



Česká metrologická společnost, z.s.

Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1

tel/fax: 221 082 254

e-mail: cms-zk@csvts.cz

www.csvts.cz/cms

Metodika provozního měření

MPM 8.1.2/01/20

**METODIKA MĚŘENÍ VENKOVNÍHO OSVĚTLENÍ
JASOMĚRY**

Praha

prosinec 2020

Vzorový metodický postup byl zpracován a financován ÚNMZ v rámci Plánu standardizace – Program rozvoje metrologie 2020

Číslo úkolu: VII/3/20

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

Řešitel: Česká metrologická společnost, z.s.

Zpracovatel: Ing. Petr Žák, Ph.D

© 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 popis provozního měření jasu u venkovních osvětlovacích soustav pomocí jasměru. Jasměry se ve venkovním prostředí používají pro kontrolu venkovního osvětlení pozemních komunikací a pro kontrolu rušivého světla. Provozní měření jasu se používá pro ověřování hodnot jasu u nově navržených osvětlovacích soustav (kolaudační měření), pro kontrolu jasu v průběhu užívání stavby a pro porovnávání variantních řešení osvětlovacích soustav.

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)	Mezinárodní elektrotechnický slovník. Kapitola 845: Osvětlení	[L2]
ČSN 36 0011-1	Měření osvětlení prostorů - Část 1: Základní ustanovení	[L3]
ČSN 36 0011-2	Měření osvětlení prostorů - Část 2: Měřená denního osvětlení	[L4]
ČSN 36 0011-4	Měření osvětlení prostorů - Část 4: Měření umělého osvětlení venkovních prostorů	[L5]
ČSN 73 0580-1	Denní osvětlení budov - Část 1: Základní požadavky	[L6]
ČSN CEN/TR 13201-1	Osvětlení pozemních komunikací - Část 1: Návod pro výběr tříd osvětlení	[L7]
ČSN EN 13201-2	Osvětlení pozemních komunikací - Část 2: Požadavky	[L8]
ČSN EN 13201-3	Osvětlení pozemních komunikací - Část 3: Výpočet	[L9]
ČSN EN 13201-4	Osvětlení pozemních komunikací - Část 4: Metody měření	[L10]
ČSN EN 13201-5	Osvětlení pozemních komunikací - Část 5: Ukazatelé energetické náročnosti	[L11]
TNI 01 0115	Mezinárodní metrologický slovník – Základní a všeobecné pojmy a přidružené termíny (VIM)	[L12]
TP98	Technologické vybavení tunelů pozemních komunikací	[L13]
CIE 150:2017	Guide on the Limitation of the Effects of Obtrusive Light from Outdoor Lighting Installations	[L14]
CIE 231:2019	CIE Classification System of Illuminance and Luminance Meters	[L15]
Vyhláška č.104/1997 Sb.	Vyhláška Ministerstva dopravy a spojů, kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích	[L16]

3 Kvalifikace pracovníků provádějících měření

Kvalifikace pracovníků provádějících měření venkovního osvětlení jasoměry 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 (ČSN EN 12665, ČSN IEC 50(845)) a v publikacích o metrologické terminologii (TNI 01 0115). Pro účely tohoto dokumentu platí následující termíny a definice:

4.1 Průměrný jas povrchu pozemní komunikace (average road surface luminance)

\bar{L} (cd.m⁻²)

Průměrná hodnota jasu povrchu pozemní komunikace v jízdním pásu

4.2 Rovnoměrnost jasu (uniformity)

U_0 (-)

poměr minimálního a průměrného jasu povrchu

4.3 Podélná rovnoměrnost (longitudinal uniformity)

U_1 (-)

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

4.5 Stárnutí (ageing)

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

4.6 Doba stabilizace (stabilisation time)

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

4.7 Nejistota měření (measurement uncertainty)

nezáporný parametr charakterizující rozptýlení hodnot veličiny přiřazených k měřené veličině na základě použité informace.

4.8 Chyba měření (measurement error)

naměřená hodnota veličiny minus referenční hodnota veličiny

5 Měřidla a pomocná měřicí zařízení

Pro provozní měření jasu se jako hlavní měřidlo používá jasoměr. Při měření jasu se pro ověření podmínek měření, pro vytyčení poloh kontrolních bodů a pro mechanické upevnění jasoměrů v těchto bodech používají pomocné měřicí přístroje a pomůcky. Měřidla je nutné používat s příslušenstvím dodaným nebo doporučeným výrobcem měřidla.

5.1 Hlavní měřidlo

- Jasoměry se používají pro měření jasu v soustavách venkovního umělého osvětlení u vybraných typů aplikačních oblastí.
- Vlastnosti jasoměrů se popisují čtrnácti charakteristikami, které jsou uvedené v normě ČSN EN13032-1. Z těchto charakteristik se stanovuje tzv. celková charakteristika jasoměru. Pro provozní měření má být hodnota celkové charakteristiky jasoměru $f_{total} \leq 10\%$ a rozšířená nejistota měření při kalibraci jasoměru $u_{cal} \leq 4\%$ (Tyto hodnoty charakteristik odpovídají třídě jasoměrů B podle německé normy DIN 5032-7:2017).
- Nejdůležitější charakteristikou jasoměrů je spektrální citlivost fotonky. Tato charakteristika udává, jak poměrná spektrální citlivost jasoměru odpovídá poměrné spektrální světelné účinnosti standardního fotometrického pozorovatele CIE. Pro měření jasu u venkovního osvětlení se používají jasoměry, jejichž spektrální citlivost je přizpůsobena poměrné spektrální světelné účinnosti standardního fotometrického pozorovatele CIE pro fotopické vidění $V(\lambda)$. Při kalibraci nebo ověřování jasoměrů se používá CIE světelný zdroj A, odpovídající žárovce s wolframovým vláknem s teplotou chromatičnosti $T_c = 2\,856\text{ K}$. Pro měření jiných světelných zdrojů se v rámci kalibrace nebo ověřování jasoměrů určují korekční činitele pro jiné světelné zdroje s odlišným spektrálním složením a teplotou chromatičnosti.
- Druhou důležitou charakteristikou jasoměrů je směrová (kosinusová) chyba. Tato charakteristika určuje přesnost měření světla, které dopadá na hlavu fotometru v jiném směru než normálovém.
- Třetí důležitou charakteristikou jasoměru je linearita. Tato charakteristika souvisí s chybami v odečtu hodnot jasů v důsledku změn citlivosti fotometru při různých úrovních osvětlení. Pro každý měřicí rozsah se při kalibraci nebo ověřování jasoměru uvádějí korekce na rozsahy.
- Úhel měřeného pole u jasoměru se volí podle aplikační oblasti a podle velikosti a vzdálenosti měřené plochy. Pro měření jasu pozemních komunikací nesmí být větší úhel měřeného pole než $2'$ (úhlové minuty) ve vertikální rovině a $20'$ v horizontální rovině a zároveň nesmí být menší než $1'$. Pro měření jasů malých a vzdálených ploch nemá být úhel větší než 1° . Pro měření průměrných jasů blízkých a velkých ploch se používají jasoměry s úhlem měřeného pole do 10° ; výjimečně lze použít i

jasoměr s úhlem do 20°, je-li zabezpečeno, že výsledek měření nebude zkreslen jasy okolních ploch.

- Maximální lhůta kalibrace nebo ověření jasoměrů pro provozní měření je 3 roky, pokud nejsou vyšším právním předpisem nebo vnitřním předpisem požadovány lhůty kratší.

5.2 Pomocná měřidla a pomůcky

- Voltmetry se používají pro měření napájecího napětí světelného obvodu.
- Teploměry se používají pro měření teploty v měřeném prostoru.
- Měřidla vzdálenosti (laserové nebo mechanické) se používají pro vytyčení kontrolních bodů.
- Stativy se používají pro přesné nastavení polohy jasoměru do kontrolního bodu.

6 Obecné podmínky měření – veličiny ovlivňující výsledky měření

- Umělé osvětlení venkovních prostorů se vzhledem k relativní stálosti 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 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 měření 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 předřadníky je vliv změn napájecího napětí, vzhledem ke stabilizaci napětí předřadníkem, zpravidla zanedbatelný.

- Fotometrické vlastnosti povrchu vozovek se významně měnit v průběhu času, zejména v prvních třech letech po jejím položení. Fotometrické vlastnosti vozovek také ovlivňují klimatické podmínky (mokrý povrch, sníh na vozovce). V těchto situacích se měření jasů neprovádí a nahrazuje se měřením osvětlenosti (ČSN EN 13201-4).
- Klimatické podmínky (sníh, déšť, mlha) mohou významným způsobem měnit činitel prostupu světla prostředím od svítidel k osvětlovaným povrchům a od osvětlovaných povrchů k měřicímu přístroji. Z tohoto důvodu se při těchto klimatických podmínkách měření jasů venkovního osvětlení neprovádí.

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 jasů závisí na účelu prostoru a náročnosti zrakových úkolů a jsou uvedeny v technických normách.

Metodika provozního měření jasů venkovního osvětlení slouží pro terénní měření, není určena pro měření laboratorní. Hodnoty jasů v jednotlivých typech osvětlovacích soustav se pohybují v následujících mezích:

- pozemní komunikace – desetiny až jednotky kandel na metr čtvereční;
- rušivé světlo – jednotky až tisíce kandel na metr čtvereční;

Metodika je určena pro měření osvětlenosti v následujících aplikačních oblastech (v závorkách jsou uvedeny technické normy a právní předpisy):

Umělé venkovní osvětlení

- pozemní komunikace (ČSN EN 13201);
- tunely (TP98);

Rušivé světlo

- fasády budov (ČSN EN 12464-1);
- znaky (ČSN EN 12464-1).

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

8 Kontrola měřidla před použitím a příprava na měření

Před zahájením vlastního provozního měření jasů je třeba provést přípravu

8.1 Shromáždění informací o měřeném prostoru nebo budově

- Geometrie prostoru (výkresová dokumentace, půdorysy, řezy);
- Projektová dokumentace silnoproudých rozvodů s rozmístěním svítidel;
- Projekt umělého osvětlení;
- Účel měřeného prostoru a vykonávané zrakové činnosti;
- Informace o typu osvětlovací soustavy;
- Informace o svítidlech, světelných zdrojích a předřadnicích;
- Informace o ovládání a řízení osvětlovací soustavy;
- Informace o stáří a údržbě osvětlovací soustavy (harmonogram údržby)
- Informace o provozním stavu soustavy (nesvítící svítidla).

8.2 Definování kontrolních bodů a polohy pozorovatele

Na základě informací o měřeném prostoru se stanoví srovnávací roviny se sítěmi kontrolních bodů. Polohy srovnávacích rovin se převzímou z projektu umělého osvětlení (pokud je k dispozici) nebo se určí podle následujícího postupu.

- Orientace srovnávací roviny je nejčastěji vodorovná, ale může být i svislá (měření jasu fasád budov apod.).
- Výška vodorovné srovnávací roviny závisí na povaze zrakového úkolu. 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.

Rozteče a počty kontrolních bodů se stanoví následujícím způsobem:

Osvětlení pozemních komunikací tříd osvětlení M

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 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:

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

kde je

d rozteč kontrolních bodů v příčném směru (m);

W_L šířka jízdního pruhu (m);

Při měření jasů pozemní komunikace je pozorovatel ve vzdálenosti 60 m před začátkem srovnávací roviny ve výšce 1,5 m nad vozovkou. V příčném směru se umisťuje postupně do středu každého jízdního pruhu.

Rušivé světlo

Jas se při kontrole rušivého světla používá pro hodnocení jasů fasád budov (slavnostní osvětlení) a jasů znaků (reklamní tabule). Jas se měří v síti kontrolních bodů na povrchu fasády budovy nebo znaku (CIE 150:2017).

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 žárovek a halogenových žárovek je 1 hodina u výbojových zdrojů 100 hodin a u LED modulů pro všeobecné osvětlování 0 hodin (ČSN EN 62717), 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, když měřená hodnota osvětlenosti 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 venkovního osvětlení je třeba vyloučit vliv denního osvětlení (měření po setmění) i světla parazitních světelných zdrojů, které by ovlivnily měření (reklamy, světlomety automobilů apod.).

8.4 Příprava měřicího přístroje

- Před vlastním měřením se jasoměr vystaví osvětlení, které řádově odpovídá měřené úrovni osvětlení.
- Před měřením je nutné jasoměr teplotně stabilizovat, a to z důvodu silné teplotní závislosti čidla. Pokud by měření probíhalo mimo teplotu, definovanou výrobcem, je nutné naměřené hodnoty korigovat korekčním činitelem na teplotu.
- Před měřením se provede kontrola baterií a stavu jejich nabití.
- U jasoměrů umožňující nastavené velikosti úhlu měřeného pole, se tato velikost

nastaví podle požadavků dané aplikační oblasti.

9 Postup měření

Vlastní provozní měření jasu zahrnuje doplňkové měření a hlavní měření. Při doplňkovém měření se měří faktory ovlivňující měření osvětlení (rozložení jasu oblohy, 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.

9.1 Doplňkové 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 jasoměru.

Měření napětí

Napětí se měří na svorkách měřeného světelné obvodu osobou s odpovídající kvalifikací (Vyhláška č.50/1978 Sb.) Při měření svítidel s elektronickými předřadníky je toto měření pouze orientační a korekce na napětí zpravidla není třeba provádět.

Vytyčení sítě kontrolních bodů

Síť kontrolních bodů, ve kterých se bude provádět měření jasu, se rozměří na definovaných srovnávacích rovinách mechanickým nebo laserovým měřidlem vzdálenosti.

9.2 Hlavní měření

- Měření jasu se provádí ve vytyčené síti kontrolních bodů. Jasoměr se postupně zaměřuje do kontrolních bodů sítě a po zaostření se odečtené hodnoty zaznamenají.
- Při zaměřování jasoměru do kontrolních bodů je třeba dodržet správnou polohu, výšku a orientaci místa pozorovatele. Pro zajištění dostatečné přesnosti měření je třeba pro upevnění jasoměru použít stativ.
- Pokud měření v některém kontrolním bodě brání překážka, bod se vynechá a tato skutečnost se uvede do protokolu měření.
- 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.

9.3 Vyhodnocení měření

Naměřené hodnoty jasu jsou hodnoty nekorigované.

Příklad korekce naměřených hodnot

Z kalibračního listu jasoměru se stanoví korekční činitel pro rozsah K_{2856i} a korekční činitel světelného zdroje K_{dj} pokud měřený světelný zdroj jiný než teplotní zdroj, při kterém byl jasoměr kalibrován.

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:

$$K_u = \left[\frac{U_n}{U_m} \right]^c \quad (-) \quad (3)$$

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. 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 .

Naměřené nekorigované hodnoty jasu se vynásobí korekčními činiteli a získají se korigované hodnoty jasu.

$$L_k = K_{2856i} \cdot K_{dj} \cdot K_u \cdot L \quad (\text{cd.m}^{-2}) \quad (4)$$

kde je:

$K_{2856i,i}$	korekční činitel pro daný rozsah jasoměru (-);
K_{dj}	korekční činitel na měřený světelný zdroj (-);
K_U	korekční činitel napětí (-);
L	nekorigovaná hodnota jasu v kontrolním bodě ($\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$);
L_k	korigovaná hodnota jasu v kontrolním bodě ($\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$);

Při měření jasu na srovnávací rovině mohou být hodnoty jasu v kontrolních bodech z různých rozsahů jasoměru. V takové případě se má hodnota jasu v každém kontrolním bodě přepočítat korekčním činitelem pro daný rozsah. Tento postup je z časového hlediska poměrně náročný. Pokud se korekční činitele navazujících rozsahů příliš neliší nebo pokud hodnot jasu z jiného rozsahu není příliš mnoho, lze aplikovat korekční činitel na rozsah až na výslednou průměrnou hodnotu jasu.

Pro jednotlivé srovnávací roviny se stanoví průměrné \bar{L} ($\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$), minimální L_{\min} ($\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$), a maximální L_{\max} ($\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$) hodnoty jasu. Z uvedených hodnot se stanoví rovnoměrnosti osvětlení.

Rovnoměrnost jasu:
$$U_o = \frac{L_{\min}}{\bar{L}} \quad (-) \quad (5)$$

Podélná rovnoměrnost:
$$U_l = \frac{L_{\min}}{L_{\max}} \quad (-) \quad (6)$$

Podélná rovnoměrnost se ověřuje pouze u měření jasu pozemních komunikací pro motorovou dopravu.

Při měření nových osvětlovacích soustav (kolaudační měření) se průměrné hodnoty jasu vynásobí udržovacím činitelem použitým v projektové dokumentaci a stanoví se hodnoty průměrné udržovaného jasu \bar{L}_m podle vzorce:

$$\bar{L}_m = \bar{L}_i \cdot z \quad (\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}) \quad (7)$$

kde je:

\bar{L}_i	počáteční hodnota průměrného jasu ($\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$);
z	udržovací činitel (-);

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

$$\bar{L} = (1,3 \pm 0,169) \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$$

Naměřené hodnoty spolu s nejistotami se porovnají s požadavky technických norem, právních předpisů, případně projektu. Podle výsledků měření mohou nastat čtyři následující situace:

- Pokud je zjištěná hodnota i s intervalem rozšířené nejistoty ($\pm U$) sledovaného parametru nad požadovaným limitem, považuje se to za vyhovující stav.
- Pokud je hodnota i celý interval rozšířené nejistoty pod limitem, jedná se o nevyhovující stav.
- Vyskytne-li se případ, že hodnota je nad limitem, ale spodní mez intervalu rozšířené nejistoty je pod limitem, nelze tvrdit, že stav je vyhovující.
- Vyskytne-li se případ, že hodnota je pod limitem, ale horní mez intervalu rozšířené nejistoty je nad limitem, nelze tvrdit, že stav je nevyhovující.

V obou posledních případech je nutné buď měření zopakovat s přesnějším postupem měření, nebo zajistit jiný odborný náhled (např. posouzení hygienika).

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

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 (jasoměru) a nejistoty metody měření. Nejistoty jasoměru se určí z charakteristik uváděných výrobcí (tab. č. 2)

Tab. č. 2 Charakteristiky jasoměru

Charakteristika	Symbol	Rozdělení	Rozsah hodnot chyby (%)
Nejistota kalibrace	u_{cal}	rovnoměrné	1,5 – 4,0
Spektrální chyba	f_1	rovnoměrné	3,0 – 6,0
Citlivost na UV záření	u	rovnoměrné	1,0 – 2,0
Citlivost na IR záření	r	rovnoměrné	1,0 – 2,0
Směrová chyba	$f_2(g)$	rovnoměrné	3,0 – 6,0
Vliv jasu okrajového pole	$f_2(u)$	rovnoměrné	1,5 – 2,0

Linearita	f_3	rovnoměrné	1,0 – 2,0
Chyba zobrazovací jednotky	f_4	rovnoměrné	3,0 – 4,5
Únava	f_5	rovnoměrné	0,5 – 1,0
Teplotní závislost	f_6	rovnoměrné	2,0 – 10,0
Časově proměnné záření	f_7	rovnoměrné	0,2 – 0,5
Polarizace	f_8	rovnoměrné	1,0 – 2,0
Změna rozsahu	f_{11}	rovnoměrné	0,5 – 1,0
Zaostřovací vzdálenost	f_{12}	rovnoměrné	1,0

Pokud byl jasoměr kalibrován, lze nejistoty jednotlivých charakteristik nahradit nejistotou kalibrace.

Tab. č. 3 Chyby měřící metody

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

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

$$u_{B,i} = \frac{z_{\max,i}}{\chi_i} \quad (\%) \quad (8)$$

kde je

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

χ_i koeficient rozdělení parametru i (-)

Standardní nejistota typu B se určí ze vztahu:

$$u_B = \sqrt{u_{B1}^2 + u_{B2}^2 + u_{B3}^2 + \dots + u_{Bn}^2} \quad (\%) \quad (9)$$

kde je

u_{B1} až u_{Bn} dílčí nejistoty jednotlivých parametrů (%)

Rozšířená nejistota měření U se určí podle vztahu:

$$U = k \cdot u_B \quad (\%) \quad (10)$$

kde je

k koeficient rozšíření.

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

10.1 Příklad

Provozní měření jasu soustavě svítidel s vysokotlakými výbojkami bylo provedeno jasměrem s hodnotami charakteristik podle tab. 4. Hodnoty charakteristik byly přepočteny na nejistoty. Spektrální chyba a chyba zobrazovací jednotky byly nahrazena nejistotou kalibrace, odečtenou z kalibračního listu. 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 jasměru nad povrchem vozovky.

Tab. č. 4 Charakteristiky jasměru a jejich nejistoty

Charakteristika	Symbol	Chyba (%)	Rozdělení	Nejistota (%)
Spektrální chyba	f_1	6	$\sqrt{3}$	-
Nejistota kalibrace na daný zdroj světla		-	-	2,2
Citlivost na UV záření	u	2	$\sqrt{3}$	1,15
Citlivost na IR záření	r	2	$\sqrt{3}$	1,15
Směrová chyba	f_2	3	$\sqrt{3}$	1,73
Linearity	f_3	2	$\sqrt{3}$	1,15
Chyba zobrazovací jednotky	f_4	4,5	$\sqrt{3}$	-
Nejistota kalibrace pro daný měřicí rozsah		-	-	2,2
Únava	f_5	1	$\sqrt{3}$	0,58
Časově proměnné záření	f_7	0,2	$\sqrt{3}$	0,12
Změna rozsahu	f_{11}	0,5	$\sqrt{3}$	0,29

Tab. č. 5 Nejistoty metody měření

Typ chyby	chyba (%)	rozdělení	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 vypočtených nejistot byla stanovena celková standardní nejistota typu B:

$$u_B = \sqrt{2,2^2 + 1,15^2 + \dots + 0,67^2 + 2,89^2} = 5,11\%$$

Rozšířená nejistota je:

$$U = k \cdot u_B = 2 \cdot 5,11 = 10,22\%$$

11 Záznamy o měření

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

- Označení stavby a prostoru,
- datum a čas měření,
- účel, druh a stupeň přesnosti měření,
- informace o použitých měřicích přístrojích (ověřovací list),
- charakteristika prostoru (rozměry, zařízení, účel, zrakové činnosti apod.),
- popis osvětlovací soustavy (typ, svítidla, světelné zdroje, řídicí systémy),
- stav údržby (znečištění, lhůty čištění apod.),
- podmínky a postup měření (stínění, funkční stav osvětlovací soustavy, stabilizace, stárnutí, regulace, napájecí napětí, teplota vzduchu),
- výkresy se zakreslením kontrolních bodů a polohy pozorovatele,
- výsledky měření s tabelárním přehledem nebo zápisem 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 a jedinečné kódové označení pro jeho jednoznačnou identifikaci. Jednotlivé strany protokolu mají být očíslovány.

Příklad struktury protokolu o provozním měření jasu.

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. Stavba, prostor, prostředí, okolí

- C1 Geometrie prostoru nebo stavby;
- C2 Účel a zrakové činnosti;
- C3 Stínící překážky, parazitní osvětlení;

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 (jasoměr), typ, výrobce, číslo, kalibrace;
- F2 Pomocné měřicí přístroje (voltmetr, teploměr);

G. Měření

- G1 Stav osvětlovací soustavy (nefunkční zdroje, stav regulace);
- G2 Typ měření;
- G3 Měřené prostory;
- G4 Měřená pole (umístění, výška);
- G5 Kontrolní body, poloha pozorovatele;
- G6 Naměřené (korigované) hodnoty v tabelární nebo výkresové podobě (viz příloha);
- G7 Udržovací činitel;
- G8 Korekční činitelé 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 Výkresy půdorysu (situace) s vybavením, rozmístěním svítidel a měřících polí s měřicími body a vyznačení polohy pozorovatele;
- P2 Naměřené hodnoty jasů v kontrolních bodech (tabulky nebo výkresy);
- P3 Ověřovací 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.

Neprodávající