

# Uplatnění LED technologie ve veřejném osvětlení

Ing. Petr Žák, Ph.D., ČVUT FEL



### Vývoj veřejného osvětlení

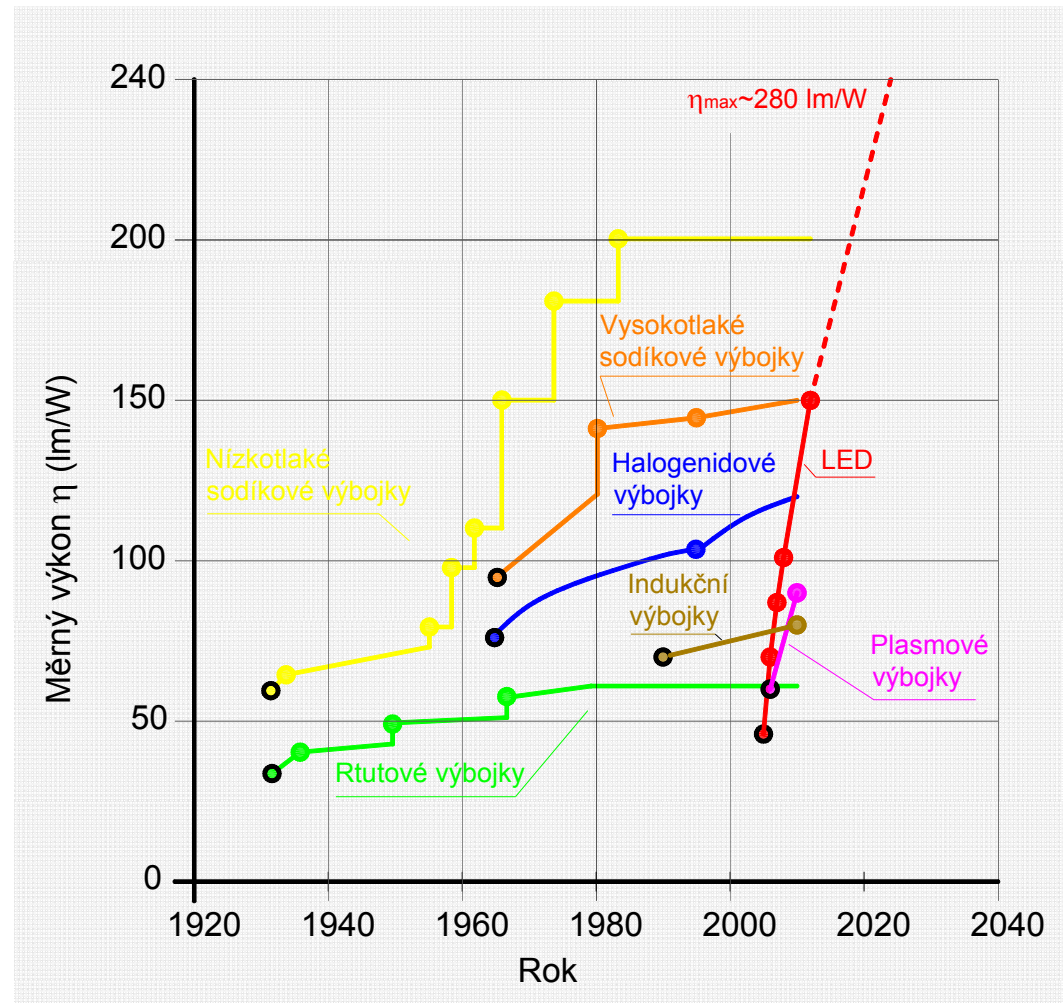
#### Impulsy pro změny ve veřejném osvětlení

- 70. léta 20. st. - energetická krize  $\Rightarrow$  vysokotlaké sodíkové výbojky;
- 80. léta 20. st. - světelné znečištění  $\Rightarrow$  optické systémy, legislativa, praxe;
- zač. 21. st. - kvalita veřejného osvětlení (bílé světlo)  $\Rightarrow$  halogenidové výbojky, Cosmopolis, indukční výbojky;
- zač. 21. st. energetické úspory (globální oteplování)  $\Rightarrow$  úsporná zařízení a technologie (LED, řídicí systémy);

Rozdělení světelných zdrojů pro všeobecné osvětlování



## Vývoj světelných zdrojů pro VO



### Vývoj vysokotlakých sodíkových výbojek

#### Historický vývoj sodíkových výbojek

- 1964 – první sodíkové výbojky 400 W,  $\eta \sim 90 \text{ lm/W}$ ,  $t = 6\,000 \text{ hod}$
- 1969 – sodíkové výbojky 250W, 400W
- 1980 – doba života  $\uparrow 24\,000 \text{ hod}$ , měrný výkon  $\uparrow 100 - 140 \text{ lm/W}$  (50 – 400W)
- 2. pol. 90. let - měrný výkon  $\uparrow 15\%$



Typy sodíkových výbojek pro VO

ROZDĚLENÍ VYSOKOTLAKÝCH  
SODÍKOVÝCH VÝBOJEK PRO VO

Válcové



$P = 50 - 150 \text{ W}$   
 $\Phi = 4 - 18 \text{ klm}$   
 $\eta = 80 - 120 \text{ lm/W}$

Svítlidla s přesným optickým systémem  
pro osvětlení pozemních komunikací  
(vozovky, chodníky, cyklostezky)

Elipsoidní



$P = 50 - 150 \text{ W}$   
 $\Phi = 3,5 - 17 \text{ klm}$   
 $\eta = 80 - 120 \text{ lm/W}$

Svítlidla pro celkové osvětlení  
venkovního prostoru (pěší  
zóny, náměstí, parky)

## Parametry sodíkových výbojek pro VO

### Vysokotlaké sodíkové výbojky



Parametr		50W - 70W			100W - 150W		
		Standard	New	Rozdíl	Standard	New	Rozdíl
Měrný výkon	$\eta$ (lm/W)	80	90	13%	95	110	16%
Teplota chromatičnosti	$T_{cp}$ (K)	2 000	2 000	0%	2 000	2 000	0%
Index podání barev	$R_a$ (-)	20	20	0%	20	20	0%
Světelný tok po 20 000 h	$z$ (-)	80%	85%	6%	85%	90%	6%
Úmrtnost B10	$t_{n90\%}$ (hod)	12 000	18 000	50%	14 000	22 000	57%
Úmrtnost B50	$t_{n50\%}$ (hod)	25 000	30 000	20%	28 000	35 000	25%

### Vývoj LED

#### Historický vývoj LED

- 1907 – objev elektroluminescence
- 1962 – první světelná dioda – červená (N. Holonyak, GE)
- 1993 – modrá dioda (Nakamura, Nichia)
- 1995 – bílá dioda, 20mA , YAG luminofor (Nichia)
- 1999 – výkonová dioda 350 mA (Lumileds)
- 2005 – 2010: COB LED



Typy LED

ROZDĚLENÍ SVĚTELNÝCH DIOD  
PODLE VÝKONU

Standardní  
LED



$P = 0.1 - 1 \text{ W}$   
 $\Phi = 10 - 100 \text{ lm}$

Lineární a plošné  
zdroje světla

Výkonové  
HP LED



$P = 1 - 5 \text{ W}$   
 $\Phi = 100 - 700 \text{ lm}$

Bodové a lineární  
zdroje světla

Vícečipové  
COB LED



$P = 5 - 180 \text{ W}$   
 $\Phi = 0,7 - 18 \text{ klm}$

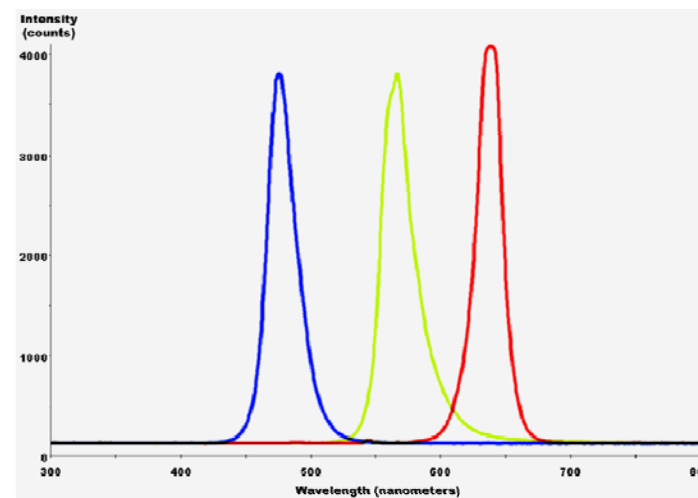
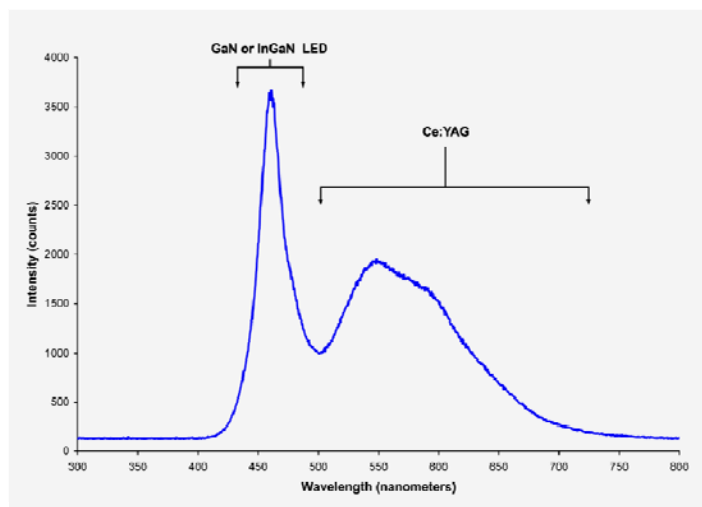
Bodové zdroje  
světla

## Typy LED

### ROZDĚLENÍ SVĚTELNÝCH DIOD PODLE VZNIKU BÍLÉHO SVĚTLA

Modrá LED  
+ luminofor

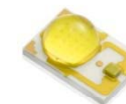
RGB LED



## Parametry LED

### Výkonové HP LED

Využití ve svítidlech s přesnými optickými systémy pro osvětlení pozemních komunikací (reflektory, čočky)

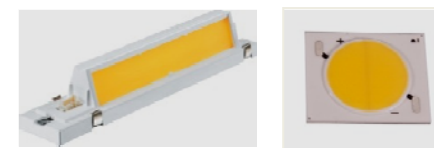


Barva světla	Výrobce	Typ	Parametry		
			$R_g (-)$	$\Phi (lm)$	$\eta (lm/W)$
Chladně bílá	Cree	XLM	65	150	154
	Nichia	NS9W	x	151	149
	Citizen	CL-L430	65	144	133
	Osram	Oslon SSL	70	140	130
	Philips	Rebel ES	70	135	129
Neutrálně bílá	Cree	XL-M	75	130	134
	Citizen	CL	80	121	111
	Osram	Oslon SSL	70	130	121
	Philips	Rebel ES	65	130	124
Teple bílá	Cree	XL-M	80	110	113
	Nichia	NS9L	80	124	122
	Citizen	CL	80	113	104
	Osram	Oslon SSL	82	115	107
	Philips	Rebel A	95	97	92

\*) Pozn. Firma Cree dosáhla v lednu 2013 v laboratorních podmínkách 276 lm/W (350mA, 4401 K)

## Parametry LED

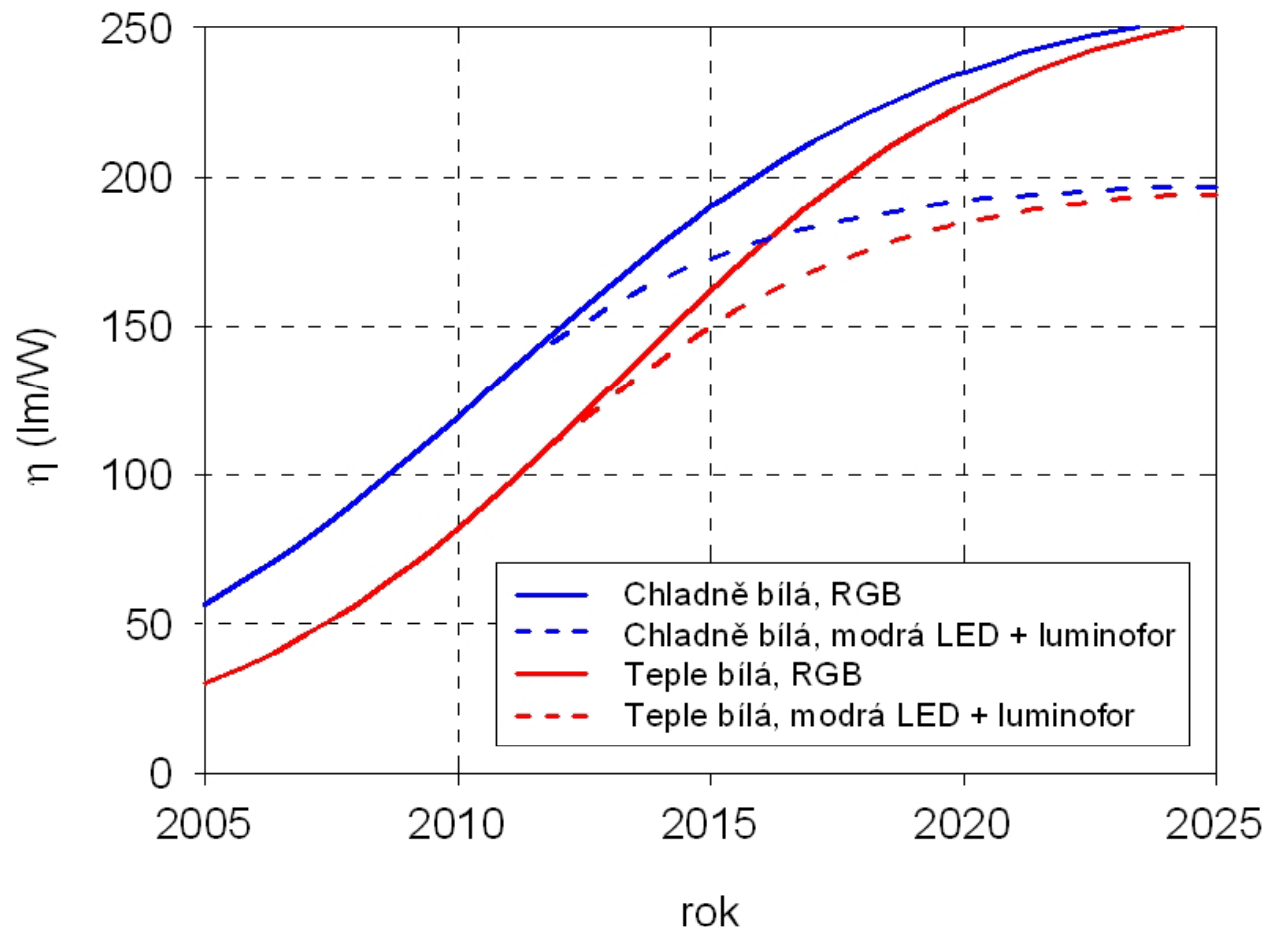
**Vícečipové COB LED** Využití ve svítidlech pro celkové osvětlení prostoru, pěší zóny, náměstí, komunikace pro pěší.



Barva světla	Výrobce	Typ	~ 1 000 lm		~ 2 000 lm		~ 3 000 lm	
			P (W)	$\eta$ (lm/W)	P (W)	$\eta$ (lm/W)	P (W)	$\eta$ (lm/W)
Neutrálně bílá	Citizen	CLL	7,9	123	16,8	119	24,6	120
	Sharp	Zenigata	10,0	100	26	79	42	71
	Philips	Fortimo LLM, G3	10	110	17	105	30	100
	Osram	Solericq E	7,5	130	20	118	29,3	110
Teple bílá	Citizen	CLL	7,9	120	17,7	119	26,3	114
	Sharp	Zenigata	11,4	88	26	76	44	68
	Philips	Fortimo LLM, G3	12	95	19	95	33	92
	Osram	Solericq E	9,0	110	20	100	32	94

\*) Pozn. Firma Citizen Electronics Co., Ltd má ve výrobním programu COB LED 17 700 lm, 185W, 5500 K, Ra=65

## Parametry LED



Obr. 7 Odhady vývoje měrného výkonu sériově vyráběných diod, 350 mA (zdroj: DOE, 2012)

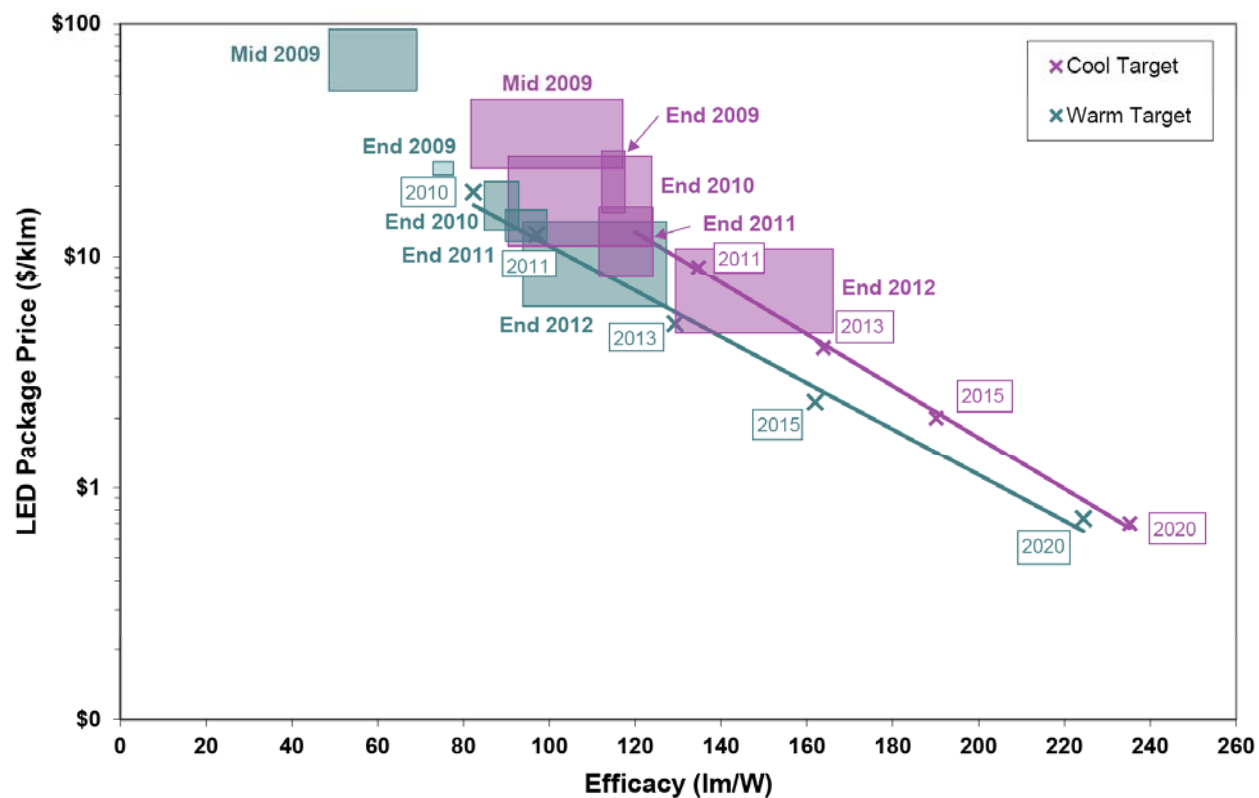
## Parametry LED

Prakticky dosažitelné hodnoty měrného výkonu LED v závislosti na teplotě chromatičnosti a indexu podání barev (zdroj: DOE 2012)

T <sub>cn</sub> (K)	RGB			modrá LED + luminofor		
	R <sub>a</sub> (-)			R <sub>a</sub> (-)		
	70	85	90	70	85	90
<b>2 700</b>	287	273	264	211	200	196
<b>3 800</b>	273	261	254	199	190	189
<b>5 000</b>	255	245	239	189	182	179

## Parametry LED

### Prognóza vývoje ceny LED



Obr. 8 Odhady vývoje ceny sériově vyráběných HP LED 350 mA, teple bílá (2580-3710K), chladně bílá (4746-7040K), zdroj: DOE, 2012





### Využití LED ve veřejném osvětlení

#### Vhodnost LED pro veřejné osvětlení:

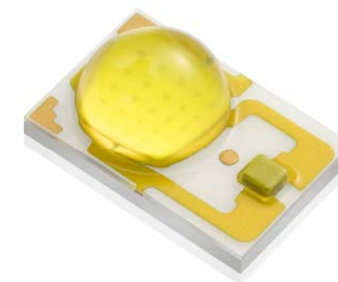
Základní charakteristika:

- dlouhá doba provozu, cca 4000 hod. / rok;
- změna charakteru využití v průběhu noci.



#### Důležité parametry:

- účinnost;
- doba života;
- možnost regulace.



## Využití LED ve veřejném osvětlení

<b>Současný stav:</b>	<b>HST</b>	<b>x</b>	<b>LED</b>
Měrný výkon $\eta$ (lm/W):	115	x	150
Doba života t (hod) :	25 000	x	50 000
Regulace :	ano*	x	ano

## Budoucí vývoj LED:

Měrný výkon $\eta$ (lm/W) ~	240
Doba života t (hod) >	100 000



### Výhody LED svítidel

- Zpoždění vývoje LED svítidel za vývojem LED
  - Hlavní omezení LED svítidel: cena
  - Věští rozšíření cca. 2013 – 2014: ↑měrný výkon (+30%); ↓cena (-50%)
- 
- Nižší provozní náklady – větší měrný výkon, optika, doba života, regulace
  - Eliminace předimenzování (výkonové řady, stárnutí svítidel),
  - Větší bezpečnost a kvalita osvětlení – spektrum, větší rovnoměrnost
  - Větší spolehlivost a záruka – dlouhá životnost komponentů, záruka
  - Omezení rušivého světla – přesné optické systémy (ULOR 0%)
  - Lepší orientace – řada barevných tónů

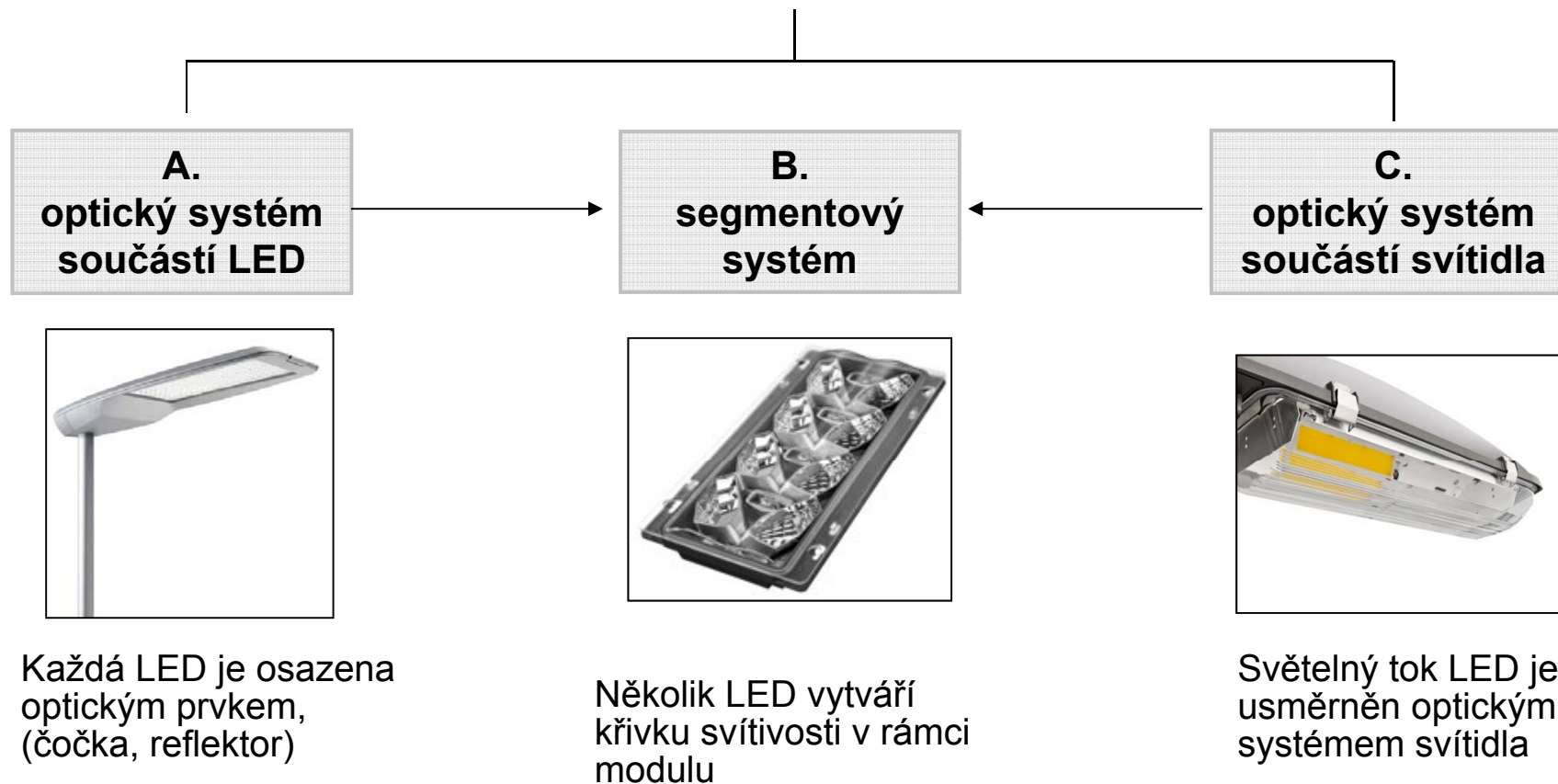
### Parametry LED svítidel

Prognóza vývoje účinnosti a měrného výkonu LED svítidel (zdroj: DOE 2012)

Parametr	2013	2015	2020	Cíl
Měrný výkon LED (lm/W)	129	162	224	266
Tepelná účinnost	85%	88%	90%	93%
Účinnost napájecího zdroje	85%	87%	90%	92%
Účinnost svítidla (optická)	85%	89%	92%	92%
Výsledná účinnost svítidla	62%	68%	74%	79%
Měrný výkon LED svítidla (lm/W)	80	110	116	210

## Typy LED svítidel

### ROZDĚLENÍ LED SVÍTIDEL



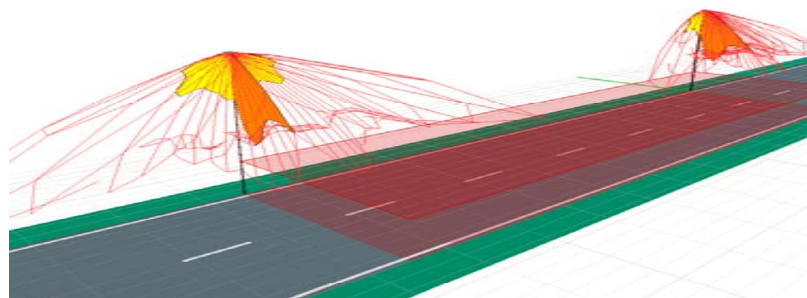
## LED svítidla

### A. Svítidla - optický systém součástí LED

**A.1 LED svítidla – každá LED s optickým prvkem vytváří požadovanou křivku svítivosti**



**A.2 LED svítidla – každá LED s optickým prvkem vytváří dílčí část požadované křivky svítivosti**



LED svítidla

B. Svítidla - optický systém součástí LED





## Porovnání HST a LED svítidel



Svítidlo 1 – LED svítidlo

PARAMETRY:	
rozteč:	40 m
montážní výška:	9 m
udržovací činitel:	0,75
Povrch komunikace:	C2
Třída osvětlení	ME4a (CE4)
Šířka komunikace:	7 m



Svítidlo 2 – HST svítidlo

PARAMETRY SVÍTIDEL					PARAMETRY OSVĚTLOVACÍCH SOUSTAV						
Svítidlo	Zdroj	$P_{sv}$ (W)	$\Phi_{sv}$ (lm)	$\eta_{sv}$ (lm/W)	$L_m$ (cd/m <sup>2</sup> )	$U_o$ (-)	$U_l$ (-)	TI (%)	SR (-)	$E_m$ (lx)	$U_o$ (-)
Norma ČSN EN 13 201-2 ME4a, CE4					0.75	0.40	0.60	15	0.50	10	0.40
Svítidlo 1	LED	84	8 859	105	0.81	0.47	0.62	9	0.67	11	0.48
Svítidlo 2	HST	118	8 743	74	0.79	0.64	0.71	15	0.63	10	0.33

### LED svítidla v praxi

Současný stav použití LED svítidel v praxi – geografické rozdíly

#### USA a Kanada

- pilotní projekty, svítidel LED od 2008;
- propracovaný postup zavádění svítidel LED do praxe;
- snadná dostupnost informací o svítidel, tenderech a projektech;
- objektivní nezávislé hodnocení technických parametrů svítidel;
- certifikační značky zkušeben;
- známky kvality (Lighting Facts, LM-79);
- nové technické ukazatele BUG, FTE snazší porovnání svítidel;
- dotační tituly pro obnovu VO;
- informační servery: DOE, [www.newstreetlight.com](http://www.newstreetlight.com)

## LED svítidla v praxi

### Projekt v Los Angeles

#### Základní údaje:

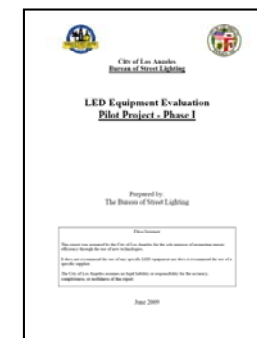
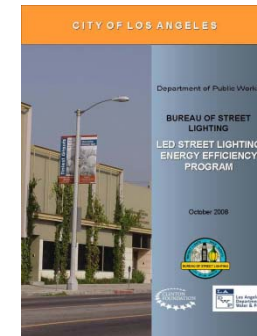
Počet svítidel:	140 000 ks
Řízení:	monitoring všech svítidel
Realizace:	5 let
Návratnost:	7 let
Úspory energie:	68 GWh/rok
Úspory nákladů:	10 mil. US\$/rok



Původní osvětlení HST



Nové osvětlení LED



### LED svítidla v praxi

#### Asie

- masové nasazování svítidel LED ve VO;
- nedostatečné technické informace;
- nedostupnost technických informací
- nekorektní informace o výhodách a parametrech svítidel LED v porovnání s klasickými výbojovými zdroji;
- nepřesvědčivé doklady o certifikaci svítidel;
- nízkou kvalitativní úroveň realizovaných soustav;

### LED svítidla v praxi

#### Evropa

- první pilotní projekty v rámci EU (např. LITES);
- národní pilotní projekty, např. Německo (soutěž se 141 účastníky, 10 měst a obcí vybráno, dotace 2 mil. EUR/město);
- nedostatečné informace o technologiích a realizovaných projektech;
- pouze běžná certifikace svítidel (bezpečnost EMC);
- nabídka evropských výrobců nižší než v USA;
- 12/2011 Green Paper “Lighting the Future”
- 6/2013 Lighting the Cities

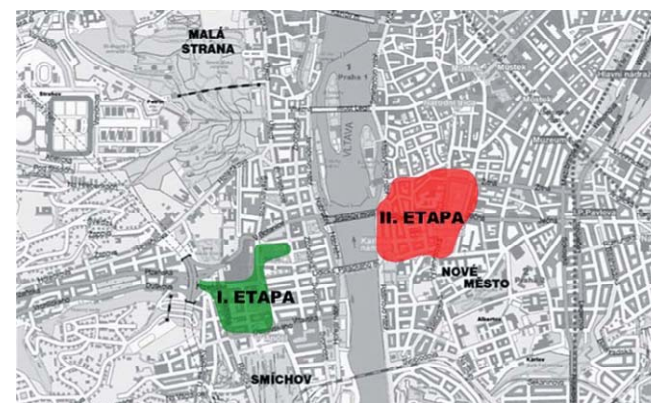
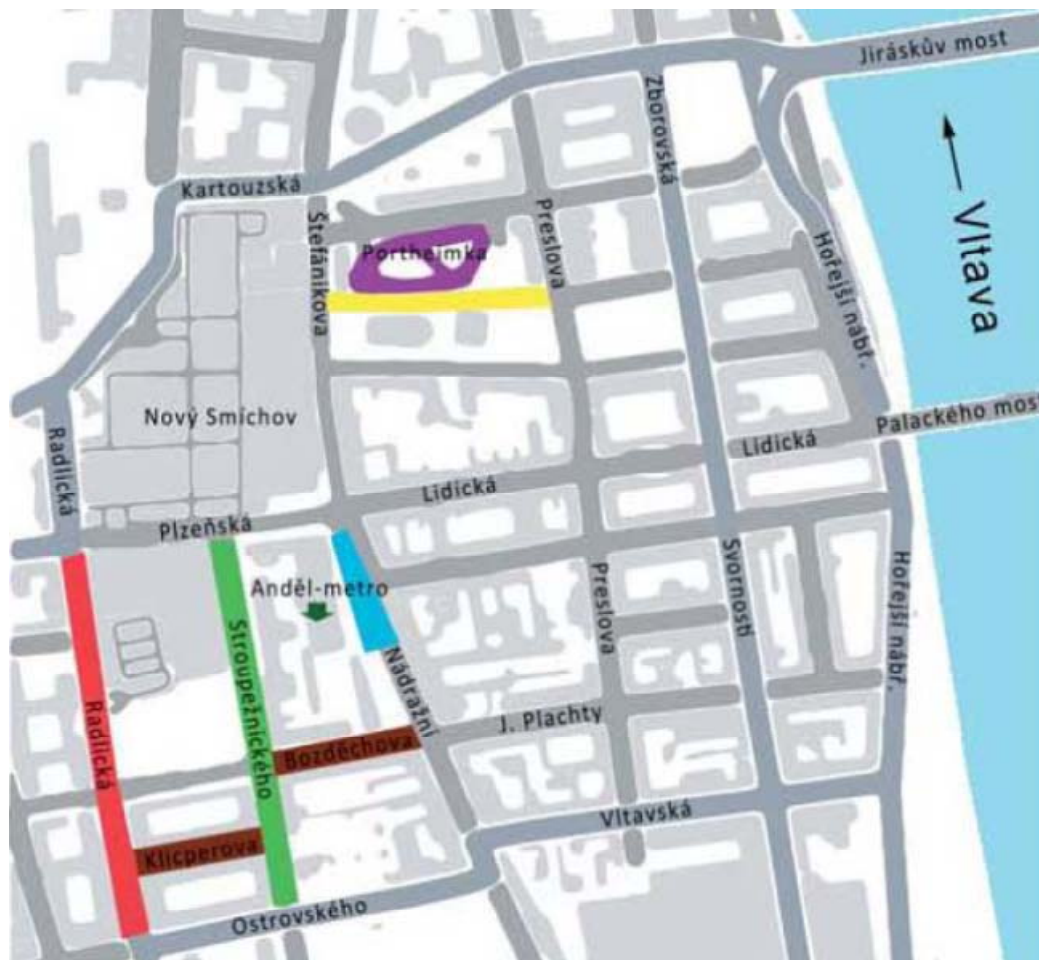


## LED svítidla v praxi

### Česká republika

- velký rozsah kvalitativní úrovně;
- nižší kvalita v převaze;
- nevhodné použití LED svítidel ⇒ osvětlovací soustava nevykazuje deklarované vlastnosti (životnost, úspory, světelné parametry apod.)  
⇒ negativní zkušenost, nedůvěra k nové technologii;
- nedostatek informací o technologiích a realizovaných projektech.

## Pilotní projekt Smíchov, Praha





Pilotní projekt Smíchov, Praha (I. etapa)



Park Portheimka



Ulice Nádražní



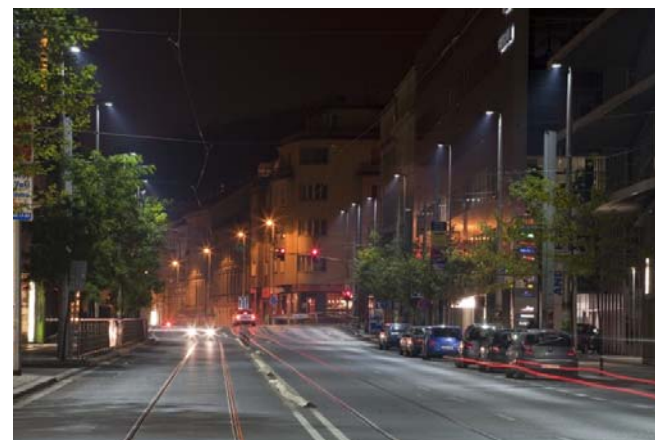
Ulice Klicperova



Park Portheimka

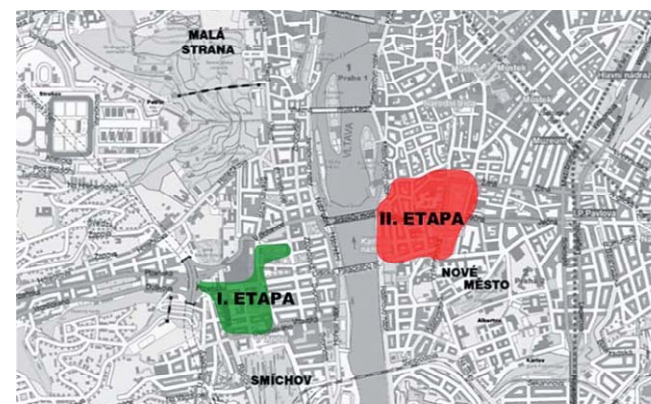
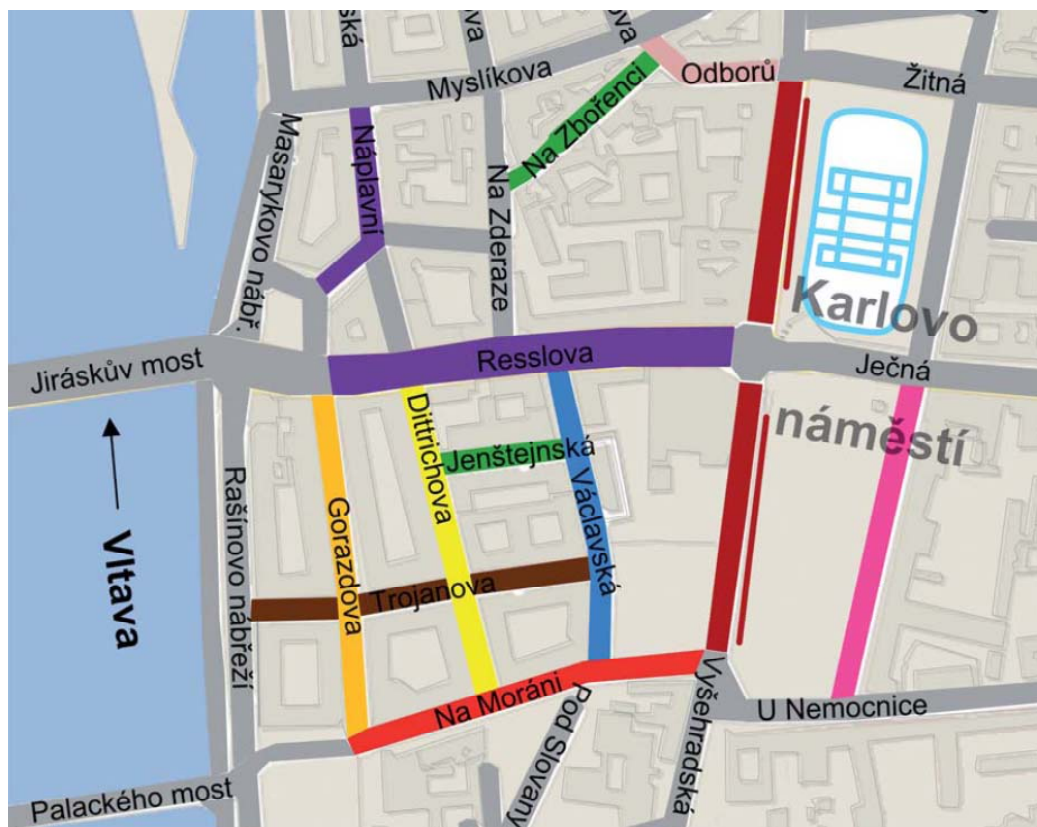


Ulice Stroupežnického



Ulice Radlická

## Pilotní projekt Smíchov, Praha



## Pilotní projekt Karlovo náměstí, Praha (II. etapa)

Pilotní projekt VO LED v Praze, II. etapa

**ODBORŮ**

**1. POZEMNÍ KOMUNIKACE**

Geometrické parametry		Světelné technické parametry	
Délka komunikace $L_k$ (m)	100,0	Třída osvětlení	ME4b/CE4
Šířka vozovky $b_v$ (m)	7,0	Jas $L_{av}$ (cd/m <sup>2</sup> )	≥ 0,75
Průměrná šířka park. pruhu 1 $b_{p1}$ (m)	0,0	Celková rovnoměrnost $U_{av}$ (-)	≥ 0,4
Průměrná šířka park. pruhu 2 $b_{p2}$ (m)	4,0	Podélná rovnoměrnost $U_{pr}$ (-)	≥ 0,5
Průměrná šířka chodníku 1 $b_{ch1}$ (m)	2,5	Omezuující oslnění $Tl$ (%)	≤ 15
Průměrná šířka chodníku 2 $b_{ch2}$ (m)	2,5	Osvětlení okolí SK (-)	≥ 0,5
Plocha vozovky vč. park. pruhů $A_v$ (m <sup>2</sup> )	700	Osvětlenost $E_{av}$ (lx)	≥ 10
Plocha chodníku $A_{ch}$ (m <sup>2</sup> )	500	Celková rovnoměrnost $U_{av}$ (-)	≥ 0,4

**2. OSVĚTLOVACÍ SOUSTAVA**

Geometrické parametry		Provozní režim	
Typ	osová	Doba zap.	světelný tok
Umístění	převěsová lana	zap. - 22.00	100%
Počet světelných bodů $n$ (ks)	5	22.00 - 24.00	100%
Průměrná rozteč sv. bodů $x$ (m)	20	24.00 - 05.00	100%
Výška svítidel $h$ (m)	8	05.00 - 06.00	100%
Délka výložníku $e$ (m)	x	06.00 - vyp.	100%
Sklon $\gamma$ (°)	x		

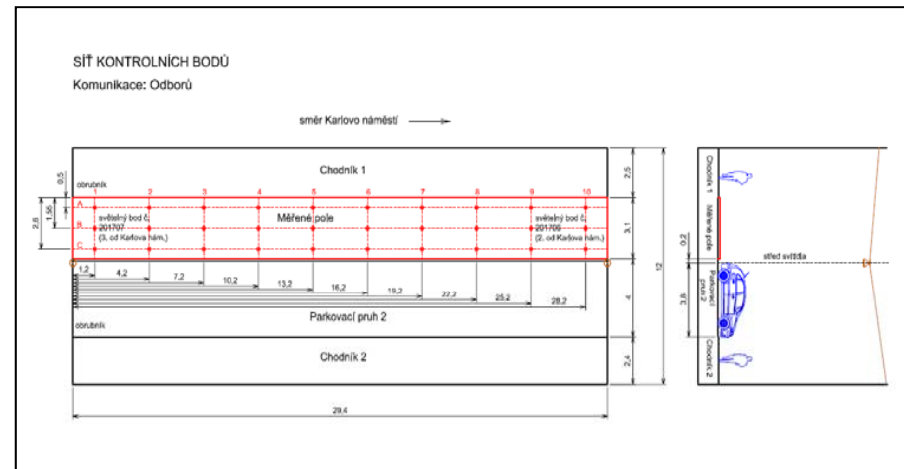
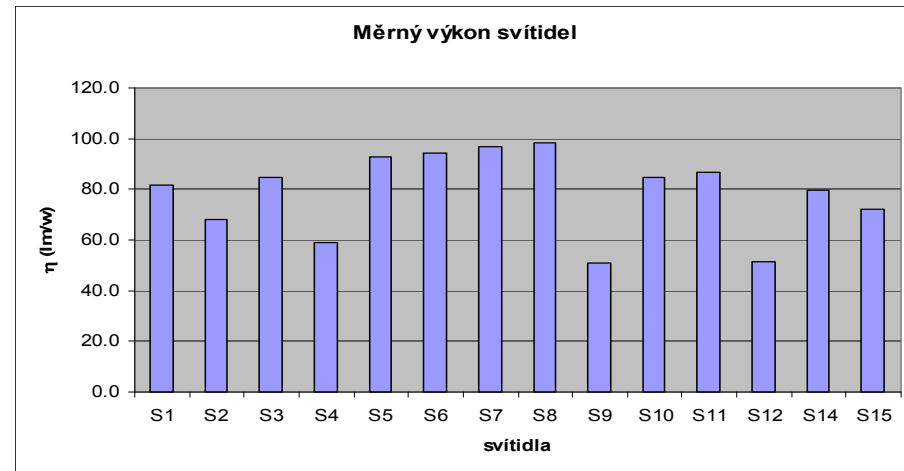
**3. TECHNICKÁ ZARÍZENÍ**

Svítidla		Světelné zdroje	
Dodavatel	Elina s.r.o.	Výrobce	Ceram
Výrobce	IGuzzini	Typ	Golden Dragon plus
Typ	Argo	Světelný tok $\Phi_{sv}$ (lm)	neuveden
Příkon $P_{sv}$ (W)	61,9	Teplota chromatickosti $T_{cp}$ (K)	4 000
Účinnost $\eta$ (%)	100%	Index podání barev $R_a$ (-)	73
Světelný tok $\Phi_{sv}$ (lm)	3 190	Doba života $T$ (hod)	90000 (L70)
Měrný výkon $I$ (lm/W)	51,5		
Krytí	IP66		
Mechanická odolnost	IK08		
Třída ochrany	II		

**4. ENERGETICKÉ PARAMETRY OSVĚTLOVACÍ SOUSTAVY**

Měrný příkon osvětlovací soustavy $p_{rs}$ (kW/km)	3,1
Měrný příkon osvětlovací soustavy na měřeném poli $p_{rs}$ (W/m <sup>2</sup> )	0,68
Měrný výkon osvětlovací soustavy na měřeném poli $s_p$ (lm/W)	17,8

**5. ZÁVĚLOT PRŮMĚRNÉ OSVĚTLENOSTI MĚŘENÉHO POLE NA DOBĚ PROVOZU**



### Realizace osvětlovacích soustav s LED svítidly

#### Situace

- výměna stávající svítidel;
- kompletní rekonstrukce nebo nová výstavba úseku VO;
- pilotní projekt;

#### Zásady pro realizaci soustav VO s LED svítidly:

- spolupráce s autorizovaným projektantem;
- závaznost norem (ČSN EN 13 201);
- prodloužená záruky na svítidla;
- záruka na světelně technické parametry;
- certifikáty autorizovaných zkušeben;
- měření realizované soustavy nezávislou autorizovanou osobou;
- dodavatelské firmy – realizované projekty (reference);
- dodavatelské firmy - doba působení na trhu.



Děkuji za pozornost

