kt} \sqrt{t} \quad (8 - 4)$$

$A$  - presjek kabela

$\alpha$  - koeficijent ovisi o nazivnom naponu kabela i materijalu to jest o najvećoj dozvoljenoj radnoj temperaturi vodiča

$t$  - vrijeme trajanja kratkog spoja (vrijeme prorade zaštite) [s]

$I_{kt}$  - srednja termička struja, koja bi za vrijeme  $t$  (od nastanka do prekida) proizvela istu količinu topline kao i struja kratkog spoja za jednako trajanje.

Za odabir kabela ponekad su zadani posebni uvjeti kao što može biti pad napona ili snage, ali u svakom trenutku moraju biti zadovoljeni osnovni uvjeti. U tablicama 8.1, 8.2, 8.3 i 8.4 prikazani su referentni načini polaganja kabela [14]. Tablice 8.5, 8.6, 8.7, 8.8 i 8.9 prikazuju koeficijente za preračunavanje strujnog opterećenja [15].

**Tablica 8.1.** Referentni načini polaganja A1, A2, B1 i B2 za kabele i izolirane vodiče za stalno polaganje u objektima, pogonska temperatura 70°C, temperatura okoliša 30°C, sukladno VDE 0298: 1998-04

Tip razvoda	A1	A2	B1	B2
Skica				
Uvjeti polaganja	Polaganje u termički izoliranim zidovima		Polaganje u elektro-instalacijskim ili zatvorenim elektro-instalacijskim kanalicama na zidove ili u kanale za podno polaganje	
	Izolirani vodiči ili jednožilni kabele/vodiči s plaštom u elektro-instalacijskoj cijevi ili kanalu	Višežilni kabele ili višežilni vodiči s vanjskim plaštom u elektro-instalacijskoj cijevi ili kanalu	Izolirani vodiči ili jednožilni kabele/vodiči s vanjskim plaštom	Višežilni kabele ili višežilni vodiči s vanjskim plaštom

**Tablica 8.2.** Strujna opteretivost Cu-kabela i izoliranih vodiča za stalno polaganje u objektima, načini polaganja A1, A2, B1, B2 i C, pogonska temperatura 70 °C, temperatura okoliša 30 °C, sukladno VDE 0298: 1998-04

<b>Tip razvoda</b>	<b>A1</b>		<b>A2</b>		<b>B1</b>		<b>B2</b>		<b>C</b>	
<b>Polaganje</b>	u termički izoliranim zidovima				u elektro-instalacijama cijevima				izravno	
<b>Broj istodobno opterećenih vodiča</b>	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
<b>Presjek mm<sup>2</sup></b>	<b>Dopuštena strujna opteretivost Iz (A)</b>									
1,5	15,5	13,5	15,5	13,0	17,5	15,5	16,5	15,0	19,5	17,5
2,5	19,5	18,0	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96
35	99	89	92	83	125	110	111	99	138	119
50	119	108	110	99	151	134	133	118	168	144
70	151	136	139	125	192	171	168	149	213	184
95	182	164	167	150	232	207	201	179	258	223
120	210	188	192	172	269	239	232	206	299	259

**Tablica 8.3.** Referentni načini polaganja C, E, F i G za kabele i izolirane vodiče za stalno polaganje u objektima, pogonska temperatura 70°C, temperatura okoliša 30°C, sukladno VDE 0298: 1998-04.

Tip razvoda	C			E	F	G
Skica						
Uvjeti polaganja	Izravno polaganje na ili u zidove/stropove ili kableske police		Izolirani vodiči spojeni plaštom u zidovima / stropovima ili izdubljenjima	Polaganje slobodno u zraku, na nosnom užetu kao i na kableske regalne nosače i konzole		
	jednožilni kabele ili vodiči s vanjskim plaštem	višežilni kabele ili višežilni vodiči s vanjskim plaštem		višežilni kabele ili višežilni vodiči s vanjskim plaštem	jednožilni kabele ili vodiči s plaštem	
					uz dodir	bez dodira, jednako tako izolirani vodiči na izolatorima

**Tablica 8.4.** Strujna opteretivost Cu-kabela i izoliranih vodiča za stalno polaganje u objektima, načini polaganja E, F i G, pogonska temperatura 70 °C, temperatura okoliša 30 °C, sukladno VDE 0298: 1998-04

Tip razvoda	E		F			G	
Polaganje	slobodno u raku						
Broj istodobno opterećenih vodiča	2	3				horizontalno	vertikalno
Presjek mm <sup>2</sup>	Dopuštena strujna opteretivost I <sub>z</sub> (A)						
1,5	22	18,5	-	-	-	-	-
2,5	30	25	-	-	-	-	-
4	40	34	-	-	-	-	-
6	51	43	-	-	-	-	-
10	70	60	-	-	-	-	-
16	94	80	-	-	-	-	-
25	119	101	131	114	110	146	130
35	148	126	162	143	137	181	162
50	180	153	196	174	167	219	197
70	232	196	251	225	216	281	254
95	282	238	304	275	264	341	311
120	328	276	352	321	308	396	362

**Tablica 8.5.** Koeficijent  $C_{tla} = A \cdot B$ ; ovisnost o toplinskom otporu tla

Toplinski otpor tla $\frac{^{\circ}C \cdot cm}{W}$	70	100	120	150	200	250	300
Koeficijent A : ovisnost o presjeku vodiča							
do 25 mm <sup>2</sup>	1,11	1	0,94	0,87	0,78	0,72	0,67
od 35 mm <sup>2</sup> do mm <sup>2</sup>	1,13	1	0,93	0,86	0,76	0,70	0,64
od 120 mm <sup>2</sup> do 240 mm <sup>2</sup>	1,14	1	0,93	0,85	0,76	0,69	0,63
od 300 mm <sup>2</sup> do 500 mm <sup>2</sup>	1,15	1	0,92	0,85	0,75	0,68	0,63

**Tablica 8.6.** Koeficijent B: ovisnost o tipu i nazivnom naponu kabela

3 i 4-žilni kabel, 1 kV	1	1	1	1	1	1	1
2-žilni kabel 1 kV i pojasni kabele 6 kV i 10 kV	0,98	1	1,01	1,01	1,02	1,02	1,03
3-žilni kabel s pojedinačno ekraniziranim žilama, do 35 kV	0,97	1	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05
3 jednožilna kabela, do 35 kV	1,01	1	1	0,98	0,97	0,97	0,96

**Tablica 8.7.** Koeficijent  $C_t$ ; ovisnost o temperaturi tla

Temperatura tla (°C)		5	10	15	20	25	30	35
PVC i PE, do 35 kV		1,15	1,10	1,05	1	0,94	0,88	0,82
XPE i EPDM, do 35 KV		1,10	1,07	1,04	1	0,97	0,92	0,89
Impreg. papir	pojasni, 10 kV	1	1	1	1	0,94	0,88	0,82
	H-kabel, 20 kV							
	H-kabel, 35 kV	1	1	1	1	0,93	0,97	0,79

**Tablica 8.8.** Koeficijent  $C_P$ ; ovisnost o broju i razmaku kabela u zemlji

broj kabela u istom rovu		2	3	4	5	6	8	10
Razmak između kabela, ili kablovoda (tri 1-žilna kabela)	dodir	0,79	0,67	0,63	0,58	0,55	0,50	0,46
	7 cm	0,85	0,75	0,68	0,64	0,60	0,56	0,53
	15 cm	0,86	0,77	0,72	0,68	0,64	0,61	0,58
	25 cm	0,87	0,78	0,74	0,71	0,67	0,64	0,62

**Tablica 8.9.** Koeficijent  $C_h$ ; ovisnost o načinu polaganja kabela u zraku

Raspored kabela		Međuprostor = promjer kabela (d) razmak od zida $\geq 2$ cm					Međusobni dodir dodir zida				
Broj kabela jedan pored drugog		1	2	3	6	9	1	2	3	6	9
Položen na tlu		0,5	0,90	0,88	0,85	0,84	0,90	0,84	0,80	0,75	0,73
Položen na kabelaške pregrade (spriječena cirkulacija zraka)	pregrade										
	1	0,95	0,90	0,80	0,85	0,84	0,95	0,84	0,80	0,75	0,73
	2	0,90	0,85	0,83	0,81	0,80	0,95	0,80	0,76	0,71	0,69
	3	0,88	0,83	0,81	0,79	0,78	0,95	0,78	0,74	0,70	0,68
	6	0,86	0,81	0,79	0,77	0,76	0,95	0,76	0,72	0,68	0,66
Položen na kabelaške rešetke	broj rešetki										
	1	1,0	0,98	0,96	0,93	0,92	0,95	0,84	0,80	0,75	0,73
	2	1,0	0,95	0,93	0,90	0,89	0,95	0,80	0,76	0,71	0,69
	3	1,0	0,94	0,92	0,89	0,88	0,95	0,78	0,74	0,70	0,68
	6	1,0	0,93	0,90	0,87	0,86	0,95	0,76	0,72	0,68	0,66
Broj kabela jedan iznad drugog		1	2	3	6	9	1	2	3	6	9
Kabeli leže na nosačima ili su pričvršćeni na zid		1,0	0,93	0,90	0,87	0,86	0,95	0,78	0,73	0,68	0,66
Načini polaganja za koje nije potrebno preračunavanje		broj kabela jedan iznad drugog je proizvoljan					broj kabela koji leže jedan pored drugog je proizvoljan				

**Tablica 8.9.** Koeficijent  $C_h$ ; ovisnost o načinu polaganja kabela u zraku - nastavak

Raspored kabela		Međuprostor = promjer kabela (d) razmak od zida $\geq 2$ cm				Međusobni dodir dodir zida			
Broj sistema jedan pored drugog		1	2	3		1	2	3	
Položeni na tlu		0,92	0,89	0,88		0,95	0,90	0,88	
Položen na kabelaške pregrade (spriječena cirkulacija zraka)	broj pregrada								
	1	0,92	0,89	0,88		0,95	0,90	0,88	
	2	0,87	0,84	0,83		0,90	0,85	0,83	
	3	0,84	0,82	0,81		0,88	0,83	0,81	
	6	0,82	0,80	0,79		0,86	0,81	0,79	
Položen na kabelaške rešetke	broj rešetki								
	1	1,0	0,97	0,6		1,0	0,98	0,96	
	2	0,97	0,94	0,93		1,0	0,95	0,93	
	3	0,96	0,93	0,92		1,0	0,94	0,92	
	6	0,94	0,91	0,90		1,0	0,93	0,90	
Broj kabela jedan iznad drugog		1	2	3		1	2	3	
Kabeli leže na nosačima ili su pričvršćeni na zid		0,94	0,91	0,89		0,89	0,86	0,84	
Načini polaganja za koje nije potrebno preračunavanje		Pri polaganju u istoj ravnini s povećanim razmacima, smanjeno međusobno zagrijanje se kompenzira povećanim gubicima u električnim zaštitama. Raspored kabela nije određen.							

## 9. NISKONAPONSKA MREŽA

Pri izgradnji pogonskih sredstava niskog napona treba se pridržavati ovih načela (karakteristike niskonaponskih mreža i instalacija):

- Standardizacija sastavnih dijelova el. mreže i instalacija neophodni su preduvjeti da se osigura potrebna kvaliteta svih dijelova, njihova zamjenjivost i racionalna proizvodnja. Ta činjenica uvjetuje potrebu uske koordinacije između elektroprivrede, projektanata i izvodača mreže i instalacije, te industrije koja se bavi razvojem i proizvodnjom električnih pogonskih sredstava i njihovih dijelova [3].
- Pogonska sredstva ne smiju biti opasna po život, zdravlje ili imovinu korisnika. Treba ih tako načiniti da se nestručnom upotrebom ne mogu oštetiti. Za pogonska sredstva niskog napona vrijedi općetehničko načelo koje se preporučuje pri izradi tehničkih artikala široke potrošnje. Treba ih tako izrađivati da se neispravno montirani ne mogu upotrijebiti (primjer: instalacijski osigurači).
- Pogonska sredstva moraju trajno odolijevati utjecajima okoline u koju su postavljeni.
- Svim trošilima treba osigurati električnu energiju propisane kvalitete
- Trošila i instalacije valja načiniti u skladu s estetskim i ekološkim koncepcijama cijelog objekta.
- Instalaciju i mrežu treba tako uraditi da se eventualnim proširenjem može osigurati napajanje i u budućnosti, s tim da se ne izvode veći zahvati na građevini.
- Mrežu i instalaciju treba tako izvesti da uz poštivanje gornjih načela prouzroči najniže godišnje troškove. Pod godišnjim troškovima treba podrazumijevati troškove izgradnje, troškove gubitaka i održavanja [3].

Svi kablovi niskonaponske napojne mreže izlaze iz transformatorske stanice i položeni su uz asfaltnu površinu u zelenom pojasu. Kabeli i cijevi položeni su u iskopani rov na posteljicu od pijeska. Položeni kabeli pokriveni su još jednim slojem pijeska i zaštićeni su GAL štitnicima. Rov je zatrpan na dubini 30 cm od nivoa zemlje te je položena upozorna traka. Prije zatrpanja rova provedeno je geodetsko snimanje položenih kabela, te je po završenom polaganju trasa označena stupićima sa oznakama za označavanje trase kabela [3]. Po ulazu kabela u objekt, isti

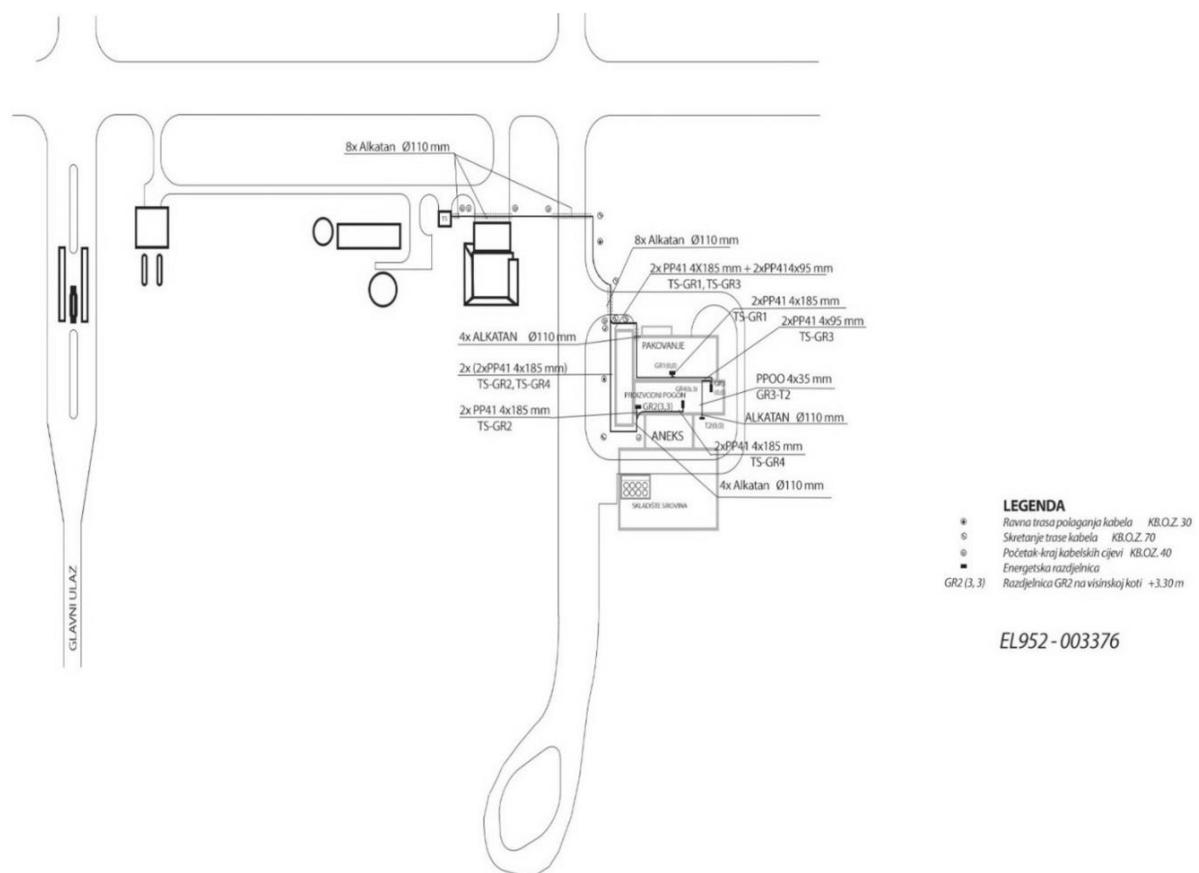


su uvučeni u alkatan cijev 110 mm, a kod uspona kabela na kotu 3,3 i 6,3 m u čelično pocinčanu cijev 80 mm do visine 2 m od poda, zbog njihove mehaničke zaštite.

Kod polaganja kabela u zemlju pazilo se na održavanje minimalno dozvoljenih razmaka i to:

- |  |       |
|--|-------|
| - viskokonaponski kabel (10 kV) – niskonaponski kabel                  | 20 cm |
| - niskonaponski kabel (1kV) – PTT kabel                                | 50 cm |
| - signalni kabel jake struje-niskonaponski kabel (1kV)                 | 7 cm  |
| - signalni kabel jake struje-signalni kabel jake struje                | 5 cm  |
| - elektro kabel u odnosu na vodovod, kanalizaciju i ostale instalacije | 50 cm |

Slika 9.1 [3] prikazuje shemu niskonaponske mreže.



Slika 9.1 Situacija s niskonaponskom mrežom. [3]

**Tablica 9.1.** Tablični pregled proračuna niskonaponskog razvoda

Objekt/razdjelnica	Instalirana snaga $P_i$ (kW)	Vršno opterećenje $P_v$ (kW)	$\cos \varphi$	Struja I (A)	Odabrani kabel	Dozvoljeno opterećenje (A)	Osigurači (A)	Dužina (m)	Pad napona (%)
Pakovanje $\pm 0,00$ GR1	335,5	193	0,8	367	2xPP4 1 4x 185	$2 \cdot 400 \cdot 0,56 = 448$	2x200	210	2,2
Pakovanje $\pm 3,30$ GR2	284,5	169	0,8	321	2xPP4 1 4x185	$2 \cdot 400 \cdot 0,56 = 448$	2x200	205	1,9
Proizvodnja $\pm 0,00$ GR3	153,2	100	0,8	190	2xPP4 1 4x95	$2 \cdot 275 \cdot 0,56 = 308$	2x125	240	2,1
Proizvodnja $\pm 6,30$ GR4	280	180	0,8	341,8	2xPP4 1 4x185	$2 \cdot 400 \cdot 0,56 = 448$	2x200	240	2,4
Vodovi sa GR1 na pomoćne razdjelnice									
Ležni tankovi R1.1.	45,75	30	0,8	57	PP41 4x35	130	80	85	0,90
Aneks R1.3	22,55	11	0,8	18,6	PPOO- Y 5x6	50	36	30	0,68
Garderobe	10,9	8	0,8	15,2	PPOO- Y 5x6	50	36	30	0,66

**Tablica 9.1.** Tablični pregled proračuna niskonaponskog razvoda - nastavak

Objekt/razdjelnica	Instalirana snaga $P_i$ (kW)	Vršno opterećenje $P_v$ (kW)	$\cos \varphi$	Struja I (A)	Odabrani kabel	Dozvoljeno opterećenje (A)	Osigurači (A)	Dužina (m)	Pad napona (%)
Toplinska stanica	124,45	87	0,8	165,2	PPOO 4x95	245	200	60	0,28
$\sum$ GR1	335,51	0,241							
Vodovi sa GR2 na pomoćne razdjelnice									
Dizalo 2- R2.1	47	47	0,87	82,1	PPOO 4x35	130	125	18	0,30
Presindustrija R2.2	55	55	0,8	104,4	PPOO 4x35	130	125	15	0,27
Restoran i kanc. – R2.3	17,23	10	0,8	19	PPOO 5x6	50	36	30	0,62
Direktno iz GR2	165,25	99							
$\sum$ GR2	284,48	211							
Vodovi sa GR3 na pomoćne razdjelnice									
Radionica R3.1	23,75	16	0,8	30,4	PPOO 4x10	63	50	20	0,40

**Tablica 9.1.** Tablični pregled proračuna niskonaponskog razvoda - nastavak

Objekt/razdjelnica	Instalirana snaga $P_i$ (kW)	Višno opterećenje $P_v$ (kW)	$\cos \varphi$	Struja I (A)	Odabrani kabel	Dozvoljeno opterećenje (A)	Osigurači (A)	Dužina (m)	Pad napona (%)
Dizalo 1 R3.2	23,5	23,5	0,8	44,6	PPOO 4x25	100	63	20	0,26
Rashladni tornjevi T2	29,5	23,6	0,8	44,8	PPOO 4x50	130	63	45	0,43
Klima stanica T3	50,86	45	0,8	85,5	PPOO 4x50	160	125	50	0,70
$\sum$ GR3	153,18	128,1							
Vod iz GR4 na pomoćnu razdjelnicu									
Proizvodnja R4.1	81,1	65	0,8	123,4	PPOO 4x70	200	160	30	0,45
Direktno iz GR4	199,02	160	0,8						
$\sum$ GR2	280,12	225							

## 10. TEHNIČKI UVJETI ELEKTRIČNE INSTALACIJE

Instalacija se izvela prema važećim Tehničkim propisima za izvođenje elektroenergetskih instalacija u zgradama. Svi ugrađeni materijali moraju biti kvalitetni i odgovarati postojećim standardima. Spajanje i razdvajanje vodiča smije se vršiti samo u kutijama pomoću stezaljki kako bi se osigurao trajan i siguran kontakt. Instalacija se mora uskladiti sa propisima higijensko tehničke zaštite. Prilikom izvođenja instalacija treba postupiti po HTZ određenim zaštitnim mjerama te koristiti odgovarajuća zaštitna sredstva [3]. Nakon završetka radova ispitati čitavu instalaciju, kako u pogledu otpora izolacije, tako i u pogledu ispravnosti. Instalacija se mora u redovitim vremenskim razmacima pregledati i ukoliko se utvrde nedostaci, moraju se isti odmah otkloniti. Tehničko osoblje dužno je voditi knjigu o redovitom pregledu, u koju će se unositi sve primjedbe i rok do kojega se nedostaci moraju otkloniti. Materijal koji se upotrebljava mora biti pociničan toplim postupkom [3]. Mjesta koja se režu moraju se pokositriti. Svi spojevi u zemlji moraju se izvesti olovnom oblogom. Najstrože se zabranjuje upotreba kemijskih sredstava ili ugljena zbog smanjenja otpora uzemljenja [3]. Mjerenje otpora uzemljenja treba se vršiti dva puta godišnje. Kada je zemlja najviše smrznuta (veljača) i kada je zemlja najisušenija (krajem srpnja). Ukoliko prijelazni otpor prelazi dozvoljenu vrijednost, mora se smanjiti dodavanjem trake ili sonde. Instalaciju treba polagati vertikalno i horizontalno, a u iznimnim slučajevima i koso. Provodnici slabe struje moraju se postaviti u zasebne cijevi.

Pri paralelnom polaganju horizontalne vodove jake struje i slabe struje treba postaviti na sljedeći način:

- pri vrhu zida polažu se vodovi telekomunikacije
- na 10 cm ispod njih polažu se vodovi za signalizaciju
- na 10 cm ispod ovih polažu se vodovi za energetiku

Razvodne kutije na ovim vodovima postavljaju se koso jedna ispod druge pod kutem od 45°. Na mjestima koja se izvode pod pravim kutem razmak između vodova mora biti najmanje 10 mm. Ako to nije izvedivo, postavlja se izolacijski umetak debljine 3mm. Paralelno vođenje vodova sa dimnim kanalima ili toplovodnim cijevima treba izbjegavati. Ako to nije moguće, vodove treba postaviti na oko 5 cm razmaka [3]. Pri križanju vodova sa dimnim kanalima razmak između vodova i istih treba iznositi najmanje 3cm. Električne vodove treba zaštititi od

zagrijavanja odgovarajućom toplinskom izolacijom. Točne dužine pojedinih kablova većeg presjeka odrediti na licu mjesta, tek kad bude poznato mjesto priključka [3].

## 11.ZAKLJUČAK

Kako bi se kvalitetno projektirao pogon potrebno je prvo napraviti dobar tehnički opis uzevši u obzir sve relevantne parametre koji se naročito odnose na elektro projektiranje. Izbor vodova i kabela je jako bitan zbog cjelokupnog funkcioniranja pogona. Posebnu pažnju treba obratiti na nedozvoljeni dodirni napon, gromobransku instalaciju, vanjske čimbenike, te način na koji će se objekt napajati električnom energijom. Ideja ovog rada bila je što bolje opisati Saponiju kroz tehnički opis prostorija i pogona, te proračune električnih instalacija, prikazujući kako svi ti dijelovi funkcioniraju. Predmet projektiranja bile su konkretno električne instalacije opće rasvjete, sigurnosne rasvjete, termičkih trošila elektromotornog pogona, gromobranske instalacije, instalacije uzemljenja i niskonaponski priključci. Zbog sigurnosti ljudi i objekta, bezuvjetno se mora paziti na tehničke uvjete instalacije. Na kraju završnog rada opisan je postupak odabira kabela s opisanom uvjetima za odabir kabela. Napon kabela mora biti jednak ili veći od napona mreže, a nazivna struje kabela mora biti veća od nazivne struje koju zahtijevaju potrošači. Presjek kabela mora biti takav da trajno izdrži dozvoljenu struju kabela. Za odabir kabela mogu biti zadani posebni uvjeti poput pada napona ili snage, no u svakom trenutku osnovni uvjeti moraju biti zadovoljeni. Svi uvjeti su vrlo bitni, no ukoliko se izostavi jedan od kriterija dolazi oštećenja kabela poput proboja izolacije.

## 12. LITERATURA

- [1] Saponia d.d., dostupno na: <https://www.saponia.hr/hr> (1.9.2020.)
- [2] Wikipedia, dostupno na: <https://hr.wikipedia.org/wiki/Saponia> (1.9.2020.)
- [3] Glavni projekt - električne instalacije, gromobrani i niskonaponski priključci
- [4] Web stranica osijek.hr, dostupno na: <https://www.osijek.hr/wp-content/uploads/2018/02/3.2.2.-Elektroenergetika.pdf> (1.9.2020.)
- [5] Zaštita na radu, web stranica: <https://zastitanaradu.com.hr/novosti/Zastita-elektricnih-instalacija-niskog-napona-osiguracima-27> (1.9.2020.)
- [6] B. Tomić, Električne instalacije i tehnologija elektrotehničkog materijala, Školska knjiga, Zagreb, 1958.
- [7] Zaštita na radu, web stranica: <https://zastitanaradu.com.hr/novosti/Zastita-elektricnih-instalacija-niskog-napona-osiguracima-27> (1.9.2020.)
- [8] P. Podlipnik, A. Čop, Svjetlotehnički priručnik, Elektrokovina, Maribor, 1978.
- [9] Z. Toš, Uzemljivači u telefoniji i signalnoj tehnici, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, dostupno na: <http://www.fpz.unizg.hr/ztos/MJE/mjerzem.pdf>, (1.9.2020.)
- [10] V. Milardić, Ispitne i mjerne metode u visokonaponskoj tehnici, (predavanja), Zavod za visoki napon i energetiku, FER, ak.god. 2010./2011, dostupno na: [http://www.ieee.hr/download/repository/Ispitne\\_i\\_mjerne\\_metode\\_u\\_visokonaponskoj\\_tehnici\\_4\\_i\\_5.pdf](http://www.ieee.hr/download/repository/Ispitne_i_mjerne_metode_u_visokonaponskoj_tehnici_4_i_5.pdf) (1.9.2020.)
- [11] Wikipedia, dostupno na: <https://en.wikipedia.org/wiki/Cable> (1.9.2020.)
- [12] G. F. Moore, Electric Cables Handbook Third Edition Edited, Blackwell Science, 1997
- [13] S. Nikolovski, Elektroenergetski vodovi, materijali s predavanja, FERIT Osijek, 2014
- [14] Loomen, dostupno na: <https://loomen.carnet.hr/mod/resource/view.php?id=414839> (1.9.2020.)
- [15] R. Končar, Tehnički priručnik, četvrto izdanje, Birografika, Subotica, 1980.



## SAŽETAK

### TEHNIČKI PRORAČUN ELEKTRIČNIH INSTALACIJA U DIJELU PROIZVODNOG PROCESA U SAPONIJI D.D.

U diplomskom radu je opisana povijest tvrtke i proizvoda Saponije d.d. Nakon kraćeg opisa, kreće tehnički opis i tehnološki procesi u Saponiji d.d. Također su u radu opisane električne instalacije, gromobrani, niskonaponski priključci, rasvjeta, sigurnosna rasvjeta, utičnice i motori. Nakon detaljne razrade napajanja električnom energijom i dimenzioniranja vodova, prikazane su sheme tehničkog procesa te dijagrami koji daju uvid u rad pogona. Zatim je opisano napajanje električnom energijom te rasvjeta zajedno s odgovarajućim tehničkim proračunima. Izračunati su otpori uzemljenja i udarni otpor rasprostiranja. Na samom kraju rada opisuje se niskonaponska mreža, kablovi i vodovi.

**Ključne riječi:** tehnički proračuni, električne instalacije, struja, napon, električne instalacije, gromobrani, niskonaponski priključci, rasvjeta, utičnice, motori, niskonaponska mreža, kablovi, vodovi

## **ABSTRACT**

### **TECHNICAL CALCULATION OF ELECTRICAL INSTALLATIONS IN THE PART OF THE PRODUCTION PROCESS IN SAPONIA D.D.**

The master thesis describes the history of the company and the products of Saponia d.d. After a brief description, the technical description, and technological processes in Saponia d.d. The paper also describes electrical installations, lightning rods, low voltage connections, lighting, safety lighting, sockets, and motors. After a detailed elaboration of the power supply and sizing of the lines, the schemes of the technical process and diagrams are given, which give an insight into the operation of the plant. Then the power supply and lighting are described together with the corresponding technical calculations. Grounding resistances and propagation impact resistance were calculated. At the very end of the paper, the low voltage network, cables, and wires are described.

**Keywords:** technical calculations, electrical installations, current, voltage, electrical installations, lightning rods, low voltage connections, lighting, sockets, motors, low voltage network, cables, lines

## ŽIVOTOPIS

Borna Jovičić rođen je 25. lipnja 1995. u Osijeku, Republici Hrvatskoj. Nakon završetka osnovne škole Frana Krste Frankopana u Osijeku, upisuje III. gimnaziju u Osijeku te maturira 2014. godine. Iste godine upisuje sveučilišni preddiplomski studij na Fakultetu elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija, smjer elektrotehnika, koji završava 2017. godine i stječe zvanje prvostupnika inženjera elektrotehnike. Nakon toga upisuje diplomski studij na Fakultetu elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija – smjer održiva elektroenergetika.

U Osijeku, 02.09.2020.

Borna Jovičić

---