



Měření veřejného osvětlení vybraných úseků v obci

Bílovec

Datum: 13. 11. 2018

Vypracoval: Ing. Radek Žák

Úvod

Účelem měření bylo ověření parametrů veřejného osvětlení ve vybraných úsecích v obci Bílovec. Osvětlenost byla posuzována dle normy ČSN EN 13201.

Datum a čas vlastního měření: 16. - 17. 10. 2018, 18:00 – 01:15

17. - 18. 10. 2018, 18:00 – 02:00

Teplota na začátku měření: 12 °C

Teplota na konci měření: 9 °C

Měřeno: jas povrchu komunikací, horizontální osvětlenost, svislá osvětlenost

Měřili: Ing. Radek Žák, Martin Tásler

Měřicí přístroje

- luxmetr Extech Instruments HD450, ověřovací list: 8018-OL-R0011-18. Naměřené hodnoty uvedené v tabulce jsou již korigované hodnoty podle ověřovacího listu luxmetru.
- jasový analyzátor LDA, VUT Brno, kalibrační protokol 18320-LDA-2018-3.

Postup měření

Měření bylo provedeno ve smyslu normy ČSN EN 13201-4

- změření rozložení jasu komunikace
- změření vertikální osvětlenosti přechodu
- vyhodnocení měření uvedených v tabulkách níže dle ČSN EN 13201-2
- vyhodnocení parametrů přechodů dle požadavků TKP - 15

Před vlastním měřením byla vytýčena síť kontrolních bodů pro vybrané úseky. Při měření se věnovala zvláštní pozornost eliminaci parazitního světla, zejména od světlometů projíždějících automobilů.

U přechodů pro chodce se měřila vertikální osvětlenost (plocha kolmá na normálu směru příjezdějícího vozidla k přechodu) pro každý směr komunikace a dále proběhlo měření adaptačních pásem přechodů v obou směrech jízdy. U adaptačních pásem byl vyhodnocen jas pozadí přechodu, a tam, kde to neumožňovaly klimatické podmínky, byly vyhodnoceny horizontální osvětlenosti komunikace (adaptační pásmo před a za přechodem).

Naměřené hodnoty osvětleností byly zkorigovány dle ověřovacího listu č. 8018-OL-R0011-18 podle vztahu:

$$E_k = k_{2856i} \cdot k_{di} \cdot E_{mer} \quad [lx; -, -, lx]$$

kde E_k je korigovaná hodnota osvětlenosti
 k_{2856i} korekční koeficient pro daný měřicí rozsah luxmetru

k_{di} korekční koeficient na typ světelného zdroje
 E_{mer} je naměřená hodnota osvětlenosti

Při korekci byly použity následující korekční koeficienty:

korekční koeficient pro daný rozsah osvětlenosti: $k_{2856i} = 1,000$
korekční koeficient - vysokotlaká sodíková výbojka: $k_{di} = 1,119$
korekční koeficient - LED 4000 K: $k_{di} = 1,117$
korekční koeficient - LED 3000 K: $k_{di} = 1,114$

Nejistota měření je vyjádřena jako rozšířená standardní nejistota U s koeficientem rozšíření $k = 2$, což pro normální rozdělení odpovídá pravděpodobnosti pokrytí 95% a je stanovena na $\pm 10\%$. Z naměřených hodnot byla stanovena průměrná osvětlenost a rovnoměrnost.

Hodnoty osvětlenosti jsou uvedeny pro udržovací činitel $z = 1$, což odpovídá aktuálním měřeným hodnotám. Rozšířená nejistota provedených měření hladin osvětlenosti nepřesahuje 10%.

U úseků komunikací, kde nejsou splněny základní požadavky pro to, aby byl vyhodnocovacím kritériem osvětlení jas povrchu komunikace, jsou hodnoceny požadavky tříd osvětlení M s využitím hladin osvětlenosti.

Postup pro hodnocení komunikací tříd osvětlení M s využitím hladin osvětlenosti je uveden v ČSN CEN/TR 13201-1 (Tabulka 2 - Ekvivalentní třídy osvětlení M a C).

Tabulka 2 - Ekvivalentní třídy osvětlení M a C pro různé hodnoty Q_0 povrchu vozovky

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

Ulice	sv. bod	sv. bod	č. úseku
II/463 Opavská	1193	1220	1

Třída komunikace	Rozměry (m)
M5	121 x 7

Hodnoty osvětlenosti (lx)

	1	2	3	4	5	...	34	35	36	37	38	39	40
1	5,1	2,8	0,6	0,3	0,0	0,0	0,0	0,4	2,8	5,9	9,0	18,9	25,7
2	5,8	3,0	0,4	0,3	0,0	0,0	0,0	0,4	2,5	5,4	7,8	16,9	23,5
3	6,4	3,4	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,3	2,0	4,9	7,5	15,4	20,1
4	7,5	3,5	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,3	1,7	4,6	7,4	14,5	19,0
5	7,9	3,6	0,4	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2	1,1	4,4	7,3	13,8	16,8

Ulice	sv. bod	sv. bod	č. úseku
II/647 Nová Cesta	1240	1241	2

Třída komunikace	Rozměry (m)
M4	33,1 x 8

Hodnoty osvětlenosti (lx)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	15,7	15,1	12,2	10,4	8,2	7,5	4,7	4,8	7,0	10,5	17,0
2	19,2	18,1	14,9	12,2	10,2	8,5	5,0	5,4	7,7	11,2	16,8
3	22,8	21,0	15,4	13,7	10,4	9,3	5,4	5,6	8,4	10,6	18,5
4	22,6	20,9	14,7	13,8	9,7	9,4	5,4	6,2	9,6	11,6	18,1
5	19,4	18,1	14,1	12,4	8,8	9,0	5,1	7,3	10,3	12,3	17,9
6	14,8	14,1	12,6	11,3	7,3	8,4	5,3	6,9	10,5	13,7	18,1

Ulice	sv. bod	sv. bod	č. úseku
III/46418 Čs. armády	1235	873	3

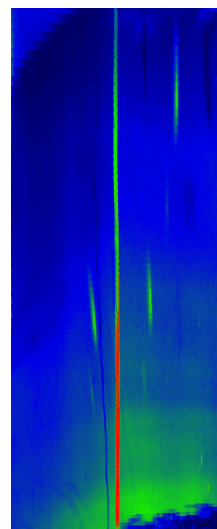
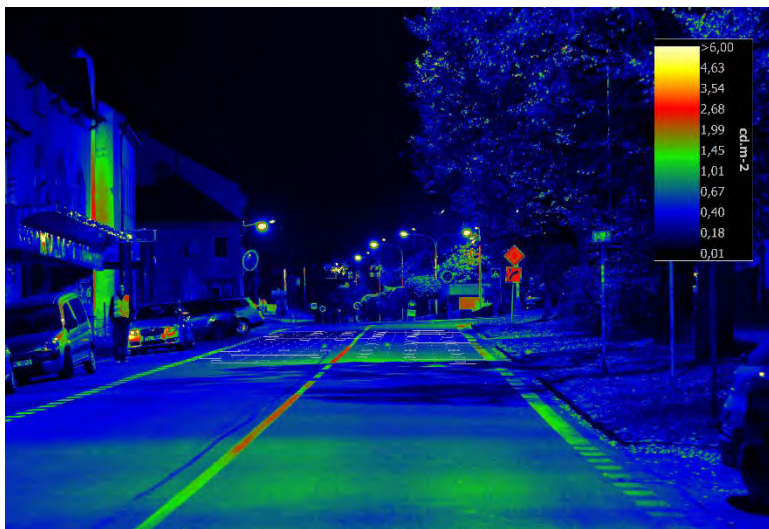
Třída komunikace	Rozměry (m)
M6	114 x 7

Hodnoty osvětlenosti (lx)

	1	2	3	4	5	6	7	...	31	32	33	34	35	36	37
1	35,8	22,5	15,4	6,2	2,1	0,7	0,0	0,0	0,0	1,5	5,9	4,8	4,5	11,6	15,4
2	45,9	25,7	13,9	5,8	2,6	0,4	0,0	0,0	0,0	0,9	2,3	4,4	4,5	11,4	14,1
3	46,1	27,1	13,1	5,3	1,7	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	2,3	3,4	9,7	12,8
4	43,6	23,7	11,9	4,9	1,7	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	1,5	5,4	11,3
5	30,2	25,6	12,5	5,1	1,5	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	1,7	6,6

Ulice	sv. bod	sv. bod	č. úseku
II/647 17. listopadu	1310	1311	4

Třída komunikace	Rozměry (m)
M4	35,8 x 8



Hodnoty jasů (cd.m⁻²)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0,59	0,50	0,46	0,44	0,32	0,28	0,26	0,24	0,22	0,18	0,16	0,33
2	0,78	0,59	0,52	0,49	0,42	0,33	0,31	0,27	0,25	0,22	0,17	0,17
3	1,02	0,73	0,66	0,51	0,56	0,42	0,35	0,30	0,28	0,27	0,22	0,19

4	1,14	0,93	0,87	0,67	0,65	0,58	0,47	0,40	0,37	0,34	0,27	0,27
5	0,77	0,85	0,76	0,63	0,58	0,56	0,44	0,40	0,38	0,41	0,38	0,24
6	0,38	0,81	0,75	0,62	0,59	0,56	0,43	0,41	0,41	0,30	0,23	0,21

Ulice	sv. bod	sv. bod	č. úseku
III/46414 1. máje	845	842	5

Třída komunikace	Rozměry (m)
M6	92,4 x 7

Hodnoty osvětlenosti (lx)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	...	27	28	29	30
1	25,3	19,1	12,8	8,3	4,5	2,7	1,2	0,7	0,3	0,0	0,0	0,0	1,8	5,3	12,2
2	15,3	14,2	10,1	7,4	4,0	2,5	1,2	0,8	0,2	0,0	0,0	0,0	1,5	3,7	8,8
3	10,9	10,5	7,9	5,8	3,1	2,2	1,0	0,4	0,2	0,0	0,0	0,0	0,9	2,6	5,5
4	7,5	7,8	6,4	5,1	2,9	2,1	0,8	0,4	0,2	0,0	0,0	0,0	0,7	1,8	3,5
5	5,7	5,5	4,8	4,0	2,6	2,0	0,7	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,3	1,0	2,0

Ulice	sv. bod	sv. bod	č. úseku
Budovatelská	725	726	6

Třída komunikace	Rozměry (m)
P4	64,1 x 6

Hodnoty osvětlenosti (lx)

	1	2	3	4	5	6	...	15	16	17	18	19	20	21
1	9,3	8,4	6,4	2,9	1,2	0,0	0,0	0,0	0,6	2,1	5,5	6,4	8,6	16,0
2	8,1	8,1	6,7	3,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,8	2,3	5,9	6,5	7,9	13,7
3	5,8	6,5	5,5	2,7	1,1	0,0	0,0	0,0	0,9	2,5	5,8	5,5	6,2	9,2
4	4,8	4,6	4,1	2,2	1,1	0,0	0,0	0,0	0,8	2,0	4,6	4,5	4,6	6,7

Ulice	sv. bod	sv. bod	č. úseku
Valová	803	802	7

Třída komunikace	Rozměry (m)
P5	50,5 x 4

Hodnoty osvětlenosti (lx)

	1	2	3	4	5	...	12	13	14	15	16
1	6,4	2,9	1,3	0,3	0	0	0	0,8	0,8	1,4	1,8
2	3,9	2,3	0,9	0,4	0	0	0	0,9	1,3	1,8	2,5
3	2,5	1,7	1	0,3	0	0	0	1,1	1,6	2,3	3,3

Ulice	sv. bod	sv. bod	č. úseku
II/647 Dukelská	723	724	8

Třída komunikace	Rozměry (m)
M5	62,8 x 8

Hodnoty osvětlenosti (lx)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	...	13	14	15	16	17	18	19	20
1	47,8	24,1	16,0	10,6	7,6	2,9	2,0	0,3	0,0	0,0	0,0	1,1	2,0	3,9	6,7	12,0	19,2	26,9
2	50,0	25,5	16,8	10,5	8,1	3,4	1,8	0,3	0,0	0,0	0,0	1,0	1,9	3,5	5,4	10,2	19,7	21,3
3	49,5	26,9	17,0	11,1	9,3	4,0	1,8	0,4	0,0	0,0	0,0	1,0	1,7	3,4	5,7	9,2	12,2	15,7
4	43,0	27,1	17,7	11,3	8,7	3,8	1,7	0,7	0,0	0,0	0,0	1,0	1,6	3,0	4,3	7,0	9,5	11,7
5	32,7	23,5	16,7	11,1	7,9	3,7	1,9	0,9	0,0	0,0	0,0	0,8	1,5	2,6	3,6	5,4	7,2	8,6
6	25,6	19,4	15,0	10,2	7,0	4,6	1,8	1,1	0,0	0,0	0,4	0,8	1,2	2,7	3,5	4,3	5,4	6,8

Ulice	sv. bod	sv. bod	č. úseku
Na Nádraží	1223	1222	9

Třída komunikace	Rozměry (m)
C5	72,6 x 7

Hodnoty osvětlenosti (lx)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	...	17	18	19	20	21	22	23	24
1	17,6	11,6	9,6	6,4	3,5	3,1	0,8	0,6	0,0	0,0	0,7	1,8	2,2	3,8	4,5	6,8	10,0	15,7
2	18,9	14,5	12,4	8,8	4,3	3,9	1,2	0,7	0,0	0,0	0,8	1,6	2,0	3,2	3,9	5,8	9,0	14,0
3	17,7	16,1	13,9	10,6	5,3	4,7	1,5	0,9	0,2	0,0	0,8	1,3	1,6	2,5	3,5	5,5	8,7	13,9
4	15,4	15,4	12,4	9,6	5,7	4,9	1,8	1,1	0,3	0,0	0,6	1,1	1,5	2,7	3,4	5,6	8,6	12,6
5	12,9	12,6	10,2	7,9	5,0	5,0	1,8	1,1	0,3	0,0	0,6	1,3	1,5	2,5	3,4	5,9	8,3	11,2

Ulice	sv. bod	sv. bod	č. úseku
B. Němcové	874	20016	10

Třída komunikace	Rozměry (m)
P4	45,8 x 4

Hodnoty osvětlenosti (lx)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	16,7	13,7	10,5	6,9	2,8	1,8	stín	stín	stín	1,6	2,0	3,5	5,3	9,6	16,6
2	14,0	11,6	9,4	5,5	2,7	1,7	1,6	stín	1,4	1,4	2,1	2,9	4,3	8,0	13,9
3	10,4	8,7	8,4	5,1	3,3	1,6	1,3	1,2	1,3	1,3	1,9	2,3	3,7	5,9	10,1

Ulice	sv. bod	sv. bod	č. úseku
Pod Strání	1013	1014	11

Třída komunikace	Rozměry (m)
P4	63,2 x 4

Hodnoty osvětlenosti (lx)

	1	2	3	4	5	...	17	18	19	20	21
1	5,4	3,2	1,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,3	1,1	2,9	4,1
2	4,9	3,2	1,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,3	1,3	3,4	5,8
3	3,5	2,3	1,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,2	1,2	3,8	7,7

Ulice	sv. bod	sv. bod	č. úseku
Dukelská - přechod	1230	1231	12,13,14

Třída komunikace	Rozměry (m)
M5	8 x 3

Hodnoty vertikální osvětlenosti (lx)

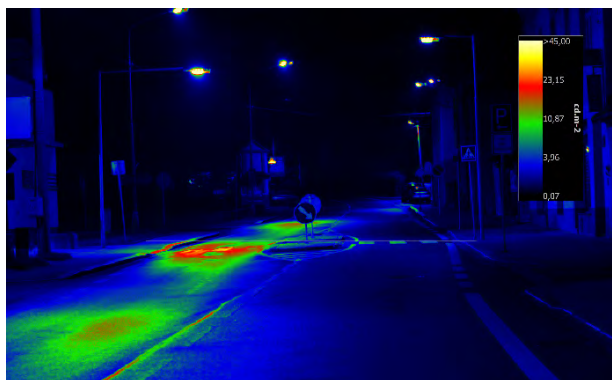
Směr do města

dopl. p.	základní prostor			dopl. p.
98,5	128,7	128,7	116,4	87,3
122,0	167,9	175,7	148,8	96,2
109,7	175,7	190,2	145,5	83,9



Směr z města

dopl. p.	základní prostor			dopl. p.
35,8	45,9	48,1	30,2	17,9
43,6	49,2	49,2	34,7	19,0
42,5	47,0	45,9	32,5	19,0



Adaptační jasy

Směr do města	1,17 cd.m ⁻²
Směr z města	1,03 cd.m ⁻²

Ulice	sv. bod	sv. bod	č. úseku
Ostravská - přechod	1122	1123	15,16,17

Třída komunikace	Rozměry (m)
M5	8 x 3

Hodnoty vertikální osvětlenosti (lx)

Směr do města

dopl. p.	základní prostor						dopl. p.
13,4	19,0	33,6	49,2	77,2	120	149	133
16,8	24,6	36,9	68,3	122	176	192	166
30,2	63,8	68,3	61,5	71,6	86,2	87,3	73,9

Směr z města

dopl. p.	základní prostor						dopl. p.
135	162	170	105	56,0	35,8	26,9	21,3
185	228	206	122	70,5	36,9	23,5	15,7
134	142	125	72,7	36,9	26,9	19,0	10,1

Horizontální osvětlenost pozemní komunikace

Směr do města	10,7 lx
Směr z města	12,1 lx

Naměřené hodnoty horizontální osvětlenosti adaptačního pásma směr do města

Kontrolní bod		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
		1,50	4,50	7,50	10,50	13,50	16,50	19,50	22,50	25,50	28,50	31,50	34,50	37,50	40,50
A	0,67	20,7	16,7	12,5	10,5	8,1	7,2	6,0	5,9	7,0	7,7	9,2	11,2	15,6	20,0
B	2,00	19,2	15,2	12,7	10,8	8,6	8,2	6,9	6,8	7,8	8,1	10,5	11,6	15,1	18,6
C	3,33	17,3	15,6	13,1	11,5	9,4	8,5	7,5	7,4	7,6	9,1	10,7	12,1	14,8	17,4
D	4,66	15,8	13,9	11,6	10,9	9,0	8,3	7,5	7,5	7,9	8,6	10,1	10,9	13,2	15,2
E	5,99	13,9	12,5	10,6	10,0	8,5	8,1	7,6	7,4	7,7	8,2	9,4	10,2	12,3	13,7
F	7,32	12,7	11,7	9,8	9,0	8,2	7,9	7,4	7,5	7,5	7,9	8,5	9,1	10,9	12,2

Naměřené hodnoty horizontální osvětlenosti adaptačního pásma směr z města

Kontrolní bod		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		1,50	4,50	7,50	10,50	13,50	16,50	19,50	22,50	25,50	28,50	31,50
A	0,67	22,1	17,8	12,8	9,6	8,2	7,5	7,9	9,0	12,5	17,5	22,3
B	2,00	20,1	16,5	13,1	10,1	8,7	7,8	8,1	8,8	12,8	15,9	19,4
C	3,33	19,0	15,1	13,7	10,7	9,3	8,4	8,7	9,0	13,5	14,3	17,8
D	4,66	16,9	14,7	12,6	10,3	9,1	8,1	7,8	8,5	12,8	14,1	16,6
E	5,99	15,6	14,0	11,6	9,6	9,0	8,2	7,4	8,7	11,2	13,1	14,1
F	7,32	15,0	12,3	11,2	9,1	9,1	8,1	7,1	8,7	10,4	12,1	13,5

Ulice	sv. bod	sv. bod	č. úseku
Opavská - přechod	1194	-	18,19,20

Třída komunikace	Rozměry (m)
M5	7 x 3

Hodnoty vertikální osvětlenosti (lx)

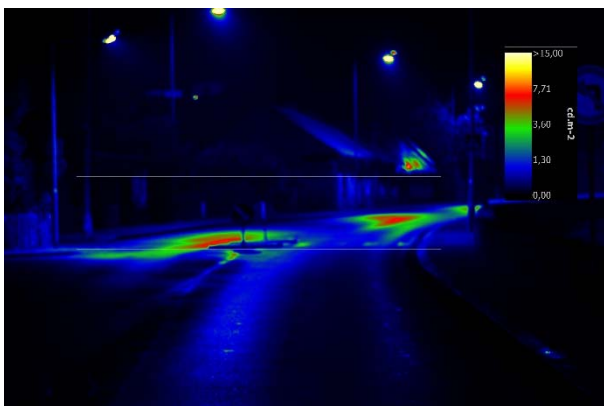
Směr do města

dopl. p.	základní prostor			dopl. p.
30,3	34,4	37,9	40,3	34,7
23,4	41,3	39,4	39,2	32,5
22,3	31,2	27,4	26,0	24,6



Směr z města

dopl. p.	základní prostor			dopl. p.
3,4	1,1	1,1	1,1	1,1
2,2	1,1	1,1	2,2	1,1
2,2	1,1	2,2	2,8	3,4



Adaptační jasy

Směr do města	0,14 cd.m ⁻²
Směr z města	0,53 cd.m ⁻²

Vyhodnocení měření jasu a osvětlenosti

Požadavky dle ČSN EN 13201-2

Třída osvětlení	L_m (cd/m²) (min. udržovaná hodnota)	U_0 (-) (minimální hodnota)	U_l (-) (minimální hodnota)	f_{Tl} (%) (maximální hodnota)	R_{El} (-) (minimální hodnota)
M1	2,00	0,40	0,70	10	0,35
M2	1,50	0,40	0,70	10	0,35
M3	1,00	0,40	0,60	15	0,30
M4	0,75	0,40	0,60	15	0,30
M5	0,50	0,35	0,40	15	0,30
M6	0,30	0,35	0,40	20	0,30

Třída osvětlení	E_m (lx) (min. udržovaná hodnota)	U_0 (-) (minimální hodnota)
C0	50	0,40
C1	30	0,40
C2	20	0,40
C3	15	0,40
C4	10	0,40
C5	7,5	0,40

Třída osvětlení	E_m (lx) (min. udržovaná hodnota)	E_{min} (lx) (minimální hodnota)
P1	15	3,0
P2	10	2,0
P3	7,5	1,5
P4	5	1,0
P5	3	0,6
P6	2	0,4
P7	-	-

L_m (cd/m ²)	Průměrný jas
U_0 (-)	Celková rovnoměrnost
U_l (-)	Podélná rovnoměrnost
f_{Tl} (%)	Prahový přírůstek oslnění
R_{El} (-)	Činitel osvětlení okolí
E_m (lx)	Průměrná osvětlenost
E_{min} (lx)	Minimální osvětlenost

úsek	ulice	třída	L _m	U _o	U _l	E _m	výsledek
1	II/463 Opavská	M5 (C5)		0		1,6	nevyhovuje
2	II/647 Nová Cesta	M4 (C4)		0,40		11,9	vyhovuje
3	III/46418 Čs. armády	M6 (C5)		0		3,1	nevyhovuje
4	II/647 17. listopadu	M4	0,46	0,35	0,19		nevyhovuje
5	III/46414 1. máje	M6 (C5)		0		1,9	nevyhovuje
6	Budovatelská	P4		0		2,7	nevyhovuje
7	Valová	P5		0		0,9	nevyhovuje
8	II/647 Dukelská	M5 (C5)		0		7,7	nevyhovuje
9	Na Nádraží	C5		0		4,2	nevyhovuje
10	B. Němcové	P4		0,21		5,8	vyhovuje
11	Pod Strání	P4		0		0,9	nevyhovuje

Vyhodnocení měření přechodů pro chodce

Požadavky dle TKP-15

Třída	Udržovaná hodnota stávajícího osvětlení		Udržovaná průměrná svislá osvětlenost (lx)		
			nejnižší		nejvyšší
	jasu povrchu komunikace/ pozadí (cd.m ⁻²)	horizontální osvětlenosti komunikace (lx)	základní prostor	doplňkový prostor	Všechny prostory
M2	$1,50 \leq L$	$50 \leq \bar{E}$	<i>přisvětlení se nezřizuje</i>		
M3	$1,00 \leq L < 1,50$	$30 \leq \bar{E} < 50$	75	50	200
M4	$0,75 \leq L < 1,00$	$20 \leq \bar{E} < 30$	50	30	150
M5	$0,50 \leq L < 0,75$	$10 \leq \bar{E} < 20$	30	20	100
M6	$0,30 \leq L < 0,50$	$\bar{E} < 10$	15	10	50

úsek	ulice	třída	E _m DP1	E _m ZP	E _m DP2	L _{pozadí}	výsledek
						E _{pozadí}	
12, 13, 14	směr do města	M5	110	153	89,1	1,17 cd.m ⁻²	částečně nevyhovuje
	Dukelská						
	směr z města		40,7	42,5	18,7	1,03 cd.m ⁻²	
15, 16, 17	směr do města	M5	20,1	83,7	124	10,7 lx	částečně nevyhovuje
	Ostravská						
	směr z města		151	92,6	15,7	12,1 lx	
18, 19, 20	směr do města	M5	25,3	35,2	30,6	0,14 cd.m ⁻²	nevyhovuje
	Opavská						
	směr z města		2,6	1,6	1,9	0,53 cd.m ⁻²	

Vyhodnocení měření

Naměřené a přepočtené světelně technické parametry osvětlení jednotlivých úseků

nevyhovují

požadavkům normy ČSN EN 13201-2 a TKP - 15.



Český metrologický institut

Okružní 31, 638 00 Brno

tel. +420 545 555 111

www.cmi.cz

Pracoviště: Laboratoře primární metrologie Praha, V Botanice 4, 150 72 Praha 5
Oddělení radiometrie a fotometrie, tel. +420 257 288 328, fax. +420 257 288 077

OVĚŘOVACÍ LIST

8018-OL-R0011-18

Datum vydání: 27. března 2018

List 1 ze 2 listů
Přílohy 2

Zákazník: ELTODO OSVĚTLENÍ, s.r.o.
Novodvorská 1010/14
142 01 Praha 4

Měřidlo: Digitální luxmetr

Výrobce: EXTECH

Typ: HD450

Výrobní číslo: 10076490

Použité etalony: Referenční fotometr v. č. 06A8342, kalibrační list 8018-KL-P0093-17
Fotometrická lavice ev. č. 80180073-B, kalibrační list 8015-KL-Z0169-14

Datum provedení: 27. března 2018

Podmínky měření: Teplota v laboratoři: $(23,4 \pm 1,0) ^\circ\text{C}$

Ověření provedl:

Vedoucí oddělení:

Petr Linduška



Dr. Ing. Marek Šmíd

Metoda měření: Luxmetr byl měřen v souladu s 0111-OOP-C043-14.

Výrok o výsledku: Výsledky metrologických zkoušek prokázaly, že předložený luxmetr **vyhovuje** podmínkám udělení ověření dle 0111-OOP-C043-14.

Ověření je provedeno vystavením tohoto ověřovacího listu a opatřením měřidla úřední značkou.

Doba platnosti ověření končí dnem 26. března 2020.

Doba platnosti ověření je stanovena vyhláškou Ministerstva průmyslu a obchodu č. 345/2002 Sb. Ve znění vyhlášky 65/2006 Sb. Platnost ověření zaniká v případech uvedených v § 7, odst. 2 vyhlášky Ministerstva průmyslu a obchodu č. 262/2000 Sb. ve znění vyhlášky MPO č. 344/2002 Sb.

Výsledky z měření jsou uvedeny v příloze ověřovacího listu.

Konec ověřovacího listu.



Výsledky měření přístroje ve funkci luxmetru

Měření fotometrické stupnice bylo provedeno porovnáním s referenčním fotometrem ČMI za použití světelného zdroje o teplotě chromatičnosti 2856 K (zdroj A CIE) na několika úrovních osvětlenosti.

V následující tabulce jsou uvedeny hodnoty referenčního fotometru ČMI a hodnoty naměřené luxmetrem zákazníka. Z těchto hodnot byla stanovena pro každý rozsah měřeného přístroje i průměrná hodnota korekčního koeficientu k_{2856i} .

Rozsah [lx]							
400		4000		40000		400000	
Luxmetr zákazník [lx]	Referenční luxmetr [lx]	Luxmetr zákazník [lx]	Referenční luxmetr [lx]	Luxmetr zákazník [lx]	Referenční luxmetr [lx]	Luxmetr zákazník [lx]	Referenční luxmetr [lx]
49,00	49,19	400,0	400,7	4000	4032	4000	3908
120,00	120,03	1200,0	1192,4	10000	10048	10000	9277
200,00	199,95	2000,0	1979,7	20000	20150	20000	18150
280,00	279,66	2800,0	2768,3	25000	25219	25000	22629
360,00	359,34	3600,0	3558,4	30000	30335	30000	27116
Průměrný korekční koeficient K_{2856i}							
1,000		0,992		1,005		0,924	

Z naměřených hodnot vyplývá, že při měření světelného zdroje A, CIE, o teplotě chromatičnosti 2856 K je třeba hodnotu naměřenou luxmetrem zákazníka vynásobit pro daný měřicí rozsah osvětlenosti i příslušným průměrným korekčním koeficientem K_{2856i} .



Při měření jiného než světelného zdroje A o teplotě chromatičnosti 2856 K (žárovkové světlo) je nutno naměřené hodnoty osvětlenosti dále vynásobit korekčním koeficientem K_{dj} pro konkrétní světelný zdroj j :

Světelný zdroj	K_{dj}
Světlo bílé žárovky	1,099
Světlo sodíkové výbojky	1,119
Světlo denní	1,011
LED žárovka 3000K	1,114
LED žárovka 4000K	1,117
LED žárovka 6000K	1,073

Skutečná hodnota se tedy spočte dle vztahu

$$E_i = K_{dj} \cdot k_{2856i} \cdot E_{mer}$$

kde:

- E_i skutečná hodnota osvětlenosti
 E_{mer} naměřená hodnota osvětlenosti
 k_{2856i} korekční koeficient pro daný rozsah osvětlenosti i
 K_{dj} korekční faktor jednotlivého typu zdroje j

Nejistota měření: $\pm 2,2 \%$

Údaje o nejistotách:

Uvedená kombinovaná rozšířená nejistota měření je součinem standardní nejistoty měření a koeficientu rozšíření $k=2$, který při normálním rozdělení odpovídá pravděpodobnosti pokrytí přibližně 95 %. Standardní nejistota měření byla určena v souladu s dokumentem EA-4/02.





Luminance Distribution Analyser LDA


Kalibrační protokol

Číslo protokolu: **18320-LDA-2018-3**
Datum vystavení: **13. 11. 2018**
Platnost kalibrace: **13. 11. 2020**
Vystaveno pro: **ELTODO OSVĚTLENÍ, s.r.o**
Novodvorská 1010/14
Praha 4, 142 00


Měřené součásti sestavy:

Digitální fotoaparát: **NIKON D7500 vč.: 6033008**
Objektiv: **SIGMA 135 mm f/1,8 DG : 52234048**
Korekční filtr: **V(λ), id.č.: SFG13a-Sk041018/4**

Zodpovědná osoba:



Ing. Jan Škoda, Ph.D.
vedoucí laboratoře světelné techniky

Schválil:


doc. Ing. Petr Baxant, Ph.D.
vedoucí pracovní skupiny

Vedoucí pracoviště:




doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.
vedoucí UEEN

Výsledky kalibrace:

Konfigurace	k_L [counts/cd·m ⁻²]
Sigma 135 mm	10,8106
Sigma 135 mm + ND 1000 filtr	9731,55

Nejistota měření jasu:

Typ nejistoty	Symbol	Hodnota
Celková rozšířená nejistota	U	9,3 %

$k_u=2$

Celkový počet listů protokolu: 7

list 1

1. Účel kalibrace

Nalezení optimálních koeficientů pro výpočet jasu z naměřených obrazů pomocí přístroje LDA a vytvoření elektronické verze kalibrační databáze. Stanovení základních chyb měření.

2. Výchozí podmínky

Absolutní měření jasu vyžaduje úplné přizpůsobení snímacího senzoru křivce spektrální účinnosti optického záření normálního fotopického pozorovatele dle CIE 1931. Použitý snímací systém obsahuje tři typy senzorů: R, G, B. Z fyzikální podstaty není možné najít takové koeficienty, které by zajistily úplné spektrální přizpůsobení pro libovolný typ světelného zdroje. Proto je nutné pro přístroj LDA použít diferenční filtr $V(\lambda)$, speciálně navržen pro hardwarové přizpůsobení spektrální citlivosti fotoaparátu ke křivce spektrální účinnosti optického záření normálního fotopického pozorovatele.

3. Podmínky použití

Kalibrační protokol nesmí být bez písemného souhlasu dodavatele rozmnožován jinak, než v celkovém počtu stran. Změny a doplňky mohou být provedeny pouze dodavatelem, který protokol vystavil. Výsledky měření platí pouze pro přístroje uvedené v tomto protokolu. Protokol nenahrazuje úřední certifikaci a ověření certifikační autoritou. Postup kalibrace a výsledky měření pomocí přístroje jsou prováděny podle mezinárodních standardů a doporučení, zejména ČSN EN ISO/IEC 17025:2005 se zpětnou sledovatelností vazby na standardy definované NIST (National Institute of Standards and Technology).

4. Použité měřicí přístroje

Jasový normál: Integrační koule OL IS-670-LED Gooch & Housego
Referenční měřidlo: JETI Specbos 1211 UV, vč.: 2015926, kalibrace platná do 29. 8. 2019
Kontrolní měřidlo: Jasoměr Minolta LS-100, vč.: 72213028
Zdroj monochromatického světla: Gooch & Housego OL 750 se světelným zdrojem typu A

5. Metoda kalibrace

Kalibrace byla provedena na pracovišti laboratoře světelné techniky Ústav elektroenergetiky FEKT VUT v Brně, pomocí metodiky, která je výsledkem dlouhodobého výzkumu a vývoje pracoviště.

Kalibrace byla provedena přímým porovnáním hodnot získaných měřením testovaným a referenčním měřidlem. Referenční měřidlo pracuje na principu radiometrického vyhodnocení rozložení energie ve spektru a z tohoto rozložení poté vypočte fotometrický jas dle křivky $V(\lambda)$ CIE 1931. Takto získanou hodnotu lze považovat za dostatečně přesnou pro daný účel dalšího provozního měření.

Přístroj LDA byl testován v několika oddělených sekvencích, kdy se kalibruje linearita vlastního snímače a jeho citlivost, korekce velikosti clonového čísla, korekce rychlosti závěrky, spektrální citlivost a geometrie objektivu. Testy byly prováděny pro normalizované světlo A o teplotě chromatičnosti 2856K. Pro zajištění homogenity jasu snímaného pole byl použit kulový integrátor o průměru 2,5 m.

Při měření byl fotoaparát nastaven na **krok 1/3 EV** a citlivost **ISO o hodnotě 100**.

Kalibraci provedli společně pracovníci ústavu elektroenergetiky Ing. Jan Škoda, Ph.D., Ing. Stanislav Sumec, Ph.D., doc. Ing. Petr Baxant, Ph.D a Ing. Martin Motyčka.

6. Podmínky měření

Měření bylo provedeno za standardních podmínek v zatemněné laboratoři bez přítomnosti rušivého světla a jiných parazitních vlivů.

Teplota vzduchu v laboratoři se pohybuje $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, relativní vlhkost $35\% \pm 10\%$, tlak $104,0\text{ kPa} \pm 10\text{ kPa}$.

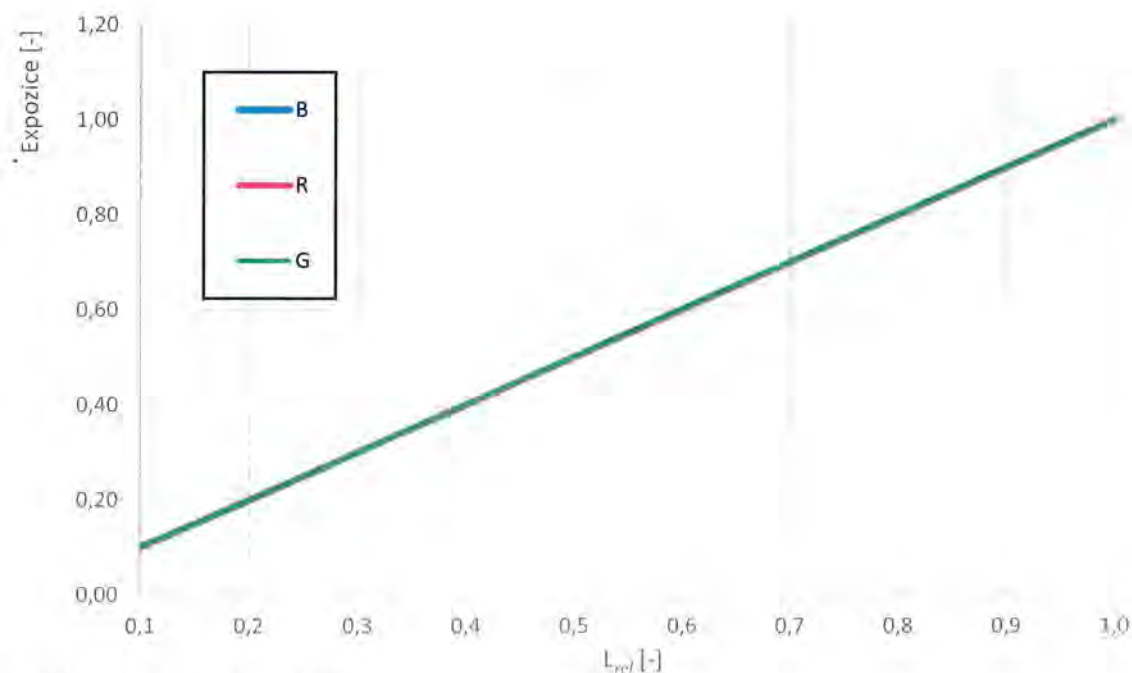
7. Výsledky kalibrace

Naměřená data z referenčního a testovaného měřidla byla zpracována a vyhodnocena řadou srovnávacích zkoušek, jejichž výsledkem jsou jednotlivé koeficienty, které se používají v přepočtových funkcích pro konverzi signálu z digitální fotografie zpět na jasovou informaci. Hodnoty byly vybrány ze statisticky významných vzorků tak, aby výsledky nebyly zatíženy nahodilými chybami. Kvůli zajištění spolehlivosti a opakovatelnosti měření, jsou koeficienty integrovány do elektronické podoby kalibrační databáze. Z hlediska uživatele však tyto údaje nejsou důležité, přístroj při měření a nastavení vhodného režimu správné koeficienty vybere sám.

Kalibrační databáze uložená v elektronické podobě tvoří nedílnou součást přístroje. Koeficienty se týkají přepočtu clonového čísla, expoziční doby, vlivu spektrálního složení světla a citlivosti vlastního snímacího čipu. Hodnoty a způsob použití koeficientů tvoří součást vnitřní architektury přístroje a nejsou uživatelsky dostupné. Ovládací program koeficienty používá automaticky při výběru vhodné kalibrační funkce.

Linearita snímače

V tomto kroku kalibrace se ověřovala linearita snímače, kdy byl snímač exponován jasovým normálem a byla zkoumána jeho odezva, která byla porovnávána s referenčním spektrometrem JeTi SCB 1211 UV. Měření prokázalo výbornou linearitu použitého snímače. V následujícím grafu č. 1 jsou zobrazeny lineární závislosti jednotlivých senzorů: R, G, B.

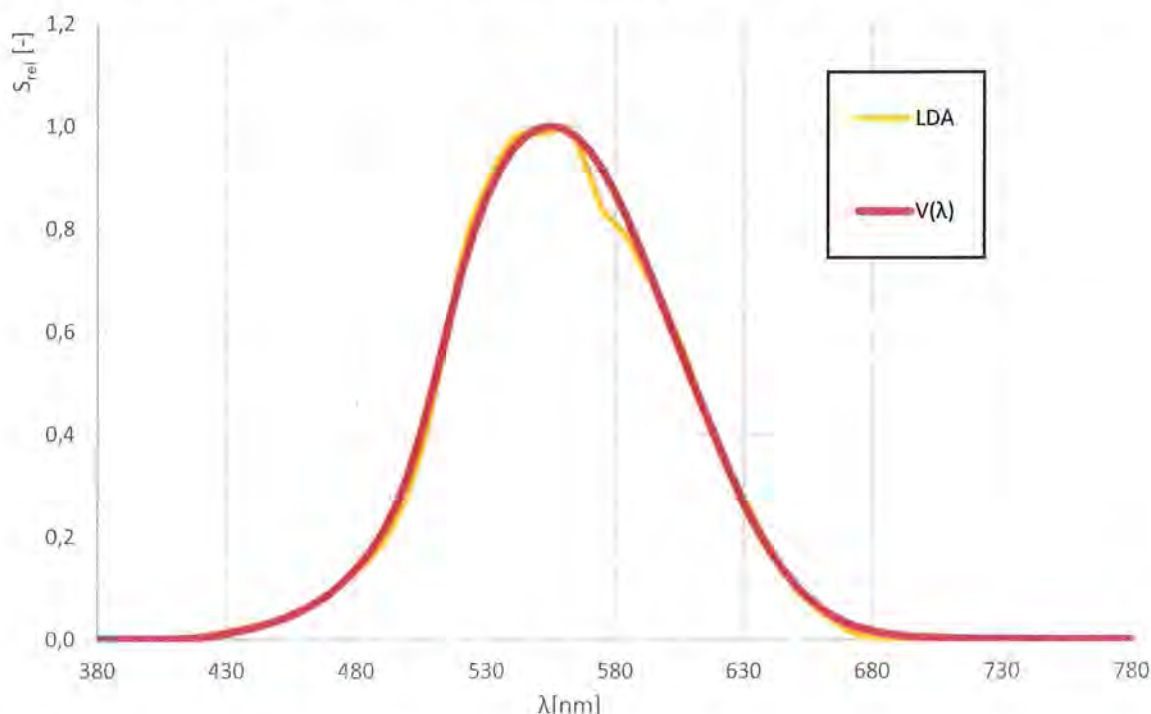


Graf 1 Linearita senzorů Nikon D7500

Spektrální citlivost

Spektrální citlivost detektoru včetně objektivu a filtru byla změřena pomocí dvojitého monochromátoru Gooch & Housego OL 750, který společně se světelným zdrojem typu A sloužil jako zdroj monochromatického světla.

V následujícím grafu č. 2 je zobrazena změřená spektrální citlivost jasového analyzátoru LDA s objektivem Sigma 135 mm f/1,8. Spektrální chyba je rovna $f_l' = 3,65 \%$.



Graf 2 Spektrální citlivost jasového analyzátoru LDA s objektivem Sigma 135 mm

Nodální body

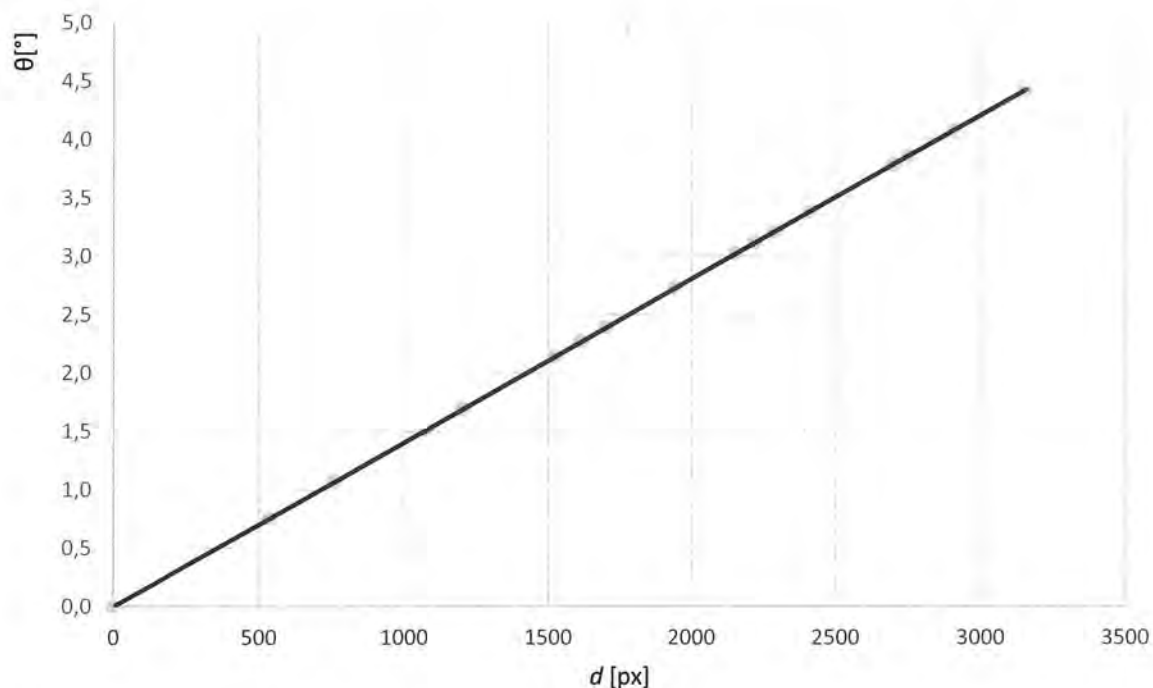
Pro objektiv Sigma 135 mm byla změřena hodnota nodálního bodu. Tento parametr je nezbytný pro korekci geometrie objektivu a pro panoramatické fotografování. Pro objektiv Sigma 135 mm byly změřeny nodální body ve vzdálenosti l_{FD} od závitového šroubu. Záporné znaménko značí směr od objektivu.

Tabulka 1 Vzdálenost nodálních bodů od závitového šroubu

Zaostření	$l_{FD}[\text{mm}]$
89 cm	-13,0
∞	-8,0

Geometrie objektivu

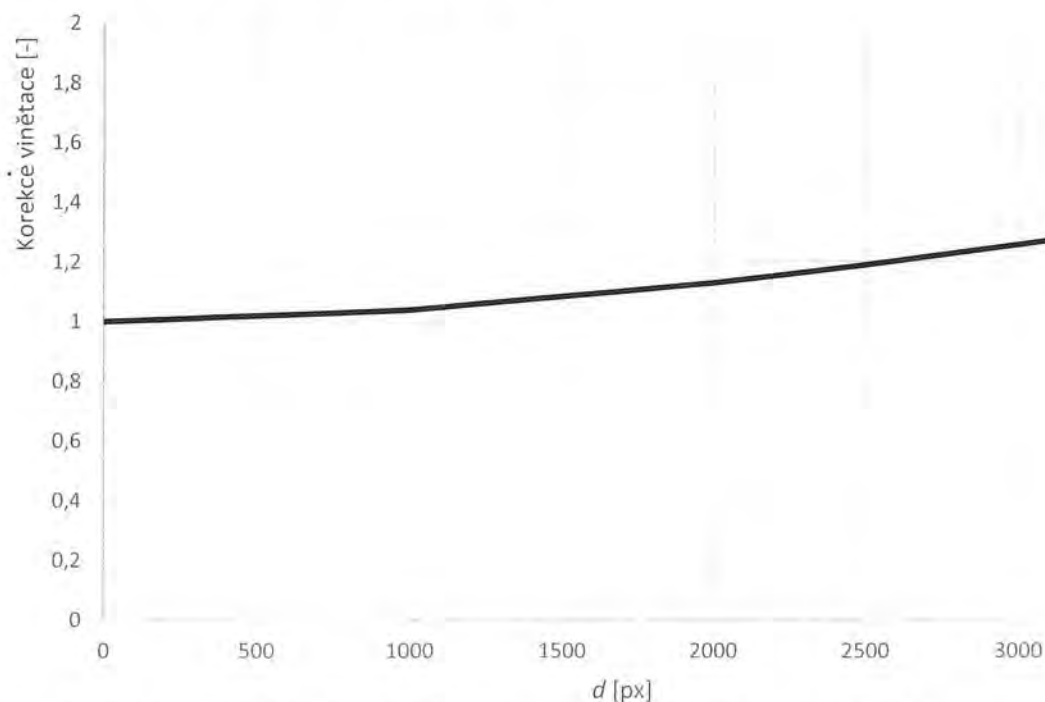
Pro korekci geometrie objektivu byly změřeny polynomy 2. řádu, které korigují úhly jednotlivých pixelů pořízeného snímku se skutečnou scénou. Tyto polynomy byly změřeny pro všechny roviny zaostření objektivu Sigma 135 mm. Příklad polynomu 2. řádu pro objektiv Sigma 135 mm je zobrazen v grafu č. 3.



Graf 3 Polynom korekce geometrie objektivu Sigma 135 mm.

Vinětace objektivu

Korekce vinětace objektivu Sigma 135 mm byla změřena za pomoci jasového normálu Gooch & Housego OL IS-670-LED a speciálního polohovacího systému pro jednotlivá clonová čísla. Obecně platí, že vinětace se projevuje více na menších clonových číslech. Vinětace byla ověřena také pro neutrální filtr ND1000.



Graf 4 Korekce vinětace objektivu Sigma 135 mm pro zaostření na blízko při clonovém čísle $f/1,8$

Korekce ohniskové vzdálenosti

Korekce ohniskové vzdálenosti objektivu Sigma 135 mm byly změřeny na fotometrické lavici s normálem jasu Gooch & Housego OL IS-670-LED s normalizovaným zdrojem typu A pro všechny roviny zaostření.

Kalibrace na jasový normál

Kalibrace na jasový normál byla provedena s integrační koulí Gooch & Housego OL IS-670-LED s normalizovaným světlem typu A o teplotě chromatičnosti 2856 K a referenčního jasoměru JeTi SCB 1211 UV s návazností na NIST. V tabulce č. 2 jsou zobrazeny vypočítané citlivostní koeficienty k_L .

Tabulka 2 Citlivostní koeficienty pro LDA s objektivem Sigma 135 mm

Konfigurace	k_L [counts/cd·m ⁻²]
Sigma 135 mm	10,8106
Sigma 135 mm + ND 1000 filtr	9731,55

8. Nejistoty měření

Výsledná rozšířená nejistota měření jasového analyzátoru LDA se vypočítá z nejistot typu A a B a koeficientu rozšíření $k_{ir}=2$. Nejistota typu A reprezentuje náhodné chyby během měření a také opakovatelnost měření. Nejistoty typu B se počítají ze systematických chyb. Mezi tyto nejistoty patří nejistota kalibrace na jasový normál pomocí referenčního spektrometru JeTi SCB 1211 UV, nejistota spektrálního přizpůsobení na křivku $V(\lambda)$, nejistota korekce vinětace, clony a ohniskové vzdálenosti.

Objektiv SIGMA 135 mm f/1,8 DG

Seznam nejistot měření včetně výsledné nejistoty měření jasu pro objektiv Sigma 135 mm je zobrazen v tabulce č. 3.

Tabulka 3 Seznam nejistot měření s objektivem Sigma 135 mm

Typ nejistoty	Symbol	Hodnota
Opakovatelnost měření (nejistota typu A)	U_A	0,9 %
Kalibrace na jasový normál pomocí referenčního jasoměru JeTi SCB 1211 UV ⁽¹⁾	U_{Bk}	2,4 %
Spektrální chyba měření spektra odlišného od typu A ⁽²⁾	U_{Bs}	0,4 %
Korekce geometrie objektivu	U_{Bg}	1,0 %
Korekce vinětace objektivu	U_{Bv}	2,9 %
Opakovatelnost nastavení clony ⁽³⁾	U_{Bc}	1,8 %
Korekce ohniskové vzdálenosti	U_{Bo}	1,5 %
Kombinovaná nejistota	U_C	4,7 %
Celková rozšířená nejistota	U	9,3 %

Koeficient rozšíření $k_{ir}=2$.

(1) Přístroj má platnou kalibraci s návazností na NIST do 29. 8. 2019.

(2) Nejistota spektrální chyby pro měření LED o náhradní teplotě chromatičnosti $T_c=6500$ K v přímém směru.

(3) Nejistota při nastavení clony f/14

Rozšířená nejistota U

Při uvažování koeficientu rozšíření $k_u = 2$, který při normálním rozdělení odpovídá pravděpodobnosti pokrytí 95 %, byla stanovena celková rozšířená nejistota měření jasu na $U=9,3$ % pro objektiv Sigma 135 mm.

9. Závěr

Kalibrační protokol je nedílnou součástí sestavy přístroje LDA – Luminance Distribution Analyser a slouží jako dokument potvrzující existenci elektronické verze kalibračních dat, která jsou primárně používána dodaným přístrojem v softwarové podobě.

10. Zúčastněné osoby

Měření a kompletace přístroje se účastnili:

doc. Ing. Petr Baxant, Ph.D.

Ing. Jan Škoda, Ph.D.

Ing. Stanislav Sumec, Ph.D.

Ing. Martin Motyčka