

8 Osvětlování venkovních prostorů

(Kapitola č. 8)



Studijní cíle

- Stanovení minimálních požadavků na umělé osvětlení venkovních prostorů podle druhu činnosti, místa činnosti a prostoru.
- Důležité pojmy používané v souvislosti s venkovními prostory.
- Návrh osvětlovací soustavy venkovního osvětlení, řízení a regulace osvětlení.



Klíčová slova

Veřejné osvětlení a jeho základní prvky, zatřídění komunikace, návrh veřejného osvětlení, stupeň osvětlení.



Čas potřebný ke studiu

80 minut



Text k prostudování

8.1 Úvod

Venkovní osvětlení má za úkol umožnit uživatelům venkovních prostorů pracovat a pohybovat se po venkovních komunikacích s prostranstvích. K hlavním požadavkům světelně technického návrhu osvětlovací soustavy venkovního prostoru patří hladina osvětlenosti a jasu, rovnoměrnost osvětlenosti a jasu, stupeň zábrany oslnění, volba světelných zdrojů a svítidel, geometrické parametry osvětlovací soustavy, tzn. závěsná výška svítidel, rozteče světelných míst a technicko-ekonomické zhodnocení návrhu osvětlovací soustavy.

8.2 Základní požadavky na návrh osvětlení

Tyto požadavky lze rozdělit na kvantitativní a kvalitativní. Základním kvantitativním požadavkem je návrh průměrné intenzity osvětlení srovnávací roviny, což bývá zpravidla horizontální rovina. V některých případech (sportoviště) to může být i rovina vertikální.

U komunikací se hodnotí hlavně jasy, tzn. že jsou předepsány časově minimální hodnoty jasu, které nesmí v průběhu provozu poklesnout pod tyto hodnoty.

Kvalitativní požadavky jsou zde rovnoměrnost osvětlení nebo jasu a omezení oslnění, kde se využívá třech základních způsobů hodnocení oslnění:

- pomocí úhlu clonění jako u vnitřních prostorů
- fyziologické metody založené na ekvivalentním závojevém jasu
- psychologické metody oslnění založené na supích subjektivních hodnocení velké skupiny pozorovatelů

Poslední způsob nejlépe vystihuje skutečné procesy při oslnění, ale současné metody na základě nedostatečné znalosti podstaty těchto procesů jsou nedokonalé a mají omezenou platnost.

Kvalitativním parametrem jsou rovněž nároky na barevné podání, které jsou zpravidla malé ($R_a = 20$) a jen v případě televizního přenosu se požaduje ($R_a = 80$).

8.3 Návrh osvětlovacích soustav venkovního osvětlení

Základní druhy osvětlovacích soustav venkovního osvětlení jsou tyto:

- osvětlení venkovních pracovišť s aktivní nebo kontrolní činností
- osvětlení v dopravě pro pěší, motorovou, kolejovou, lodní a leteckou dopravu
- osvětlení bezpečnostní pro ochranu osob a majetku na veřejných prostranstvích, ostraha uzavřených objektů
- osvětlení sportovišť

Při návrhu venkovního osvětlení jsou nutné tyto informace:

- popis prostoru, tzn. půdorysné uspořádání osvětlovací plochy, rozmístění technologie budov, údaje o světelně technických vlastnostech povrchu, prašnost, výskyt mlhy atd.
- druh a intenzita činnosti, tzn. účel pro který je soustava budována z důvodů stanovení intenzit osvětlení
- údaje o okolí, tzn. nutno vzít v úvahu působení osvětlovací soustavy na okolí, zejména z hlediska oslnění
- další požadavky např. na podání barev atd.

8.4 Druhy osvětlovacích soustav

Osvětlovací soustavy venkovního osvětlení se dělí na soustavy se svítidly a soustavy se světlomety.

Osvětlovací soustavy se svítidly (decentralizované) se vyznačují velkým počtem světelných míst rozmístěných pravidelně po osvětlované ploše. Každé svítidlo má vlastní nosný systém a je osazeno zpravidla jedním svítidlem. Svítidla jsou jednotně orientována a jejich optická osa je většinou ve svislé poloze.

Světlometné soustavy (centralizované) jsou tvořeny malým počtem světelných míst s více světlomety různě orientovanými. Nosné systémy tvoří vysoké stožáry nebo věže vybavené obslužnými lávkami.

Příklad prvního typu soustav jsou komunikace, příklad druhého typu mohou být sportovní stadióny.

8.5 Volba světelného zdroje

Parametry světelných zdrojů jsou uvedeny v kapitole 3. Jejich použití pro venkovní osvětlení lze shrnout:

- žárovky vzhledem k malému měrnému výkonu a krátkému životu se používají jen pro nouzové osvětlení a tam, kde probíhá krátkodobá činnost s častým vypínáním
- zářivky se vzhledem k jejich teplotní závislosti svět. toku nepoužívají
- vysokotlaké rtuťové výbojky se hodí všude, kde jsou průměrné požadavky na podání barev, jsou provozně nejspolehlivější
- vysokotlaké halogenidové výbojky se odí vzhledem k vysokému měrnému výkonu, velkému světelnému toku a dobrému podání barev pro osvětlování světlometů (hlavně sportoviště)
- vysokotlaké sodíkové výbojky vyhovují všem běžným požadavkům (kromě podání barev) pro osvětlení venkovních prostorů, protože jsou energeticky nenáročné a ekonomicky výhodné

8.6 Volba svítidla (světlometu)

Volba svítidla vychází z hlediska jeho funkčních znalostí, které jsou u svítidel dvě:

- účinné využití světelného toku zdroje ve svítidle v daném prostoru a zajištění jeho správného prostorového rozložení při současném clonění vysokých jasů světelného zdroje. Jedná se tedy o rozložení svítivosti, úhel clonění a účinnost svítidla. U světlometů se uvádí ještě divergence, která charakterizuje strmost křivky svítivosti.
- ochrana zdroje, a to hlavně optického systému, popřípadě předřadných přístrojů proti nepříznivému působení okolního prostředí, to znamená dešti, prachu, agresivním prachu a plynům, a proti mechanickému poškození. Patří zde i ochrana proti nebezpečnému dotyku s živými a neživými částmi.

Jelikož jsou některé požadavky protichůdné, jako např. vysoký úhel clonění a zvýšený stupeň krytí snižují účinnost, je výsledný návrh vždy kompromisní.

Zvýšenou pozornost je třeba věnovat krytí v prostředcích s exhalacemi. U otevřených svítidel sice podléhají opticky činné části rychle korozi, avšak nedochází u nich k zašpinění krytů prachem nebo hmyzem. Použije-li se uzavřené svítidlo, tak v krytí nejvhodněji IP54. Výrobci svítidel uvádějí pro usnadnění výběru hlavní účel svítidla.

8.7 Veřejné osvětlení

8.7.1 Členění osvětlení

Pod pojmem "veřejné osvětlení" se obecně rozumí:

- osvětlení vnitřních částí měst a obcí
- osvětlení vnějších částí měst a obcí
- osvětlení parků
- osvětlení silnic, dálnic a vozovek se silnou dopravou
- osvětlení podjezdů a podchodů
- osvětlení tunelů
- osvětlení odstavných ploch (parkovišť apod.)
- slavnostní osvětlení (osvětlování významných budov, uměleckých děl, památek atd.).

Moderní urbanistické řešení vyžaduje další členění na:

- osvětlení sídlišť
- osvětlení obchodních čtvrtí nebo částí měst vyhrazených jen pro chodce (pěší zóny, pěší centrální oblasti měst)
- osvětlení základního komunikačního systému měst, mimoúrovňových křižovatek.

Každý z těchto druhů osvětlení je charakterizován účelem, kterého se osvětlením dosáhnout. Historicky nejstarším je činitel bezpečnosti. Již od středověku měli majitelé důležitých budov za povinnost opatřit fasády budov pochodněmi nebo jinými osvětlovacími prostředky a také toto osvětlení udržovat.

Rozvojem plynového a později elektrického osvětlení přibyl další sociální prvek, než je jen prostá bezpečnost osob a majetku, význam osvětlení pro zlepšení vzhledu města.

Vývoj rychlých dopravních prostředků, zejména osobních automobilů a jejich masový rozvoj i u nás, si vynucuje zásadní zlepšení všech činitelů vázaných na vozovku a její okolí.

8.7.2 Základní prvky veřejného osvětlení

Veřejné osvětlení je mnohaprvkový provozní soubor, který lze rozdělit do tří zásadních částí:

- osvětlovací systém
- napájecí systém
- ovládací (řídící) systém

Osvětlovací systém

V tomto členění zahrnuje světelné zdroje, svítidla, nosné a podpěrné prvky (stožáry, výložníky, převěsy)

Světelné zdroje

Dominantní postavení ve světelných zdrojích pro veřejné osvětlení měst a obcí představují vysokotlaké sodíkové výbojky o výkonech 50, 70, 100, 150, 250, 400 W. V některých vyspělých státech, kde již bylo přikročeno i k osvětlování celistvých úseků dálnic a silnic s výlučně motoristickým provozem i vysoce výkonné nízkotlaké sodíkové výbojky. Pro správce je rozhodující posouzení velikosti světelného výkonu na instalovaný watt a život zdroje.

Svítlidla

Je nutná odborná orientace správce v nepřeberném množství typů a druhů svítidel nejrozličnějších výrobců a dovozců. Kriteriem musí být především fotometrická účinnost (podíl světelného toku dopadajícího na vozovku a celkového světelného toku emitovaného zdrojem světla), stupeň krytí světelně-činné (optické) části svítidla (nutno požadovat IP 65, s uzavřenou optikou a výměnami zdrojů do objímky v bajonetovém uzávěru s filtrem, který umožňuje tzv. "dýchání" svítidel bez nasávání atmosférických nečistot, zabraňuje svým provedením zásahu "lidského faktoru" při údržbě - např. vypadnutí těsnicí gumy - s následným znečištěním světelně-činné části hmyzem a spadem. Dalším kriteriem musí být kvalita předřadníku (tlumivka, zapalovač, odrušení, kompenzace)

Nosné a podpěrné prvky

V podstatě rozhodují o životnosti celého zařízení, proto je nutné vyžadovat atest výrobce. Je nutno používat výhradně stožáry se zesílenou ochrannou manžetou v místě vetknutí do země, případně stožáry přírubové, stožáry s nejdokonalejší povrchovou úpravou (nejlépe vnější i vnitřní žárové pokovení). Důležité je i správné provedení základu stožáru a vstupu kabelového napájení do něj.

Napájecí systém

Tvoří elektrický rozvod z napájecích rozváděčů, přičemž již hlavní přívodní kabel z distribuční transformovny rozvodných závodů je v majetku a správě VO. Rozvody zapínacích rozváděčů se v místech nejkratšího přiblížení větví propojují tzv. havarijní smyčkou - t.j. nezapojený kabel zaústěný do stožárových rozvodnic nejbližších sousedních stožárů různých zapínacích bodů. Problémem napájecího systému VO je možné přepětí v síti (zejména v noční době při odlehčení zatížení energetické sítě), které výrazně zkracuje život světelných zdrojů. Proto je v poslední době dán důraz na doplňování napájecího systému VO stabilizátory a současně napěťovými regulátory. Při jejich výběru hraje hlavní roli pořizovací ceny, spolehlivost, poměr výkonu regulátoru a skutečného rovnoměrně rozloženého instalovaného příkonu zapínacího rozváděče.

Ovládací systém

Má zajistit spolehlivé zapínání a vypínání podle spínacího kalendáře VO, případně regulaci a zpětnou kontrolu stavu (svítí - nesvítí), nejlépe z jednoho místa. Ovládání je zpravidla provedeno:

- samostatnými ovládacími kabely od hlavního zapínacího místa
- kaskádní spojením (zapnuté VO od posledního stožárů zapíná další rozváděč)
- systémem HDO
- časovými spínači (hodinami - méně vhodné, časté přestavování, velká tolerance časů)
- fotoelektrickým spínačem (při dobrém seřízení - vhodnější než spínací hodiny)
- ručním zapínáním a vypínáním (neužívá se v praxi)

8.7.3 Veřejné osvětlení z hlediska ČSN norem

Problematika veřejného osvětlení je svým způsobem řešena v těchto českých normách a předpisech:

- ČSN 36 0051 Osvětlování povrchových dolů pro těžbu nerostných surovin
- ČSN 36 0061 Osvětlení železničních prostranství
- ČSN 36 0088 Osvětlování v zemědělských závodech
- ČSN 36 0400 Veřejné osvětlení
- ČSN 36 0410 Osvětlení místních komunikací
- ČSN 36 0411 Osvětlení silnic a dálnic
- ČSN 36 0451 Umělé osvětlení průmyslových prostorů.

8.8 Návrh veřejného osvětlení

8.8.1 Základní požadavky

Návrh veřejného osvětlení obsahuje tyto body:

- 1) zatřídění komunikace
- 2) přiřazení stupně osvětlení dané komunikaci
- 3) volba vhodného světelného zdroje a svítidla
- 4) návrh geometrických parametrů soustavy
- 5) kontrolní výpočet dosahované úrovně a kvality osvětlení
- 6) zpracování odpovídající dokumentace

8.8.2 Zatřídění komunikace

Pro stanovení potřebné osvětlenosti respektive jasů je třeba nejprve provést zatřídění podle tab. 8.1 normy ČSN 73 6110.

Tab. 8.1 Zatřídění komunikací

Třída	Charakteristika použití	Poloha v sídelním útvaru	Provoz
A1	rychlostní komunikace ve městech nad 250 tisíc obyvatel, průtah dálnic a rychlostních silnic ve městech nad 100 tisíc obyvatel, vazba na dálnice a rychlostní silnice	na hranici vyšších urbanistických celků	vyloučení přímého styku s okolním územím
A2	rychlostní komunikace ve městech nad 50 tisíc obyvatel, průtah rychlostních silnic ve městech nad 200 tisíc obyvatel, vazba na dálnice a rychlostní silnice	na hranici vyšších urbanistických celků	omezení přímého styku s okolním územím
B1	sběrné komunikace ve městech nad 20 tisíc obyvatel, průtah ve městech a střediskových obcích navazující na silnice I. a II. třídy	na hranici nižších územních útvarů	převážně dopravní význam, důraz na rychlost a omezení přímé obsluhy
B2	sběrné komunikace nižších obytných útvarů pro jejich obsluhu a průtahy silnic III. třídy nebo na ně navazující	mezi nižšími obytnými útvary	dopravní význam s částečnou přímou obsluhou
C1	městské třídy převážně společenského významu ve stávající zástavbě	obslužné osy městských útvarů	umožnění přímé obsluhy všech objektů
C2	obslužné komunikace doplňující spojení sběrných komunikací ve stávající a nové zástavbě	mezi nižšími obytnými útvary nebo uvnitř nich	umožnění přímé obsluhy všech objektů
C3	obslužné komunikace zpřístupňující objekty a území, ukončené někdy i slepě	uvnitř obytných útvarů	dtto
D1	pěší zóny	v historických a obchodních centrech	za stanovených podmínek dovolena obslužná doprava, pěší ulice s vyloučením veškeré motorové dopravy
D2	cyklistické stezky, pruhy a pásy pro cyklistický provoz	neomezená	vyloučení nebo oddělení veškeré motorové dopravy
D3	stezky pro pěší, chodníky, průchody	dtto	dtto

Zatřídění komunikací je třeba konzultovat s referátem dopravy příslušného orgánu správa (okresní, krajský nebo obecní úřad), popřípadě se stavebním úřadem. Po zatřídění komunikací již lze stanovit požadavky na osvětlení komunikace podle tabulek č. 8.2 (8.3) norem ČSN 36 0410 Osvětlení místních komunikací a ČSN 36 0411 Osvětlení silnic a dálnic, a to podle Změny č. 1 obou norem platných od 1.5.1992 (Tab. 8.2, Tab. 8.3).

8.8.3 Přiřazení stupně osvětlení

Zatřídění silničních a dálničních komunikací je provedeno dle ČSN 360411:

Tab. 8.2 Základní světelně technické požadavky na osvětlení silnic a dálnic

Stupeň osvětlení	Komunikace funkční třídy	Jas povrchu L_p (cd.m ⁻²)	Celková rovnoměrnost $L_{min} : L_p$ ($E_{min} : E_p$)	Podélná rovnoměrnost $L_{min} : L_{max}$ (hodnoty doporučené)	Stupeň oslnění
I	zvlášť nebezpečné úseky silniční komunikace	1,6	1 : 2,5	1 : 1,4	1
II	dálnice a silnice I.třídy	0,8	1 : 2,5	1 : 1,4	1

III	silnice II.třída	0,4	1 : 2,5	1 : 2	2
IV	silnice III. třídy	0,2	1 : 4	1 : 4	2

Zatřídění místních komunikací je provedeno dle ČSN 36 0410:

Tab. 8.3 Základní světelně technické požadavky na osvětlení místních komunikací

Stupeň osvětlení	Komunikace funkční třídy	Jas povrchu vozovky L_p (cd.m ⁻²)	Osvětlenost povrchu vozovky E_p (lx)	Celková rovnoměrnost $L_{\min} : L_p$ ($E_{\min} : E_p$)	Podélná rovnoměrnost $L_{\min} : L_{\max}$ (hodnoty doporučené)	Stupeň oslnění
I	A2-rychlostní směr. nerozdělené B1-sběrné C1-obslužné	1,6	-	1 : 2,5	1 : 1,4	1
II	A1-rychlostní A2-rychlostní směr. nerozdělené B2-sběrné směr. nerozdělené	0,8	-	1 : 2,5	1 : 1,4	1
III	B2-sběrné směr. nerozdělené C2-obslužné směr. nerozdělené	0,4	-	1 : 2,5	1 : 2	2
IV	C2-obslužné směr. nerozdělené C3-obslužné	-	4	(1 : 5)	-	2
V	D1-nemotoristické zklidněné kom. D2-nemotoristické cyklistické	-	2	(1 : 10)	-	-
VI	D3-nemotoristické pro pěší	-	0,1 (min. hodnota v ose kom.)	-	-	-

8.8.4 Oslnění a adaptační pásma

Oslněním se hodnotí dvojím způsobem:

- příslušný stupeň oslnění se stanoví podle omezení svítivosti použitých svítidel v rozsahu polorovin C0 až C15 a C165 až C180. Tento způsob hodnocení se používá ve většině případů
- stupeň oslnění se hodnotí podle relativního zvýšení prahu rozlišitelnosti k_r . V ČSN 36 0400, tab. 8.4 je uvedena maximální hodnota tohoto činitele. Toto hodnocení se používá ve zvláštních případech, např. osvětlení mimoúrovňových křižovatek za použití vysokých stožárů.

Tab. 8.4 Stupeň omezení oslnění na silničních komunikacích

Stupeň oslnění	Maximální svítivost v polorovinách C0 až C15 a C165 až C180 v úhlu		Relativní zvýšení prahu rozlišení k_r při	
	$\gamma = 90^\circ$	$\gamma = 180^\circ$	světlém okolí	tmavém okolí
1	10 cd na 1000 lm max. 500 cd	30 cd na 1000 lm max. 1000 cd	10%	10%
2	50 cd na 1000 lm max. 1000 cd	100 cd na 1000 lm max. 2000 cd	20%	20%

Adaptační pásma se zřizují na komunikacích, kde hlavním účelem veřejného osvětlení je osvětlení pro motorovou dopravu, jestliže rychlost pohybu vozidla je větší než 60 km/hod.

Norma stanovuje délky dílčích úseků adaptačních pásem i způsob jejich provádění, pro který platí tyto zásady:

- použití svítidel s menším příkonem, avšak se stejným typem světelných zdrojů
- prodloužení roztečí stožárů při zachování typu soustavy a závěsné výšky.

Adaptační pásmo zabezpečuje postupné snížení úrovně VO na hladinu průměrného jasu $0,2 \text{ cd.m}^{-2}$, při které již výjezd do tmy nečiní oku řidiče větší problémy.

Adaptační pásma ve městě – vjezdů a výjezdů k obchodním centrům:

Jasy rozdílně osvětlených úseků komunikace jsou v poměru větším než 1 : 10, investoři supermarketů požadují na výjezdě intenzitu osvětlení 100 lx, navazující komunikace je dimenzována na prům. osvětlenost 4 lx. Je nutno zvolit adaptační pásmo. Správce VO při schvalování PD výše uvedené stavby musí požadovat doložení výpočtu VO ve všech místech navazující komunikace na vjezd či výjezd parkoviště nové stavby obchodního centra.

8.8.5 Geometrie osvětlovací soustavy, stožáry

Rozdělení komunikací

- na směrově rozdělené a směrově nerozdělené
- na jednosměrné a obousměrné
- podle počtu dopravních pruhů na dvou, tří, čtyř a šestipruhé

Soustavy

- osová
- jednostranná
- vystřídaná
- párová

Stožáry, svítidla, světelné zdroje

Osvětlovací stožáry jsou typové. K závěsné délce stožáru je nutno navrhnout výložník, délka vyložení je normalizována dle ČSN 34 8340. Sklon výložníku je zpravidla vodorovný, max. úhel vyložení 4° , na toto vyložení jsou konstruována svítidla pro VO, jejich konstrukce zaručuje, že řidič nebude oslněn zdrojem při obvyklém směru pohledu. Nakloněním svítidla nedochází k podstatnému zvýšení rovnoměrnosti, klesá však průměrná intenzita osvětlení a zvyšuje se riziko oslnění. Volba svítidel a zdrojů viz kap. 2.3 a 2.4.

8.8.6 Kontrolní výpočet dosahované úrovně a kvality osvětlení

Není předepsána jednotná závazná metoda pro výpočet veřejného osvětlení. Kontrola parametrů se však provádí dle výpočetních metod přílohy ČSN 36 0400. Je nutné provést bodový výpočet kontrolního místa – plocha mezi dvěma světelnými místy. V příčném směru je dostačující provádět výpočet ve třech kontrolních bodech v každém jízdním pruhu. V podélném směru, při rozteči světelných míst do 50 m je dostačující provádět výpočet v 10 kontrolních bodech. Při rozteči větší než 50 m smí být rozteč kontrolních míst maximálně 5 m. Při předepsaném rozmístění kontrolních míst se průměrná počáteční hodnota intenzity osvětlení, případně jasu, určí jako aritmetický průměr hodnot v jednotlivých kontrolních bodech. Nutno tuto hodnotu upravit udržovacím činitelem.



Kontrolní otázky k teoretické části

- 1) Jak se hodnotí oslnění u venkovních prostorů? (2 body)
- 2) Čím je zpravidla ovládáno veřejné osvětlení? (2 body)
- 3) Jak dělíme komunikace a osvětlovací soustavy z hlediska geometrie? (2 body)



Kontrolní otázky k praktické části

- 1) Výpočet příspěvku jednoho svítidla (typ 444 15 15 s SHC 150 a udržovacím činitelem 0,6) pro určení průměrného jasů a osvětlenosti vozovky s povrchem cementový beton CB, viz obrázek.
(4 body)



Klíč k otázkám k teoretické části

Ad 1)

- pomocí úhlu clonění jako u vnitřních prostorů
- fyziologické metody založené na ekvivalentním závojevém jasu
- psychologické metody oslnění založené na supích subjektivních hodnocení velké skupiny porozovatelů

(2 body)

Ad 2)

- samostatnými ovládacími kabely od hlavního zapínacího místa
- kaskádní spojením (zapnuté VO od posledního stožárů zapíná další rozváděč)
- systémem HDO
- časovými spínači (hodinami - méně vhodné, časté přestavování, velká tolerance časů)
- fotoelektrickým spínačem (při dobrém seřízení - vhodnější než spínací hodiny)
- ručním zapínáním a vypínáním (neužívá se v praxi)

(2 body)

Ad 3)

Rozdělení komunikací

- na směrově rozdělené a směrově nerozdělené
- na jednosměrné a obousměrné
- podle počtu dopravních pruhů na dvou, tří, čtyř a šestipruhé

Soustavy

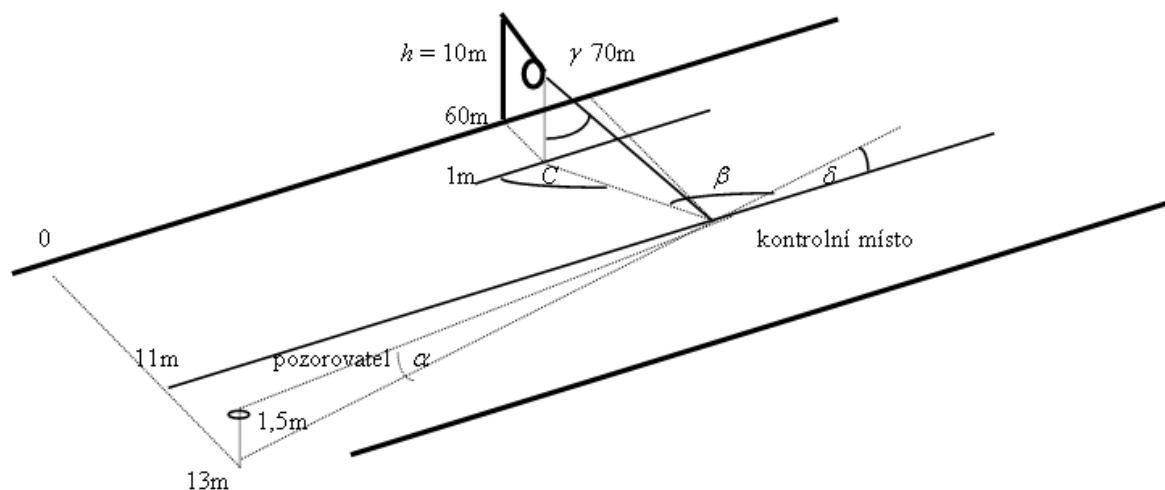
- osová
- jednostranná
- vystřídání
- párová

(2 body)



Klíč k otázkám k praktické části

Ad 1)



ČSN 360400 definuje polohu pozorovatele 60 m před polem kontrolních míst, v 1/4 šířky jízdního pásu zprava a ve výšce 1,5 m.

Průměrná hodnota horizontální osvětlenosti resp. jasů je průměrem hodnot v kontrolních místech.

Horizontální osvětlenost v kontrolním místě je dána součtem příspěvků všech svítidel, příspěvek od jednoho svítidla se určí:

$$E_i = \frac{I_i}{h^2} \cdot z \cdot \cos^3 \gamma \quad \text{a jas v kontrolním místě: } L_i = \frac{I_i}{h^2} \cdot z \cdot r_i(\beta, \text{tg} \gamma)$$

r_i - redukovaný součinitel jasů, $r_i = r \cdot 10^{-3} \cdot O_0$

r , O_0 jsou uvedeny v normě podle třídy normalizovaného klasifikačního systému

výpočet úhlů:

$$\gamma = \arctg \frac{\sqrt{(11-1)^2 + (70-60)^2}}{10} = 54,7^\circ \quad \text{tg } \gamma = 1,41$$

$$C = 180 - \arctg (70 - 60)/(11 - 1) = 135^\circ \quad \delta = \arctg (13 - 11)/70 = 1,6^\circ$$

$$\beta = C + \delta \cdot \text{sgn}(\text{kontrolní místo} - \text{pozorovatel}) = C - \delta = 133,4^\circ$$

příspěvek horizontální osvětlenosti:

z křivky svítivosti svítidla (13,5 klm) je $I(C, \gamma) = 134 \text{ cd / klm}$

$I(C, \gamma) = 134 \cdot 13,5 = 1809 \text{ cd}$, ve výpočtech bude udržovací činitel:

$$E = \frac{1809 \cdot 0,6}{100} \cdot \cos^3 54,7 = 2,1 \text{ lx}$$

příspěvek jasu:

pro CB povrch platí třída (Tab. 4, str. 21) CI normy a $r = 200$ (Tab. 1, str. 18) a $O_0 = 0,1$ (Tab. 3, str. 20)

$$L = \frac{1809 \cdot 0,6}{100} \cdot 0,2 \cdot 0,1 = 0,217 \text{ cd/m}^2$$

(4 body)