

3.4 TEHNIČNO POROČILO

1. PROJEKTNE OSNOVE

1.0 / Splošni podatki

1.1/ Dokumentacija:

Predmet projektne dokumentacije je izdelava PZI načrta nove cestne razsvetljave na območju rekonstrukcije ceste Pot heroja Trtnika, LK-212433 v dolžini cca. 600 m, z ureditvijo vozišča, kolesarskih pasov, pločnika in vzdolžnih parkirišč.

1.2/ Lokacija cestne razsvetljave:

Na območju urejanja se bo izvedla nova zunanja ureditev po izdelani situaciji. Cestna razsvetljava je predvidena na javnem funkcionalnem zemljišču.

2.0 / Zakonska regulativa

- Gradbeni zakon (GZ-1: Ur. l. RS, št. 199/21, 105/22 – ZZNŠPP in 133/23);
- Zakon o urejanju prostora (ZUreP-3: Ur. l. RS, št. 199/21, 18/23 – ZDU-1O, 78/23 – ZUNPEOVE, 95/23 – ZIUOPZP in 23/24);
- Zakon o arhitekturi in inženirski dejavnosti (ZAID: Ur. l. RS, št. 61/17 in 133/22 – odl. US);
- Pravilnik o projektni in drugi dokumentaciji ter obrazcih pri graditvi objektov (Ur. l. RS, št. 30/23);
- Pravilnik o zahtevah za nizkonapetostne električne inštalacije v stavbah (Ur. l. RS, št. 140/2021 in 199/21 – GZ-1) oziroma Tehnična smernica TSG-N-002:2021 Nizkonapetostne električne inštalacije;
- Uredba o mejnih vrednostih svetlobnega onesnaževanja okolja (Ur. l. RS, št. 81/2007, 109/2007, 62/2010, 46/2013 in 44/22 – ZVO-2);
- Zakon o varnosti in zdravju pri delu (ZVZD-1: Ur. l. RS, št. 43/2011);
- Pravilnik o varstvu pri delu pred nevarnostjo električnega toka (Ur. l. RS, št. 29/92, 56/99 – ZVZD in 43/11 – ZVZD-1);
- Zakon o varstvu pred požarom (Ur. l. RS, št. 3/07 – uradno prečiščeno besedilo, 9/11, 83/12, 61/17 – GZ, 189/20 – ZFRO in 43/22);
- Zakon o cestah (Uradni list RS, št. 132/22, 140/22 – ZSDH-1A, 29/23 in 78/23 – ZUNPEOVE);
- Zakon o varstvu okolja (Ur. l. RS, št. št. 44/22, 18/23 – ZDU-1O in 78/23 – ZUNPEOVE);

- Zakon o varnosti cestnega prometa (Ur. l. RS, št. 56/08 – uradno prečiščeno besedilo, 57/08 – ZLDUVCP, 58/09, 36/10, 106/10 – ZMV, 109/10 – ZCes-1, 109/10 – ZPrCP, 109/10 – ZVoz, 39/11 – ZJZ-E, 75/17 – ZMV-1 in 10/18 – ZCes-1C);
- Zakon o pravilih cestnega prometa (Ur. l. RS, št. 156/21 – uradno prečiščeno besedilo in 161/21 – popr.);
- Pravilnik za izvedbo investicijskih vzdrževalnih del in vzdrževalnih del v javno korist na javnih cestah (Ur. l. RS, št. 7/12 in 132/22 – ZCes-2);
- Pravilnik o projektiranju cest (Ur. l. RS, št. 91/05, 26/06, 109/10 – ZCes-1 in 36/18 in 132/22 – ZCes-2);
- Pravilnik o prometni signalizaciji in prometni opremi na cestah (Ur. l. RS, št. 26/2024);
- Pravilnik o cestnih priključkih na javne ceste (Ur. l. RS, št. 86/09 in 109/10 – ZCes-1 in 132/22 – ZCes-2);
- Pravilnik o kolesarskih površinah (Ur. l. RS, št. 36/18 in 132/22 – ZCes-2);
- Uredba o zelenem javnem naročanju (Ur. l. RS, št. 51/17, 64/19, 121/21 in 132/23).

3.0 / Posebne zahteve

- Cestna razsvetljava mora biti skladna s tehničnimi zahtevami, zajetimi v standardu SIST EN 13201:2016 ter tipizacijo za področje MOL;
- Cestna razsvetljava mora biti skladna z Uredbo o mejnih vrednostih svetlobnega onesnaževanja okolja (Ur. l. RS, št. 81/2007, 109/2007, 62/2010, 46/2013);
- Po izvedenih delih je potrebno izdelati PID načrt ter poskrbeti za vnos v kataster komunalnih vodov MOL.

2. UVOD

Na osnovi naročila Mestne občine Ljubljana je potrebno izdelati PZI načrt nove cestne razsvetljave na območju rekonstrukcije ceste Pot heroja Trtnika, LK-212433 v dolžini cca. 600 m, z ureditvijo vozišča, kolesarskih pasov, pločnika in vzdolžnih parkirišč.

Načrt smo izdelali na osnovi:

- ureditvene situacijske risbe, ki nam jo je posredoval projektant ceste;
- podatkov katastra MOL in terenskega ogleda;
- zakonske regulative.

Predmet obdelave načrta je odsek ceste Pot heroja Trtnika na širšem odseku mimo prenovljenega kopališča Vevče. V skladu z novo ureditveno situacijo je potrebno urediti obstoječo oziroma zgraditi novo cestno razsvetljavo. Na obravnavanem območju cestna razsvetljava sicer delno obstaja, a je zastarela (svetilke s klasičnimi visokotlačnimi natrijevimi sijalkami), zato je predvidena odstranitev te opreme ter nadomestitev z novo opremo. Samostojni prehod za pešce pri profilu T12 se dodatno označi z obojestranskim svetlobnim znakom 2431 in obojestranskimi utripalci nad cestiščem (bič z ročico). Pri določitvi svetlobnotehničnih razredov se je poleg določil standarda SIST EN 13201 (razredi M in C) upošteva tudi Priročnik za cestno razsvetljavo v območju prehodov za pešce in/ali kolesarje (Ministrstvo za infrastrukturo, januar 2020) ter načelo racionalne rabe električne energije za cestno razsvetljavo. Nove svetilke se opremi z opremo za daljinski nadzor in krmiljenje.

Uporabi se novo opremo - nove tipske LED svetilke, nove tipske kandelabre iz armiranega poliestra in kovinske vročecinkane kandelabre ter nove tipske zemeljske napajalne kable, uvlečene v nove PE cevi, ki se zaključujejo v novih tipskih kabelskih jaških.

Predvidena je uporaba kvalitetnih in preizkušenih tipskih elementov cestne razsvetljave, ki se uporabljajo na območju MOL, kar zagotavlja nizke stroške vzdrževanja naprav in inštalacij.

Cestna razsvetljava je projektirana tako, da se kabelske trase in svetilke nahajajo v zemljiščih, ki so sestavni del ureditvenega območja.

Cestna razsvetljava je projektirana v skladu z Uredbo o mejnih vrednostih svetlobnega onesnaževanja okolja (Ur. l. RS, št. 81/2007, 109/2007, 62/2010, 46/2013). Uporabijo se svetilke z ravnimi stekli z nagibnim kotom montaže 0° glede na vodoravnico.

3. SVETLOBNOTEHNIČNI DEL

CESTA:

Tabela 1 - parametri za določitev svetlobnotehničnega razreda M

Parameter	Opcije	Opis		Utežni faktor	Upoštevano:	
Projektirana hitrost ali hitrostna omejitev	Zelo visoko	$v \geq 100 \text{ km/h}$		2		
	Visoko	$70 < v < 100 \text{ km/h}$		1		
	Zmerno	$40 < v \leq 70 \text{ km/h}$		-1	X	-1
	Nizko	$v \leq 40 \text{ km/h}$		-2		
Obseg prometa		Avtoceste, večpasovne poti	Dvopasovni poti			
	Visoko	> 65% največje zmogljivosti	> 45% največje zmogljivosti	1		
	Zmerno	35% - 65% največje zmogljivosti	15% - 45% največje zmogljivosti	0		
	Nizko	< 35% največje zmogljivosti	< 15% največje zmogljivosti	-1	X	-1
Sestava prometa	Mešana z visokim deležem ne-motoriziranih vozil			2		
	Mešano			1	X	1
	Samo motorno			0		
Ločena smerna vozišča	Ne			1	X	1
	Da			0		
Gostota križišč		Križišče / km	Cesta, razdalja med mostovi, km			
	Visoko	> 3	< 3	1	X	1
	Zmerno	≤ 3	≥ 3	0		
Parkirana vozila	Prisotna			1	X	1
	Niso prisotna			0		
Svetlost okolice	Visoko	Izložbena okna, osvetljeni reklamni panoji, športna igrišča, bencinski servisi, skladišča		1		
	Zmerno	normalno stanje		0	X	0
	Nizko			-1		
Zahtevnost navigacije	Zelo težko			2		
	Težko			1		
	Enostavno			0	X	0

Skupni utežni faktor: 2

Ustrezen svetlobnotehnični razred je $M = 6 - 2 = 4$

Zahteve za svetlobnotehnični razred M4:

L_{av} [cd/P2]	U_0	U_l	L_{T1} [%]	EIR
0,75	0,4	0,6	15	0,3

KONFLIKTNA OBMOČJA – OBMOČJA KRIŽIŠČ:

Tabela 3 - parametri za določitev svetlobnotehničnega razreda C

Parameter	Možnosti	Opis	Utežni faktor	Upoštevano:	
Projektirana hitrost ali hitrostna omejitev	Zelo visoka	$v \geq 100 \text{ km/h}$	3		0
	Visoka	$70 \text{ km/h} < v < 100 \text{ km/h}$	2		0
	Zmerna	$40 \text{ km/h} < v \leq 70 \text{ km/h}$	0	X	0
	Nizka	$v \leq 40 \text{ km/h}$	-1		0
Obseg prometa	Visok		1		0
	Zmeren		0		0
	Nizek		-1	X	-1
Sestava prometa	Mešana z visokim deležem ne-motoriziranih vozil		2		0
	Mešana		1	X	1
	Samo motorna vozila		0		0
Ločena smerna vozišča	Ne		1	X	1
	Da		0		0
Križišča	Več kot 3/km		1	X	1
	Manj ali enako 3/km		0		0
Parkirana vozila	So		1	X	1
	Jih ni		0		0
Svetlost okolice	Visoka	Izložbena okna, osvetljeni reklamni panoji, športna igrišča, bencinski servisi, skladišča	1		0
	Zmerna	Običajne razmere	0	X	0
	Nizka		-1		0
Zahtevnost navigacije	Zelo zahtevna		2		0
	Zahtevna		1		0
	Enostavna		0	X	0

Skupni utežni faktor: 3

Ustrezen svetlobnotehnični razred je C = 6 - 3 = 3

Zahteve za svetlobnotehnični razred C3:

$E_{av} [lx]$	U_0	TI
15	0,4	20

➤ **cesta Pot heroja Trtnika**

Za cestišče se zaradi dovolj velikih razdalj uporablja koncept svetlosti. Cesto po določilih SIST EN 13201 uvrstimo v svetlobnotehnični razred M4, za katerega znaša zahtevana povprečna svetlost $L_{sr} = 0,75 \text{ cd/m}^2$ (splošna enakomernost svetlosti $U_o = 0,4$; vzdolžna enakomernost svetlosti $U_l = 0,6$; relativni porast praga zaznavanja $TI < 15 \%$).

➤ **območje križišč s prehodi za pešce**

Križišča uvrščamo med konfliktna področja. Upoštevati je potrebno priporočila za izvedbo razsvetljave konfliktnih področij in zagotoviti primerne nivoje osvetljenosti. Križišča po določilih SIST EN 13201 uvrstimo v svetlobnotehnični razred C3, za katerega znaša zahtevana povprečna osvetljenost $E_{sr} = 15 \text{ lx}$, splošna enakomernost osvetljenosti $U_o = 0,4$. Prehodi za pešce v križiščih so v skladu s Priročnikom za cestno razsvetljavo v območju prehodov za pešce in/ali kolesarje obravnavani skupaj s križišči.

➤ **samostojni prehod za pešce (pri profilu T12)**

Zaradi fizičnih omejitev prehoda ni mogoče osvetliti obojestransko v skladu s priporočili (na eni strani se namreč nahaja tovarniški železniški tir). Svetilko na prehodu zato postavimo enostransko prečno v sredino prehoda, dodatno pa se prehod označi z obojestranskim svetlobnim znakom 2431 in obojestranskimi utripalci nad cestiščem (bič z ročico).

3.1 SVETLOBNOTEHNIČNI IZRAČUNI

Svetlobnotehnični izračun cestne razsvetljave za območje urejanja smo naredili z LED svetilkami PHILIPS LUMA GEN2 NANO z asimetrično cestno optiko DM12, 8000 lm, 6000 lm in 4000 lm, ravno steklo, 3000 K.

Iz rezultatov računalniške simulacije svetlobnotehničnih razmer na naslednjih straneh je razvidno, da razsvetljava ustreza zahtevam svetlobnotehničnih priporočil za izbrani svetlobnotehnični razred.

DATE: 16 januar 2025
DESIGNER: Javna razsvetljava d.d., Ljubljana
PROJECT No: 01-30-3177/3247
PROJECT NAME: Pot heroja Trtnika



Svetlobnotehnicni izracun cestišca
- razred M4 (Lsr=0.75 cd/m2, U0=0.4, UI=0.6)

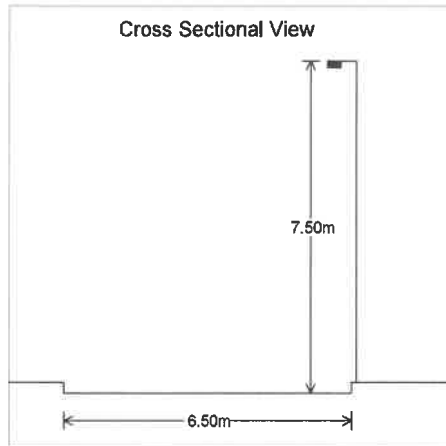
Roadway Lighting Report

PREPARED BY: Design Software from:
Lighting Reality Ltd
Somerville House
Harborne Road
Birmingham B15 2AA
United Kingdom

e-mail: sales@lightingreality.eu.com
website: www.lightingreality.eu.com

Roadway Report Summary

Layout



Road Data

Calculation Grid	CEN Luminance
Width (m)	6.50
No. of Lanes	2
Road Surface	R3
Q0	0.07
Lane Width (m)	3.25
SR Width (m)	5.00

Main Lighting

Column Data

Configuration	Single Sided Right
Spacing (m)	35.00
Height (m)	7.50
Tilt (deg)	0.00
Setback (m)	0.10
Outreach (m)	0.50
Overhang (m)	0.40

Luminaire Data

Supplier	MOL LUMA GEN 2 - 2024
Type	BGP701 T25 LED80-4S/730 PS...
Lamp(s)	LED80-4S/730
LampFlux(klm)/Colour	6.00 3000/70
File Name	BGP701 T25 LED80-4S_730 PS...
Maintenance Factor	0.90
Lum. Int. Class	G3

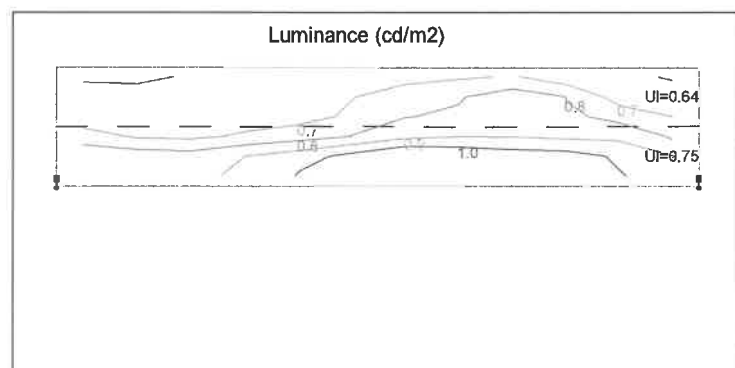
Results

Main

Complies with ME4a

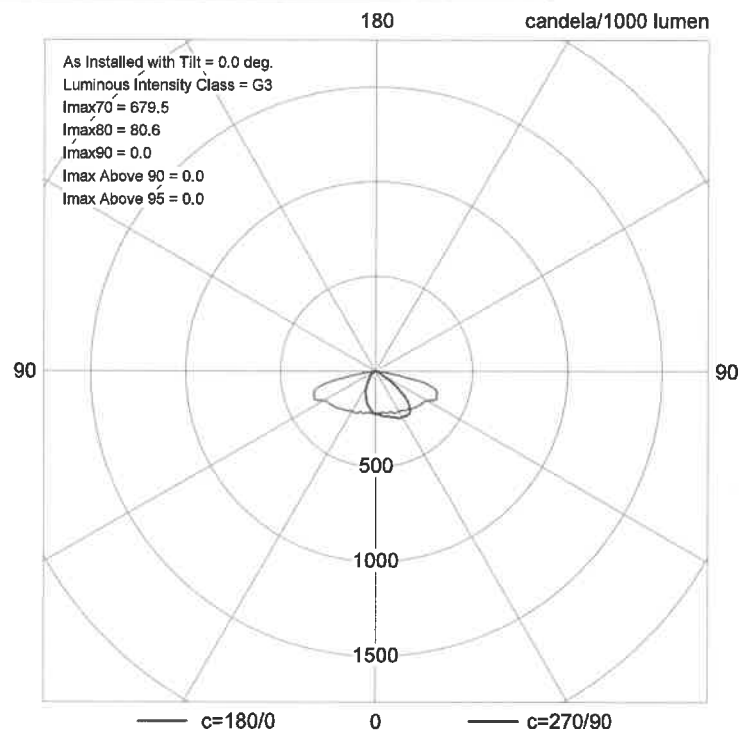
Lavmin	0.79 (1)
Lmin	0.47 (1)
Lmax	1.26 (2)
U0min	0.58 (2)
U1min	0.64 (2)
TI(%)	11.74 (2)
SR	0.61

Number in brackets is the Observer Lane for Result shown.



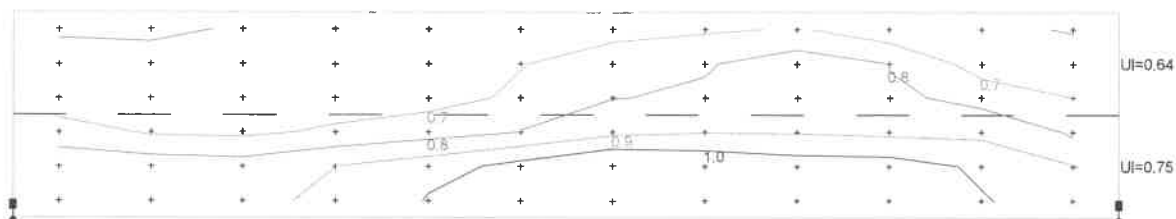
Polar Diagram

Main Luminaire BGP701 T25 LED80-4S/730 PSDD DM12 FG



Luminance (cd/m²)

Observer in Lane 1

**Main Results**

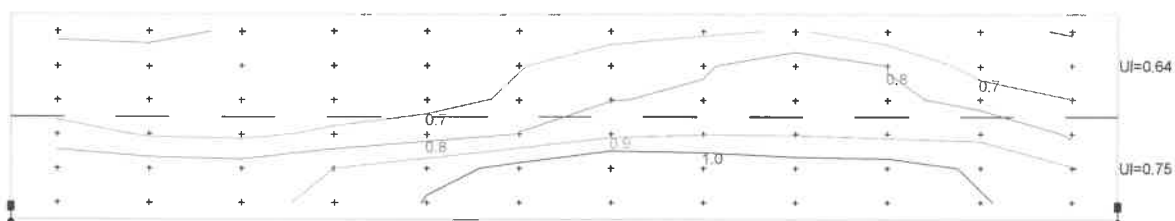
Observers in all Lanes

Lavmin	0.79 (1)
Lmin	0.47 (1)
Lmax	1.26 (2)
U0min	0.58 (2)
UImin	0.64 (2)
Tlmax(%)	11.74 (2)
SR	0.61

Number in brackets is the
Observer Lane for Result shown.

Luminance (cd/m²)

Observer in Lane 1

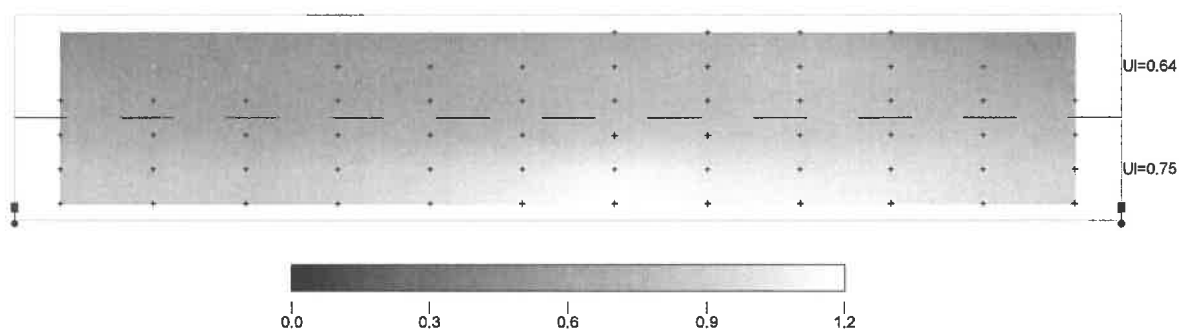
**Main Results**

Observer in Lane 1

Lav	0.79
Lmin	0.47
Lmax	1.19
U0	0.60
UI	0.75
TI(%)	11.74

Luminance (cd/m²)

Observer in Lane 1



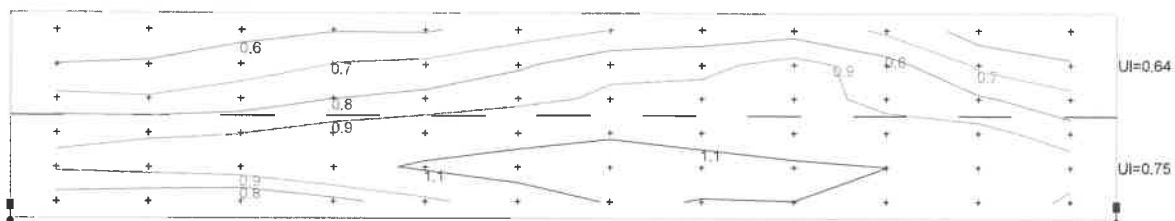
Luminance (cd/m²)

Observer in Lane 1

+ 0.5	+ 0.5	+ 0.5	+ 0.5	+ 0.5	+ 0.6	+ 0.7	+ 0.7	+ 0.7	+ 0.6	+ 0.5	+ 0.5	UI=0.64
+ 0.6	+ 0.6	+ 0.6	+ 0.6	+ 0.6	+ 0.7	+ 0.8	+ 0.8	+ 0.9	+ 0.8	+ 0.6	+ 0.6	
+ 0.6	+ 0.6	+ 0.6	+ 0.6	+ 0.7	+ 0.7	+ 0.8	+ 0.8	+ 0.9	+ 0.8	+ 0.8	+ 0.7	
+ 0.7	+ 0.7	+ 0.7	+ 0.7	+ 0.8	+ 0.8	+ 0.9	+ 0.9	+ 0.9	+ 0.9	+ 0.9	+ 0.8	UI=0.75
+ 0.9	+ 0.9	+ 0.8	+ 0.9	+ 1.0	+ 1.0	+ 1.1	+ 1.1	+ 1.1	+ 1.0	+ 1.0	+ 0.9	
+ 0.9	+ 0.9	+ 0.9	+ 0.9	+ 1.0	+ 1.1	+ 1.2	+ 1.1	+ 1.1	+ 1.1	+ 1.0	+ 0.9	

Luminance (cd/m²)

Observer in Lane 2

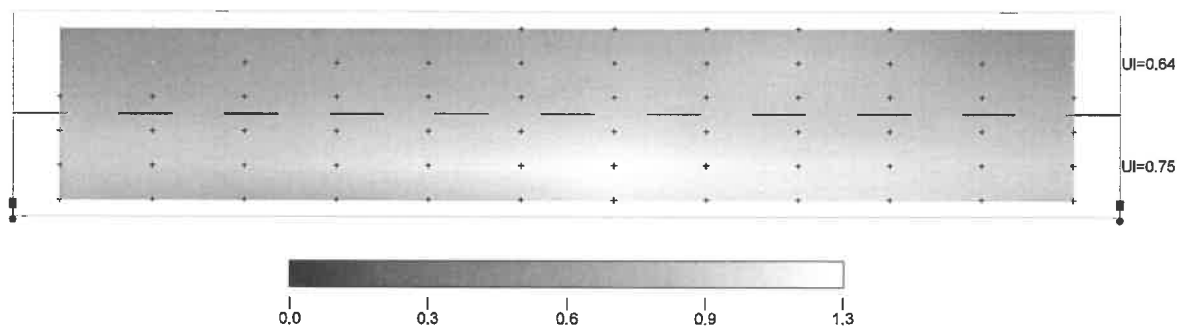
**Main Results**

Observer in Lane 2

Lav	0.85
Lmin	0.49
Lmax	1.26
U0	0.58
UI	0.64
TI(%)	11.74

Luminance (cd/m²)

Observer in Lane 2



Luminance (cd/m2)

Observer in Lane 2

+ 0.5	+ 0.5	+ 0.6	+ 0.6	+ 0.6	+ 0.6	+ 0.7	+ 0.7	+ 0.8	+ 0.7	+ 0.5	+ 0.5	UI=0.64
+ 0.6	+ 0.6	+ 0.7	+ 0.7	+ 0.7	+ 0.8	+ 0.9	+ 0.9	+ 0.9	+ 0.8	+ 0.7	+ 0.6	
+ 0.7	+ 0.7	+ 0.7	+ 0.8	+ 0.8	+ 0.9	+ 0.9	+ 0.9	+ 0.9	+ 0.9	+ 0.8	+ 0.7	
+ 0.9	+ 0.9	+ 0.9	+ 0.9	+ 1.0	+ 1.0	+ 1.1	+ 1.0	+ 1.0	+ 0.9	+ 0.9	+ 0.8	UI=0.75
+ 0.9	+ 0.9	+ 1.0	+ 1.1	+ 1.1	+ 1.2	+ 1.3	+ 1.2	+ 1.1	+ 1.1	+ 1.0	+ 1.0	
+ 0.8	+ 0.7	+ 0.7	+ 0.8	+ 0.9	+ 1.0	+ 1.1	+ 1.1	+ 1.1	+ 1.1	+ 1.0	+ 0.9	

DATE: 16 januar 2025
DESIGNER: Javna razsvetljava d.d., Ljubljana
PROJECT No: 01-30-3177/3247
PROJECT NAME: Pot heroja Trtnika



Svetlobnotehnicni izracun konfliktnega obmocja
- razred C3 (Esr=15 lx, U0=0.4)

Outdoor Lighting Report

PREPARED BY: Design Software from:
Lighting Reality Ltd
Somerville House
Harborne Road
Birmingham B15 2AA
United Kingdom

e-mail: sales@lightingreality.eu.com
website: www.lightingreality.eu.com

Layout Report

General Data

Area 56.8m x 103.2m
 Sample Spacing 2.27m x 4.13m
 Maintenance Factor 0.90
 Dimensions in Metres Angles in Degrees

Luminaires

Luminaire A Data

Supplier	MOL LUMA GEN 2 - 2024
Type	BGP701 T25 LED80-4S/730 PS...
Lamp(s)	LED80-4S/730
LampFlux(klm)/Colour	8.00 3000/70
File Name	BGP701 T25 LED80-4S_730 PS...
Maintenance Factor	0.90
Imax70,80,90(cd/klm)	679.5, 80.6, 0.0

Luminaire B Data

Supplier	MOL LUMA GEN 2 - 2024
Type	BGP701 T25 LED80-4S/730 PS...
Lamp(s)	LED80-4S/730
LampFlux(klm)/Colour	6.00 3000/70
File Name	BGP701 T25 LED80-4S_730 PS...
Maintenance Factor	0.90
Imax70,80,90(cd/klm)	679.5, 80.6, 0.0

Luminaire D Data

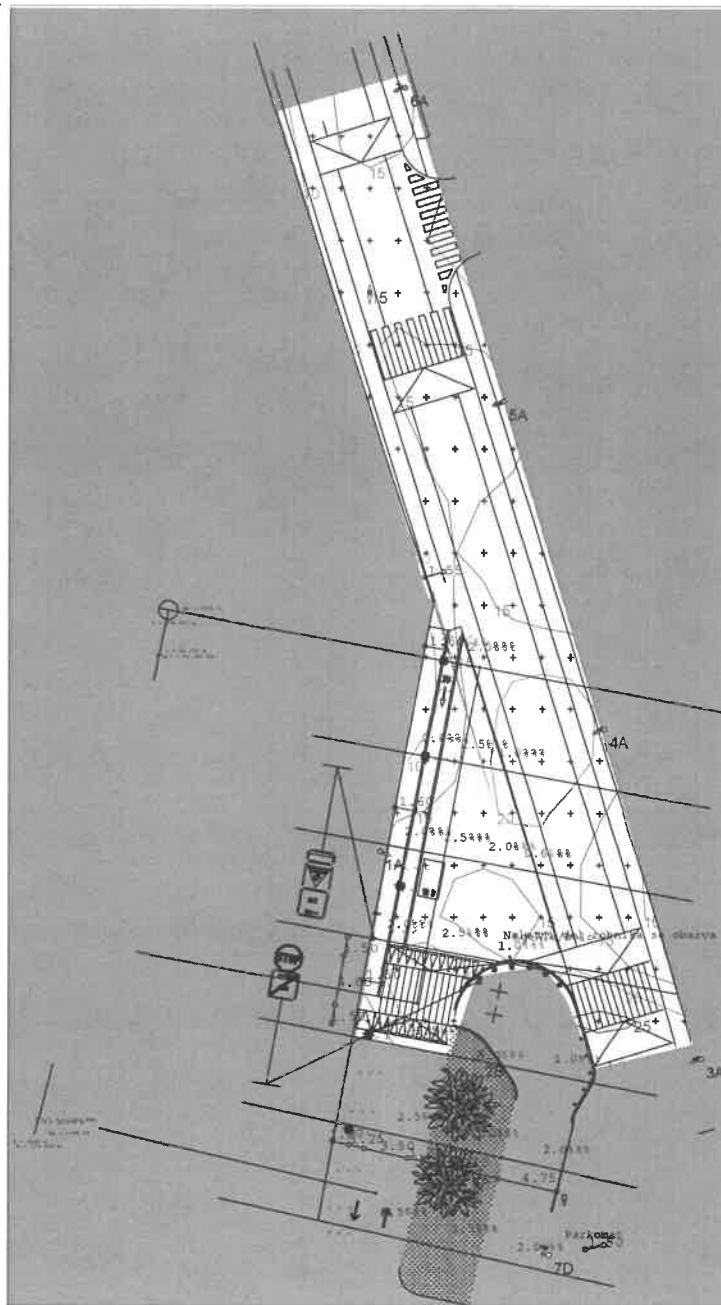
Supplier	MOL LUMA GEN 2 - 2024
Type	BGP701 T25 LED80-4S/730 PS...
Lamp(s)	LED80-4S/730
LampFlux(klm)/Colour	2.00 3000/70
File Name	BGP701 T25 LED80-4S_730 PS...
Maintenance Factor	0.90
Imax70,80,90(cd/klm)	679.5, 80.6, 0.0

Layout

No.	Type	X	Y	Height	Angle	Tilt	Cant	Out-reach	Target X	Target Y	Target Z
1	A	468613.95	100841.82	10.00	337.00	0.00	0.00	0.50			
2	B	468621.92	100825.41	7.50	77.00	0.00	0.00	0.50			
3	A	468639.37	100825.30	10.00	198.00	0.00	0.00	0.50			
4	A	468631.63	100851.52	10.00	202.00	0.00	0.00	0.50			
5	A	468623.66	100877.51	10.00	202.00	0.00	0.00	0.50			
6	A	468615.80	100902.35	10.00	198.00	0.00	0.00	0.50			
7	D	468627.35	100809.70	5.00	170.00	0.00	0.00	0.50			

Horizontal Illuminance (lux)

100908.82m —



100805.66m —

468584.61m

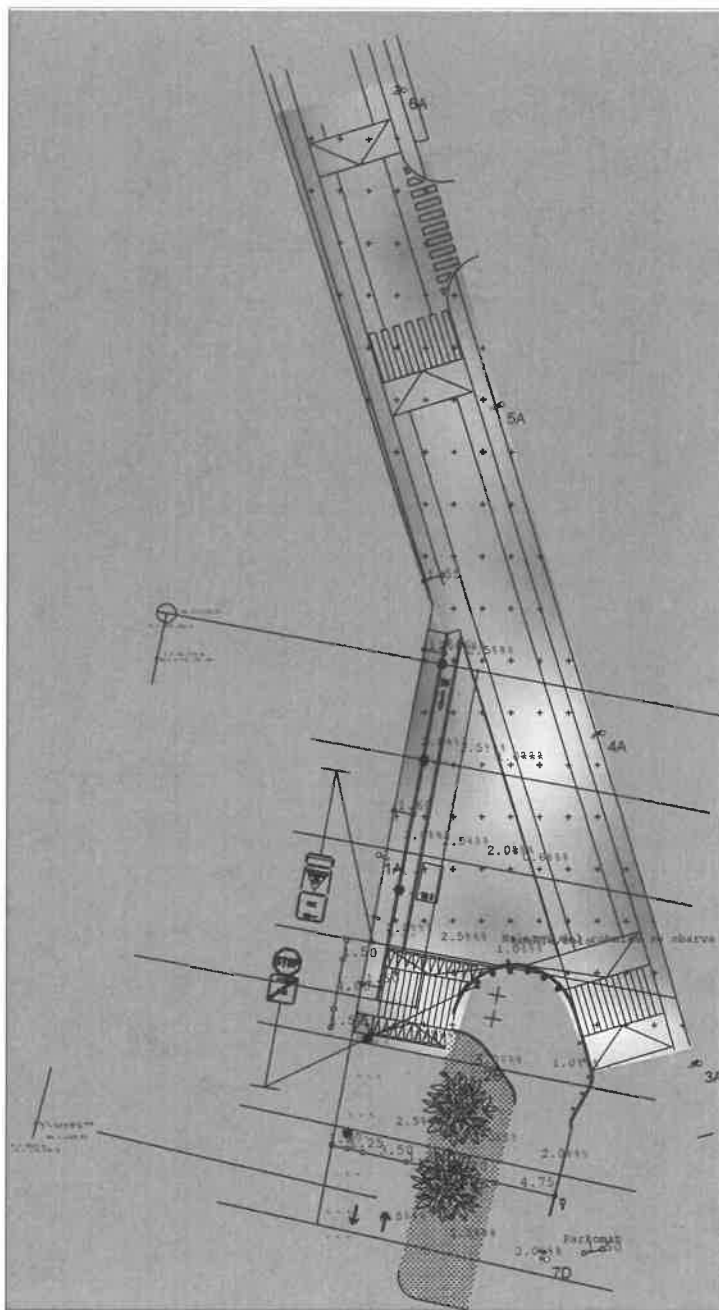
468641.45m

Results

Eav	16.01
Emin	7.97
Emax	26.55
Emin/Emax	0.30
Emin/Eav	0.50

Horizontal Illuminance (lux)

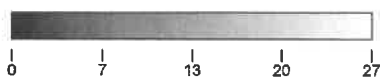
100908.82m



100805.66m

468584.61m

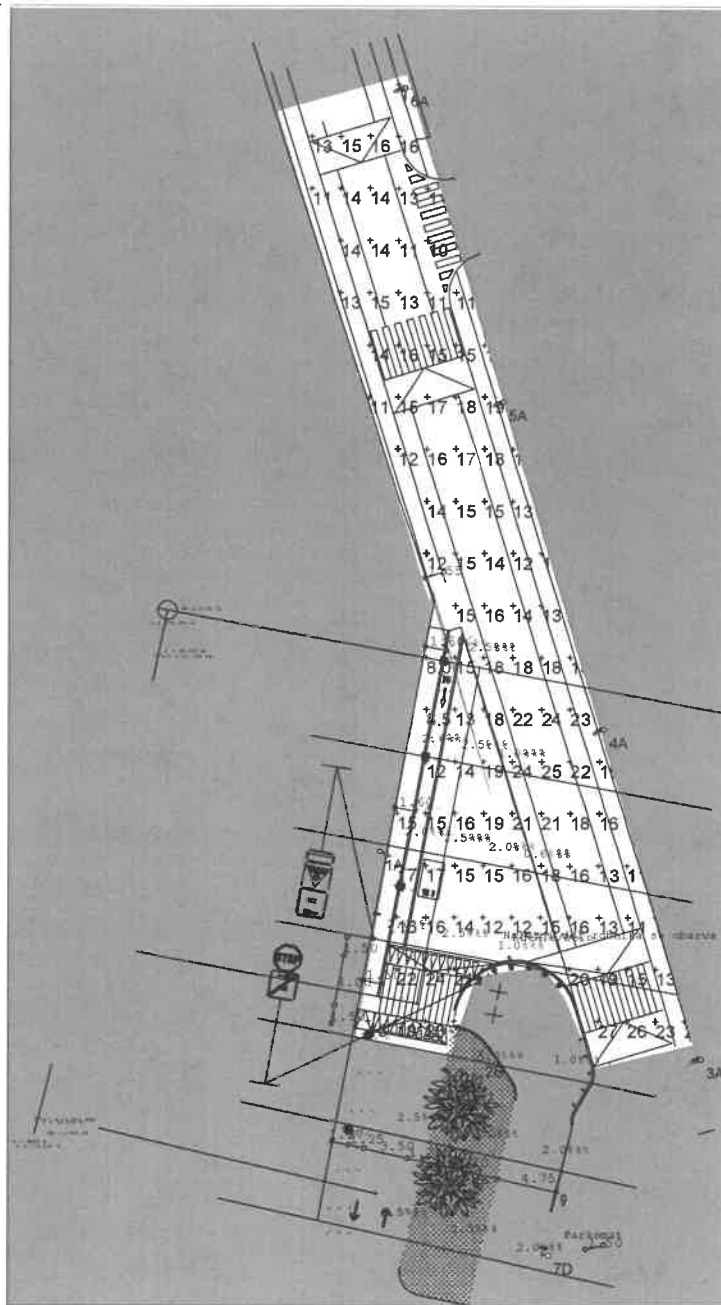
468641.45m

**Results**

Eav	16.01
Emin	7.97
Emax	26.55
Emin/Emax	0.30
Emin/Eav	0.50

Horizontal Illuminance (lux)

100908.82m –



100805.66m –

468584.61m

468641.45m

Results

Eav	16.01
Emin	7.97
E _{max}	26.55
Emin/E _{max}	0.30
Emin/Eav	0.50

DATE: 16 januar 2025
DESIGNER: Javna razsvetljava d.d., Ljubljana
PROJECT No: 01-30-3177/3247
PROJECT NAME: Pot heroja Trtnika



Svetlobnotehnicni izracun konfliktnega obmocja
- razred C3 (Esr=15 lx, U0=0.4)

Outdoor Lighting Report

PREPARED BY: Design Software from:
Lighting Reality Ltd
Somerville House
Harborne Road
Birmingham B15 2AA
United Kingdom

e-mail: sales@lightingreality.eu.com
website: www.lightingreality.eu.com

Layout Report

General Data

Area 26.3m x 42.0m
 Sample Spacing 1.05m x 1.68m
 Maintenance Factor 0.90
 Dimensions in Metres Angles in Degrees

Luminaires

Luminaire A Data

Supplier	MOL LUMA GEN 2 - 2024
Type	BGP701 T25 LED80-4S/730 PS...
Lamp(s)	LED80-4S/730
LampFlux(klm)/Colour	6.00 3000/70
File Name	BGP701 T25 LED80-4S_730 PS...
Maintenance Factor	0.90
Imax70,80,90(cd/klm)	679.5, 80.6, 0.0

Luminaire B Data

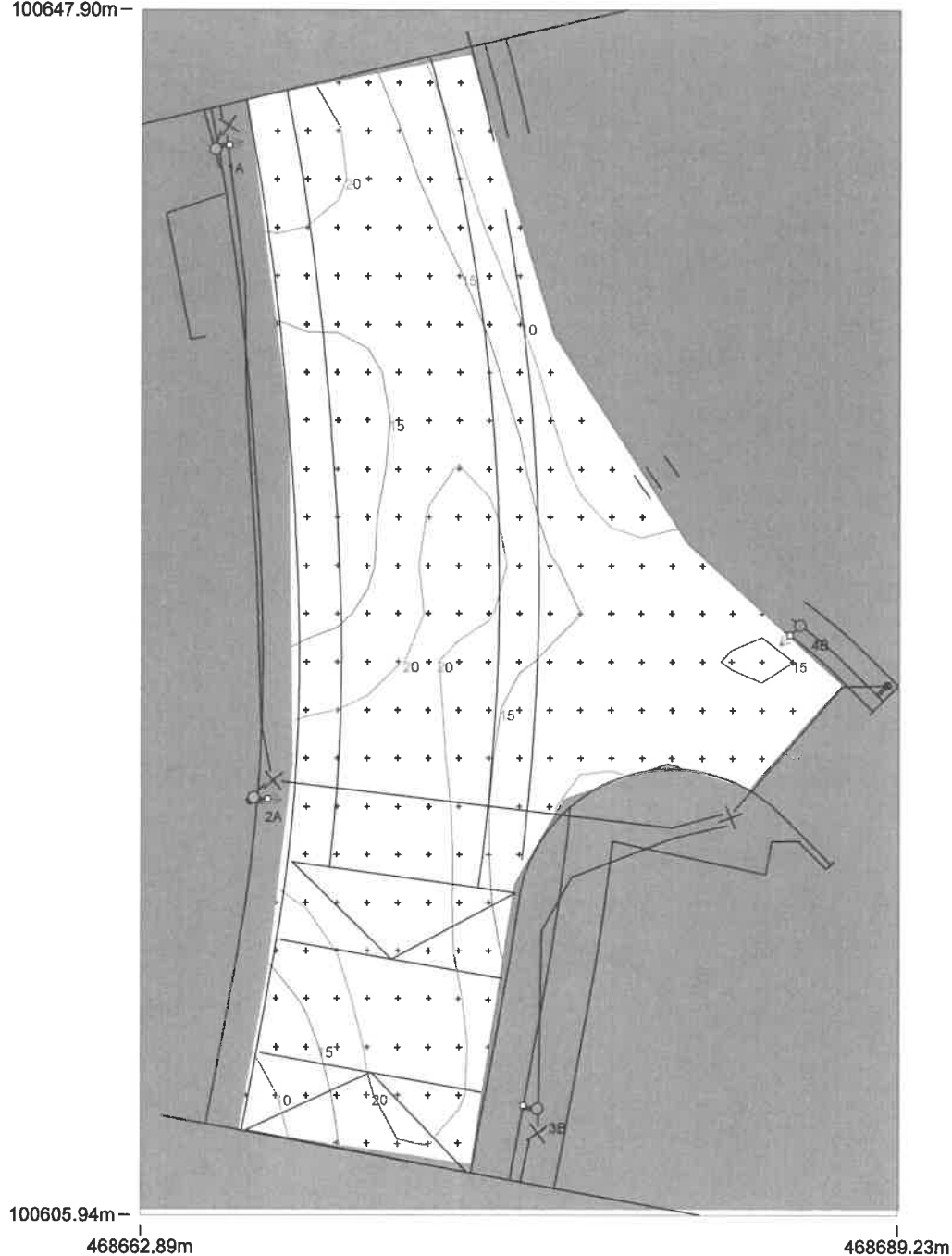
Supplier	MOL LUMA GEN 2 - 2024
Type	BGP701 T25 LED80-4S/730 PS...
Lamp(s)	LED80-4S/730
LampFlux(klm)/Colour	4.00 3000/70
File Name	BGP701 T25 LED80-4S_730 PS...
Maintenance Factor	0.90
Imax70,80,90(cd/klm)	679.5, 80.6, 0.0

Layout

No.	Type	X	Y	Height	Angle	Tilt	Cant	Out-reach	Target X	Target Y	Target Z
1	A	468665.47	100643.06	7.50	16.00	0.00	0.00	0.50			
2	A	468666.84	100620.51	7.50	355.00	0.00	0.00	0.50			
3	B	468676.70	100609.65	7.50	167.00	0.00	0.00	0.50			
4	B	468685.82	100626.52	7.50	225.00	0.00	0.00	0.50			

Horizontal Illuminance (lux)

100647.90m —

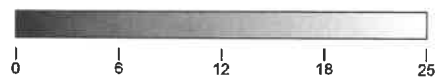
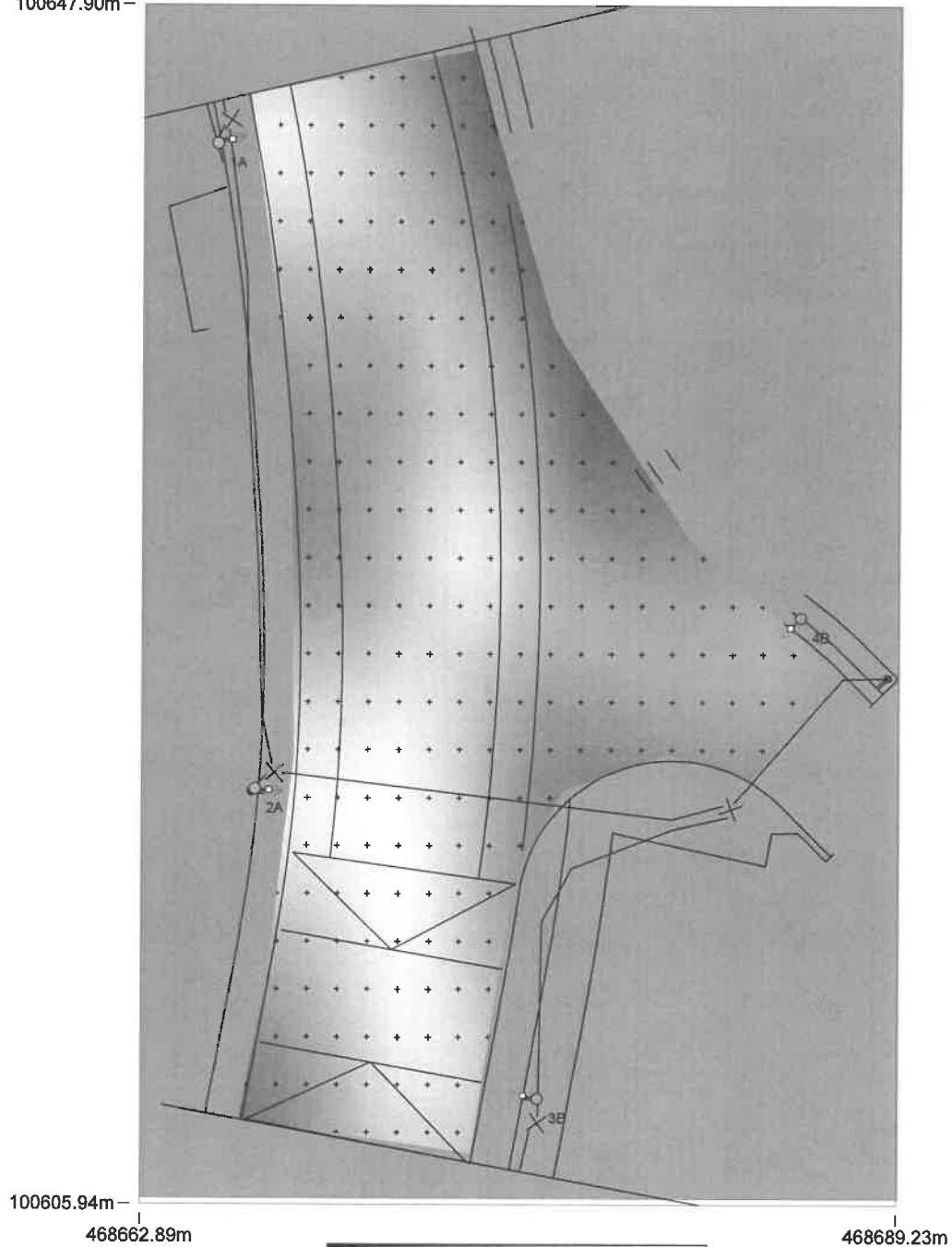


Results

Eav	16.40
Emin	6.52
Emax	24.51
Emin/Emax	0.27
Emin/Eav	0.40

Horizontal Illuminance (lux)

100647.90m

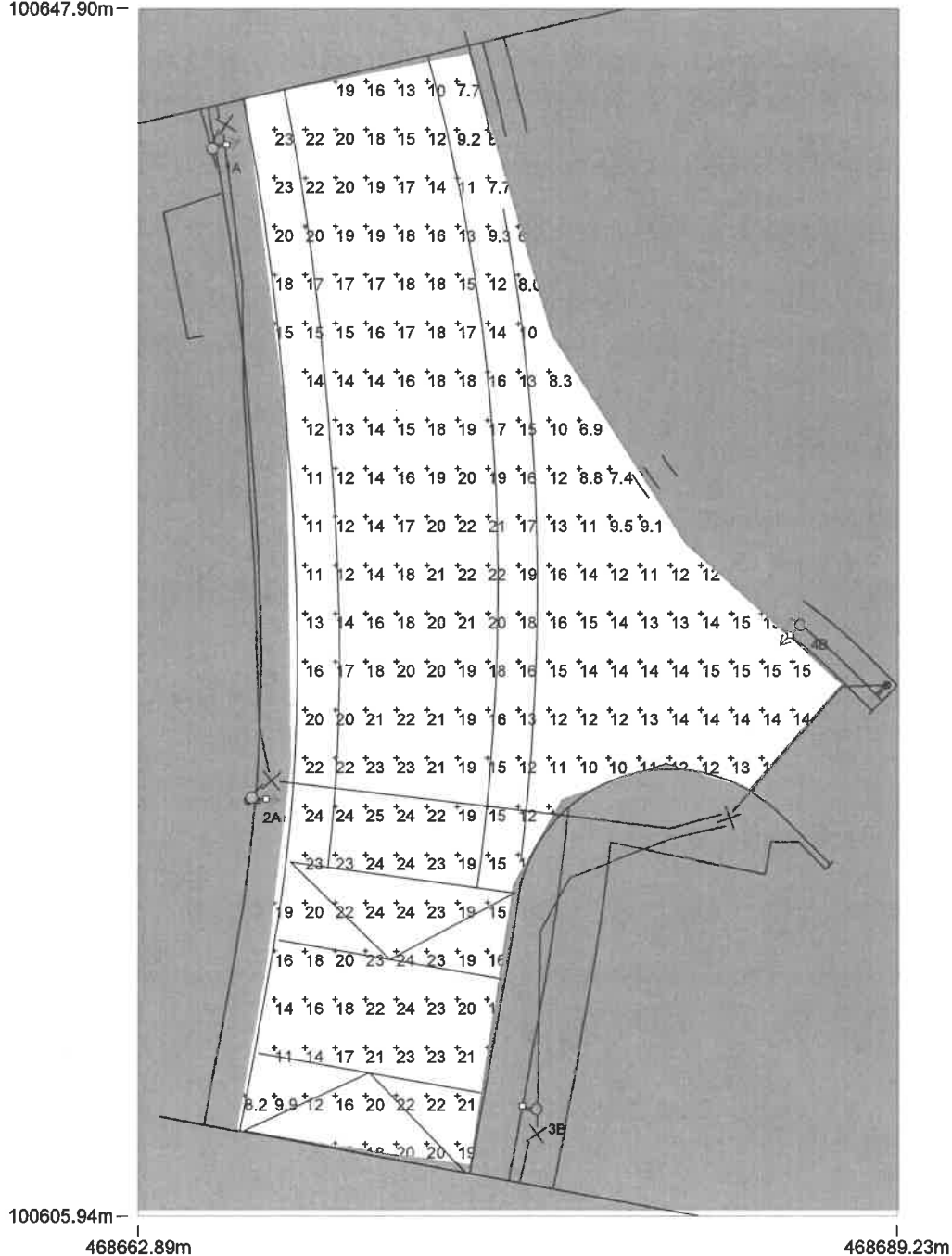


Results

Eav	16.40
Emin	6.52
Emax	24.51
Emin/Emax	0.27
Emin/Eav	0.40

Horizontal Illuminance (lux)

100647.90m—



Results

Eav	16.40
Emin	6.52
Emax	24.51
Emin/Emax	0.27
Emin/Eav	0.40

4. IZBIRA OPREME

Pri izbiri električne opreme cestne razsvetljave se upoštevajo pogoji okolice, skladno z zahtevami standarda SIST HD 60364-5-51: *Niskonapetostne električne inštalacije - 5-51. del: Izbira in namestitev električne opreme - Splošna pravila.*

4.1 Zahteve za svetilke cestne razsvetljave – splošno

1. Material ohišja: Al litina, zaščiten pred vplivi atmosfere.
2. Material pokrova: svetlobnotehnični pokrov svetilke je lahko ravno varnostno kaljeno steklo ali UV odporna plastika kot npr. ASA ali PMMA steklo z mehansko odpornostjo IK najmanj 08. Svetilke, ki nimajo svetlobnotehničnega pokrova, ker leče predstavljajo tudi atmosfersko zaščito svetlečih diod, morajo uporabljati leče iz UV odporne plastike.
3. Zaščitna stopnja celotne svetilke: najmanj IP 65.
4. Omogočeno mora biti večkratno odpiranje in zapiranje svetilke (omogočeno servisiranje tudi na terenu).
5. Tesnila: uporabljena tesnila morajo biti odporna na UV žarke in vplive agresivne atmosfere ter se pri uporabi ne smejo trajno deformirati.
6. Napajalni in optični del morata biti ločena (omogočena ločena menjava napajalnika in optičnega dela)
7. Hlajenje svetilke mora biti izključno pasivno, brez ventilatorjev.
8. Ohišje mora omogočati direktni natik na steber in pritrditev na krak. Vijaki za pritrditev morajo biti iz materiala, odpornega na korozijo.

4.2 Optični sistem svetilk cestne razsvetljave – splošno

1. Isti tip svetilke mora omogočati uporabo različnih tipov optik glede na različne širine ceste in postavitve stojnih mest.
2. Optični sistem mora biti v skladu z Uredbo o mejnih vrednostih svetlobnega onesnaževanja okolja in mora zagotavljati omejitev bleščanja razreda G3 do G6, odvisno od nastavitve skladno z zahtevami, podanimi v SIST EN 13 201.
3. Barva svetlobe: 3000K +- 300K; CRI \geq 70; življenjska doba svetlobnih izvorov LED: min. 100.000 ur (metoda, po kateri se določa življenjska doba: L95); učinkovitost svetilke: min. 120 lm/W.
4. Delež svetlobnega toka nad vodoravnico (ULOR) uporabljenih svetilk mora biti pri nagibu 0° enak 0%.

4.3 Električna oprema svetilk cestne razsvetljave – splošno

1. Svetilka mora omogočati funkcijo konstantnega svetlobnega toka. V primeru, da je predviden padec svetlobnega toka v življenjski dobi večji od 10% skozi celotno življenjsko obdobje, višji tok kompenzira izgubo svetlobnega skozi življenjsko dobo.
2. Svetilka mora omogočati samostojno (avtonomno) regulacijo brez signalnega vodnika z možnostjo nastavitve svetlobnega toka (stopnje redukcije, čas trajanja ter nivo). Napajalno/krmilni del mora omogočati možnost naknadne daljinske regulacije (kot npr. 1-10V, DALI,...).
3. Svetilka mora imeti vgrajeno termično zaščito, ki ob preseganju kritičnih vrednosti zniža svetlobni tok ali celo izklopi svetilko.
4. Svetilka mora biti opremljena s prenapetostno zaščito - min. 4kV.
5. Svetilka mora nemoteno delovati v temperaturnem območju okolice od -20°C do +35°C.

4.4 Ostale zahteve – splošno

1. Za ponujene svetilke mora dobavitelj zagotavljati fotometrične podatke v obliki datotek LDT ali IES. Podatki morajo zajemati vse možne nastavitve.
2. Zagotovljena dobavljivost svetilk oziroma nadomestnih delov svetilk mora biti min. 5 let.
3. Vsaka svetilka mora imeti ustrezen priključni električni kabel. Presek posameznega vodnika je 1.5 mm², vodnik mora biti bakren in finožični. Posamezni vodniki morajo biti enoumno označeni (L, N, PE).

Na podlagi zgoraj naštetih zahtev ter svetlobnotehničnih rezultatov, so za novo cestno razsvetljavo, obdelano v tem načrtu, predvidene nove tipske svetilke in znaki:

- 6x LED svetilka cestne razsvetljave PHILIPS LUMA NANO z ravnim steklom (BGP701 LED80-4S/730/DM12/DDF2) - Gen 2, 8000 lm na viru, 57 W, CRI 70, 3000 K, optika DM12, napajalnik z DALI regulacijo;
- 9x LED svetilka cestne razsvetljave PHILIPS LUMA NANO z ravnim steklom (BGP701 LED60-4S/730/DM12/DDF2) - Gen 2, 6000 lm na viru, 43 W, CRI 70, 3000 K, optika DM12, napajalnik z DALI regulacijo;
- 2x LED svetilka cestne razsvetljave PHILIPS LUMA NANO z ravnim steklom (BGP701 LED40-4S/730/DM12/DDF2) - Gen 2, 4000 lm na viru, 28 W, CRI 70, 3000 K, optika DM12, napajalnik z DALI regulacijo;
- 1x obojestranski svetlobni prometni znak »Prehod za pešce – 2431« dimenzij 600x600 mm z 2 LED utripalci ø200 mm na vsaki strani zgoraj.

Naklonski kot montaže svetilk glede na vodoravnico je 0°. V vse nove svetilke se vgradi nadzorno / krmilni modul za nadzor delovanja in daljinsko vodenje.

4.5 Drogovi (kandelabri) za razsvetljavo

Drogovi morajo biti skladni s standardom SIST EN 40. Standard je del seznama standardov, objavljenem v Ur. l. RS., št. 32/2013, katerih uporaba ustvari domnevo o skladnosti gradbenega proizvoda z Zakonom o gradbenih proizvodih (Ur. l. RS., št. 52/2000).

SIST 40-1:2001 Drogovi za razsvetljavo – 1. del: Definicije in izrazi;

SIST 40-2:2005 Drogovi za razsvetljavo – 2. del: Splošne zahteve in mere;

SIST EN 40-3-1:2001 Drogovi za razsvetljavo – del. 3-1: Projektiranje in preverjanje – Specifikacija za značilne obtežbe;

SIST EN 40-3-2:2001 Drogovi za razsvetljavo – del. 3-2: Projektiranje in preverjanje - Preverjanje s preizkušanjem;

SIST EN 40-3-3:2003 Drogovi za razsvetljavo – del. 3-3: Projektiranje in preverjanje - Preverjanje z izračunom;

SIST EN 40-5:2002 Drogovi za razsvetljavo – 5. del: Zahteve za jeklene drogeve za razsvetljavo;

SIST EN 40-7:2003 Drogovi za razsvetljavo – 7. del: Zahteve za drogeve za razsvetljavo iz vlaknatoarmiranega polimernega kompozita;

Na podlagi zgoraj naštetih zahtev je za svetilke cestne razsvetljave in znake, obdelane v tem načrtu, predvidena naslednja vrsta kandelabrov:

- 5x nov tipski ravni kandelaber iz armiranega poliestra črne barve skupne višine 11.6 m (10 m nad nivojem terena) za direktno postavitvev v betonski temelj – montaža svetilke 57 W;
- 11x nov tipski ravni kandelaber iz armiranega poliestra črne barve skupne višine 8 m (7 m nad nivojem terena) za direktno postavitvev v betonski temelj – 9x montaža svetilke 43 W + 2x montaža svetilke 28 W;
- 1x nov tipski ravni segmentni kovinski vročecinkani kandelaber s prirobnico (bič – težka izvedba) višine 9 m nad nivojem terena za postavitvev na sidro + ročica dolžine 5 m – montaža svetilke 57 W + znaka z utripalci;

Kandelabri morajo biti statično dimenzionirani za predvidene obremenitve ter preverjeni s strani pooblašene institucije za uporabo na področjih I. vetrovne cone (hitrost vetra do 20 m/s). Kovinski kandelaber mora biti izdelan iz železnih profilov ter zaščiten pred korozijo z vročim cinkanjem. Debelina nanosa cinka mora biti v skladu s standardom EN ISO 1461. Na kandelabru mora biti manipulativna odprtina z vrstnimi sponkami za spajanje kablov in zaščitnega vodnika (velikost v skladu s SIST EN 40-2:2005, spodnji rob 0,6 m od terena). Odprtina mora biti pokrita s pokrovom, da voda ne pronica v notranjost in da ni možen dostop do el. sponk.

Kandelabri se locirajo tik za robom pločnikov oziroma v rob pločnika, če je tik za pločnikom ograja objekta. Izvedejo se tipski temelji iz betona C16/20 kot gradbeni proizvodi. Temelje prikazuje priloga. Za predvidene elemente imamo izdelane načrte in statične izračune, ki so shranjeni v arhivu podjetja.

5. IZVEDBA NAPAJANJA

Obstoječa cestna razsvetljava na obravnavanem območju se napaja iz obstoječega prižigališča M-VE-06, ki je locirano ob Cesti 30. avgusta. Ker je v sklopu urejanja cestišča in parkirišča ob Papirniški poti predvidena postavitev novega prižigališča, se bo vsa nova cestna razsvetljava tega območja napajala iz tega novega prižigališča (novo prižigališče z oznako M-VE-13 obdelano v načrtu CR št. 01-30-3182/3252).

6. SISTEM VODENJA IN UPRAVLJANJA CESTNE RAZSVETLJAVE

6.1 Splošno

Zasnova sistema vodenja in upravljanja cestne razsvetljave obsega:

- Centralni Nadzorni Sistem (CNS) s pripadajočo opremo – nadzorni center se nahaja v prostorih podjetja Javna razsvetljava d.d., Ljubljana
- Segmentni krmilnik (lokalna postaja - LP) – v prižigališču
- Nadzorno/krmilni modul v posamezni svetilki (NKM)
- Sistemi za komunikacijo

Osnovna zahteva: sistem vodenja in upravljanja mora biti zasnovan decentralizirano in mora omogočati brezhibno delovanje naprav tudi v primeru izpada komunikacije.

Za sistem vodenja in upravljanja cestne razsvetljave je potrebno uporabiti že obstoječo opremo v nadzornem centru, ki jo je potrebno za novo razsvetljavo nadgraditi. Prav tako je potrebno uporabiti obstoječi kataster cestne razsvetljave.

Za vso novo opremo, ki je potrebna za vodenje in upravljanje cestne razsvetljave, je potrebno uporabiti standardno opremo po tipizaciji podjetja Javna razsvetljava d.d., Ljubljana (oprema Siemens in Seak).

6.2 Centralni nadzorni sistem (CNS)

CNS predstavlja enotno platformo za vodenje in upravljanje z napravami cestne razsvetljave. Sestavljajo ga naslednji moduli:

- a) Programski modul PIS (prostorski informacijski sistem) z grafičnim in atributnim delom (obstoječi kataster cestne razsvetljave)
- b) Programski modul SCADA - Modul PIS služi kot osnova za povezavo s programskim modulom SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) za krmiljenje in nadzor razsvetljave.

6.2.1 Modul SCADA

Modul SCADA omogoča zajem podatkov iz lokalnih postaj in posredovanje podatkov za delovanje razsvetljave do nivoja posamezne svetilke. Programski modul mora zagotavljati komunikacijo in prenos podatkov z modulom PIS.

Komunikacija do posameznih svetilk poteka prek lokalnih postaj (LP).

6.3 Segmentni krmilnik (lokalna postaja - LP)

Lokalna postaja predstavlja osnovno enoto vodenja razsvetljave in je locirana v prižigališču cestne razsvetljave. Krmilnik mora biti zasnovan na odprti tehnologiji in mora omogočati enostavno nadgradnjo ali pa spremembo programov tudi v prihodnosti. Lokalna postaja mora biti opremljena z vmesniki za predvideno vrsto komunikacije do nadzorno/krmilnih modulov v svetilkah. V primeru spremembe načina komunikacije mora biti omogočena enostavna predelava lokalne postaje le z zamenjavo vmesnika. Komunikacija s CNS (centralnim nadzornim sistemom) mora potekati po enotnih protokolih ne glede na vrsto prenosa. Lokalne postaje morajo zagotavljati avtonomno delovanje tudi v primeru izpada komunikacije. Krmilnik mora biti robustne industrijske izvedbe z rezervnim napajanjem (ohranitev podatkov v primeru izpada električnega omrežja v času 24 ur). Komunikacija z nadzornim centrom poteka preko GSM omrežja (modem).

Funkcije in zahteve za lokalne postaje:

- Prenos ukazov iz NC
- Zbiranje in urejanje alarmov, prenos v NC
- Zbiranje in registracija podatkov iz NKM (ter posredovanje v NC)
- Prikazovanje in posredovanje točnega časa
- Možnost avtomatske posodobitve programov na daljavo
- Krmiljenje svetilk glede na predhodne programe
- Relejski vhodi min 6x
- Relejski izhodi min 4x
- Kontakt vrata odprta/zaprta
- Vhod za pulzni dajalec signalov
- Možnost priklopa števecv prometa in vremenskih postaj
- Možnost povezave prek IP protokola
- Kontrola lastnega delovanja
- Kontrola delovanja priključenih svetilk

6.4 Nadzorno/krmilni moduli (NKM) v svetilkah

Nadzorno/krmilni modul v svetilkah (NKM) predstavlja povezavo med lokalno postajo in predstikalno napravo oz. opremo v svetilki. Da je zagotovljena možnost povezave opreme različnih proizvajalcev, mora biti standardna povezava med NKM in predspojnimi napravami oz. opremo v svetilki izvedena preko DALI protokola.

NKM mora biti izveden tako, da je zagotovljeno brezhibno delovanje razsvetljave na polni moči tudi v primeru izpada komunikacije.

Funkcije NKM:

- Posredovanje ID svetilke
- Vklop izklop svetilke
- Vklop izklop redukcije
- Brezstopenjsko krmiljenje redukcije (opcijsko več stopenj)
- Status svetilke(vklopljeno/izklopljeno/redukcija)
- Kontrola delovanja svetilke
- Kontrola lastnega delovanja

Pri brezžičnih sistemih prenosa podatkov mora NKM zagotavljati tudi funkcijo repetitorja. NKM morajo biti univerzalne izvedbe in morajo omogočati tudi premontažo s stare na novo svetilko ter zagotavljati osnovne funkcije ne glede na vrsto svetilke.

6.5 Komunikacija NKM - LP

Komunikacija med NKM in LP je lahko izvedena na več načinov:

- Prenos signalov po močnostnih kablji (power line) - predvideno za ta objekt
- Brezžičen prenos signalov po protokolu zig-bee
- Prenos signalov prek RF povezav

Sistemi za komunikacijo morajo brezhibno delovati v vseh vremenskih pogojih.

Sistemi za komunikacijo morajo biti med seboj povezljivi.

Priklop in parametriranje NKM mora biti predviden z odprto programsko opremo in z minimalnim šolanjem omogočeno tudi lokalnemu servisnemu osebju.

Komunikacija mora biti izvedena po univerzalnem protokolu.

7. IZVEDBA INŠTALACIJ

Nova cestna razsvetljava se bo napajala iz novega prižigališča, ki bo lociran ob prostoru med cesto Pot heroja Trtnika in Papirniško potjo (novo prižigališče obdelano v načrtu CR št. 01-30-3182/3252). Za napajanje CR se uporabi tipski kabel NYY-J 5x16 mm², za stalno napajanje utripalcev znaka 2431 pa kabel NYY-J 3x10 mm². Priklop kablov se izvede na priključni plošči znotraj posameznega kandelabra. Odcep kabla do svetilke se v kandelabru varuje z odcepno varovalko 4A.

8. IZVEDBA KABELSKE KANALIZACIJE

Na območju nove kableske trase je predvidena nova večcevna kableska kanalizacija z jaški na razcepnih mestih in pri kandelabrih. Kableska kanalizacija se koristi tudi za potrebe napajanja polnilnic za e-vozila na parkirišču ob Papirniški poti. Odcepi od jaškov do svetilk se izvedejo z 1x cevjo. Vse nove kableske povezave se uvleče v cevi, položene na globino 0,8 m na pripravljen drobni material, z drobnim peskom 0-4 mm se jih delno zasuje do globine 0,4 m ter prekrije z opozorilno folijo. Izkop se zasuje in utrdi v skladu z izdelavo zgornjega ustroja. Pri prehodu pod povoznimi površinami je potrebno cevi dodatno obbetonirati. Polaganje kablov in cevi je razvidno iz priloge.

Uporabi se rdeča gibljava zaščitna cev $\varnothing 110$ mm za zaščito kablov - stigmafex cev. Križanje elektroenergetskih kablov s komunalnimi vodi je razvidno iz prilog. Izvedejo se tipski kableski jaški, kjer je notranja globina 90 cm, notranja velikost je 60 x 60 cm z dimenzijo LTŽ pokrova 60 x 60 cm, nosilnost B125 kN, napis »JAVNA RAZSVETLJAVA«. Kableska kanalizacija z jaški je zaradi enostavnejšega pristopa k eventualnim popravilom predvidena izven povoznih površin. Na dnu jaškov je predviden prodnat gramoz za ponikovanje vode. Izgled kableskega jaška je razviden iz priloge.

Ob kableski kanalizaciji se na globini 0,6 m do vseh kandelabrov in jaškov položi tudi pocinkani valjanec FeZn 25 x 4 mm. Spoji valjanca v zemlji in prehodi valjanca iz zemlje skozi stene jaškov morajo biti antikorozijsko zaščiteni z bitumnom. Pri vsaki svetilki je z valjancem potrebno povezati PEN vodnik napajalnega kabla, pri kovinskem kandelabru pa valjanec privijačiti na kandelaber. Izvedba povezave je razvidna iz priloge.

9. DOLOČITEV, DIMENZIONIRANJE KABLOV IN KONTROLA

Kontrola padca napetosti

Kontrolo padca napetosti kablov izračunamo po enačbi:

$$\Delta u_i \% = \frac{200 \cdot \sum(P \cdot l)}{\lambda \cdot S \cdot U^2}$$

Za dovoljeni padec napetosti predvidimo 3%, ker se bo dograjena cestna razsvetljava napajala iz novega prižigališča M-VE-13, to pa se bo napajalo iz obstoječega NN omrežja.

Padce napetosti računamo enofazno. Lahko ugotovimo, da padec napetosti ne presega največjega dopustnega padca napetosti in kabel s tega vidika ustreza.

Trajno dovoljeni toki

Bremenski tok izračunamo za vsako vejo. Bremenski tok izračunamo po enačbi:

$$I_b = \frac{P_i \cdot f}{U \cdot \cos \varphi} \quad f = 1,4$$

V skladu s standardom SIST HD 60364-5-52 *Nizkonapetostne električne inštalacije - 5-52. del: Izbira in namestitvev električne opreme - Inštalacijski sistemi* je trajno dovoljeni tok za napajalni kabel (Cu) preseka 16 mm², ki ga položimo v zemljo, 67 A. Bremenski tok I_b v veji ne presega trajno dovoljenih tokov.

Preobremenitev

Kontrolo izvedemo v skladu s standardom SIST HD 60364-4-43 – *Nizkonapetostne električne inštalacije - 4-43. del: Zaščitni ukrepi - Zaščita pred nadtoki*. Izpolnjen mora biti pogoj, da je:

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_z$$

kjer je:

- I_2 - tok, ki zagotavlja zanesljivo delovanje zaščitne naprave
- I_z - trajni zdržni tok vodnika.

Trajni zdržni tok Cu vodnika s presekom 16 mm² je 67 A. Tok I_2 varovalke C16 A znaša 23.2 A. Pogoj je izpolnjen.

Kontrola segrevanja pri kratkem stiku

Kontrolo izvedemo v skladu s standardom SIST HD 60364-4-43 – *Nizkonapetostne električne inštalacije - 4-42. del: Zaščitni ukrepi - Zaščita pred toplotnimi učinki*. Tok kratkega stika najkrajše veje (veja V1) znaša 365 A. Zaščitna naprava mora prekiniti kratkostični tok v času, ki je krajši od časa, v katerem se vodnik prekomerno segreje. To preverimo z enačbo:

$$t = \left(\frac{K \cdot S}{I_{k1}} \right)^2 \quad I_{k1} = \left(\frac{0,9 \cdot 230}{Z_s} \right)$$

kjer je:

- t - čas trajanja kratkega stika
- K - 115 za bakrene vodnike s PVC izolacijo
- S - presek vodnika
- I_{k1} - enopolni kratkostični tok

Tok kratkega stika izračunamo na osnovi podatkov kratkostične zanke napajalnega tokokroga. Vodnik bi se v primeru kratkega stika prekomerno segrel v času 25.4 s. Iz karakteristike varovalke C16 A razberemo, da izključi tok kratkega stika v času, ki je krajši od 4 ms, kar je manj, kot zahteva izračun.

Izpolnjeni so vsi pogoji za odklop napajanja v predpisanem času 5s.

Zaščita pred električnim udarom

Zaščito pred električnim udarom dosežemo z uporabo ukrepa zaščite pred posrednim dotikom. Predvidimo TN-C sistem mreže, v skladu s standardom SIST HD 60364-4-41 – *Nizkonapetostne električne inštalacije - 4-41. del: Zaščitni ukrepi - Zaščita pred električnim udarom*, ki predvideva, da mora biti izpolnjen pogoj:

$$Z_s \cdot I_a \leq U_0$$

kjer je:

- Z_s - impedanca okvarne zanke;
- I_a - odklopni tok zaščitne naprave;
- U_0 - nazivna napetost proti zemlji.

Kontrolo naredimo z znanimi podatki. Upornost najdaljše kratkostične zanke (veja V2) znaša 0,65 Ω .

zanka veje: $Z_s \cdot I_a \leq 230 \text{ V} \rightarrow 0,65 \Omega \cdot 86,4 \text{ A} = 56,2 \text{ V} \leq 230 \text{ V} \checkmark$

Lahko ugotovimo, da je izpolnjen pogoj za zanesljiv odklop napajanja v predvidenem času 5 s.

Opis Tokokroga	T _i (s)	I _n (A)	Kabel	L (m)	ΔU _d %	ΔU _i %	I _a (A)	I _{k1} (A)	Z _s (Ω)
WE_M-VE-13	5	25	NAYY 4x150 [□]	80	3	0.09	110	6404	0.03
V1-L3	5	16	NYY-J 5x16 [□]	240	3	0.18	86.4	365	0.57
V2-L3	5	16	NYY-J 5x16 [□]	280	3	0.21	86.4	316	0.65

Opis tokokroga	Faza	I _n (A)	Kabel	P _i (W)	P _k (W)	Cos φ	I _b (A)	I _z (A)
WE_M-VE-13	L1,L2, L3	25	NAYY 4x150 [□]	17000	10000	0.95	21.4	178
V1-L3	L3	16	NYY-J 5x16 [□]	129	129	0.95	0.8	67
V2-L3	L3	16	NYY-J 5x16 [□]	143	143	0.95	0.9	67

Legenda uporabljenih izrazov:

- T_i - izklopi čas zaščitne naprave (za eksplozijsko neogrožene prostore je 5 s);
- I_n - nazivni tok zaščitne naprave;
- I_b - bremenski tok potrošnika;
- I_z - trajno dovoljeni (zdržni) tok vodnika;
- P_i - inštalirana moč;
- P_k - konična moč;
- L - dolžina vodnika;
- ΔU_d - dovoljeni padec napetosti;
- ΔU_i - izračunani padec napetosti;
- I_a - odklopni tok zaščitne naprave v predpisanem času (5 s);
- I_{k1} - enopolni kratkostični tok okvarne zanke;
- Z_s - impedanca okvarne zanke pri I_{k1} (upoštevamo tudi napajalni kabel).

10. OZEMLJITEV

Da so izpoljeni pogoji TN-C sistema napajanja, mora biti vzdolž kabelske trase položeno ozemljilo - pocinkani valjanec FeZn 25x4 mm ter spojen s kovinskimi deli porabnika. Valjanec mora biti položen v zemlji na globini 0,6 m. Pogoj TN-C sistema je, da je upornost ozemljila pri kateremkoli porabniku ne presega 10 Ω.

Z valjancem morajo biti povezane tudi vse prevodne mase v bližini (kovinske ograje, žične ograje, ipd.). Če obstajajo tudi druge ozemljitve, lahko predvideno ozemljitev povežemo z njimi. Valjanec tako služi kot združeno ozemljilo.

Spoji valjanca morajo biti izvedeni s križnimi sponkami. Spoji valjanca v zemlji, prehodi valjanca iz zemlje na prosto in skozi beton temeljev in jaškov morajo biti zaščiteni proti koroziji z bitumnom.

Specifično upornost zemlje predvidimo 200 Ωm. Ker je valjanec predviden po celotni trasi nove kabelske kanalizacije, je dolžina novega ozemljila 515 m.

Upornost ozemljila izračunamo po enačbi:

$$R = \frac{\rho}{\pi \cdot l} \cdot \ln \frac{l}{r} = 1,29 \, \Omega$$

kjer je:

- ρ - specifična upornost zemlje;
- r - ekvivalentni polmer ozemljila - 0,015.
- l - dolžina ozemljila.

Ponikalna upornost je manjša, kot to predvideva Pravilnik o zahtevah za nizkonapetostne električne inštalacije v stavbah (Ur. l. RS, št. 140/2021) s pripadajočo Tehnično smernico TSG-N-002:2021 Nizkonapetostne električne inštalacije.

Po izvedbi del mora izvajalec del v prisotnosti odgovornega nadzornika izvesti prvi pregled, preskuse in meritve električnih inštalacij, nadalje pa preglede, preskuse in meritve izvajati v rokih v skladu s Pravilnikom o zahtevah za nizkonapetostne električne inštalacije v stavbah (Ur. l. RS, št. 140/2021).