



Csökkentett fényszennyezésű közvilágítás: laborvizsgálatok

Szabó Ferenc, Csuti Péter





Tartalom

- LED közvilágítás körkép 2018
- Világítás Csillagoségbolt Parkokban
- A Valós Világítási Környezet Laboratórium helyszínei
- Feladatok
 - LED világítótest laboratóriumi vizsgálat
 - Helyszíni vizsgálatok
- Konklúzió



LED közvilágítás körkép 2018 (2019)

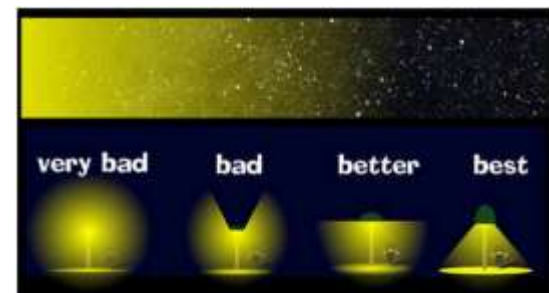
- Egyfajta, fényporos fehér LED (CCT: 5000K -> 4000K -> 3000K -> 2700K)
- Meghajtó egység: áramgenerátoros, Driver on Board.
- Fényeloszlás: tükrös optika -> egyedi lencse -> lightguide, tükrös optika.
- Lezárás: többnyire síküveg búra, polikarbonát => antireflexiós réteg.
- Fényhasznosítás: 180 lm/W LED -> 150 lm/W világítótest
 - tipikus: 110 lm/W – 130 lm/W
- További innováció, „jobb világítás” fogalma (2019): nem a LED fényhasznosítás további növekedéséből ered
 - Intelligens vezérlési lehetőségek.
 - Fényminőség javítása.
 - Egyedi igényekhez, követelményekhez való alkalmazkodás.



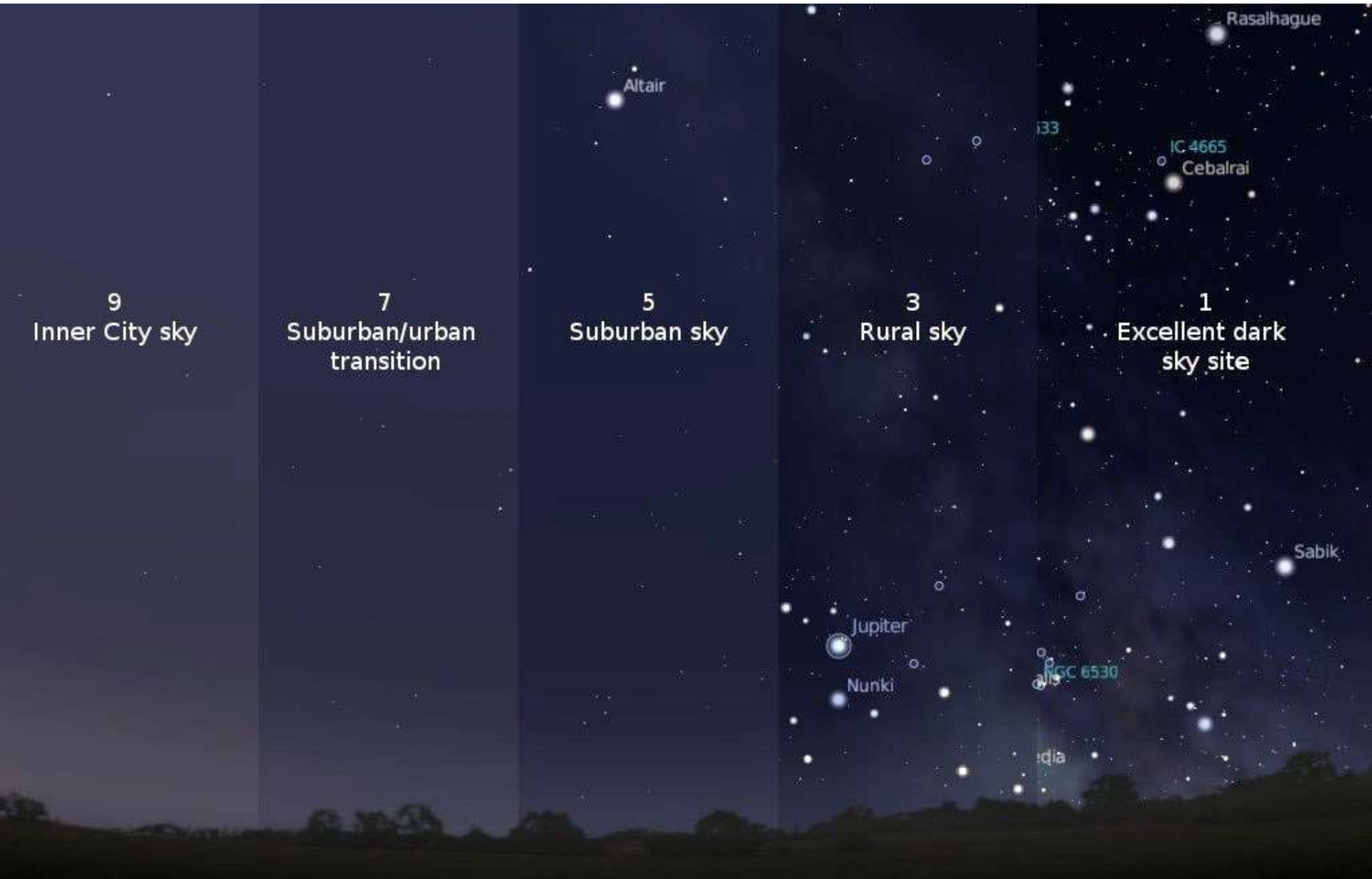
Kitérő: LED fényhasznosítás

- LED chip elméleti fényhasznosítás: 320 lm/W (4000K)
 - Feltétel: energia konverziós hatások: 100%
- Energia konverziós hatások
 - Gyakorlati érték jelenleg: 50% közelében
 - Előrejelzés: 60%
- LED fényhasznosítás:
 - $320 \text{ lm/W} * 60\% = 200 \text{ lm/W}$
 - Előrejelzés: 200 lm/W – 250 lm/W

Fényszennyezés Európában



A fényszennyezés következményei





Világítás a Csillagoségbolt parkokban

- Kötelező „Light Management Plan” (LMP) készítése
 - A Tejútnak szabad szemmel is könnyen látszódnia kell.
 - Nincsenek közeli mesterséges fényforrások, amelyek jelentős káprázást okoznak.
 - Bármely fénykupola visszafogott, korlátozott méretű és közel van a horizonthoz.
- Az IDA minősítés megszerzésekor a kültéri világítótestek 67%-nak már LMP-nek megfelelőnek kell lennie.
- Az IDA minősítés megszerzésétől számított 5 éven belül a kültéri világítótestek 90%-t LMP-nek megfelelőre kell alakítani, 10 éven belül pedig 100%-t.

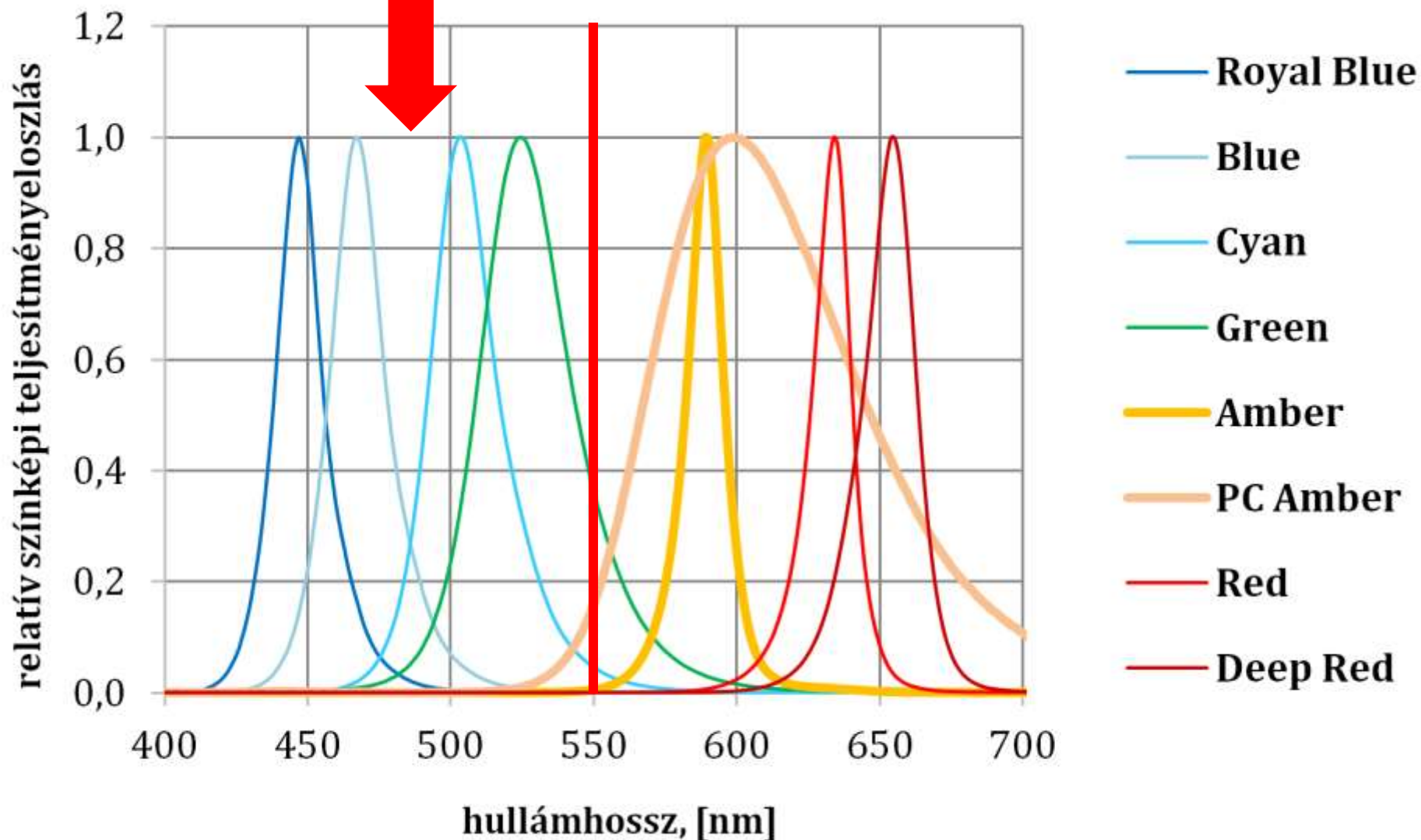


LMP irányelvek

- A kültéri világításnak ki kell elégítenie a helyi, regionális, nemzeti előírásokat.
- Az éjszaka folyamán kültéren csak ott szabad világítani, ahol elengedhetetlenül szükséges, és amennyi az adott tevékenységhez feltétlenül szükséges.
- Az 500 lm kezdeti összfényáramot meghaladó világítótesteknél teljes ernyőzés szükséges, valamint mozgásérzékelők és időzítő használata.
- A mozgásra aktiválódó világítás 5 percnél rövidebb időintervallumra engedélyezett.
- **Csak minimális rövid hullámhosszúságú fénykibocsátás lehetséges, az alábbiak közül egyet teljesítve:**
 - CCT < 3000 K,
 - a kisugárzott spektrális teljesítmény maximum 25%-a lehet az 550 nm-nél rövidebb hullámhossz tartományban,
 - S/P arány < 1,3.



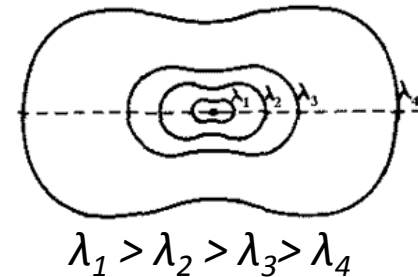
Színképi ajánlások



Fizikai alapok – Rayleigh szórás

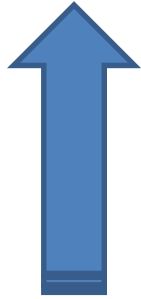
- Koherens szórás, a fény szóródása atomokon, molekulákon
- ha egy olyan részecskére esik fény, amelynek a törésmutatója a környező közegétől eltér, és gyengén elnyelő, a részecske maga is **szekunder fényforrássá** válik, másodlagos fényt sugároz a tér minden irányába

- *Rayleigh szórás esetén* $r \ll \lambda$, ($r < 0,03 \mu\text{m}$) ahol
 - λ a szóródó fény hullámhossza,
 - r a szóró részecske sugara



- a szórt és a teljes beeső fény intenzitásviszonya a fény hullámhosszának **negyedik hatványával fordítottan arányos**, tehát a **hosszabb** hullámhosszúságú fény jóval kisebb mértékben szóródik, mint a **rövidebb**.

$\lambda = 400 \text{ nm}$



9,4 X

$\lambda = 700 \text{ nm}$

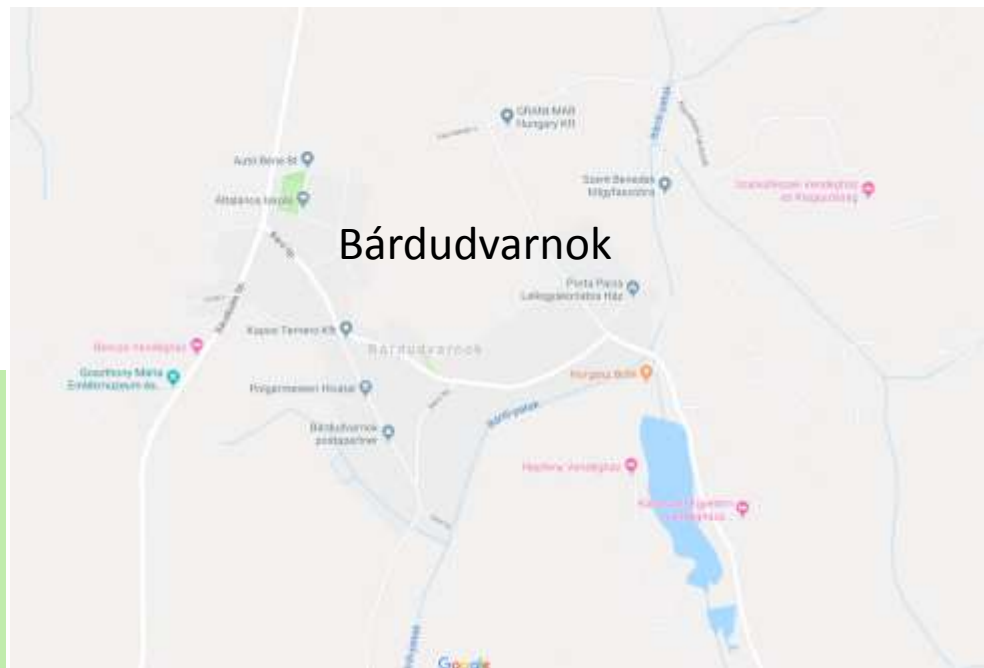


A Valós Világítási Környezet Laboratórium helyszínei



Bárdudvarnok: (Zselici Csillagoségbolt Park)

- 139 közvilágítási lámpatest (36W fénycső)
- 59 üres oszlop

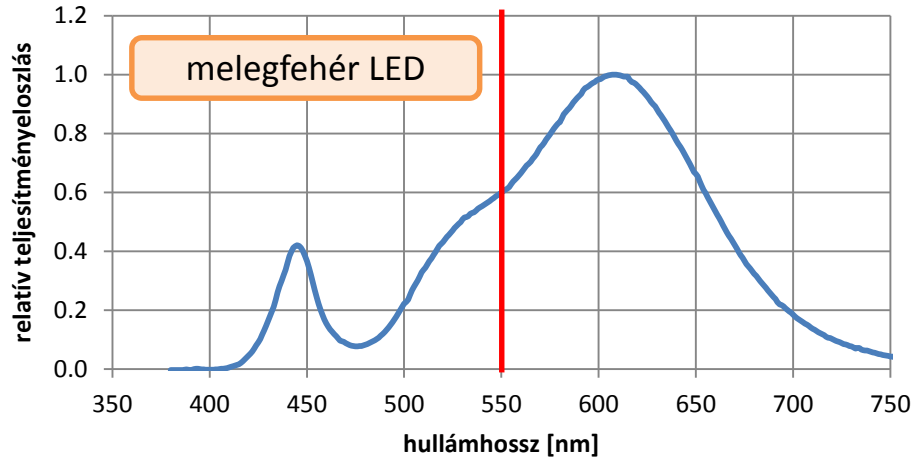


Répáshuta: (Bükk Csillagoségbolt Park)

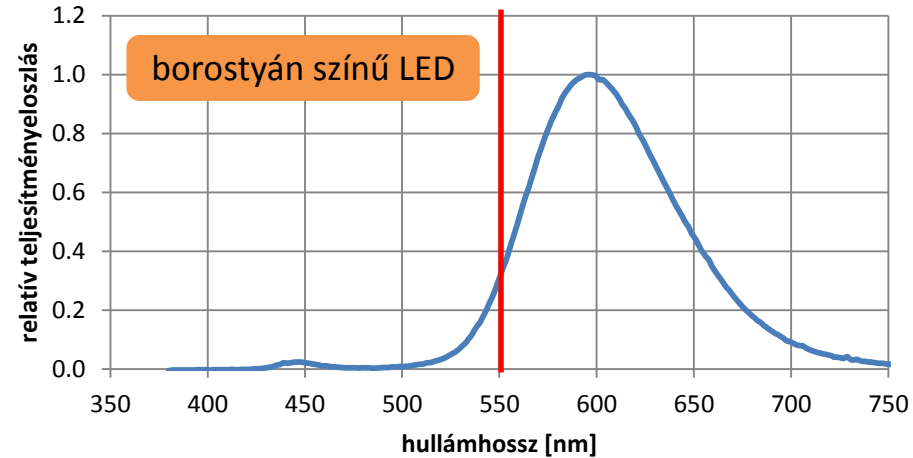
- 61 közvilágítási lámpatest (36W fénycső)
- 58 üres oszlop

Elérhető LED választék (2018)

Cree XLamp XPG2 WW



Cree XLamp XPE2 PCA



LED típus	P [W]	CCT [K]	Φ_v [lm]	lm/W
Lumileds Luxeon L1C1-PCA100	0,984	1826,8	96,4	98,02
Osram Oslon Signal LCY CLBP	1,026	1816,8	100,3	97,81
Cree XPEBPA-L1-0000-00D01	0,980	1883	96,3	98,27
Cree XPGBWT-HE-0000-00HE8	0,956	2768	102,3	107,06

300 mA



Egyedi fejlesztésű LED világítótest

- 24 LED: 12 db WW, 12 db PC-Amber (max: 58W)
 - WW (melegfehér) – szélessávú optika,
 - PC-Amber (borostyán színű) – keskenysávú optika
- Világítótestenként
 - egyedi címzés,
 - egyedi programozási lehetőség.


- Az éjszakai világítási program:

Dinamikus világítási
osztály besorolás

		P	Φ_v	lm/W
Napnyugta – 22:00	WW (50%) + PC-Amber (50%)	~ 45 W	3349 lm	75 lm/W
22:00 – 05:00	PC-Amber (100%)	~ 30 W	1680 lm	55 lm/W
05:00 – Napkelte	WW (50%) + PC-Amber (50%)	~ 45 W	3349 lm	75 lm/W

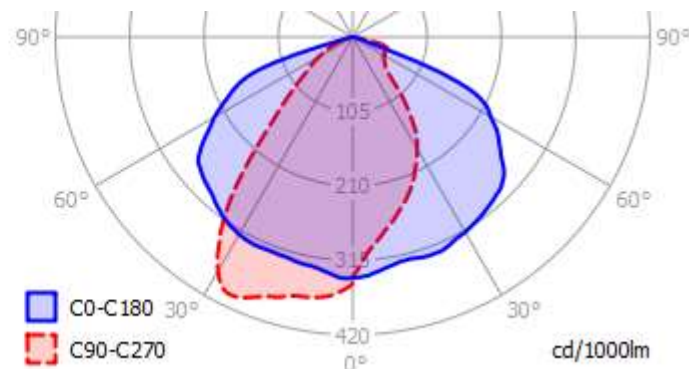
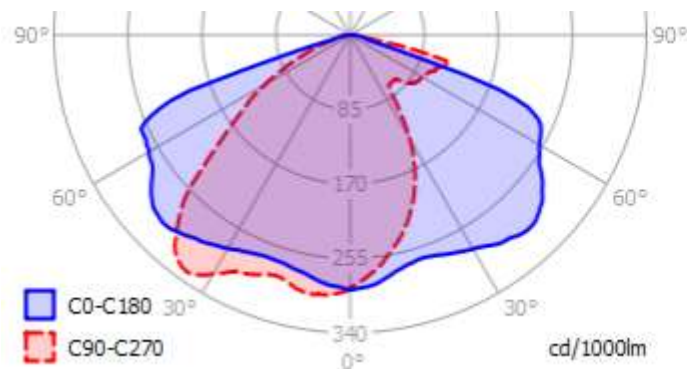


IDA LMP és a valóság

	 INTERNATIONAL DARK-SKY ASSOCIATION	régi rendszer (CFL)	új rendszer kora esti órák	új rendszer éjszaka
550 nm alatti teljesítmény	25%	46%	19%	5%
S/P:	1,3	1,3	0,9	0,44
CCT:	3000 K	3600 K	2400 K	1900 K

Az IDA követelményei a telepítés helyszínein *minden időpillanatban, egyszerre* teljesülnek.

Feladatok - LED világítótest laboratóriumi vizsgálat



	PC-Amber (100%)	WW (50%) + PC-Amber (50%)	WW (50%) + PC-Amber (50%)
Fényerősségi osztály:	G*4	G*4	G*4
70° és felette:	475,1 cd/klm	412,8 cd/klm	435,0 cd/klm
80° és felette:	57,0 cd/klm	51,6 cd/klm	52,0 cd/klm
90° és felette:	0,3 cd/klm	0,5 cd/klm	0,5 cd/klm
CCT:	1861 K	2402 K	2382 K
P:	30 W	45 W	58 W



Feladatok: Helyszíni vizsgálatok

Fenyő, növényzet	B			G			R			egészség ház
	Ú1	Ú1	Ú1	Ú1	Ú1	Ú1	Ú1	J1		
	1,5	4,70	5,64	7,38	9,00	10,25	10,20	6,68	HPS	
4,5	4,20	5,12	6,68	7,58	8,20	8,30	5,36	HPS		
7,5	3,40	4,10	5,26	5,77	5,84	5,80	3,65	HPS		
10,5	2,80	3,07	3,95	4,15	4,00	4,10	2,64	HPS		
13,5	2,20	2,26	2,94	3,04	2,67	2,80	1,93	HPS		
16,5	1,90	1,85	2,33	2,43	2,05	2,10	1,63	HPS		
19,5	1,80	1,74	2,23	2,23	1,85	2,00	1,58	HPS		
22,5	2,00	1,95	2,59	2,64	2,26	2,38	1,84	HPS		
25,5	2,50	2,67	3,44	3,55	3,07	3,50	2,33	HPS		
28,5	3,20	3,69	4,86	5,36	5,53	5,70	3,34	HPS		
31,5	4,30	5,33	7,18	8,19	9,12	10,00	5,26	HPS		
34,5	5,20	6,76	9,20	10,71	12,50	13,40	6,57	HPS		
37,5	5,80	7,58	10,31	13,04	15,78	16,40	8,90	HPS		

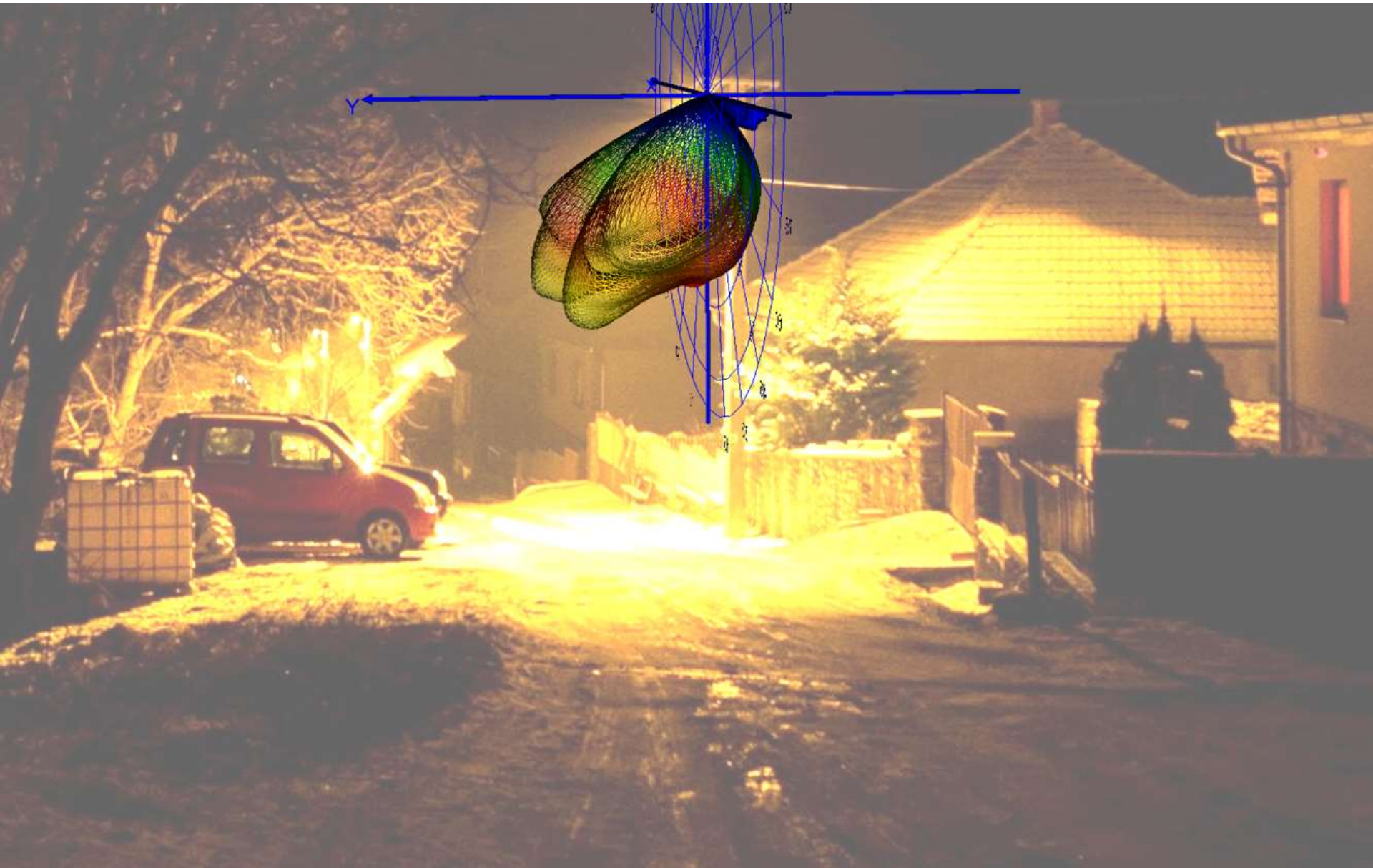
\bar{E}	4,2			5,8			
E _{min}	1,74			1,6			
U ₀	0,41			0,40			
átlag	3,4	4,0	5,3	5,6	5,9	6,2	3,6
u ₀	0,58	0,53	0,51	0,43	0,37	0,38	0,41
u ₁	0,53	0,44	0,42	0,40	0,31	0,32	0,44
u ₂	0,31	0,23	0,22	0,17	0,12	0,12	0,18

Ady út

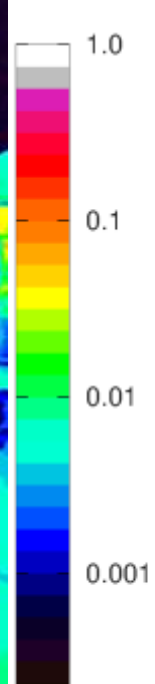
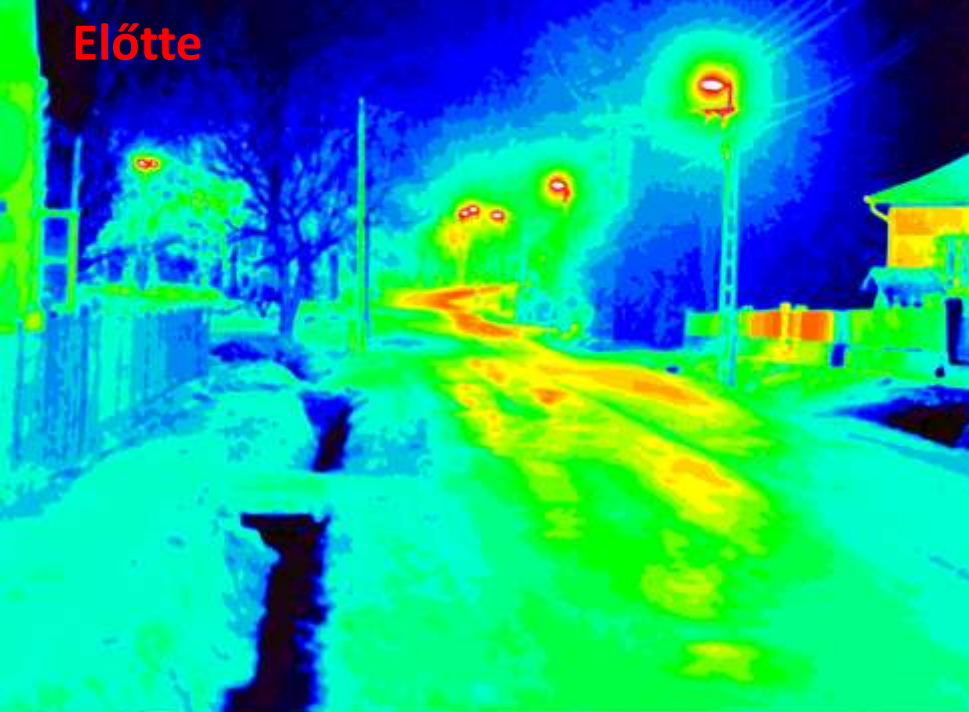
	B	G	R	
	Ú1	Ú1	Ú1	
1,5	3,40	4,00	4,76	FF
4,5	2,40	2,77	3,44	FF
7,5	1,90	1,95	2,43	FF
10,5	1,30	1,13	1,63	FF
13,5	0,80	0,62	1,12	FF
16,5	0,60	0,41	0,82	FF
19,5	0,40	0,21	0,62	FF
22,5	0,32	0,12	0,57	FF
25,5	0,30	0,10	0,52	FF
28,5	0,25	0,05	0,47	FF
31,5	0,25	0,05	0,47	FF
34,5	0,21	0,01	0,44	FF
37,5	0,23	0,03	0,45	FF
40,5	0,25	0,04	0,45	FF
43,5	0,28	0,06	0,47	FF
46,5	0,30	0,07	0,50	FF
49,5	0,40	0,21	0,60	FF
52,5	0,60	0,41	0,82	FF
55,5	1,00	0,82	1,22	FF
58,5	1,70	1,64	2,13	FF
61,5	2,60	2,77	3,44	FF
64,5	2,90	3,28	4,25	FF
67,5	3,60	4,30	5,16	FF

10.sz.

\bar{E}	1,3		
E _{min}	0,01		
U ₀	0,01		
átlag	1,1	1,1	1,6
u ₀	0,31	0,25	0,31
u ₁	0,19	0,01	0,27
u ₂	0,06	0,00	0,08

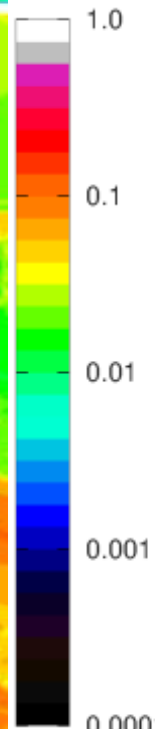
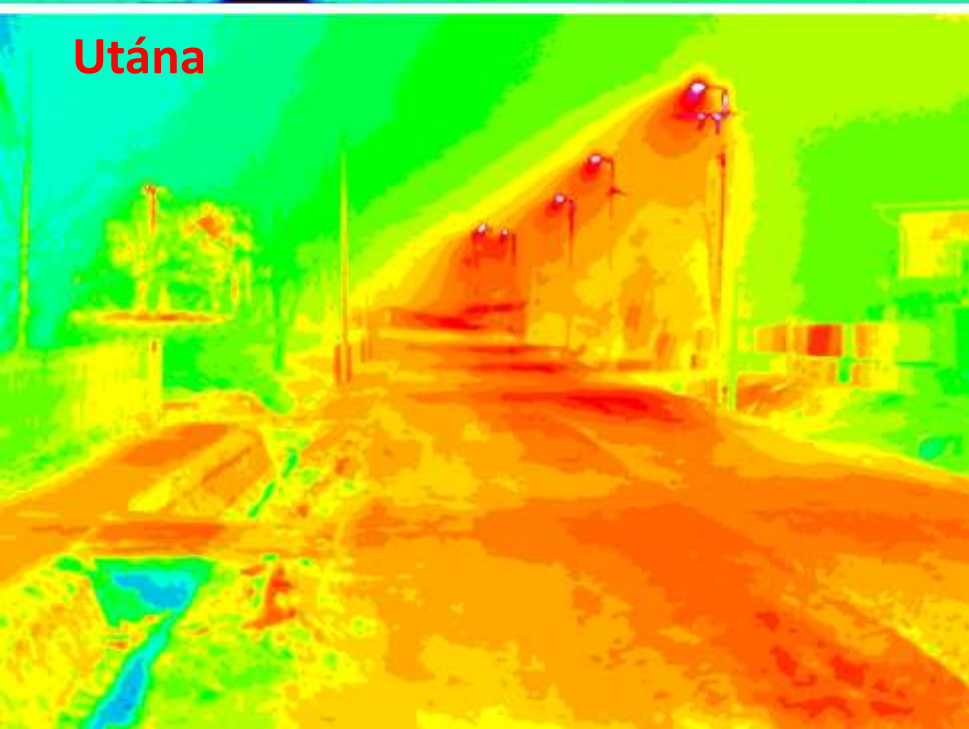


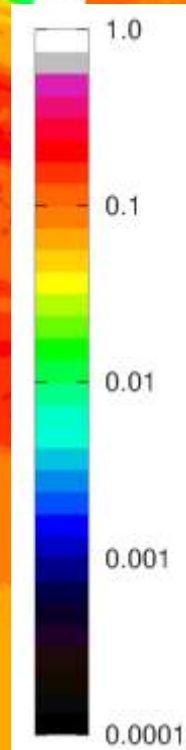
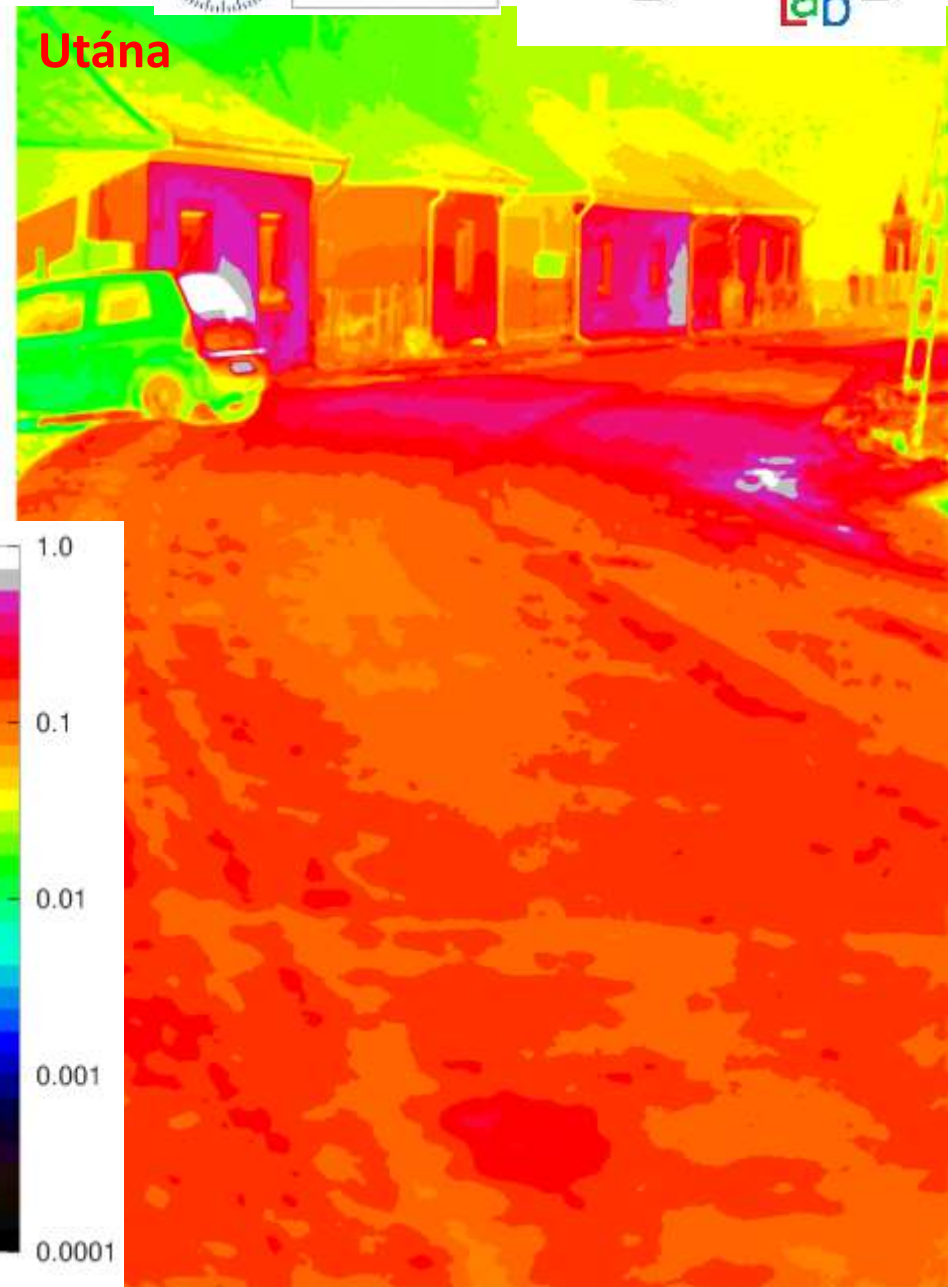
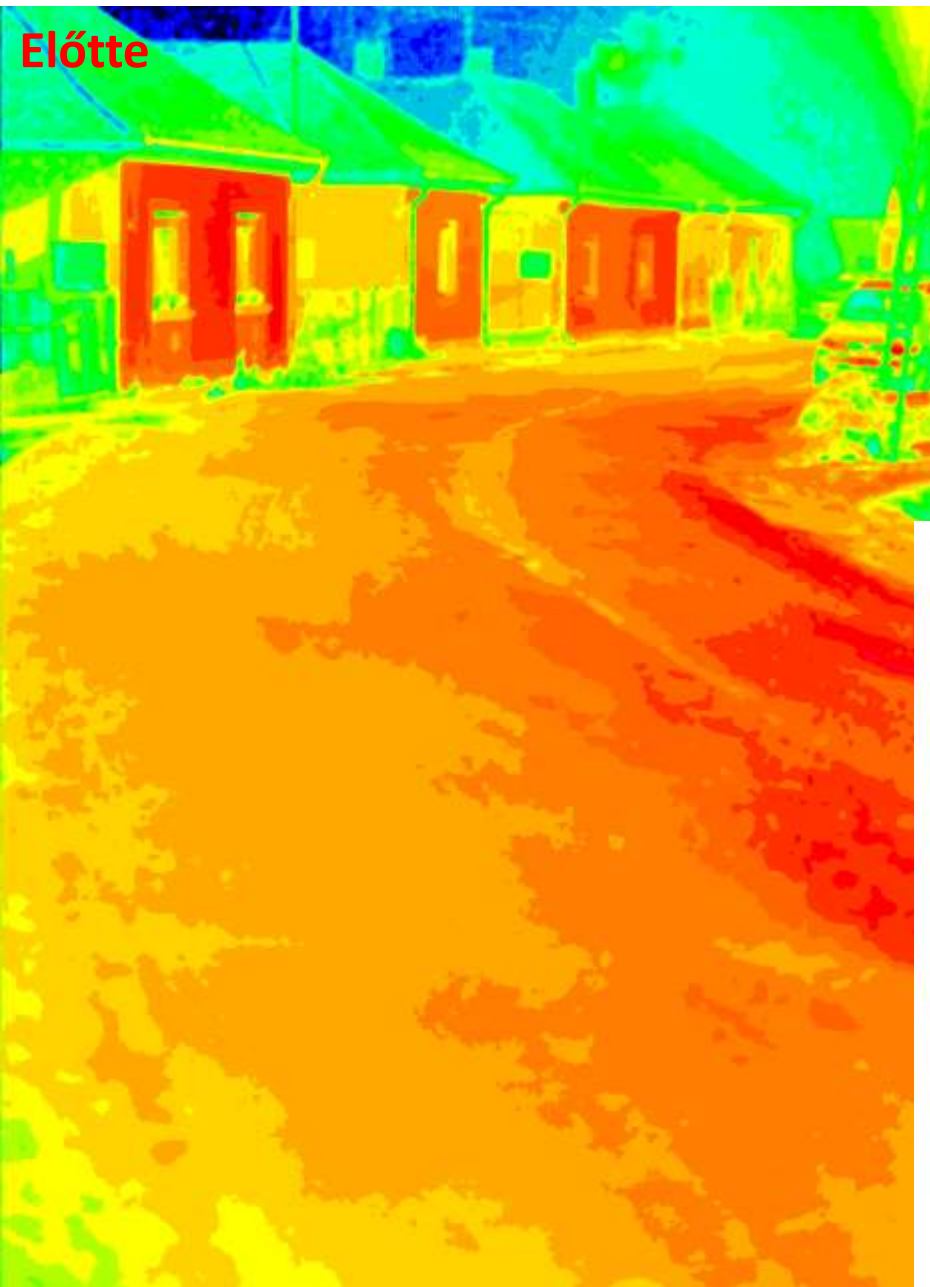
Előtte



- Jelentős fényszennyezés csökkenés
- Útfelület egyenletessége jelentősen javult

Utána









Összehasonlítás

- Az útfelület **egyenletessége** jelentősen **javult**.
- Az újonnan telepített közvilágítási rendszer a régi rendszerrel szemben **minden működési módjában egyszerre kielégíti az IDA csillagos égbolt parkokra vonatkozó követelményeit**.
- A korábbi statikus rendszerhez képest a felhasználói szokásokat követő, **dinamikus közvilágítási** rendszer valósult meg.
- A fényhasznosítás ismeretében jelentős energiahatékonyság javulás egyelőre nem valósult meg, jövőbeli projektek kapcsán viszont lehetséges.
- A **horizont feletti** féltérbe kisugárzott optikai teljesítmény **jelentősen csökkent**, ami objektív és szubjektív úton is igazolható.
- Megvilágítás mérés **összehasonlító eredmények** az 50. Közvilágítási Ankéton várhatók.



Konklúzió

- **Jelen:** a (PC-Amber) LED melegfehér LED-ekkel együtt már alkalmas közvilágítási feladatok ellátására.
- **Jövő:** a fényporos borostyán (PC-Amber) LED elterjedésével és fényhasznosítás növekedésével a csökkentett fényszennyezésű közvilágítási alkalmazások teret hódíthatnak. (2019. február: PC-Amber LED fényhasznosítás akár 110 lm/W).
- **100% magyar eredmény:** országon belül is létezik tervezői/fejlesztői/laboratóriumi képesség egyedi, speciális igényeket kielégítő világítástechnikai alkalmazások létrehozására.
- A projekt a **csökkentett fényszennyezésű közvilágítás zászlóshajója** lehet, remélhetőleg követőkre talál.



Köszönöm szépen a figyelmet!

- Bővebb információ:
 - Csökkentett fényszennyezést okozó, hangolható színekpű és térbeli fényerősség-eloszlású LED-es közvilágítási világítótest fejlesztése, *Világítástechnikai Évkönyv 2018-2019, pp 63-68*
 - Valós Világítás Környezet Laboratórium Lehetséges-e a települések fényszennyezésének csökkentése?, *Világítástechnikai Évkönyv 2018-2019, pp 69-74*

