



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 8.1.1/01/20

**METODIKA MĚŘENÍ DENNÍHO A UMĚLÉHO
OSVĚTLENÍ LUXMETREM**

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 osvětlenosti denního osvětlení a umělého osvětlení vnitřních i venkovních prostorů v osvětlovacích soustavách normálního i nouzového osvětlení pomocí luxmetru. Provozní měření osvětlenosti se používá pro ověřování hodnot osvětlenosti u nově navržených osvětlovacích soustav (kolaudační měření), pro kontrolu osvětlenosti v průběhu užívání stavby a pro porovnávání variantních řešení osvětlovacích soustav. Metodiku lze využít i pro speciální aplikace a situace jako je ověřování osvětlení v tunelech, na přechodech pro chodce nebo pro kontrolu rušivého světla.

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 0011-3	Měření osvětlení prostorů - Část 3: Měření umělého osvětlení vnitřních prostorů	[L5]
ČSN 36 0011-4	Měření osvětlení prostorů - Část 4: Měření umělého osvětlení venkovních prostorů	[L6]
ČSN EN 17037	Denní osvětlení budov	[L7]
ČSN 73 0580-1	Denní osvětlení budov - Část 1: Základní požadavky	[L8]
ČSN 73 0580-2	Denní osvětlení budov - Část 2: Denní osvětlení obytných budov	[L9]
ČSN 73 0580-3	Denní osvětlení budov - Část 3: Denní osvětlení průmyslových budov	[L10]
ČSN 73 0580-4	Denní osvětlení budov - Část 4: Denní osvětlení škol	[L11]
ČSN 36 0020	Sdružené osvětlení	[L12]
ČSN EN 12464-1	Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory	[L13]
ČSN EN 12464-2	Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 2: Venkovní pracovní prostory	[L14]
ČSN EN 1837+A1	Bezpečnost strojních zařízení - Integrované osvětlení strojů	[L15]
ČSN EN 12 193	Světlo a osvětlení - Osvětlení sportovišť	[L16]
ČSN CEN/TR 13201-1	Osvětlení pozemních komunikací - Část 1: Návod pro výběr tříd osvětlení	[L17]
ČSN EN 13201-2	Osvětlení pozemních komunikací - Část 2:	[L18]

	Požadavky	
ČSN EN 13201-3	Osvětlení pozemních komunikací - Část 3: Výpočet	[L19]
ČSN EN 13201-4	Osvětlení pozemních komunikací - Část 4: Metody měření	[L20]
ČSN EN 13201-5	Osvětlení pozemních komunikací - Část 5: Ukazatelé energetické náročnosti	[L21]
ČSN EN 16276	Nouzové osvětlení v tunelech pozemních komunikací Světlo a osvětlení - Nouzové osvětlení	[L22]
ČSN EN 1838	Osvětlení podzemí dolů – Světelnětechnické základy navrhování – Část 1: Obecné požadavky	[L23]
ČSN 36 0050-1	Osvětlení podzemí dolů – Světelnětechnické základy navrhování – Část 2: Poruby s hydraulicky ovládanými mechanizovanými výztužemi	[L24]
ČSN 36 0050-2	Osvětlení podzemí dolů – Světelnětechnické základy navrhování – Část 3: Oblast přechodu porub-chodba	[L25]
ČSN 36 0050-3	LED moduly pro všeobecné osvětlování –	[L26]
ČSN EN 62717	Výkonnostní požadavky	[L27]
TNI 01 0115	Mezinárodní metrologický slovník – Základní a všeobecné pojmy a přidružené termíny (VIM)	[L28]
TP98	Technologické vybavení tunelů pozemních komunikací	[L29]
TKP15	Osvětlení pozemních komunikací	[L30]
CIE 150:2017	Guide on the Limitation of the Effects of Obtrusive Light from Outdoor Lighting Installations	[L31]
CIE 231:2019	CIE Classification System of Illuminance and Luminance Meters	[L32]
Vyhláška č. 268/2009 Sb.	Vyhláška o technických požadavcích na stavby	[L33]
NV č. 361/2007 Sb.	Nařízení vlády, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci	[L34]
Vyhláška č. 410/2005 Sb.	Vyhláška o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých	[L35]
Vyhláška č.238/2011 Sb.	Vyhláška o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch	[L36]
Vyhláška č.104/1997 Sb.	Vyhláška Ministerstva dopravy a spojů, kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích	[L37]
Vyhláška č.23/2008 Sb.	Vyhláška o technických podmínkách požární ochrany staveb	[L38]
Zákon č.505/1990 Sb.	Zákon o metrologii	[L39]
Vyhláška č.345/2002 Sb.	Vyhláška Ministerstva průmyslu a obchodu, kterou se stanoví měřidla k povinnému ověřování a měřidla podléhající schválení typu	[L40]

3 Kvalifikace pracovníků provádějících měření

Kvalifikace pracovníků provádějících měření denního a umělého osvětlení luxmetrem 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 Osvětlenost (illuminance)

E (lx)

podíl světelného toku $d\Phi$ dopadajícího na elementární plošku dA obsahující daný bod a velikosti dA této plošky

4.2 Činitel denní osvětlenosti (daylight factor)

D (%)

podíl osvětlenosti v bodě dané roviny vyvolané světlem dopadajícím přímo nebo nepřímo z oblohy se známým nebo předpokládaným rozložením jasu a osvětlenosti vodorovné roviny od nezastíněné oblohy stejných vlastností, přímé sluneční světlo je z obou osvětleností vyloučeno

4.3 Udržovaná osvětlenost (maintained illuminance)

\bar{E}_m (lx)

minimální průměrná osvětlenost

POZNÁMKA 1: Hodnota průměrné osvětlenosti, pod kterou nemá osvětlenost poklesnout.

POZNÁMKA 2: Je to průměrná osvětlenost v okamžiku, kdy má být provedena údržba.

4.4 Počáteční osvětlenost (initial illuminance)

E_i (lx)

průměrná osvětlenost na stanoveném povrchu v nové osvětlovací soustavě

4.5 Udržovací činitel (maintenance factor)

podíl průměrné osvětlenosti pracovní roviny po určité době používání osvětlovací soustavy a počáteční průměrné osvětlenosti soustavy za jinak stejných podmínek

4.6 Provozní osvětlenost (service illuminance)

střední hodnota osvětlenosti v průběhu intervalu údržby osvětlovací soustavy zprůměrovaná na příslušné ploše.

4.7 Rovnoměrnost osvětlenosti (uniformity)

U_o (-)

poměr minimální a průměrné osvětlenosti povrchu

4.8 Rovnoměrnost extrémů (diversity)

U_d (-)

poměr minimální osvětlenosti k maximální osvětlenosti povrchu

4.9 Stárnutí (ageing)

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

4.10 Doba stabilizace (stabilisation time)

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

4.11 Nejistota měření (measurement uncertainty)

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

4.12 Chyba měření (measurement error)

naměřená hodnota veličiny minus referenční hodnota veličiny

5 Měřidla a pomocná měřicí zařízení

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

5.1 Hlavní měřidlo

- Pro měření osvětlenosti v soustavách denního i umělého osvětlení se používají luxmetry.
- Vlastnosti luxmetrů se popisují dvanácti charakteristikami, které jsou uvedené v normě ČSN EN 13032-1. Z těchto charakteristik se stanovuje tzv. celková charakteristika luxmetru. Pro provozní měření má být hodnota celkové charakteristiky luxmetru $f_{total} \leq 10\%$ a rozšířená nejistota měření při kalibraci luxmetru $u_{cal} \leq 3\%$ (Tyto hodnoty charakteristik odpovídají třídě luxmetrů B podle německé normy DIN 5032-7:2017).
- Nejdůležitější charakteristikou luxmetrů je spektrální citlivost fotonky. Tato charakteristika udává jak poměrná spektrální citlivost luxmetru odpovídá poměrné spektrální světelné účinnosti standardního fotometrického pozorovatele CIE. Pro měření osvětlenosti v soustavách denního i umělého osvětlení se používají luxmetry, jejichž spektrální citlivost je přizpůsobena poměrné spektrální světelné účinnosti standardního fotometrického pozorovatele CIE pro fotopické vidění $V(\lambda)$. Při kalibraci nebo ověřování luxmetrů se používá CIE světelný zdroj A, odpovídající žárovce s wolframovým vláknem s teplotou chromatičnosti $T_c = 2856$ K. Pro měření jiných světelných zdrojů se v rámci kalibrace nebo ověřování luxmetrů určují korekční činitele pro jiné světlené zdroje s odlišným spektrálním složením a teplotou chromatičnosti.
- Druhou důležitou charakteristikou luxmetrů je směrová (kosinusová) chyba. Tato charakteristika určuje přesnost měření světla, které dopadá na hlavu fotometru v jiném směru než normálovém. Pro korekci směrové chyby jsou hlavy luxmetrů vybaveny kosinusovým nástavcem.
- Třetí důležitou charakteristikou luxmetru je linearita. Tato charakteristika souvisí s chybami v odečtu hodnot osvětleností v důsledku změn citlivosti fotometru při různých úrovních osvětlení. Pro každý měřicí rozsah se při kalibraci nebo ověřování luxmetru uvádějí korekce na rozsahy.
- Průměr čidla luxmetru přijímající světlo nesmí být větší než 60 mm; doporučuje se průměr nepřesahující 30 mm.
- Horní rozsah luxmetru pro měření denního osvětlení musí být minimálně do 100 000 lx.
- Dolní rozsah luxmetru pro měření nouzového osvětlení musí být alespoň od 0,1 lx.
- Pro měření denního osvětlení se používají dva luxmetry se stejnou celkovou charakteristikou.
- Pro provozní měření nově navržených osvětlovacích soustav (kolaudační měření) a pro kontrolu osvětlenosti v průběhu užívání stavby jsou luxmetry pracovními měřidly stanovenými (stanovená měřidla). Pro ostatní provozní měření jsou luxmetry pracovními měřidly nestanovenými (pracovní měřidla).
- Maximální doba platnosti kalibrace nebo ověření luxmetrů pro provozní měření je 3 roky (dle ČSN 36 0011-1), pokud nejsou vyšším právním předpisem nebo vnitřním předpisem požadovány lhůty kratší. Stanovená měřidla mají dobu platnosti ověření 2 roky (Vyhláška č. 345/2002 Sb.).

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 luxmetru do kontrolního bodu.
- Jasoměr se používá jako pomocné měřidlo pro kontrolu rozložení jasu oblohy při měření denního osvětlení. Úhel měřeného pole jasoměru nesmí být větší než 10° .
- Komunikační přístroje (vysílačky, mobilní telefony) se používají pro zajištění synchronizovaného odečítání hodnot osvětlenosti při měření denního osvětlení.
- Měřidlo času (stopky, hodinky) se používají pro měření doby stabilizace osvětlení nebo doby náběhu nouzového osvětlení.

6 Obecné podmínky měření – veličiny ovlivňující výsledky měření

6.1 Denní osvětlení

- Vzhledem k neustálé proměnlivosti denního osvětlení se jeho úroveň hodnotí poměrnou veličinou nazvanou činitel denní osvětlenosti D (%), který se určí jako poměr osvětlenosti v kontrolním bodě dané roviny ve vnitřním prostoru k hodnotě osvětlenosti venkovní nezacloněné vodorovné roviny při předpokládaném rozložení jasu oblohy.
- Denní osvětlení se měří při rovnoměrně zatažené obloze s rozložením jasu podle ČSN 73 0580-1.
- Osvětlenost denním světlem v kontrolním bodě ve vnitřním prostoru ovlivňuje nastavení a poloha pohyblivých stínících prvků (vnější, vnitřní). Při měření osvětlenosti je třeba zajistit, aby pohyblivé stínící prvky neovlivňovali přístup denního světla do prostoru.
- Osvětlenost denním světlem v kontrolním bodě ve vnitřním prostoru ovlivňuje údržba osvětlovacích otvorů a míra jejich zašpinění. Při měření denního osvětlení je vhodné ověřit míru zašpinění osvětlovacích otvorů.
- Při měření osvětlenosti venkovní nezacloněné vodorovné roviny je třeba zvolit takové místo, kde denní světlo není cloněno zástavbou nebo zelení (např. střecha nebo louka).

6.2 Umělé osvětlení

- Umělé osvětlení vnitřních i venkovních prostorů se vzhledem k relativní stálosti měří v absolutních hodnotách osvětlenosti E (lx). Osvětlenost může ovlivňovat řada vnějších faktorů (teplota, napájecí napětí, vnitřní vybavení, výmalba apod.). Proto je třeba podmínky měření zaznamenat a případně zohlednit při vyhodnocování naměřených hodnot.
- Hodnoty osvětlenosti 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 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 napájecí napětí. U světelných zdrojů připojených na napájecí síť přes elektronické předřadníky je vliv změn napájecí napětí, vzhledem ke stabilizaci napětí předřadníkem, zpravidla zanedbatelný.

7 Metrologické meze využití metody měření

Osvětlenost E je světelně technická veličina, která se v praxi používá pro vyjádření kvantitativních požadavků na osvětlení a její jednotkou je lux (lx). Požadované hodnoty osvětleností závisí na účelu prostoru a náročnosti zrakových úkolů a jsou uvedeny v technických normách a v některých právních předpisech.

Metodika provozního měření osvětlenosti slouží pro terénní měření, není určena pro měření laboratorní. Metodiku lze použít pro měření osvětlenosti v osvětlovacích soustavách denního osvětlení a umělého normálního i nouzového osvětlení. Hodnoty osvětleností v jednotlivých typech osvětlovacích soustav se pohybují v následujících mezích:

- denní osvětlení – desítky až desítky tisíc luxů;
- umělé osvětlení normální – desítky až tisíce luxů;
- umělé osvětlení nouzové – desetiny až jednotky luxů.

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

Denní osvětlení

- pracovní prostory (ČSN EN 17037, NV č.361/2007 Sb.);

- provozovny pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých (Vyhláška č.410/2005 ČSN EN 13037);
- obytné místnosti obytných budov (ČSN 73 0580-2);
- přístup denního světla k průčelí budov (ČSN 73 0580-1);

Sdružené osvětlení (kombinace denní a umělé složky osvětlené)

- vnitřní pobytové prostory (ČSN 36 0020);

Umělé vnitřní osvětlení normální

- vnitřní pracovní prostory (ČSN EN 12464-1);
- místní osvětlení strojů (ČSN EN 1873+A1);
- sportoviště (ČSN EN 12 193);

Umělé vnitřní osvětlení nouzové

- náhradní (ČSN EN 14246-1);
- osvětlení únikových cest (ČSN EN 1838);
- osvětlení antipanické (ČSN EN 1838);
- osvětlení prostorů s velkým rizikem (ČSN EN 1838);

Umělé venkovní osvětlení normální

- venkovní pracovní prostory (ČSN EN 12464-2);
- podzemní doly (ČSN 36 0050);
- sportoviště (ČSN EN 12 193);
- pozemní komunikace (ČSN EN 13201);
- tunely (TP98, ČSN EN 12276);
- přechody pro chodce (TKP15);

Rušivé světlo (venkovní umělé osvětlení)

- světlo na objektech (ČSN 12464-2);

Pro provozní měření osvětlenosti v dané aplikační oblasti je třeba používat luxmetry s rozsahem odpovídajícím mezím osvětleností. Odhad rozšířené nejistoty u provozního měření osvětlenosti je v rozsahu $8\% < U \leq 14\%$.

8 Kontrola měřidla před použitím a příprava na měření

Před zahájením vlastního provozního měření osvětlenosti je třeba provést přípravu, která se liší při měření osvětlenosti denního a umělého osvětlení.

8.1 Denní osvětlení

8.1.1 Shromáždění informací o měřeném prostoru

- Geometrie prostoru, orientace budovy, vnitřní povrchy a umístění osvětlovacích

otvorů (výkresová dokumentace, situace, půdorysy, řezy).

- Projekt denního osvětlení.
- Účel měřeného prostoru a vykonávané zrakové činnosti.
- Vybavení (interiér) prostoru včetně poloh pracovních míst (míst zrakového úkolu).
- Informace o typu denního osvětlení (boční, horní, kombinované).
- Informace o osvětlovacích otvorech (umístění, typ a vlastnosti výplní).
- Informace o mobilních stínicích prvcích a jejich ovládání.
- Informace o stavu údržby osvětlovací soustavy (harmonogram údržby).

8.1.2 Definování kontrolních bodů

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

- Orientace srovnávací roviny je nejčastěji vodorovná, ale může být i svislá (měření denního osvětlení na oknech) nebo nakloněná.
- Výška umístění vodorovné srovnávací roviny je 0,85 m nad podlahou, není-li podle konkrétní funkce prostoru stanovena výška jiná (ČSN 36 0011-1, ČSN IEC 50(845)). V provozovnách a zařízeních pro výchovu a vzdělávání pro děti předškolního věku je srovnávací rovina 0,45 m nad podlahou (Vyhláška č.410/2005 Sb.).
- Pokud není v místnosti známá velikost a/nebo poloha míst zrakových úkolů pokrývá srovnávací rovina celou plochu místnosti. Z oblasti sítě bodů uvnitř prostoru se má vyloučit pruh o šířce 0,5 m od stěn, pokud není uvedeno jinak.
- Kontrolní body se rozmístí v pravidelné pravoúhlé síti na celé srovnávací rovině do středu dílčích ploch, které ji pokrývají. Tyto plochy jsou stejné velké a jsou čtvercové nebo se čtverci blíží.
- Rozteče a polohy kontrolních bodů se stanoví následujícím způsobem:

Pracovní prostory a školní zařízení

U těchto prostorů se maximální rozteč kontrolních bodů na srovnávací rovině stanoví podle vzorce:

$$p = 0,5 \cdot 5^{\log d} \quad (-) \quad (1)$$

kde je

- p maximální rozteč kontrolních bodů (x , nebo y);
- d delší rozměr plochy (buď rozměr a nebo při $a \geq 2b$ rozměr b).

Vzorec platí pouze pro hodnoty $p \leq 10$;

V symetrických prostorech a v prostorech s opakujícími se částmi, které mají shodné podmínky osvětlení, je možné počet kontrolních bodů redukovat (například

v symetrickém prostoru lze měřit jen v jeho polovině, popř. jen v jedné jeho typické a opakující se části). Tento postup je možný u provozního měření ke kolaudaci. Při kontrole osvětlení v průběhu užívání stavby se tento postup nedoporučuje.

Obytné místnosti obytných budov

Při hodnocení denního osvětlení v bytech se kontrola provádí ve dvou kontrolních bodech umístěných v polovině hloubky místnosti, ale nejdále 3 m od okna, vzdálených 1 m od vnitřních povrchů bočních stěn.

Přístup denního světla k průčelí budov

Při hodnocení přístupu denního světla k průčelí budov se kontroluje vertikální osvětlenost v jednom kontrolním bodě. Kontrolní bod pro stanovení činitele denní osvětlenosti D_w zasklení okna z vnější strany se volí v rovině vnějšího líce průčelí v ose okna v polovině jeho výšky, ale nejméně 2 m nad úroveň přilehlého terénu. Při šířce okna větší než 10 m je nutno toto okno rozdělit na dvě okna, z nichž každé má ve své ose kontrolní bod. Je-li před oknem balkón nebo lodžie, umístí se kontrolní bod v ose okna a v uvedené výšce na svislou rovinu vedenou lícem vyložení balkónu nebo lodžie tak, aby se při stanovení činitele D_w co nejvíce (nejlépe zcela) vyloučil vliv stínění těmito prvky vlastního objektu.

8.1.3 Příprava osvětlovací soustavy

- Proveďte se kontrola mobilních stínících prvků a nastaví se tak, aby neomezovaly přístup denního světla do měřeného prostoru.
- Vypnou se všechny zdroje umělého osvětlení, aby nedocházelo k ovlivnění měřených hodnot denního osvětlení.

8.1.4 Příprava hlavních měřidel

- Před vlastním měřením se luxmetry vystaví osvětlení, které řádově odpovídá měřené úrovni osvětlení.
- Před měřením je nutné luxmetry teplotně stabilizovat, a to z důvodu silné teplotní závislosti čidla. Pokud by měření probíhalo mimo teplotu, definovanou výrobcem, je nutné výslednou hodnotu přepočítat.
- Před měřením se provede kontrola baterií a stavu jejich nabití.
- V případě, že měřicí přístroj kromě měření osvětlenosti umožňuje měřit i jiné veličiny, zkontroluje se nastavení přístroje na měření osvětlenosti.

8.2 Umělé osvětlení

8.2.1 Shromáždění informací o měřeném prostoru nebo budově

- Geometrie prostoru a vnitřní povrchy (výkresová dokumentace, půdorysy, řezy).
- Projektová dokumentace silnoproudých rozvodů s rozmístěním svítidel.

- Projekt umělého osvětlení.
- Účel měřeného prostoru a vykonávané zrakové činnosti.
- Vybavení prostoru včetně poloh pracovním míst (míst zrakového úkolu).
- Informace o typu osvětlovací soustavy (celková, odstupňovaná, kombinovaná).
- Informace o svítidlech, světelných zdrojích a předřadnících.
- Informace o ovládání a řízení osvětlovací soustavy (regulace na konstantní osvětlenost, provozní režimy podle využití prostoru).
- Informace o stáří a údržbě osvětlovací soustavy (harmonogram údržby).
- Informace o provozním stavu soustavy (nesvítící svítidla).

8.2.2 Definování kontrolních bodů

Na základě informací o měřeném prostoru se stanoví srovnávací roviny se sítěmi kontrolních bodů. Polohy srovnávacích rovin se převezmou 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 tabule ve třídě, měření rušivého světla apod.) nebo nakloněná.
- Výška umístění vodorovné srovnávací roviny je 0,85 m nad podlahou, není-li podle konkrétní funkce prostoru stanovena výška jiná (ČSN 36 0011-1, ČSN IEC 50(845)). U kancelářských stolů je doporučena 0,75 m, na komunikacích je max. 0,2 m.
- Pokud není v místnosti známá velikost a/nebo poloha míst zrakových úkolů uvažuje se celá místnost. V takovém případě je srovnávací rovinou celá plocha místnosti zmenšená o pruh šířky 0,5 m od stěn místnosti.
- Kontrolní body se rozmísťují v pravidelné pravoúhlé síti na celé srovnávací rovině do středu dílčích ploch, které ji pokrývají. Tyto plochy jsou stejné velké a jsou čtvercové nebo se čtverci blíží.
- Rozteče a počty kontrolních bodů se stanoví následujícím způsobem:

Normální osvětlení

Pro normální osvětlení vnitřních a venkovních pracovních prostorů pro školská zařízení a pro sportoviště se maximální rozteč kontrolních bodů na srovnávací rovině stanoví podle vzorce:

$$p = 0,2 \cdot 5^{\log d} \quad (-) \quad (2)$$

kde je

- p maximální rozteč kontrolních bodů (x , nebo y);
- d delší rozměr plochy (buď rozměr a nebo při $a \geq 2b$ rozměr b).

Vzorec platí pouze pro hodnoty $p \leq 10$;

V symetrických prostorech a v prostorech s opakujícími se částmi, které mají shodné podmínky osvětlení, je možné počet kontrolních bodů redukovat (například v symetrickém

prostoru lze měřit jen v jeho polovině, popř. jen v jedné jeho typické a opakující se části). Tento postup je možný u provozního měření ke kolaudaci. Při kontrole osvětlení v průběhu užívání stavby se tento postup nedoporučuje.

Nouzové osvětlení

Rozteče kontrolních bodů nejsou v technické normě (ČSN EN 1838) předepsány. Podle praktických zkušeností se doporučuje u nouzového únikového umístit měřicí body v ose únikové cesty v rozteči 1 m až 2 m. U antipanického osvětlení se doporučuje měřit v sítí kontrolních bodů v rozteči 1m až 2m. V rámci měření nouzového osvětlení se také měří osvětlenosti v tzv. zdůrazněných místech (ČSN EN 1838) a náběh osvětlenosti v čase.

Osvětlení pozemních komunikací tříd osvětlení P a C

U těchto prostorů se rozteč kontrolních bodů v podélném směru pozemní komunikace stanoví ze vzorce:

$$D = \frac{S}{N} \quad (\text{m}) \quad (3)$$

kde je

- D rozteč kontrolních bodů v podélném směru (m);
- S rozteč světelnými místy (svítidel) (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 pro jízdní pás se určí ze vzorce:

$$d = \frac{W_f}{n} \quad (\text{m}) \quad (4)$$

kde je

- d rozteč kontrolních bodů v příčném směru (m);
- W_f šířka jízdního pásu (m);
- n počet kontrolních bodů v příčném směru, pro které platí $n \geq 3$ a s nejmenším celým číslem, pro které platí $d \leq 1,5$ m

Osvětlení pozemních komunikací tříd osvětlení M

U měření osvětlenosti pozemních komunikací tříd osvětlení M (postup je možný za podmínek uvedených v ČSN EN 13201-4) se rozteč kontrolních bodů v podélném směru stanoví ze vztahu stejně jako u pozemních komunikací tříd osvětlení P a C. Rozteče kontrolních bodů v příčném směru pozemní komunikace pro jeden jízdní pruh se určí ze vzorce:

$$d = \frac{W_L}{3} \quad (\text{m}) \quad (5)$$

kde je

- d rozteč kontrolních bodů v příčném směru (m);
 W_L šířka jízdního pruhu (m);

Rušivé světlo

Osvětlenost se při kontrole rušivého světla používá pro hodnocení množství světla dopadajícího na okna obytných místností. Při měření se měří vertikální osvětlenosti v úrovni zasklení okna obytných místností. Maximální rozteč kontrolních bodů ve vodorovném směru je 5 m a ve svislém směru 1 m (CIE 150:2017).

8.2.3 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 umělého vnitřního osvětlení je třeba vyloučit vliv denního osvětlení (měření v době bez denního světla, eliminace denního světla zakrytím osvětlovacích otvorů) i světla parazitních světelných zdrojů, které by ovlivnily měření (reklamy, světlomety automobilů při měření pozemních komunikací).

8.2.4 Příprava hlavního měřidla

- Před vlastním měřením se luxmetr vystaví osvětlení, které řádově odpovídá měřené úrovni osvětlení.
- Před měřením je nutné luxmetr teplotně stabilizovat, a to z důvodu silné teplotní závislosti čidla. Pokud by měření probíhalo mimo teplotu, definovanou výrobcem, je nutné u naměřených hodnot provést korekci na teplotu.
- Před měřením se provede kontrola baterií a stavu jejich nabití.
- V případě, že měřicí přístroj kromě měření osvětlenosti umožňuje měřit i jiné veličiny, zkontroluje se nastavení přístroje na měření osvětlenosti.

9 Postup měření

Vlastní provozní měření osvětlenosti 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 u doplňkového měření odvodí korekční činitele, které se použijí při vyhodnocení měření.

9.1 Postup měření denního osvětlení

9.1.1 Doplňkové měření

Měření teploty

Teplota se měří uprostřed místnosti a ve venkovním prostoru. Doporučuje se provést měření teploty na začátku a konci měření. Teplota okolí ovlivňuje přesnost měření luxmetru.

Kontrola jasu oblohy

U měření denního osvětlení je třeba před vlastním měření a po jeho skončení provést kontrolu rozložení jasu oblohy.

- Jas oblohy se kontroluje v elevačních úhlech 15°, 45° a 90° nad horizontem ve čtyřech svislých rovinách, rovnoběžných i kolmých s osami osvětlovacích otvorů, případně stěnami prostoru.
- Při jednostranných bočních osvětlovacích otvorech stačí kontrolovat rozložení jasu jen na polovině oblohy, ovlivňující denní osvětlení vnitřního prostoru.
- Přípustné rozmezí poměru jasu oblohy ve stanovených elevačních úhlech k jasu oblohy v zenitu je:

0,3 až 0,6 pro elevační úhel 15°;
0,7 až 0,85 pro elevační úhel 45°.

- Rozptyl hodnot jasu oblohy ve svislých rovinách v jednotlivých elevačních úhlech 15° a 45° nemá být větší než 10 % od průměrné hodnoty.

Určení činitele znečištění

Míra znečištění osvětlovacích otvorů hraje roli v množství denního světla procházejícího do vnitřního prostoru. Z tohoto důvodu je vhodné při měření denního osvětlení stanovit hodnotu činitele znečištění. Pro jednotlivé typy osvětlovacích soustav může být činitel znečištění rozdílný (okna, světlíky). Pro stanovení činitele znečištění se změří osvětlenost s čidlem přiloženým na měřenou vnitřní stranu výplně znečištěného osvětlovacího otvoru. Po vyčištění obou stran výplně se opět změří osvětlenost na vnitřní straně výplně. Měření je třeba provádět při přibližně konstantní osvětlenosti zasklení, tedy aby osvětlenost

vnějšího zasklení byla při obou měření shodná. Činitel znečištění je podíl osvětleností při znečištěné a při vyčištěné výplni osvětlovacích otvorů.

Vytyčení sítě kontrolních bodů

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

9.1.2 Hlavní měření

- Měření osvětlenosti se provádí ve vytyčené síti kontrolních bodů vnitřního prostoru. Fotočlánek se postupně umísťuje do kontrolních bodů sítě a odečtené hodnoty se zaznamenají.
- Ve stejném časovém okamžiku s hodnotami osvětleností v kontrolních bodech se odečítá hodnota venkovní vodorovné osvětlenosti nezacloněné roviny a zaznamená se. Odečítání obou osvětleností je třeba synchronizovat s využitím komunikačních prostředků (vysílačky, mobilní telefony).
- Při umísťování fotočlátku do kontrolních bodů je třeba dodržet správnou polohu, výšku a orientaci fotočlátku. Pro zajištění dostatečné přesnosti umístění fotočlátku je třeba pro upevnění fotočlátku 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 umělého světla, které by ovlivňovaly měření.
- Při měření je třeba zajistit, aby nedocházelo k clonění denního světla, dopadajícího z osvětlovacích otvorů do kontrolních bodů (překážky, osoba provádějící měření).

9.1.3 Vyhodnocení měření

Naměřené hodnoty jsou hodnoty nekorigované. Naměřené hodnoty se upraví podle vlastností měřicích přístrojů na základě údajů výrobce, podle výsledků kalibrace přístrojů, podle vlastností měřeného prostoru a podmínek měření všemi podstatnými korekčními činiteli tak, aby se co nejvíce omezily chyby měření a aby se výsledky co nejvíce přiblížily skutečnosti (spektrální chyba, směrová chyba, chyba linearity, vliv teploty, vliv znečištění atd.).

Příklad korekce naměřených hodnot

Z kalibračního nebo ověřovacího listu luxmetru se zjistí korekční činitel pro daný rozsah osvětlenosti zvláště pro luxmetr pro měření vnitřní osvětlenosti ($K_{2856i,i}$) a zvláště pro luxmetr pro měření venkovní osvětlenosti ($K_{2856i,e}$). V případě, že na měřené hodnoty budou mít vliv další parametry prostředí (například teplota), stanoví se hodnota korekčního činitele tohoto vlivu. Naměřené nekorigované hodnoty osvětleností se vynásobí korekčními činiteli a získají se korigované hodnoty osvětleností.

$$E_k = K_{2856i,i} \cdot E \quad (1x) \quad (7)$$

$$E_{h,k} = K_{2856i,e} \cdot E_h \quad (\text{lx}) \quad (8)$$

kde je:

K_w	korekční činitel na znečištění výplní okenních otvorů (-);
$K_{2856i,i}$	korekční činitel pro daný rozsah osvětlenosti luxmetru pro měření vnitřní osvětlenosti v kontrolních bodech (-);
$K_{2856i,e}$	korekční činitel pro daný rozsah osvětlenosti luxmetru pro měření venkovní osvětlenosti na vodorovné nezacloněné rovině (-);
E	nekorigovaná osvětlenost v kontrolním bodě ve vnitřním prostoru (lx);
E_h	nekorigovaná osvětlenost venkovní vodorovné nezacloněné roviny (lx);
E_k	korigovaná osvětlenost v kontrolním bodě ve vnitřním prostoru (lx);
$E_{h,k}$	korigovaná osvětlenost venkovní vodorovné nezacloněné roviny (lx).

Denní osvětlení se posuzuje činitelem denní osvětlenosti. Proto se v jednotlivých kontrolních bodech z naměřených korigovaných hodnot osvětleností stanoví činitel denní osvětlenosti ze vztahu:

$$D = \frac{E_k}{E_{h,k}} \cdot 100 \quad (\%) \quad (9)$$

kde je

E_k	korigovaná osvětlenost v kontrolním bodě ve vnitřním prostoru (lx)
$E_{h,k}$	korigovaná osvětlenost venkovní vodorovné nezacloněné roviny (lx)

V dalším kroku se stanoví nejistoty měření (kapitola 10) a připojí se k naměřeným hodnotám. 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.

9.2 Postup měření umělého osvětlení

9.2.1 Doplňkové měření

Měření teploty

Teplota se měří uprostřed místnosti nebo ve venkovním prostoru. Doporučuje se provést měření teploty na začátku a konci měření. Teplota okolí může ovlivňovat nejen velikost světelného toku vyzařovaného svítidly, ale také přesnost měření luxmetru.

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 neprovádět.

Vytyčení sítě kontrolních bodů

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

9.2.2 Hlavní měření

- Měření osvětlenosti se provádí ve vytyčené síti kontrolních bodů. Fotočlánek se postupně umísťuje do kontrolních bodů sítě a odečtené hodnoty se zaznamenají.
- Při umísťování fotočlátku do kontrolních bodů je třeba dodržet správnou polohu, výšku a orientaci fotočlátku. Pro zajištění dostatečné přesnosti je třeba pro upevnění fotočlátku 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 při měření pozemních komunikací 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);
- Při měření osvětlení u kombinované osvětlovací soustavy se měří osvětlenost nejprve při kombinovaném osvětlení (celkovém i místním), pak pouze při celkovém osvětlení, a obě hodnoty se zaznamenají.
- V případě, že je osvětlovací soustava vybavena řídicím systémem osvětlení nastaví se hladina osvětlenosti, 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 osvětlenosti v kontrolních bodech v každém provozním režimu.

9.2.3 Vyhodnocení měření

Naměřené hodnoty jsou hodnoty nekorigované.

Naměřené hodnoty jsou hodnoty nekorigované. Naměřené hodnoty se upraví podle vlastností měřicích přístrojů na základě údajů výrobce, podle výsledků kalibrace přístrojů, podle vlastností měřeného prostoru a podmínek měření všemi podstatnými korekčními činiteli tak, aby se co nejvíce omezily chyby měření a aby se výsledky co nejvíce přiblížily skutečnosti (spektrální chyba, směrová chyba, chyba linearity, vliv teploty, vliv znečištění atd.).

Příklad korekce naměřených hodnot

Z kalibračního listu luxmetru 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 luxmetr 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:

$$K_u = \left[\frac{U_n}{U_m} \right]^c \quad (-) \quad (10)$$

kde je:

- U_n skutečné napětí při měření (V);
- U_m provozní napětí svítidla (V);
- c konstanta (tab. č. 1) závislá na druhu světelného zdroje, (-)

Tab. č. 1 – Hodnoty konstanty c pro různé druhy světelného zdroje

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 osvětlenosti se vynásobí korekčními činiteli a získají se korigované hodnoty osvětlenosti.

$$E_k = K_{2856i} \cdot K_{dj} \cdot K_u \cdot E \quad (Ix) \quad (11)$$

kde je:

$K_{2856i,i}$	korekční činitel pro daný rozsah osvětlenosti luxmetru (-);
K_{dj}	korekční činitel na měřený světelný zdroj (-);
K_U	korekční činitel napětí (-);
E	nekorigovaná osvětlenost v kontrolním bodě (lx);
E_k	korigovaná osvětlenost v kontrolním bodě (lx);

Při měření osvětlenosti na srovnávací rovině mohou být hodnoty osvětlenosti v kontrolních bodech z různých rozsahů luxmetru. V takové případě se má hodnota osvětlenosti 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 osvětleností z jiného rozsahu není příliš mnoho, lze aplikovat korekční činitel na rozsah až na výslednou průměrnou hodnotu osvětlenosti.

Pro jednotlivé srovnávací roviny se stanoví průměrné \bar{E} (lx), minimální E_{min} (lx), a maximální E_{max} (lx) hodnoty osvětlenosti. Z uvedených hodnot se stanoví rovnoměrnosti osvětlení.

Rovnoměrnost osvětlenosti:
$$U_o = \frac{E_{min}}{\bar{E}} \quad (-) \quad (12)$$

Rovnoměrnost extrému:
$$U_D = \frac{E_{min}}{E_{max}} \quad (-) \quad (13)$$

Rovnoměrnost extrému se ověřuje pouze u vybraných aplikačních oblastí (např. nouzové osvětlení, železnice).

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

$$\bar{E}_m = \bar{E}_i \cdot MF \quad (lx) \quad (14)$$

kde je:

\bar{E}_i	počáteční hodnota průměrné osvětlenosti (lx);
MF	udržovací činitel (-);

V dalším kroku se stanoví nejistoty měření (kapitola 10). Rozšířená nejistota se přepočítá z procent na luxy a připojí se k výsledným korigovaným hodnotám osvětleností. Například korigovaná průměrná hodnota osvětlenosti bude $\bar{E} = 725$ lx a rozšířená nejistota bude $U = \pm 11\%$. Přepočítaná rozšířená nejistota bude $U = 79,75$ lx a výsledek bude mít následující tvar:

$$\bar{E} = (725 \pm 79,75) \text{ lx}$$

Naměřené hodnoty 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 vyhovující.

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 osvětlenosti se provádí pro každý kontrolní bod pouze jednou, určí se nejistota měření pouze z nejistoty typu B. Nejistotu typu B tvoří nejistoty měřicího přístroje (luxmetru) a nejistoty metody měření. Nejistoty luxmetru se určí z charakteristik uváděných výrobcí (tab. č. 2)

Tab. č. 2 Charakteristiky luxmetrů

Charakteristika	Symbol	Rozdělení	Rozsah hodnot chyby (%)
Nejistota kalibrace	u_{cal}	rovnoměrné	1,5 – 3,0
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	rovnoměrné	1,5 – 3,0

Linearita	f_3	rovnoměrné	1,0 – 2,0
Chyba zobrazovací jednotky	f_4	rovnoměrné	3,0 – 4,5
Únava	f_5	rovnoměrné	1,0 – 2,0
Teplotní závislost	f_6	rovnoměrné	2,0 – 10,0
Časově proměnné záření	f_7	rovnoměrné	0,2 – 0,5
Nerovnoměrnost osvětlení snímače	f_9	rovnoměrné	15,0 – 30,0
Změna rozsahu	f_{11}	rovnoměrné	0,5 – 1,0

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

Tab. č. 3 Chyby měřicí 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:

$$u_{B,i} = \frac{z_{\max,i}}{\chi_i} \quad (\%) \quad (15)$$

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:

$$u_B = \sqrt{u_{B1}^2 + u_{B2}^2 + u_{B3}^2 + \dots + u_{Bn}^2} \quad (\%) \quad (16)$$

kde je

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

Rozšířená nejistota měření U se určí podle vztahu:

$$U = k \cdot u_B \quad (\%) \quad (17)$$

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 A

Provozní měření osvětlenosti soustavě zářivkových svítidel bylo provedeno s luxmetrem s hodnotami charakteristik podle tab. č.4. Hodnoty charakteristik byly přepočteny na nejistoty.

Tab. č. 4 Charakteristiky luxmetru

Charakteristika	Symbol	chyba (%)	rozdělení	nejistota (%)
Spektrální chyba	f_1	6	$\sqrt{3}$	3,46
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
Linearita	f_3	2	$\sqrt{3}$	1,15
Chyba zobrazovací jednotky	f_4	4,5	$\sqrt{3}$	2,60
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	2	3	0,67
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:

$$u_B = \sqrt{3,46^2 + 1,15^2 + \dots + 0,67^2 + 2,89^2} = 5,96\% \quad (18)$$

Rozšířená nejistota je:

$$U = k \cdot u_B = 2 \cdot 5,96 = 11,91\% \quad (19)$$

10.2 Příklad B

Luxmetr z předchozího příkladu byl kalibrován, metoda měření zůstala totožná. Spektrální chyba a chyba zobrazovací jednotky byly nahrazena nejistotou kalibrace, odečtenou z kalibračního listu.

Tab. č. 6 Charakteristiky luxmetru

Charakteristika	Symbol	chyba (%)	rozdělení	nejistota (%)
Spektrální chyba	f_1	6	$\sqrt{3}$	-
Nejistota kalibrace daného světelného zdroje	-	-	-	2,20
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
Linearita	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. 7 Nejistoty metody měření

Typ chyby	chyba (%)	rozdělení	nejistota (%)
Chyba plošného umístění	2	3	0,67
Chyba výškového umístění	1	3	0,33

Chyba odchylky od roviny	2	3	0,67
Ostatní	2	$\sqrt{3}$	1,15

Z vypočtených nejistot byla stanovena celková standardní nejistota typu B:

$$u_B = \sqrt{2,20^2 + 1,15^2 + \dots + 10,67^2 + 1,15^2} = 5,14\% \quad (20)$$

Rozšířená nejistota je:

$$U = k \cdot u_B = 2 \cdot 5,14 = 10,28\% \quad (21)$$

11 Záznamy o měření

Protokol o provozním měření osvětlenosti musí 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;
- 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 osvětlenosti má mít a jedinečné kódové označení pro jeho jednoznačnou identifikaci a jednotlivé strany protokolu mají být očíslovány.

Příklad struktury protokolu o provozním měření osvětlenosti

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 (orientace);
- C2 Povrchy;
- C3 Vybavení prostoru;
- C4 Účel a zrakové činnosti;
- C5 Stínící překážky, parazitní osvětlení;

D. Osvětlovací soustava

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

E. Parametry prostředí

- E1 Napájecí napětí;
- E2 Klimatické podmínky (stav oblohy);
- E3 Teplota;

F. Měřicí přístroje

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

G. Měření

- G1 Stav osvětlovací soustavy (nefunkční zdroje, stav regulace);
- G2 Typ měření (s/bez přítomnosti osob);
- G3 Opakování měření;
- G4 Měřené prostory;
- G5 Měřená pole (umístění, výška);
- G6 Kontrolní body;
- G7 Naměřené (korigované) hodnoty v tabelární nebo výkresové podobě (viz příloha);
- G8 Udržovací činitel, činitel znečištění;
- G9 Korekční činitelé a nejistoty měření;
- G10 Stanovení požadovaných korigovaných hodnot s vyjádřením nejistoty (průměrné hodnoty osvětlenosti, činitel denní osvětlenosti);

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;
- P2 Naměřené hodnoty osvětleností 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, přičemž musí být dodrženy požadavky technických norem a právních předpisů.

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.

Nepronodějně