

Ana Drndarević, dipl.el.inž.
Minel-Schröder, Beograd

REVIZIJA STANDARDA ZA OSVETLJENJE PUTEVA

KRATAK SADRŽAJ: Ciljevi revizije standarda za osvetljenje puteva bili su usaglašavanje metodologije izbora klasa i parametara vrednovanja sa važećom preporukom Međunarodne komisije za osvetljenje saobraćajnica (CIE 115), kao i izrada novog poglavlja u kome su definisani indikatori energetskih performansi. Evropski standard EN 13201 je 2016. godine usvojen i kao važeći SRPS standard SRPS EN 13201.

U radu su dati pregled kriterijuma za izbor klasa osvetljenja, svetlotehnički zahtevi i uvid u razlike u metodologiji proračuna pojedinih svetlotehničkih parametara.

UVOD

Revizija standarda EN 13201 izdata je 2015. godine, a standard je kod nas uvojen usvojen kao SRPS EN 13201, prvi deo 2015. godine, a ostala poglavlja tokom 2016. godine.

Standard obuhvata revidovana poglavlja 1 do 4 prethodnog standarda EN 13201 iz 2003. godine i novo poglavlje 5 koje se odnosi na izračunavanje pokazatelja energetskih karakteristika instalacije.

Naslovi u skladu sa SRPS EN 13201:

- SRPS CEN/TR 13201-1, 2015:
Osvetljenje puteva — Deo 1: Smernice za izbor klasa osvetljenja
- SRPS EN 13201-2, 2016: Osvetljenje puteva - Deo 2: Zahtevi za radne karakteristike
- SRPS EN 13201-2, 2016: Osvetljenje puteva - Deo 3: Proračun radnih karakteristika
- SRPS EN 13201-4, 2016:
Osvetljenje puteva - Deo 4: Metode za merenje radnih karakteristika osvetljenja
- SRPS EN 13201-5, 2016:
Osvetljenje puteva - Deo 5: Indikatori energetskih radnih karakteristika

U okviru tehničke preporuke standarda EN TR 13201-1 (SRPR EN TR 13201) data je pojednostavljena težinska metodologija za izbor odgovarajuće svetlotehničke klase za osvetljenje saobraćajnica (klase M), rizičnih područija (klase C) i pešačkih zona (klase P). Parametri za izbor svetlotehničke klase se oslanjaju na težinsku metodologiju međunarodne preporuke CIE 115, pri čemu su opcije pojedinih parametara i vrednosti njihovih težinskih koeficijenata promenjeni, i dodati novi parametri koji utiču na izbor klase.

Uvažavajući parametre koji se menjaju tokom eksploatacije, a koji utiču na vizuelne potrebe učesnika u saobraćaju (kao što je na primer gustina saobraćaja), u aneksu tehničke preporuke SRPS CEN/TR 13201-1 nalazi se model koji daje mogućnost primene adaptacionog sistema osvetljenja i benefite u uštedama smanjenja potrošnje električne energije.

Kriterijumi kvaliteta definisani kroz M, C i P klase su usaglašeni sa CIE 115 preporukom. Tako su na primer ukinute ME podklase u okviru pojedinih klasa.

Novi deo 5 standarda definiše pokazatelje energetskih performansi na osnovu kojih se mogu porediti instalacije osvetljenja.

Osvetljenje 2016

IZBOR SVETLOTEHNIČKE KLASE PREMA SRPS EN TR 13201-1

Metodologija izbora klase osvetljenja je u osnovi bazirana na težinskoj metodologiji preporuke Međunarodne komisije za osvetljenje CIE 115. Potrebno je napomenuti da su, u odnosu na preporuku CIE 115, opcije parametara koji utiču na izbor klase pojašnjene kroz njihov opis.

Izbor M klase javnog osvetljenja

Parametar	Opcija	Opis		Težinska vrednost Vw
Brzina vožnje ili ograničenje brzine	Veoma visoka	$V \geq 100\text{km/h}$		2
	Visoka	$70 < V < 100\text{km/h}$		1
	Umerena	$40 < V < 70\text{km/h}$		-1
	Niska	$V \leq 40\text{km/h}$		-2
Gustina saobraćaja		Autoputevi, putevi sa više saobraćajnih traka	Dvosmerni putevi	
	Visoka	> 65% maksimalnog kapaciteta	> 45% maksimalnog kapaciteta	1
	Umerena	35% - 65% maksimalnog kapaciteta	15% - 45% maksimalnog kapaciteta	0
	Niska	< 35% maksimalnog kapaciteta	< 15% maksimalnog kapaciteta	-1
Tip saobraćaja	Mešoviti sa velikim procentom ne-motorizovanog			2
	Mešoviti			1
	Samo motorni			0
Odvojeni kolovozi	Ne			1
	Da			0
Gustina raskrsnica		Raskrsnica/km	Petlje, rastojanja između mostova, km	
	Visoka	> 3	< 3	1
	Umerena	≤ 3	≥ 3	0
Parkirana vozila	Prisutna			1
	Nisu prisutna			0
Sjajnost okruženja	Visoka	izlozi prodavnica, reklame, sportski tereni, stanice, oblasti magacina		1
	Umerena	normalna situacija		0
	Niska			-1
Zadatak navigacije	Veoma težak			2
	Težak			1
	Lak			0

Tabela 1. Parametri za izbor klase javnog osvetljenja M

Osvetljenje 2016

U tabeli 1 dati su parametri koji utiču na izbor M svjetlotehničke klase. Za svaki parametar ponuđene su opcije sa određenom težinskom vrednošću koja utiče na izbor klase osvetljenja. Ovi opisi su dati kao primer, pri čemu je ostavljena mogućnost da svaka zemlja na nacionalnom nivou prilagodi parametre i njihovo vrednovanje.

Klasa M određuje se prema formuli:

Broj klase **M = 6 – VWS**

pri čemu je VWS suma težinskih vrednosti koje su usvojene za parametre iz tabele.

Za slučaj da je suma težinskih vrednosti VWS negativna, usvaja se da je VWS=0 (za takvu situaciju primenjuje se klasa M6).

Ukoliko je suma težinskih vrednosti takva da se dobija da je $M \leq 0$, usvaja se klasa M1

Izbor C klase javnog osvetljenja

Glavni učesnici u saobraćaju na rizičnim područjima su vozači motornih vozila, a kao merodavan koncept preporučuje se koncept sjajnosti. Sa obzirom da se pozicija vozača unutar konfliktno oblasti menja i da su udaljenosti posmatranja kratke, uobičajeno je da se na delu ili celoj konfliktnoj oblasti primenjuje koncept osvetljenosti.

Kako su uobičajeno C klase namenjene istim učesnicima kao i klase M, tabela 2 daje uporedne zahteve. Za slučaj da pristupni putevi konfliktnoj oblasti odgovaraju različitim M klasama, merodavan je pristupni put na kome je obezbeđen najveći zahtev M klase.

Odnos između srednje sjajnosti pristupnog puta i osvetljenosti konfliktno oblasti zavisi od svetline površine puta, iskazane kroz koeficijent svetline Q_0 . U tabeli 2 date su uporedne M i C klase za različite vrednosti koeficijenta svetline površine puta Q_0 . Potrebno je napomenuti da su kod nas uobičajeni kolovozni pokrivači čiji je koeficijent svetline Q_0 između 0,05 i 0,08, što odgovara srednjim zahtevima navedenim u tabeli.

Klasa M			M1	M2	M3	M4	M5	M6
Klasa C za $Q_0 \leq 0,05 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$			C0	C1	C2	C3	C4	C5
Klasa C za $0,05 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1} < Q_0 \leq 0,08 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$		C0	C1	C2	C3	C4	C5	C5
Klasa C za $Q_0 > 0,09 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$	C0	C1	C2	C3	C4	C5	C5	C5

Tabela 2. M i C uporedne klase

Za pojedina rizična područja kao što su na primer gradski centri, ili u slučajevima kada su pristupni putevi rizičnom području neosvetljeni, za određivanje C klase javnog osvetljenja može se koristiti tabela 3.

Osvetljenje 2016

Klasa C se određuje prema formuli:

$$\text{Broj klase } C = 6 - VWS$$

pri čemu je VWS suma težinskih vrednosti koje su usvojene za parametre iz tabele.

Za slučaj da je suma težinskih vrednosti VWS negativna, usvaja se da je VWS=1 (klasa C5).

Ukoliko je suma težinskih vrednosti takva da se dobija da je $C < 0$, usvaja se klasa C0.

Parametar	Opcija	Opis	Težinska vrednost Vw
Brzina vožnje ili ograničenje brzine	Veoma visoka	$V \geq 100\text{km/h}$	3
	Visoka	$70 < V < 100\text{km/h}$	2
	Umerena	$40 < V < 70\text{km/h}$	0
	Niska	$V \leq 40\text{km/h}$	-1
Gustina saobraćaja	Visoka		1
	Umerena		0
	Niska		-1
Tip saobraćaja	Mešoviti sa velikim procentom ne-motorizovanog		2
	Mešoviti		1
	Samo motorni		0
Odvojeni kolovozi	Ne		1
	Da		0
Parkirana vozila	Prisutna		1
	Nisu prisutna		0
Sjajnost okruženja	Visoka	izlozi prodavnica, reklame, sportski tereni, stanice, oblasti magacina	1
	Umerena	normalna situacija	0
	Niska		-1
Zadatak navigacije	Veoma težak		2
	Težak		1
	Lak		0

Tabela 3. Parametri za izbor C klase javnog osvetljenja

Osvetljenje 2016

Izbor P klase javnog osvetljenja

P klase su uglavnom namenjene za pešake i bicikliste na trotoarima i biciklističkim stazama, kao i za vozače motornih vozila sa malom brzinom kretanja na saobraćajnicama u stambenim zonama, zaustavnim trakama, trakama za parkiranje i druge slične oblasti.

U tabeli 4 dati su parametri koji utiču na izbor P svetlotehničke klase. Za svaki parametar ponuđene su opcije sa određenom težinskom vrednošću koja utiče na izbor klase osvetljenja.

Parametar	Opcija	Opis	Težinska vrednost Vw
Brzina kretanja	Niska	$V \leq 40\text{km/h}$	1
	Veoma niska (brzina šetnje)		0
Intenzitet korišćenja	Prometan (užurban)		1
	Normalan		0
	Slabo prometan (miran)		-1
Sastav saobraćaja	Pešaci, vozila sa pedalama i motroni saobraćaj		2
	Pešaci i motorni saobraćaj		1
	Pešaci i vozila sa pedalama		1
	Samo pešaci		0
	Samo vozila sa pedalama		0
Parkirana vozila	Prisutna		1
	Nisu prisutna		0
Sjajnost okruženja	Visoka	izlozi prodavnica, reklame, sportski tereni, stanice, oblasti magacina	1
	Umerena	normalna situacija	0
	Niska		-1
Raspoznavanje lika	Neophodno		posebni zahtevi
	Nije neophodno		nema posebnih zahteva

Tabela 4. Parametri za izbor klase javnog osvetljenja P

Osvetljenje 2016

Klasa P određuje se prema formuli:

Broj klase $P = 6 - VWS$

pri čemu je VWS suma težinskih vrednosti koje su usvojene za parametre iz tabele.

Za slučaj da je suma težinskih vrednosti VWS negativna, usvaja se da je $VWS=0$ (za takvu situaciju primenjuje se klasa P6).

Ukoliko je suma težinskih vrednosti takva da se dobija da je $P = 0$, usvaja se klasa P1.

KRITERIJUMI KVALITETA PREMA SRPS EN 13201-2

Kriterijumi kvaliteta osvetljenja puteva namenjenih za saobraćaj motronih vozila su bazirani na konceptu sjajnosti.

Za razliku od ranijeg standarda EN 13201-2 iz 2003. godine, ukinute su pojedine potklase i zahtevi pojedinih klasa usaglašeni sa Međunarodnom preporukom CIE 115.

SVETLO TEHNIČKA KLASA	Nivo sjajnosti, opšta i podužna ravnornost sjajnosti na putu za uslove suve kolovozne površine			Fiziološko blještanje	Okruženje
	L_{sr} (cd/m ²) Min. (pogonska vrednost)	U_0 Minimalno	U_1 Minimalno	f_{TI} (%) Maksimalno	R_{EI} Minimalno
M1	2,0	0,4	0,7	10	0,35
M2	1,5	0,4	0,7	10	0,35
M3	1	0,4	0,6	15	0,3
M4	0,75	0,4	0,6	15	0,3
M5	0,5	0,35	0,4	15	0,3
M6	0,3	0,35	0,4	20	0,3

Tabela 5. Svetlotehnički zahtevi za saobraćaj motornih vozila prema SRPS EN 13201-2

Kriterijumi podrazumevaju eksploatacionu vrednost srednje sjajnosti, ujednačenosti i R_{EI} . Relativni porast praga (f_{TI}) se računa na početku eksploatacionog ciklusa.

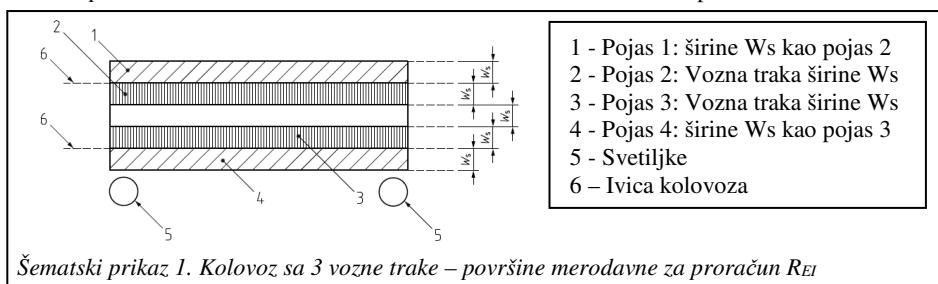
Potrebno je napomenuti da, u odnosu na raniji standard EN 13201-3 iz 2003. godine, postoje određene razlike u metodologiji proračuna praga fiziološkog blještanja f_{TI} i odnosa ivičnih osvetljenosti R_{EI} (odnos osvetljenosti trake neposredno uz kolovoz i trake susednog kolovoza).

Tako se, na primer, za proračun zaslepljujuće sjajnosti koja utiče na vrednost relativnog porasta praga f_{TI} uzimaju u obzir sve svetiljke koje su u pravcu gledanja i na udaljenosti od 500m. Ukinuto je pravilo po kome ova dužina može biti kraća i odgovara udaljenosti na kojoj je ekvivalentna zaslepljujuća sjajnost poslednje svetiljke koja se razmatra manja od 2% ukupne vrednosti zaslepljujuće sjajnosti svih prethodnih svetiljki. Ovo pravilo je ukinuto da bi se izbegla dvosmilsena tumačenja u metodologiji proračuna primenom različitih softverskih paketa.

Za slučaj da je dužina saobraćajnice koja se osvetljava kraća od 500m, ostavljena je mogućnost da se proračun radi sa uticajem svetiljki koje su na realnoj dužini (kraćoj od 500m), pri čemu je u izveštaju proračuna neophodno navesti dužinu (broj svetiljki) koja je uzeta u obzir prilikom proračuna relativnog porasta praga f_{TI} .

Za vrednovanje osvetljenosti okruženja merodavan je odnos ivičnih osvetljenost R_{EI} (Edge Illuminance Ratio), ranije koeficijent okruženja. Računa se kao odnos srednje horizontalne osvetljenosti pojasa neposredno uz saobraćajnicu i srednje horizontalne osvetljenosti na susednoj voznoj traci. Širina susednog pojasa je jednaka širini vozne trake ili širini pojasa neposredno uz saobraćajnicu, ako je ovaj pojas uži. Proračun koeficijenta R_{EI} se vrši sa obe strane saobraćajnice, a prikazuje se minimalno izračunat odnos. Za slučaj razdvojenih kolovoza, oba kolovoza se tretiraju kao jedan kolovoz, ukoliko nisu razdvojeni više od 10m.

Primer proračuna R_{EI} za kolovoz sa tri vozne trake date na šematskom prikazu 1.



$$R_{EI12} = E_{hsr} \text{ pojas1} / E_{hsr} \text{ pojas 2}, \quad R_{EI34} = E_{hsr} \text{ pojas4} / E_{hsr} \text{ pojas 3}$$

$$R_{EI} = \min (R_{EI1}; R_{EI34})$$

Rizična područja se pojavljuju svuda gde se ukrštaju trase vozila, gde one zalaze u područja sa puno pešaka i biciklista, ili tamo gde postojeći put prelazi u deonicu nestandardne geometrije (manji broj saobraćajnih traka, manja širina traka ili tome slično). U ovim područjima se povećava verovatnoća saobraćajnih udesa svih vrsta.

Kriterijumi kvaliteta osvetljenja rizičnih područja se, sa obzirom na složenost situacije, uglavnom baziraju na konceptu osvetljenosti.

Zahtevi za klase C0 do C5 su definisani kroz kriterijum srednje pogonske osvetljenosti i ravnomernosti osvetljenosti, datim u tabeli 6.

C KLASA	ESR (lx) na ukupnoj površini Pogonski minimum	$U_0(E)$ Ravnomernost osvetljenosti Minimum
C0	50	0,40
C1	30	0,40
C2	20	0,40
C3	15	0,40
C4	10	0,40
C5	7,5	0,40

Tabela 6. Svetlotehnički zahtevi za rizična područja

Osvetljenje 2016

U nekim slučajevima, C klase se mogu primeniti i u oblastima koje koriste pešaci i vozači vozila na pedale, kao što su na primer podzemni prolazi.

Da bi pešaci mogli bezbedno da se kreću kolovozom ili pešačkim stazama, potrebno je obezbediti adekvatnu horizontalnu osvetljenost E_h . Ona se izračunava na nivou tla i potrebno je zadovoljiti srednje i minimalne vrednosti horizontalne osvetljenosti na površini koja se koristi.

Kao dodatan zahtev bezbednosti, za situacije kada je neophodno raspoznavanje lika drugih pešaka, potrebno je ispuniti zahteve minimalne vertikalne i polucilindrične osvetljenosti.

P klase su uglavnom namenjene za pešake i bicikliste na trotoarima i biciklističkim stazama, kao i za vozače motornih vozila sa malom brzinom kretanja na saobraćajnicama u stambenim zonama, zaustavnim ili trakama za parkiranje i druge slične oblasti.

U tabeli 7. dati su svetlotehnički zahtevi za P klase.

P KLASA	HORIZONTALNA OSVETLJENOST (lx)		Dodatni zahtev za slučaj da je neophodno raspoznavanje lika	
	E_{SR} (lx) Pogonski minimum	E_{min} (lx) Pogonski minimum	E_v (lx) minimalna vertikalna	E_{cs} (lx) minimalna polucilindrična
P1	20	7,5	5	3
P2	10	3	3	2
P3	7,5	1,5	2,5	1,5
P4	5	1	1,5	1
P5	3	0,6	1	0,6
P6	1,5	0,2	0,6	0,2

Tabela 7. Svetlotehnički zahtevi za puteve sa pešačkim i biciklističkim saobraćajem

Kako bi se obezbedila dovoljno dobra ujednačenost osvetljenosti, srednja osvetljenost ne sme da prelazi 1,5 puta minimalnu vrednost osvetljenosti za navedenu klasu.

Dobra reprodukcija boja doprinosi boljem raspoznavanju lika.

INDIKATORI ENERGETSKIH PERFORMANSI PREMA SRPS EN 13201-5

Cilj ovog novog dela standarda je definisanje pokazatelja energetskog učinka u instalacijama osvetljenja puteva.

U tu svrhu, istovremeno se koriste dva pokazatelja:

- Indikator gustine snage D_p - (PDI) Power Density Indicator, i
- Indikator godišnje potrošnje energije D_E - (AECI) Annual Energy Consumption Indicator.

Osvetljenje 2016

Ovi indikatori se mogu koristiti za poređenje energetske karakteristike ponuđenih rešenja osvetljenja, kao i za poređenje efekata primene različitih tehnologija na istom putu. Ovakva vrsta poređenja se ne radi za puteve koji nemaju istu geometriju, ili na kojima su postignuti različiti zahtevi – klase osvetljenja.

Indikatori gustine snage (D_P) i godišnje potrošnje energije (D_E) se primenjuju na svim saobraćajnim oblastima na kojima se izračunavaju klase M, C i P.

Indikator gustine snage D_P se izračunava na osnovu formule:

$$D_P = \frac{P}{\sum_{i=1}^n (\overline{E}_i \cdot A_i)} = \frac{\text{Snaga (W)}}{\text{Osvetljenost (lux) x Površina (m}^2\text{)}} = \frac{W}{\text{lx x m}^2}$$

gde je:

D_P - indikator gustine snage ($W/\text{lx x m}^2$)

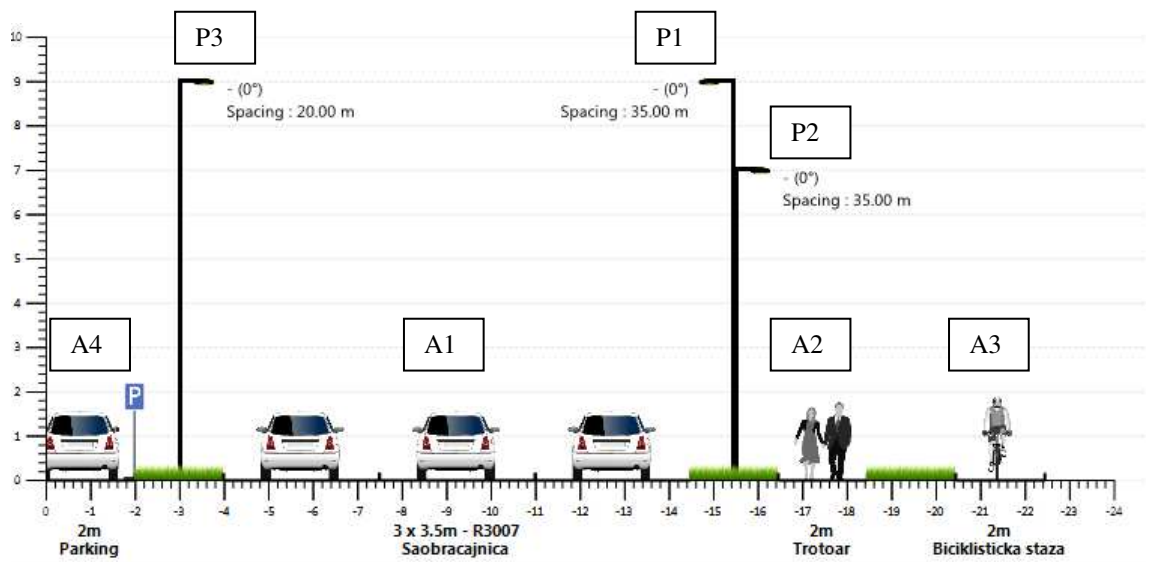
P - ukupna snaga instalacije osvetljenja koja se koristi za osvetljenje relevantne oblasti, uzimaju se u obzir gubici na balastima, kao i sva oprema koja se koristi za kontrolu osvetljenja (kontrolne jedinice u svetilkama, prekidači, foto-čelijske i sl) (W),

E_i - pogonska vrednost srednje horizontalne osvetljenosti određene podoblasti (lx),

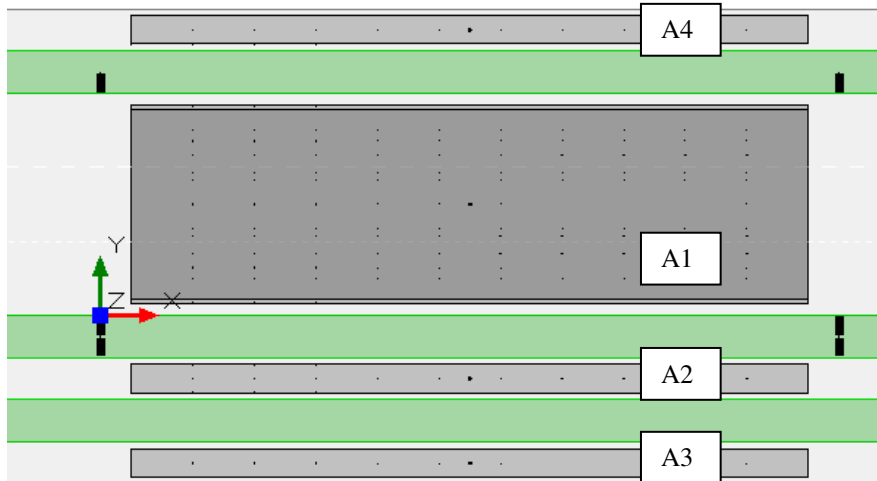
A - površina podoblasti (m^2)

n – broj podoblasti koje se osvetljavaju predmetnom instalacijom osvetljenja.

Primer površina za izračunavanje D_P na saobraćajnici sa kolovoznim, biciklističkim, pešačkim stazama i parkingom.



Šematski prikaz 2. Površine A1 do A4 u preseku merodavne za izračunavanje D_P



Šematski prikaz 3. Površine A1 do A4 u osnovi merodavne za izračunavanje D_p

Indikator godišnje potrošnje energije D_E se izračunava na osnovu formule:

$$D_E = \frac{\sum_{j=1}^m (P_j \cdot t_j)}{A} = \frac{\text{Snaga (W)} \times \text{Vreme rada (h)}}{\text{Površina (m}^2\text{)}} = \frac{Wh}{\text{m}^2}$$

gde je:

D_E - indikator godišnje potrošnje energije instalacije osvetljenja ($W \times h / m^2$)

P_j - ukupna radna snaga koja odgovara j-tom periodu rada (W)

t_j - vreme trajanja j-tog perioda u određenom profilu rada u kome se troši snaga P_j (h),

A - površina osvetljenog prostora (m^2)

m – broj perioda sa različitom radnom snagom P_j .

Ukoliko je planirano da svetlosni fluks izvora bude konstantan tokom eksploatacije, a potrošnja energije varira tokom perioda eksploatacije (na primer ukoliko se koriste drajveri sa CLO funkcijom – Constant Light Output), srednja potrošnja energije tokom očekivanog životnog veka mora biti uzeta u obzir u proračunima.

Za procenu energetskih karakteristika instalacija osvetljenja indikator godišnje potrošnje energije D_E se uvek prikazuje i koristi zajedno sa indikatorom gustine snage D_p .

ZAKLJUČCI

- Za klasifikaciju i izbor klase osvetljenja ponuđena je težinska metodologija koja se oslanja na metodologiju datu u preporuci CIE 115, pri čemu su parametri koji utiču na izbor klase detaljnije opisani.
- Zahtevi klase su usaglašeni sa zahtevima M, C i P klase prema CIE 115 preporuci. Ukinute su ME klase i potklase, S klase su zamenjene P klasama.
- Promenjena su pravila i metodologija proračuna određenih parametara, kao na primer relativni porast praga fiziološkog blještanja f_{TI} i odnos ivičnih osvetljenosti R_{EI} .
- U novom delu 5 definisan je način proračuna pokazatelja energetske performansi, koji se mogu koristiti za poređenje instalacija osvetljenja.

LITERATURA:

1. SRPS EN13201, 2016 – Deo 1 do 5: Osvetljenje puteva
2. EN13201, 2004 – Deo 1 do 4: Osvetljenje puteva
3. CIE N°115 – Lighting of roads for motor and pedestrian traffic, 2010