



**Česká metrologická společnost, z.s.**

**Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1**

tel/fax: 221 082 254

e-mail: [cms-zk@csvts.cz](mailto:cms-zk@csvts.cz)

[www.spolky-csvts.cz/cms](http://www.spolky-csvts.cz/cms)

**Metodika provozního měření**

**MPM 9.1.1/01/21**

**METODIKA MĚŘENÍ OSVĚTLENÍ POZEMNÍCH  
KOMUNIKACÍ ZOBRAZUJÍCÍM JASOMĚREM**

**Praha**

říjen 2021

**Vzorový metodický postup** byl zpracován a financován ÚNMZ v rámci Plánu standardizace – Program rozvoje metrologie 2021

Číslo úkolu: VII/3/21

**Zadavatel:** Česká republika – Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, organizační složka státu

**Řešitel:** Česká metrologická společnost, z.s.

© ÚNMZ, ČMS

**Neprodejné:** Metodika je volně k dispozici na stránkách ÚNMZ a ČMS. Nesmí však být dále komerčně šířena.

## 1 Předmět metodiky

Předmětem metodiky je provozní měření jasu u pozemních komunikací zobrazujícím jasoměrem ILMD (Imaging Luminance Measurement Devices). Provozní měření jasu se používá pro ověřování hodnot jasu u nově navržených osvětlovacích soustav (kolaudační měření), pro kontrolu jasu v průběhu užívání pozemní komunikace a pro porovnávání variantních řešení osvětlovacích soustav. V praxi se pro označení měřících přístrojů ILMD používají i další termíny, např. například jasová kamera, jasový analyzátor apod.

## 2 Související normy a metrologické předpisy

ČSN EN 12665	Světlo a osvětlení - Základní termíny a kritéria pro stanovení požadavků na osvětlení	[L1]
ČSN IEC 50 (845) ed.2	Mezinárodní elektrotechnický slovník (IEV) Kapitola 845 - Osvětlení	[L2]
ČSN 36 0011-1	Měření osvětlení prostorů - Část 1: Základní ustanovení	[L3]
ČSN 36 0011-4	Měření osvětlení prostorů - Část 4: Měření umělého osvětlení venkovních prostorů	[L4]
ČSN CEN/TR 13201-1	Osvětlení pozemních komunikací - Část 1: Návod pro výběr tříd osvětlení	[L5]
ČSN EN 13201-2	Osvětlení pozemních komunikací - Část 2: Požadavky	[L6]
ČSN EN 13201-3	Osvětlení pozemních komunikací - Část 3: Výpočet	[L7]
ČSN EN 13201-4	Osvětlení pozemních komunikací - Část 4: Metody měření	[L8]
TNI 01 0115	Mezinárodní metrologický slovník – Základní a všeobecné pojmy a přidružené termíny (VIM)	[L9]
TP 98	Technologické vybavení tunelů pozemních komunikací	[L10]
ISO/CIE 19476: 2014	Characterization of the performance of illuminance meters and luminance meters	[L11]
CIE 194:2011	On Site Measurement of the Photometric Properties of Road and Tunnel Lighting	[L12]
CIE 244:2021	Characterization of Imaging Luminance Measurement Devices (ILMDs)	[L13]
Vyhláška č.104/1997 Sb.	Vyhláška Ministerstva dopravy a spojů, kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích	[L14]
Zákon č.505/1990 Sb.	Zákon o metrologii	[L15]
Vyhláška č.345/2002 Sb.	Vyhláška Ministerstva průmyslu a obchodu, kterou se stanoví měřidla k povinnému ověřování a měřidla podléhající schválení typu	[L16]

### 3 Kvalifikace pracovníků provádějících měření

Kvalifikace pracovníků provádějících měření osvětlení pozemních komunikací pomocí ILMD je dána příslušným předpisem organizace. Tito pracovníci se seznámí s metodickým postupem upraveným na konkrétní podmínky daného pracoviště provádějícího měření a případnými (interními) souvisejícími předpisy.

Doporučuje se potvrzení odborné způsobilosti těchto pracovníků prokázat vhodným způsobem, například osvědčením o interním zaškolení, o absolvování odborného kurzu, nebo certifikátem odborné způsobilosti. Úroveň školení závisí na zařazení pracovníka a důležitosti prováděné měřicí operace.

### 4 Názvosloví, definice

Názvosloví a definice jsou obsaženy v příslušných normách [L1, L2] a v publikacích o metrologické terminologii [L9]. Pro účely tohoto dokumentu platí následující termíny a definice:

#### 4.1 Názvosloví související s osvětlovací soustavou

##### 4.1.1 průměrný jas povrchu pozemní komunikace (average road surface luminance)

$$\bar{L} \text{ (cd.m}^{-2}\text{)}$$

průměrná hodnota jasu povrchu pozemní komunikace v jízdním pásu

##### 4.1.2 rovnoměrnost jasu (uniformity)

$$U_0 \text{ (-)}$$

poměr minimálního a průměrného jasu povrchu pozemní komunikace

##### 4.1.3 podélná rovnoměrnost (longitudinal uniformity)

$$U_1 \text{ (-)}$$

nejnižší z hodnot podélných rovnoměrností stanovených pro každý jízdní pruh jízdního pásu jako poměr nejnižší a nejvyšší hodnoty jasu povrchu komunikace v podélné ose jízdního pruhu

##### 4.1.4 stárnutí (ageing)

doba provozu světelného zdroje nezbytná pro dosažení počátečních hodnot fotometrických a elektrických veličin

##### 4.1.5 doba stabilizace (stabilisation time)

doba provozu světelného zdroje potřebná pro dosažení stabilních hodnot fotometrických veličin a elektrického příkonu při konstantních napájecích podmínkách

##### 4.1.6 nejistota měření (measurement uncertainty)

nezáporný parametr charakterizující rozptýlení hodnot veličiny přiřazených k měřené

veličině na základě použité informace

#### 4.1.7 chyba měření (measurement error)

naměřená hodnota veličiny minus referenční hodnota veličiny

#### 4.1.8 zobrazující jasoměr (imaging luminance measurement device) ILMD

přístroj pro hodnocení jasu z průmětu části prostorově a úhlově rozlišeného rozložení jasu v určitém směru, který se skládá z maticového čidla, korekčního filtru  $V(\lambda)$ , objektivu, elektronických součástí, firmwaru a zobrazovací jednotky

Poznámka k heslu 1 Maticové čidlo může být např. CCD matice, CMOS matice apod. Elektronické součásti mohou zahrnovat např. analogově-digitální převodník, vzorkovací a udržovací obvod apod.

Poznámka k heslu 2 V odborné literatuře se pro popis tohoto zařízení používají různé termíny, např. vícekanálové měřidlo jasu, mapovač jasu, maticové měřidlo jasu, CCD měřidlo jasu, jasová kamera nebo jasový analyzátor

#### 4.1.9 ILMD typ I (ILMD type I)

ILMD s fotometrickou kalibrací (jas), u kterého každý pixel v jasovém zobrazení obsahuje pouze informace o jasu pozorované scény

Poznámka k heslu 1 Geometrická informace není pro vyhodnocení obrazu nutná ani vyžadována.

#### 4.1.10 ILMD typ II (ILMD type II)

ILMD s fotometrickou a geometrickou kalibrací (jas, směr, poloha, úhel), u kterého každý pixel v jasovém zobrazení obsahuje informaci o jasu pozorované scény a přidruženou informaci o směru, poloze a prostorovém úhlu pozorování

Poznámka k heslu 1 Pro tento typ ILMD je nutná fotometrická i geometrická kalibrace.

### 4.2 Charakteristiky ILMD

#### 4.2.1 počáteční nastavení (kalibrace) $f_{adj}$

charakteristika popisující absolutní hodnotu relativní odchylky údaje fotometru od odpovídající referenční hodnoty

#### 4.2.2 spektrální odchylka $V(\lambda) f_1$

charakteristika popisující odchylku poměrné spektrální odezvy fotometru od hodnot funkce  $V(\lambda)$

#### 4.2.3 UV odezva $f_{UV}$

charakteristika popisující odezvu fotometru na UV záření

**4.2.4 IR odezva  $f_{IR}$** 

charakteristika popisující odezvu fotometru na IR záření

**4.2.5 mez detekce  $f_{3,0}$** 

charakteristika popisující nejmenší naměřenou hodnotu, která udává signál odlišný od nuly

**4.2.6 linearita < ILMD, pro pevný rozsah měření >  $f_{3,1}$** 

charakteristika popisující odchylku od linearitu odezvy ILMD s ohledem na jas měřený při různých úrovních bez změny měřicího rozsahu ILMD

**4.2.7 linearita < ILMD, při změnách rozsahu měření >  $f_{3,2}$** 

charakteristik popisující odchylku od linearitu odezvy ILMD při jedné úrovni jasu při změně zatížení analogově-digitálního převodníku

**4.2.8 teplotní závislost  $f_{6,T}$** 

charakteristika popisující vliv teploty okolí na odezvu fotometru při teplotě okolí odlišné od teploty při kalibraci

**4.2.9 modulovaného světla  $f_7$** 

charakteristika popisující vliv modulovaného světla o různých frekvencích při srovnání s odezvou v podmínkách konstantního jasu

**4.2.10 polarizační odezva  $f_8$** 

charakteristika popisující vliv polarizovaného světla na odezvu fotometru

**4.2.11 změna rozsahu  $f_{11}$** 

charakteristika popisující vliv nastavení rozsahu zobrazovacích jednotek nebo zesilovačů

**4.2.12 zaostřovací vzdálenosti  $f_{12}$** 

charakteristika popisující vliv odchylek zkušební vzdálenosti od vzdálenosti zaostření ILMD

**4.2.13 rovnoměrnost odezvy pro ploché pole  $f_{21}$** 

charakteristika popisující prostorovou a směrovou rovnoměrnost odezvy ILMD pro měření velkých ploch, které pokrývají celé měřicí pole

**4.2.14 rovnoměrnost odezvy pro body  $f_{22}$** 

charakteristika popisující prostorovou a směrovou rovnoměrnost citlivosti ILMD pro měření malých světelných ploch (bodů) vzhledem k měřicímu poli

**4.2.15 vliv okolního pole  $f_{23}$** 

charakteristika popisující vliv jasu okolí vně měřicího pole IMLD, který je výsledkem rozptýleného světla uvnitř ILMD

**4.2.16 vliv parazitního světla na záporný kontrast  $f_{24}$** 

charakteristika popisující vliv rozptýleného světla pocházejícího z měřicího pole při měření tmavých oblastí obklopených jasnými oblastmi

**4.2.17 funkce hrany  $f_{25}$** 

charakteristika popisující měření jasu při skokových funkcích jasu

**4.2.18 vliv rozmazání  $f_{26}$** 

charakteristika popisující vliv rozmazání

**4.2.19 opakovatelnost závěrky  $f_{24}$** 

charakteristika popisující opakovatelnost realizace integračního času systému závěrky

**4.2.20 opakovatelnost clony  $f_{28}$** 

charakteristika popisující opakovatelnost nastavení clony

**4.2.21 účinek velikosti zdroje  $f_{29}$** 

charakteristika popisující účinek velikosti zdroje měřicího systému, který souvisí s rozptýleným světlem uvnitř ILMD.

## 5 Měřidla a pomocná měřicí zařízení

Pro provozní měření jasu pozemních komunikací lze jako hlavní měřidlo použít ILMD spolu s vyhodnocovacím programem. Vyhodnocovací program z naměřených hodnot jasu scény určí jasy v kontrolních bodech a vypočítá průměrné hodnoty jasů a celkové a minimální rovnoměrnosti osvětlení. Při měření jasu se pro ověření podmínek měření, pro vytyčení poloh kontrolních bodů a pro mechanické upevnění ILMD v těchto bodech používají pomocné měřicí přístroje a pomůcky. Měřidla je nutné používat s příslušenstvím dodaným nebo doporučeným výrobcem měřidla.

### 5.1 Hlavní měřidlo

- Měřicí přístroje ILMD se v soustavách venkovního osvětlení používají pro měření jasu pozemních komunikací jako náhrada měření bodovými jasoměry.
- Pro provozní měření jasu pozemní komunikace musí mít měřicí přístroje ILMD platnou kalibraci provedenou akreditovanou laboratoří.
- U měřidel ILMD pro měření jasu pozemních komunikací se vedle fotometrické kalibrace provádí i kalibrace geometrická.
- Lhůta kalibrace ILMD pro provozní měření je 2 roky, pokud nejsou vyšším právním předpisem, vnitřním předpisem nebo laboratoří provádějící kalibraci požadovány lhůty kratší.
- Některé typy ILMD umožňují snadnou změnu nastavení optického systému (změna ohniskové vzdálenosti, ohniska, clony, objektivy a filtry). Obecně platí, že charakteristiky a jejich hodnoty popisující ILMD jsou platné pouze pro

velmi specifické nastavení (ohnisková vzdálenost, ohnisko, clona atd.), které musí být uvedeno spolu s rozšířenou nejistotou ILMD výrobcem nebo laboratoří, provádějící kalibraci.

- Minimální úhlová velikost, ve které se vyhodnocuje jas v jednotlivých kontrolních bodech je 1'. Maximální úhlová velikost je 20'v horizontální rovině a 2' ve vertikální rovině [L8].
- Charakteristiky bodových jasoměrů pro měření jasu pozemních komunikací jsou uvedeny v dokumentu ISO/CIE [L11]. Charakteristiky zobrazujících jasoměrů jsou uvedeny v dokumentu CIE [L13].
- Měření i vyhodnocování měření se u ILMD liší od standardních bodových jasoměrů a tyto rozdíly je třeba zohlednit při popisu jejich vlastností (viz 4.2).
- Měření i vyhodnocování měření u ILMD se provádí s využitím softwaru. Transformace z fyzikálních signálů na hodnoty jasu je složitý proces využívající algoritmy pro zpracování a kompresi obrazu.
- Měřidla ILMD obsahují velký počet čidel (pixelů). Každé z čidel má vlastní hodnoty jednotlivých charakteristik.
- Vzhledem ke složitosti měřidel ILMD dané počtem čidel i způsobem vyhodnocování naměřených hodnot nelze, jako v případě bodových jasoměrů, z dílčích charakteristik ILMD stanovit, pro konkrétní měřicí úlohu, nejistotu měření. Nicméně obecně platí, že přístroje s menšími hodnotami  $f_x$  dosahují ve většině případů menších nejistot měření než přístroje s většími hodnotami  $f_x$ .
- Nejistoty měřidel ILMD uvádějí fotometrické laboratoře při jejich kalibraci zpravidla jako jednu hodnotu (příp. více hodnotami) ve formě rozšířené nejistoty  $U$ .

## 5.2 Pomocná měřidla a pomůcky

- Voltmetry se používají pro měření napájecího napětí světelného obvodu.
- Teploměry se používají pro měření teploty okolního prostředí.
- Měřidla vzdálenosti (laserové nebo mechanické) se používají pro vytyčení pole kontrolních bodů.
- Stativy se používají pro nastavení polohy a orientace ILMD v kontrolním bodě.

## 6 Obecné podmínky měření – veličiny ovlivňující výsledky měření

- Jasy pozemních komunikací se měří na rovných úsecích pozemních komunikací (bez zatáčení, klesání nebo stoupání).
- Jasy pozemních komunikací lze měřit pouze při klimatických podmínkách, které neovlivňují měření (sníh, déšť, mlha, vítr).
- Jasy pozemních komunikací lze měřit pouze na pozemních komunikacích s povrchy, které mají stabilizované činitele odrazu (více než tři roky provozu).
- Umělé osvětlení pozemních komunikací se vzhledem k relativní stálosti parametrů měří v absolutních hodnotách jasu  $L$  ( $\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$ ). Hodnoty jasu může ovlivňovat řada vnějších faktorů (teplota, napájecí napětí apod.). Proto je třeba podmínky měření zaznamenat a případně zohlednit při vyhodnocování naměřených hodnot.



- Hodnoty jasu pozemní komunikace ovlivňuje stav světelných zdrojů. U nových světelných zdrojů dochází na začátku jejich provozu k významným změnám fotometrických a elektrických veličin. Z tohoto důvodu je třeba nechat světelné zdroje po předepsanou dobu v provozu (tzv. stárnutí). Po této době dosáhnou fotometrické a elektrické veličiny světelných zdrojů svých počátečních hodnot.
- Při zapnutí světelných zdrojů trvá určitou dobu než se fotometrické a elektrické parametry ustálí. Z tohoto důvodu je třeba nechat osvětlovací soustavu před začátkem měření po předepsanou dobu zapnutou (doba stabilizace). Po této době dosáhnou světelné zdroje při konstantních napájecích podmínkách stabilních hodnot fotometrických veličin a elektrického příkonu.
- V průběhu provozu dochází ke stárnutí osvětlovací soustavy a poklesu světelného toku. Před měřením je vhodné získat informace o stavu údržby a stáří osvětlovací soustavy.
- Světelný tok některých typů světelných zdrojů je závislý na teplotě okolí. Z tohoto důvodu je třeba teplotu prostředí zaznamenat, a pokud je vliv teploty významný je třeba provést korekci naměřených hodnot na teplotu.
- Světelný tok některých typů světelných zdrojů je závislý na napájecím napětí. Z tohoto důvodu je třeba zaznamenat napájecí napětí, a pokud je vliv napětí významný je třeba provést korekci naměřených hodnot na napětí. U světelných zdrojů připojených na napájecí síť přes elektronické předřadné přístroje je vliv změn napájecího napětí, vzhledem ke stabilizaci napětí předřadným přístrojem, zpravidla zanedbatelný.

## 7 Metrologické meze využití metody měření

Jas  $L$  je světelně technická veličina, která se v praxi používá pro vyjádření kvantitativních požadavků na osvětlení a její jednotkou je kandela na metr čtvereční ( $\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$ ). Požadované hodnoty jasu závisí na typu komunikace, charakteristikách dopravy a okolního prostředí, na geometrickém uspořádání pozemní komunikace a jsou uvedeny v technické normě [L6].

Metodika provozního měření jasu pozemních komunikací slouží pro terénní měření, není určena pro měření laboratorní. Jas povrchu pozemní komunikace závisí na velikosti dopadajícího světelného toku a na optických vlastnostech povrchu vozovky, které se mění v průběhu provozu a které jsou ovlivněny klimatickými podmínkami. Terénní měření jasu pozemních komunikací se provádí pouze u starších komunikací za příznivých klimatických podmínek. U pozemních komunikací s novými povrchy (méně než 3 roky) se měření jasu neprovádí a nahrazuje se měřením osvětlenosti [L8]. Při nevhodných klimatických podmínkách (děšť, sníh, mlha) se měření osvětlení pozemní komunikace neprovádí. Hodnoty jasu pozemních komunikací se pohybují v rozmezí od desetin do jednotek kandel na metr čtvereční.

Pro provozní měření jasu je třeba používat ILMĐ s rozsahem odpovídajícím minimálně mezím hodnotám jasů. Odhad rozšířené nejistoty u provozního měření jasu je v rozsahu  $8\% < U \leq 14\%$ .

## 8 Kontrola měřidla před použitím a příprava na měření

Před zahájením vlastního provozního měření jasu je třeba provést přípravu.

### 8.1 Shromáždění informací o měřené pozemní komunikaci nebo prostoru

- Geometrie pozemní komunikace (výkresová dokumentace, situace, řezy),
- projektová dokumentace silnoproudých rozvodů s rozmístěním svítidel,
- projekt umělého osvětlení,
- účel měřené pozemní komunikace,
- informace o typu osvětlovací soustavy,
- informace o svítidlech, světelných zdrojích a předřadných přístrojích,
- informace o ovládání a řízení osvětlovací soustavy,
- informace o stáří a údržbě osvětlovací soustavy (harmonogram údržby).
- informace o provozním stavu soustavy (nesvítící sv. zdroje).

### 8.2 Definování kontrolních bodů a polohy pozorovatele

Na základě informací o měřeném prostoru se stanoví srovnávací roviny se sítěmi kontrolních bodů. Polohy srovnávacích referenčních rovin se převezmou z projektu umělého osvětlení (pokud je k dispozici) nebo se určí podle následujících pravidel:

- orientace srovnávací roviny je vodorovná,
- výška srovnávací roviny u pozemních komunikací je v úrovni vozovky, tj. 0,00 m,
- kontrolní body se rozmísťují v pravidelné pravoúhlé síti na celé srovnávací rovině do středu dílčích ploch, které ji pokrývají. Pravidla pro stanovení kontrolních poloh jsou uvedena v technické normě [L7].

Délka srovnávací roviny odpovídá vzdálenosti mezi dvěma světelnými místy a šířka srovnávací roviny odpovídá šířce jízdního pásu. Rozteč kontrolních bodů v podélném směru pozemní komunikace se stanoví ze vzorce:

$$D = \frac{S}{N} \quad (\text{m}) \quad (1)$$

kde je:  $D$  rozteč kontrolních bodů v podélném směru (m);  
 $S$  rozteč mezi světelnými místy (svítidly) (m);  
 $N$  počet kontrolních bodů v podélném směru, pro který platí:  
pro  $S \leq 30$  m,  $N = 10$ ;  
pro  $S > 30$  m, nejmenší celé číslo, pro které platí  $D \leq 3$  m.

Rozteč kontrolních bodů v příčném směru pozemní komunikace se určí ze vzorce:

$$d = \frac{W_L}{3} \quad (m) \quad (2)$$

kde je:  $d$  rozteč kontrolních bodů v příčném směru (m);  
 $W_L$  šířka jízdního pruhu (m).

Při měření jasu pozemní komunikace je pozorovatel ve vzdálenosti 60 m před začátkem srovnávací roviny ve výšce 1,5 m nad vozovkou. V příčném směru se pozorovatel umísťuje postupně do středu každého jízdního pruhu. Pro měření jasu se volí rovný úsek pozemní komunikace (bez zatáčení, stoupání nebo klesání). Při měření pomocí ILMD typu II jsou kontrolní body stanoveny obslužným programem.

### 8.3 Příprava osvětlovací soustavy

- Před měřením je třeba nechat světelné zdroje v provozu po stanovenou dobu (tzv. stárnutí), aby dosáhly počátečních hodnot fotometrických a elektrických veličin. Doba stárnutí u výbojek je 100 hodin, u LED modulů pro všeobecné osvětlování 0 hodin, pokud výrobce neuvede jinak.
- Před vlastním měřením je třeba, světelné zdroje, které již dosáhly doby stárnutí, nechat v provozu, aby došlo ke stabilizaci jejich fotometrických veličin a elektrického příkonu. Přitom je třeba zajistit konstantní napájecí podmínky. Za stabilizovaný se světelný tok považuje tehdy, pokud měřená hodnota jasu při měřeních s odstupem několika minut třikrát po sobě nevykazuje výrazné změny. U výbojových zdrojů a jiných zdrojů s luminoforem se považuje za minimální dobu stabilizace světelného toku 20 minut. U uzavřených svítidel může být tato doba delší.
- V případě, že je osvětlovací soustava ovládána a řízena řídicím systémem osvětlení provede se kontrola a nastavení řídicího systému na požadovanou úroveň.
- Při měření je třeba vyloučit vliv denního osvětlení (měřením po setmění) i světla parazitních světelných zdrojů, které by ovlivnily měření (reklamy, světlometry automobilů apod.).

### 8.4 Příprava měřicího přístroje

- Před měřením je vhodné ILMD teplotně stabilizovat v souladu s pokyny výrobce.
- Před měřením se provede kontrola baterií a stavu jejich nabití.

## 9 Postup měření

Vlastní provozní měření jasu zahrnuje doplňkové měření a hlavní měření. Při doplňkovém měření se měří faktory ovlivňující měření osvětlení (teplota vzduchu, napájecí napětí apod.). Tato měření slouží k ověření podmínek, zda je možné za daného stavu měření provádět a případně se z naměřených hodnot odvodí korekční činitele, které se použijí při vyhodnocení měření. Při hlavním měření se měřidlem ILMD získají informace o rozložení jasu scény, o polohách kontrolních bodů a o hodnotách jasů v kontrolních bodech. Tyto

fotometrické a geometrické informace se zpracují v počítačovém vyhodnocovacím programu.

## 9.1 Doplnkové měření

### *Měření teploty*

Doporučuje se provést měření teploty na začátku a konci měření. Teplota okolí může ovlivňovat nejen velikost světelného toku vyzařovaného svítidly, ale také přesnost měření ILMD.

### *Měření napětí*

Napětí se měří na svorkách měřeného světelné obvodu. Při měření svítidel s elektronickými předřadnými přístroji je toto měření pouze orientační a korekce na napětí se zpravidla neprovádí.

### *Vytyčení kontrolní plochy*

Na povrchu vozovky se kontrolní pole vytyčí pomocí předmětů, které budou ve výsledné fotografii dobře patrné a budou jednoznačně vymezovat měřené kontrolní pole definováním jeho rohů. Při měření jasu pozemní komunikace pomocí ILMD typ II se sít' kontrolních bodů fyzicky nevytyčuje. Je vytvořena při zpracování měření obslužným programem.

## 9.2 Hlavní měření

- ILMD se nastaví v souladu s požadavky výrobce nebo laboratoře provádějící kalibraci (ohnisková vzdálenost, clona atd.),
- při měření je třeba eliminovat veškeré parazitní zdroje světla (denní osvětlení, světlo ze světlometů automobilů apod.), které by ovlivňovaly měření,
- při měření je třeba zajistit, aby nedocházelo k clonění světla, dopadajícího z osvětlovací soustavy do kontrolních bodů (překážky, osoba provádějící měření),
- v případě, že je osvětlovací soustava vybavena řídicím systémem osvětlení nastaví se hladina jasu, pokud je to možné, na maximální hodnotu,
- pokud soustava pracuje v různých provozních režimech (např. normální a adaptivní osvětlení u pozemních komunikací) provádí se měření jasu v kontrolních bodech v každém provozním režimu, pokud není dohodnuto jinak,
- vytyčí se srovnávací rovina zahrnující celý jízdní pás (čl. 8.2), způsobem, který umožní na fotografických snímcích tuto srovnávací rovinu vymezit,
- měřicí přístroj se umístí do předepsaných poloh pozorovatele (čl. 8.2),
- v předepsané poloze se přístroj ILMD umístí do požadované výšky a orientuje se rovnoběžně s podélnou osou pozemní komunikace. Pro zajištění dostatečné přesnosti měření je vhodné pro upevnění ILMD použít stativ,
- po umístění, orientaci a zaostření ILMD v poloze pozorovatele se pořídí snímek,
- měření jasu se provede pro předepsané (8.2) polohy pozorovatele ve všech jízdních pruzích.

### 9.3 Vyhodnocení měření

Snímky z ILM D jsou zpracovány pomocí programu, který převede data z obrazového snímače na jasy scény. Z celkového obrazu jasu scény se v souladu s požadavky příslušné technické normy [L7] stanoví průměrný jas jízdního pásu z jasů v měřeném kontrolním poli pro všechny požadované polohy „i“ pozorovatele  $L_{av,i}$  ( $\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$ ) a minimální jas  $L_{\min,i}$  ( $\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$ ). Dále se určí minimální  $L_{\min,jp,i}$  a maximální  $L_{\max,jp,i}$  hodnoty jasů v osách jednotlivých jízdních pruhů. Z uvedených hodnot jasů se pro jednotlivé polohy pozorovatele stanoví rovnoměrnosti jasu.

Celková rovnoměrnost jasu jízdního pásu povrchu pozemní komunikace:

$$U_{o,i} = \frac{L_{\min,i}}{L_{av,i}} \quad (-) \quad (3)$$

Podélná rovnoměrnost jasu povrchu jízdního pásu pozemní komunikace:

$$U_{l,i} = \frac{L_{\min,jp,i}}{L_{\max,jp,i}} \quad (-) \quad (4)$$

Ze stanovených jasů a rovnoměrností se pro výsledné hodnocení uvažuje nejnepříznivější hodnota jasu z jasů ve všech jízdních pruzích. Postup vyhodnocení naměřených hodnot pomocí IMLD je součástí dodávaného programu pro měření pozemních komunikací. Naměřené hodnoty jsou hodnoty nekorigované. Pokud je měření ovlivněno určitým vnějším vlivem (teplota, napětí, spektrum světelného zdroje apod.) provádí se korekce naměřených hodnot jasů.

Vliv napájecího napětí se při malých odchylkách od jmenovitého napětí zahrne do odhadu nejistoty. U větších odchylek napájecího napětí se korekční činitel  $K_u$  určí ze vzorce:

$$K_u = \left[ \frac{U_n}{U_m} \right]^c \quad (-) \quad (5)$$

kde je:

$U_n$  skutečné napětí při měření (V);

$U_m$  provozní napětí svítidla (V);

$c$  konstanta (tab. 1) závislá na druhu světelného zdroje (-).

**Tab. č. 1 Hodnoty konstanty c pro různé druhy světelných zdrojů**

Světelný zdroj	c (-)
Žárovky pro všeobecné použití	3,6
Zářivky – induktivní zapojení	1,4
Zářivky – kapacitní zapojení	0,6
Zářivky – zapojení DUO	1,0

Zářivky – s elektronickým předřadníkem se stabilizací	0,0
Zdroje se stabilizovaným světelným tokem (např. LED)	0,0
Rtuťové vysokotlaké výbojky	2,5
Sodíkové nízkotlaké výbojky	0,0
Sodíkové vysokotlaké výbojky	1,7
Halogenidové výbojky	3,0

Pokud se teplota okolí výrazně liší od teploty laboratorní, při které se stanovují parametry fotometrických a elektrických veličin, určí se korekční činitel teploty  $K_T$ . Pokud se měří osvětlovací soustava osazená jiným typem světelného zdroje, než je světelný zdroj, při kterém byl ILMD kalibrován, zjistí se z kalibračního listu korekční činitel na světelný zdroj  $K_{dj}$ . Výsledná průměrná nekorigovaná hodnota jasu se vynásobí příslušnými korekčními činiteli a získá se průměrná korigovaná hodnota jasu.

$$L_{av,k} = K_{dj} \cdot K_U \cdot K_T \cdot L_{av} \quad (\text{cd.m}^{-2}) \quad (6)$$

kde je:

- $K_{dj}$  korekční činitel na měřený světelný zdroj (-);
- $K_U$  korekční činitel napětí (-);
- $K_T$  korekční činitel teploty (-);
- $L_{av}$  nekorigovaná hodnota jasu v kontrolním bodě  $i$  ( $\text{cd.m}^{-2}$ );
- $L_{av,k}$  korigovaná hodnota jasu v kontrolním bodě  $i$  ( $\text{cd.m}^{-2}$ ).

Při měření nových osvětlovacích soustav (kolaudační měření) se průměrné hodnoty jasu vynásobí činitelem údržby použitým v projektové dokumentaci a stanoví se hodnoty průměrného jasu  $L_{av,k,m}$  na konci intervalu údržby podle vzorce:

$$L_{av,k,m} = L_{av,k,0} \cdot z \quad (\text{cd.m}^{-2}) \quad (7)$$

kde je:

- $L_{av,k,0}$  počáteční hodnota průměrného jasu ( $\text{cd.m}^{-2}$ );
- $z$  činitel údržby (-).

V dalším kroku se stanoví nejistoty měření (kapitola 10). Rozšířená nejistota se přepočítá z procent (%) na kandely na metr čtvereční ( $\text{cd.m}^{-2}$ ) a připojí se k výsledným korigovaným hodnotám jasů. Například korigovaná průměrná hodnota jasu bude  $L_{av,k} = 1,3 \text{ cd.m}^{-2}$  a rozšířená nejistota bude  $U = 13\%$ . Přepočítaná rozšířená nejistota bude  $U = 0,169 \text{ cd.m}^{-2}$ . Výsledek bude mít následující tvar:

$$L_{av,k} = (1,3 \pm 0,169) \text{ cd.m}^{-2}$$

Naměřené hodnoty spolu s nejistotami se porovnají s požadavky technických norem,

právních předpisů, případně projektu. Podle výsledků měření mohou nastat čtyři následující situace:

- a) Pokud je zjištěná hodnota  $i$  s intervalem rozšířené nejistoty ( $\pm U$ ) sledovaného parametru nad požadovanou limitní hodnotou, považuje se to za vyhovující stav.
- b) Pokud je hodnota  $i$  celý interval rozšířené nejistoty pod limitem, jedná se o nevyhovující stav.
- c) Pokud je zjištěná hodnota nad požadovanou limitní hodnotou, ale spodní mez intervalu rozšířené nejistoty je pod touto limitní hodnotou, nelze tvrdit, že stav je vyhovující.
- d) Pokud je zjištěná hodnota je pod požadovanou limitní hodnotou, ale horní mez intervalu rozšířené nejistoty je nad touto limitní hodnotou, nelze tvrdit, že stav je nevyhovující.

V obou posledních případech je nutné buď měření zopakovat s přesnějším postupem měření, nebo zajistit jiný odborný náhled.

Na závěr vyhodnocení se uvede, zda podmínky osvětlení zjištěné měřením vyhovují hodnotám požadovaným právními předpisy a technickými normami, popřípadě zda odpovídají projektu osvětlení.

## 10 Stanovení nejistoty měření (příklad)

Obecně lze nejistoty měření rozdělit dle mechanismu vzniku na nejistoty měření typu A a nejistoty měření typu B. Nejistota typu A je směrodatná odchylka aritmetického průměru. Je tedy možné ji uplatnit pouze při opakovaných měřeních. Vzhledem k tomu, že provozní měření jasu se provádí pro každý kontrolní bod pouze jednou, určí se nejistota měření pouze z nejistoty typu B. Nejistotu typu B tvoří nejistoty měřicího přístroje (ILMD) a nejistoty metody měření. Nejistoty ILMD se určí z údajů uváděných výrobcem, nejistoty měření se určí z chyb měřicí metody (tab. č. 2).

### Nejistoty ILMD

Jednou z charakteristik přístrojů ILMD, které udává výrobce, je jeho rozšířená nejistota  $U_{ILMD}$ . Pro výpočet standardní nejistoty ILMD je nutné rozšířenu nejistotu vydělit koeficientem rozšíření  $k$ .

$$u_{B,ILMD} = \frac{U_{ILMD}}{k} \quad (\%) \quad (8)$$

Výrobce může udávat nejistoty, související s fotometrickými a geometrickými charakteristikami odděleně. V takovém případě se s oběma nejistotami pracuje jako se samostatnými dílčími standardními nejistotami typu B.

**Nejistoty měřicí metody**

Nejistoty měřicí metody souvisejí s odchylkami, které vznikají v souvislosti s umístěním fotometru jeho orientací a s polohou kontrolního pole (tab. č. 2) v porovnání s požadavky na polohu pozorovatele a kontrolního pole uvedených technických normách.

**Tab. č. 2 Chyby měřicí metody**

Typ chyby	Rozdělení
Chyba plošného umístění	normální
Chyba výškového umístění	normální
Chyba odchylky od roviny	normální
Ostatní	rovnoměrné

Dílčí standardní nejistoty  $u_{B,i}$  se určí ze vztahu:

$$u_{B,i} = \frac{z_{\max,i}}{\chi_i} \quad (\%) \quad (9)$$

kde je:

$z_{\max,i}$  maximální předpokládaná velikost odchylky od konvenčně správné hodnoty parametru  $i$  (%)

$\chi_i$  koeficient rozdělení parametru  $i$  (-)

**Nejistota měření**

Standardní nejistota měření typu B se určí ze vztahu:

$$u_B = \sqrt{u_{B,ILMD}^2 + u_{B1}^2 + u_{B2}^2 + \dots + u_{Bn}^2} \quad (\%) \quad (10)$$

kde je:

$u_{B1}$  až  $u_{Bn}$  dílčí standardní nejistoty metody měření (%)

$u_{B,ILMD}$  standardní nejistota ILMD (%)

Rozšířená nejistota měření  $U$  se určí podle vztahu:

$$U = k \cdot u_B \quad (\%) \quad (11)$$

kde je:

$k$  koeficient rozšíření.

Pro pokrytí 95% pravděpodobnosti výskytu správné hodnoty ve vypočteném intervalu nejistoty měření se používá koeficient rozšíření  $k = 2$ .



### 10.1 Příklad

Provozní měření jasu pozemní komunikace osvětlené osvětlovací soustavou osazenou vysokotlakými sodíkovými výbojkami bylo provedeno ILMMD s nejistotou uvedenou výrobcem (tab. 3). Chyby plošného a výškového umístění byly zjištěny empiricky měřením totožného úseku při odchylkách +/- 2 m od jmenovité vzdálenosti od počátku měřeného úseku a v rozsahu +/- 0,1 m od jmenovité výšky ILMMD nad povrchem vozovky.

**Tab. č. 3 Nejistota ILMMD**

Označení	Rozšířená nejistota (%)	Koeficient rozšíření	Standardní nejistota (%)
$U_{B,ILMD}$	6,6	2	3,3

**Tab. č. 4 Nejistoty metody měření**

Typ chyby	Chyba (%)	Rozdělení	Standardní nejistota (%)
Chyba plošného umístění	1	3	0,33
Chyba výškového umístění	1	3	0,33
Chyba odchylky od roviny	2	3	0,67
Ostatní	5	$\sqrt{3}$	2,89

Z dílčích standardních nejistot se stanoví celková standardní nejistota typu B:

$$u_B = \sqrt{3,3^2 + 0,33^2 + 0,33^2 + 0,67^2 + 2,89^2} = 4,46\%$$

Rozšířená nejistota je:

$$U = k \cdot u_B = 2 \cdot 4,46 = 8,9\%$$

## 11 Záznamy o měření

Protokol o provozním měření jasu pozemní komunikace má obsahovat následující informace potřebné pro kontrolu a možnost ověření měření:

- označení pozemní komunikace a úseku pozemní komunikace;
- datum a čas měření;
- účel, druh a stupeň přesnosti měření;
- informace o použitých měřicích přístrojích (kalibrační list);
- charakteristika pozemní komunikace (rozměry, zařízení, účel apod.);
- popis osvětlovací soustavy (typ, svítidla, světelné zdroje, řídicí systémy);

- stav údržby (znečištění, lhůty čištění apod.);
- podmínky a postup měření (stínění, cizí zdroje světla, funkční stav osvětlovací soustavy, stabilizace, stárnutí, regulace, napájecí napětí, teplota vzduchu);
- výkresy se zakreslením kontrolních bodů a poloh pozorovatele;
- výsledky měření v podobě tabulky nebo zápisu do výkresu, použité korekce;
- vyhodnocení měření, porovnání výsledků s požadavky;
- seznam osob účastnících se měření;
- objednatel;
- podpis odpovědného pracovníka.

Protokol o provozním měření jasu má mít jedinečné kódové označení pro jeho jednoznačnou identifikaci. Jednotlivé strany protokolu mají být očíslovány.

Příklad struktury protokolu o provozním měření jasu pozemní komunikace

#### A. Identifikační údaje

- A1 Název projektu;
- A2 Druh měření (měřené veličiny, typ měření);
- A3 Objednatel;
- A4 Zpracovatel;
- A5 Osoby provádějící měření;
- A6 Datum a čas měření.

#### B. Podklady

- B1 Seznam vstupních podkladů (projektová dokumentace, prohlídka, fotodokumentace);
- B2 Seznam použitých technických norem a právních předpisů.

#### C. Pozemní komunikace, prostředí, okolí

- C1 Geometrie pozemní komunikace;
- C2 Typ pozemní komunikace (označení, účel);
- C3 Stínící překážky, cizí zdroje světla.

#### D. Osvětlovací soustava

- D1 Typ osvětlovací soustavy;
- D2 Svítidla;
- D3 Světelné zdroje;
- D4 Ovládací a řídicí zařízení a jejich nastavení;
- D5 Stav údržby.

#### E. Parametry prostředí

- E1 Napájecí napětí;
- E2 Klimatické podmínky (vlhko, sníh, mlha);
- E3 Teplota.

#### F. Měřicí přístroje

- F1 Hlavní měřicí přístroje (ILMD), typ, výrobce, číslo, kalibrace;
- F2 Pomocné měřicí přístroje (voltmetr, teploměr).

**G. Měření**

- G1 Stav osvětlovací soustavy (nefunkční zdroje, stav regulace);
- G2 Typ měření;
- G3 Měřená pozemní komunikace;
- G4 Měřená pole (umístění, výška);
- G5 Kontrolní body;
- G6 Naměřené (korigované) hodnoty v tabelární nebo výkresové podobě (viz příloha);
- G7 Činitel údržby;
- G8 Korekční činitele a nejistoty měření;
- G9 Stanovení požadovaných korigovaných hodnot s vyjádřením nejistoty (průměrné hodnoty jasu).

**H. Vyhodnocení měření**

- H1 Porovnání výsledků měření s požadavky;
- H2 Zhodnocení měření (osvětlení vyhovuje/nevyhovuje);
- H3 Podpis odpovědné osoby.

**Přílohy**

- P1 Výkres situace s rozmístěním svítidel a měřících polí s měřícími body a s vyznačením poloh pozorovatele;
- P2 Naměřené hodnoty jasu v kontrolních bodech (tabulky nebo výkresy);
- P3 Kalibrační listy hlavních měřících přístrojů;
- P4 Ověření odborné způsobilosti osoby zodpovědné za měření.

**12 Péče o metodický postup**

Originál metodického postupu je uložen u jeho zpracovatele, další vyhotovení jsou předána příslušným pracovníkům podle rozdělovníku (viz čl. 13.1 tohoto postupu).

Změny, popř. revize metodického postupu provádí jeho zpracovatel. Změny schvaluje vedoucí zpracovatele nebo metrolog organizace.

**13 Rozdělovník, úprava a schválení, revize**

Uvedený příklad je pouze orientační a subjekt si může tuto dokumentaci upravit podle interních předpisů o řízení dokumentů.

**13.1 Rozdělovník**

Metodický postup		Převzal		
Výtisk číslo	Obdrží útvar	Jméno	Podpis	Datum

**13.2 Úprava a schválení**

Metodický postup	Jméno	Podpis	Datum
Upravil			
Úpravu schválil			

**13.3 Revize**

Strana	Popis změny	Zpracoval	Schválil	Datum

**Upozornění**

Tento metodický postup je třeba považovat za vzorový. Doporučuje se, aby jej organizace přizpůsobila svým požadavkům s ohledem na své metrologické vybavení a konkrétní podmínky.