

TAKING  
**COOPERATION**  
FORWARD

 Seminář o dynamickém veřejném osvětlení, Praha - Hotel Olympik, 5. března 2019

 **Světelné zdroje ve veřejném osvětlení**

 Ing. Theodor Terrich | Porsenna o.p.s.

## Obsah prezentace

- Parametry světelných zdrojů
- Vysokotlaké sodíkové výbojky
- LED světelné zdroje
  - využití ve VO
  - srovnání s HPS
  - vlastnosti LED
- LED světelné zdroje a přístroje
- Řízení a ovládání světelných zdrojů

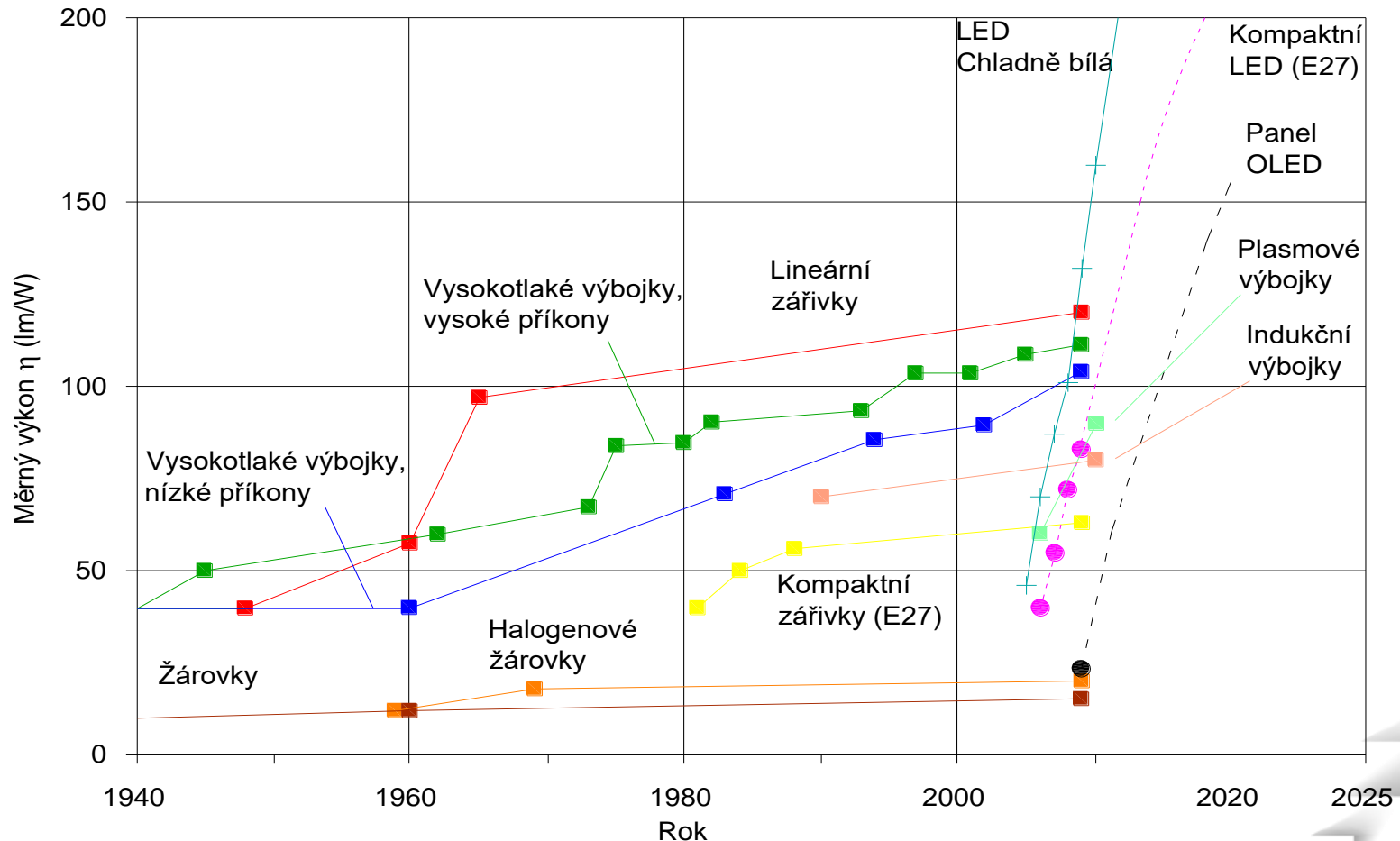


# DYNAMIC LIGHT

TOWARDS DYNAMIC, INTELLIGENT AND ENERGY EFFICIENT URBAN LIGHTING



## Historický vývoj měrného výkonu světelných zdrojů - $\eta$ (lm/W)



# DYNAMIC LIGHT

TOWARDS DYNAMIC, INTELLIGENT AND ENERGY EFFICIENT URBAN LIGHTING

## Porovnání základních parametrů světelných zdrojů

Typová skupina světelných zdrojů	Příkon (W)	Měrný výkon (lm .W <sup>-1</sup> )	Život (h)	Index podání barev R <sub>a</sub>	Teplota chromatičnosti (K)
Zářivky kompaktní	5 - 80	70 - 100	až 20 000	80 - 90	2700 - 6500
Výbojky halogenidové	20 - 2000	65 - 120	až 20 000	65 - 90	3000 - 6000
Výbojky Na vysokotlaké	50 - 1000	75 - 150	až 35 000	25	2000
Výbojky Na nízkotlaké	18 - 180	100 - 180	16 000	0	1700
Bezelektrodové výbojky	35 - 300	50 - 80	~ 60 000	80	2700 - 6500
Světelné diody (LED)	0,2 - 180	130 - 250	~ 100 000	70 - 90	2500 - 6500



# DYNAMIC LIGHT

TOWARDS DYNAMIC, INTELLIGENT AND ENERGY EFFICIENT URBAN LIGHTING

typ světelného zdroje	měrný výkon n (lm/W)	index podání barev Ra (-)	(náhradní) teplota chromatičnosti Tc / Tn (K)	střední doba života T (h)	činitel poklesu sv. toku LLMF (-)	možnost regulace
žárovka	7 - 13	100	2 700	1 000	0,85	plně
halogenová žárovka	15 - 20	100	2 700 - 3 000	2 000	0,85	plně
zářivka lineární T8	75 - 85	65 - >80	2 700 - 6 500	20 000	0,89	omezeně
zářivka lineární T5	90 - 110	80 - >90	2 700 - 6 500	24 000	0,89	omezeně
kompaktní zářivka	70 - 90	80 - >90	2 700 - 6 500	20 000	0,83	omezeně
indukční výbojka	70 - 100	>80	2 700 - 6 500	60 000	0,70	nelze
směsová výbojka	18 - 26	>60	3 600 - 4 100	10 000	0,85	nelze
vysokotlaká rtuťová výbojka	35 - 55	40	3 900 - 4 200	24 000	0,75	nelze
vysokotlaká sodíková výbojka standard	75 - 95	<25	2 000	25 000	0,80	omezeně
vysokotlaká sodíková výbojka "super"	80 - 150	<25	2 000 - 2 100	35 000	0,94	omezeně
nízkotlaká sodíková výbojka	100 - 190	0	1 800	18 000	0,95	nelze
halogenidová výbojka křemenná	65 - 95	>65 - >80	3 500 - 5 500	6 000 - 12 000	0,72	s výhradami
halogenidová výbojka keramická	100 - 130	>80	3 000 - 4 500	24 000	0,75	omezeně
výkonová LED	130 - 270	>80	2 500 - 6 000	60 000 - 100 000	0,75 - 1,00*	plně

\* činitel stárnutí je roven 1 v případě zapojení LED modulu s driverem udržující konstantní světelný tok (CLO) po dobu života



## Vysokotlaké sodíkové výbojky

- nejrozšířenější světelný zdroj ve VO

### ROZDĚLENÍ VYSOKOTLAKÝCH SODÍKOVÝCH VÝBOJEK PRO VO

Válcové



$P = 50 - 250 \text{ W}$   
 $\Phi = 4 - 30 \text{ klm}$   
 $\eta = 80 - 120 \text{ lm/W}$

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)



## Vysokotlaké sodíkové výbojky

- směrnice EuP 2009/125/ES, od 2012 ukončena výroba HPS „Standard“

### Vysokotlaké sodíkové výbojky



Parametr		50W - 70W			100W - 150W		
		Standard	Super	Rozdíl	Standard	Super	Rozdíl
Měrný výkon	h (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%





# DYNAMIC LIGHT

TOWARDS DYNAMIC, INTELLIGENT AND ENERGY EFFICIENT URBAN LIGHTING

## LED versus vysokotlaké sodíkové výbojky účinnost a využití

**Světelný zdroj:**

Měrný výkon  $\eta$  (lm/W):

Doba života  $t$  (h) :

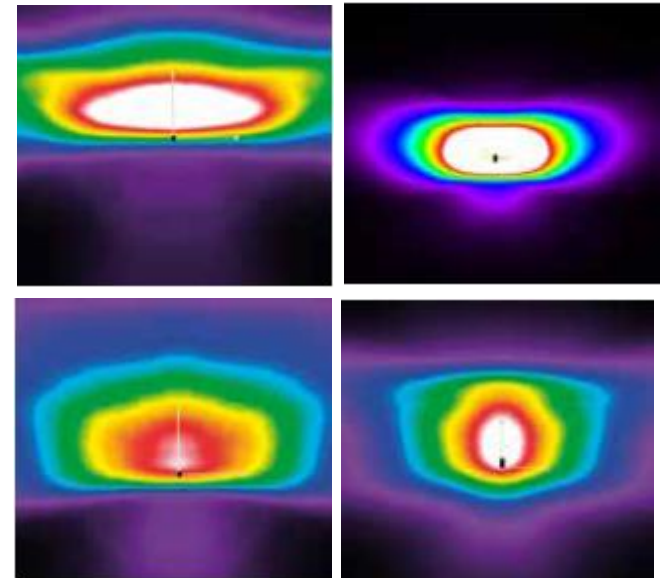
Regulace :

HPS x LED

80 - 120 × 120 - 220

35 000 × 100 000

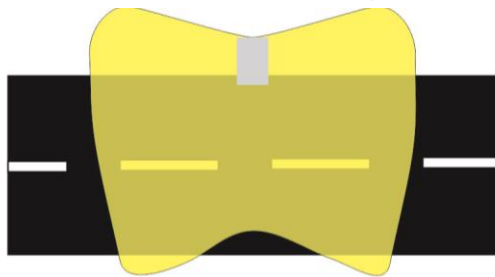
omezená × plná



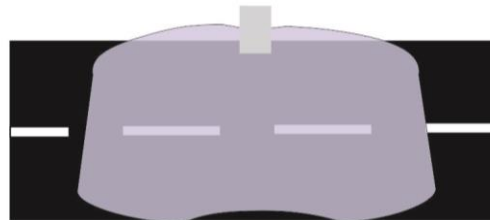
LED

- výběr různých optických systémů
- vyšší měrný výkon i činitel využití
- vyšší světelná účinnost svítidel

Činitel využití světelného toku



výbojový zdroj



LED zdroj



## Využití LED ve VO

- Srovnání LED a HPS

### Vhodnost LED pro veřejné osvětlení:

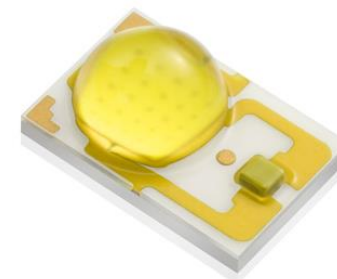
#### Základní charakteristika:

- dlouhá doba provozu, cca 4100 hod. / rok
- změna charakteru využití v průběhu noci
  - nároky na kvantitu osvětlení
  - nároky na vyzařované spektrum



#### Důležité parametry:



- účinnost
- doba života
- možnost plné regulace



# DYNAMIC LIGHT

TOWARDS DYNAMIC, INTELLIGENT AND ENERGY EFFICIENT URBAN LIGHTING

## Měrné výkony svítidel s LED a výbojkami

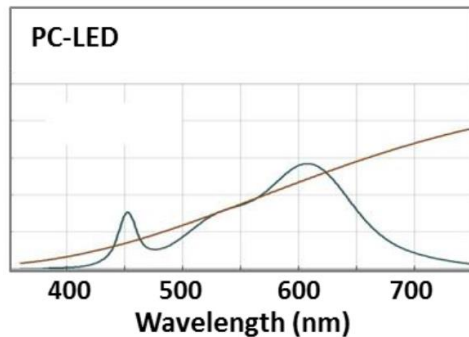
	Popis	Světelná účinnost	Světelný tok		Celkový příkon (W)	Celkový měrný výkon (lm/W)
			zdroje (lm)	svítidla (lm)		
	HPS P=100 W Φ=10 700 lm T <sub>n</sub> =2200 K R <sub>a</sub> =20	86,6%	10 700	9 266	114	81,3
	LED P=58 W Φ=9 680 lm T <sub>n</sub> =3000 K R <sub>a</sub> =70	99,5 %	9 680	9 632	83,7	115,1



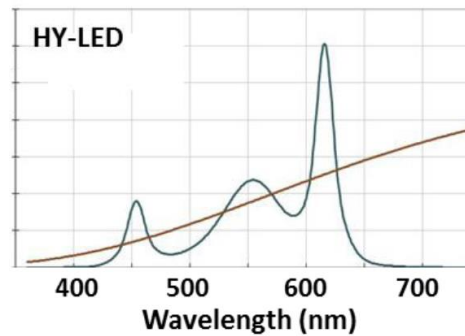
## LED světelné zdroje

### PRINCIP GENEROVÁNÍ SVĚTLA

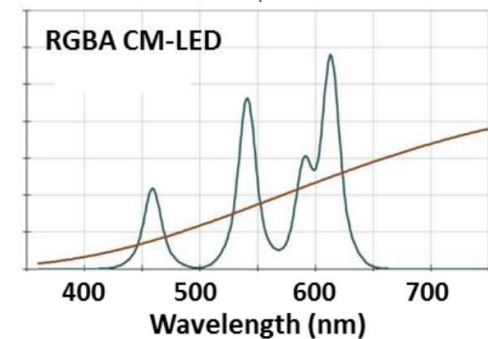
#### TYPY SVĚTELNÝCH DIOD PODLE GENEROVÁNÍ BÍLÉHO SVĚTLA



PC-LED (phosphor-converted)  
modrá LED + luminofor,



HY-LED (Hybrid LED)  
-modrá LED + luminofor (B+G)  
-červená LED (R)



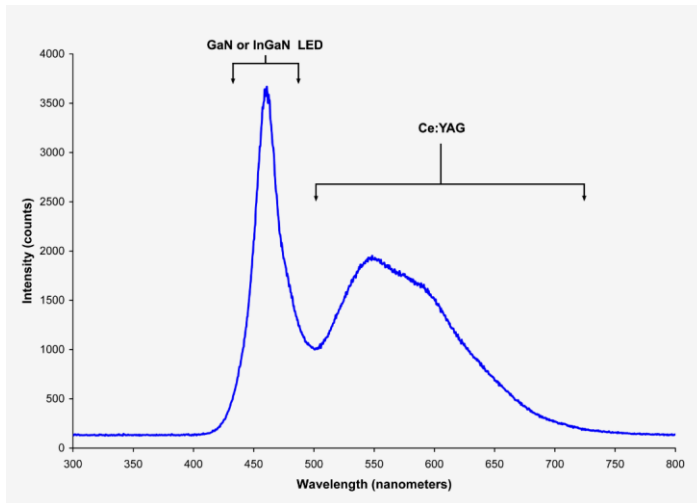
RGBA CM-LED (color-mixed)  
-červená (Red)  
-zelená (Green)  
-modrá (Blue)  
-žlutá (Amber)



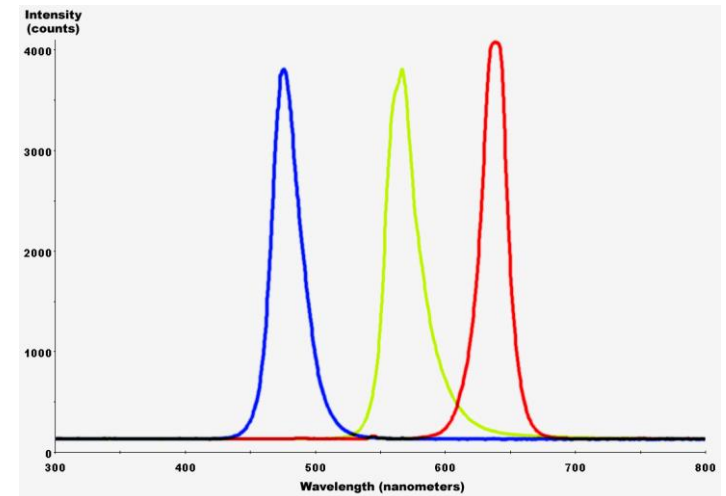
## LED světelné zdroje

### PRINCIPY VYTVOŘENÍ „BÍLÉHO“ SVĚTLA

#### Luminofor



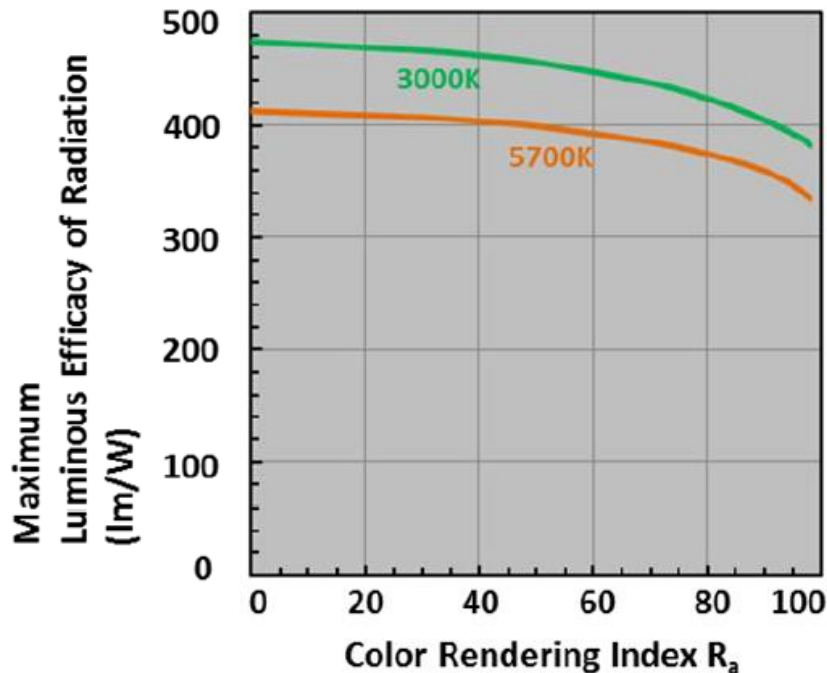
#### Míšení barevných složek



## LED světelné zdroje - vlastnosti

### PARAMETRY OVLIVŇUJÍCÍ ÚČINNOST LED

#### A. Index podání barev



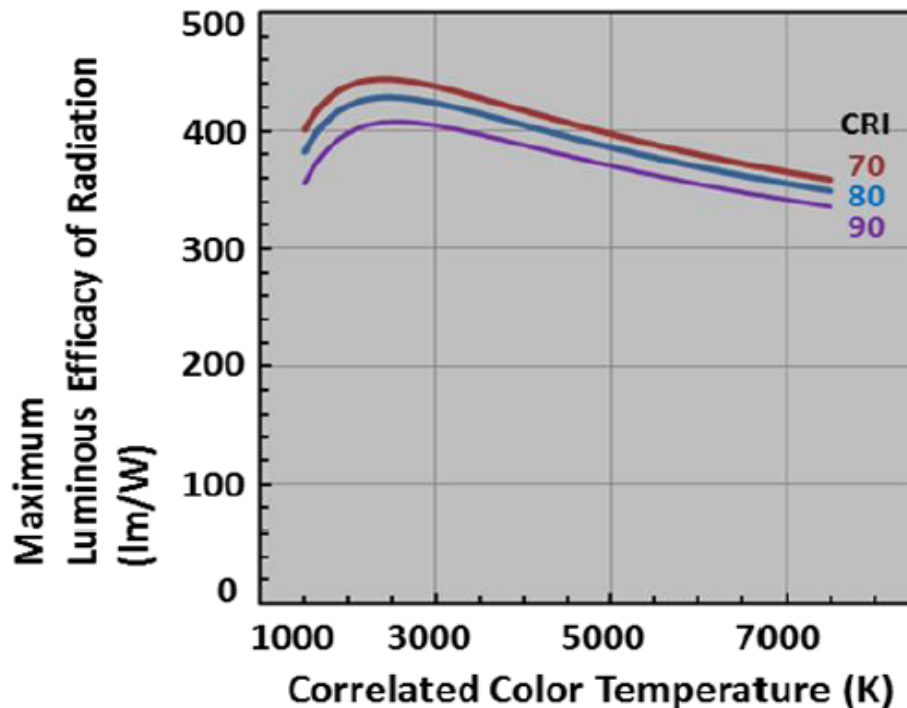
- Index podání barev  $R_a$  přímo ovlivňuje měrný výkon LED
- Změna  $R_a$  z 80 na 90 znamená u teoreticky pokles měrného výkonu o 10%
- V praxi je u současných PC-LED pokles v rozsahu 15% - 25%
- Popis věrnosti vjemu barev se s nástupem LED vyvíjí a testují se nové metriky např. „index věrnosti“ „gamut index“



## LED světelné zdroje - vlastnosti

### PARAMETRY OVLIVŇUJÍCÍ ÚČINNOST LED

#### B. náhradní teplota chromatičnosti $T_{cp}$ (K)

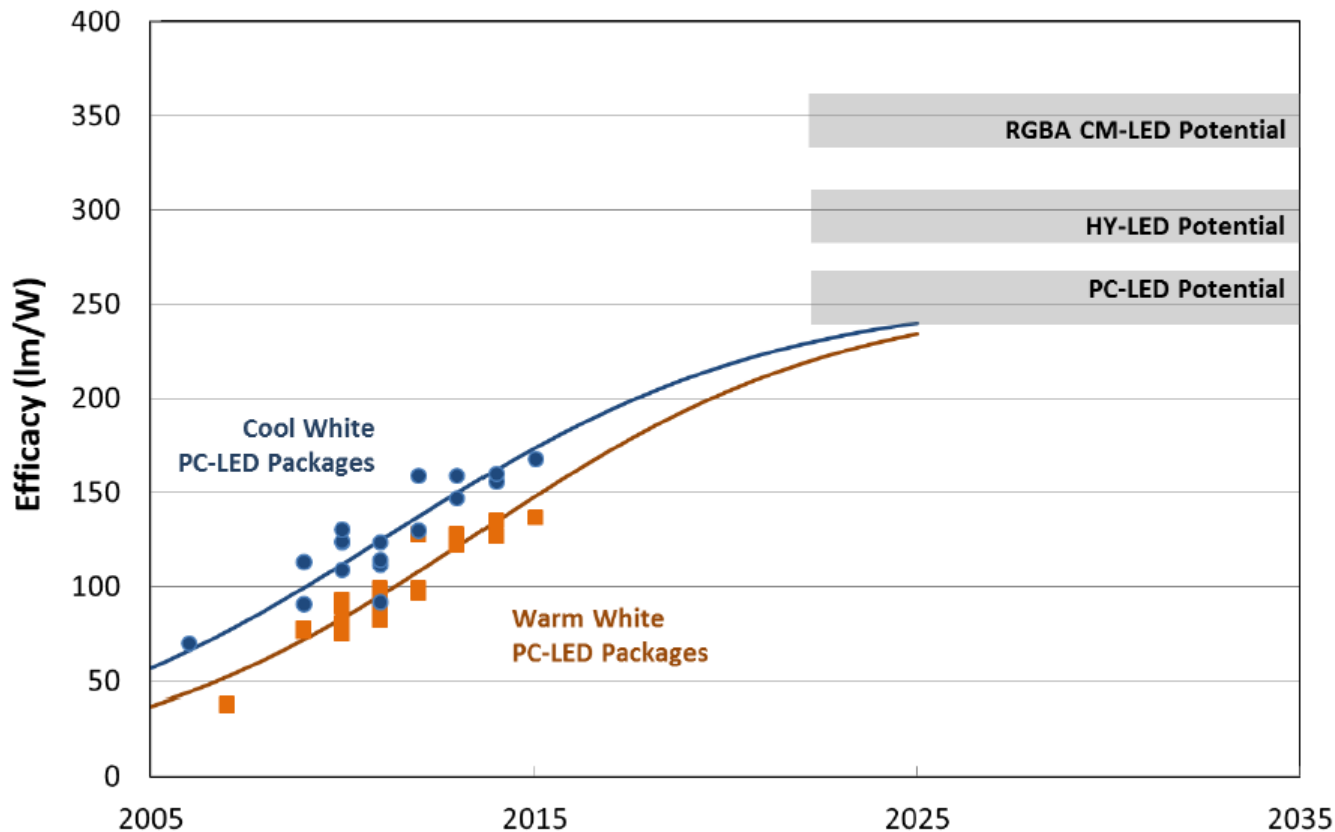


- Dosažení vyšších účinností je v současné době náročnější u teple bílých LED než u chladně bílých LED (vliv menší účinnosti červených LED a luminoforů pro tvorbu červené)
- Lidské oko je citlivější na červené světlo v porovnání s modrým
- do budoucna se předpokládá větší měrný výkon teple bílých LED



## LED světelné zdroje - vlastnosti

Odhady vývoje měrného výkonu sériově vyráběných diod, 350 mA  
(zdroj: DOE, 2016)





## LED světelné zdroje

- Typy LED součástek

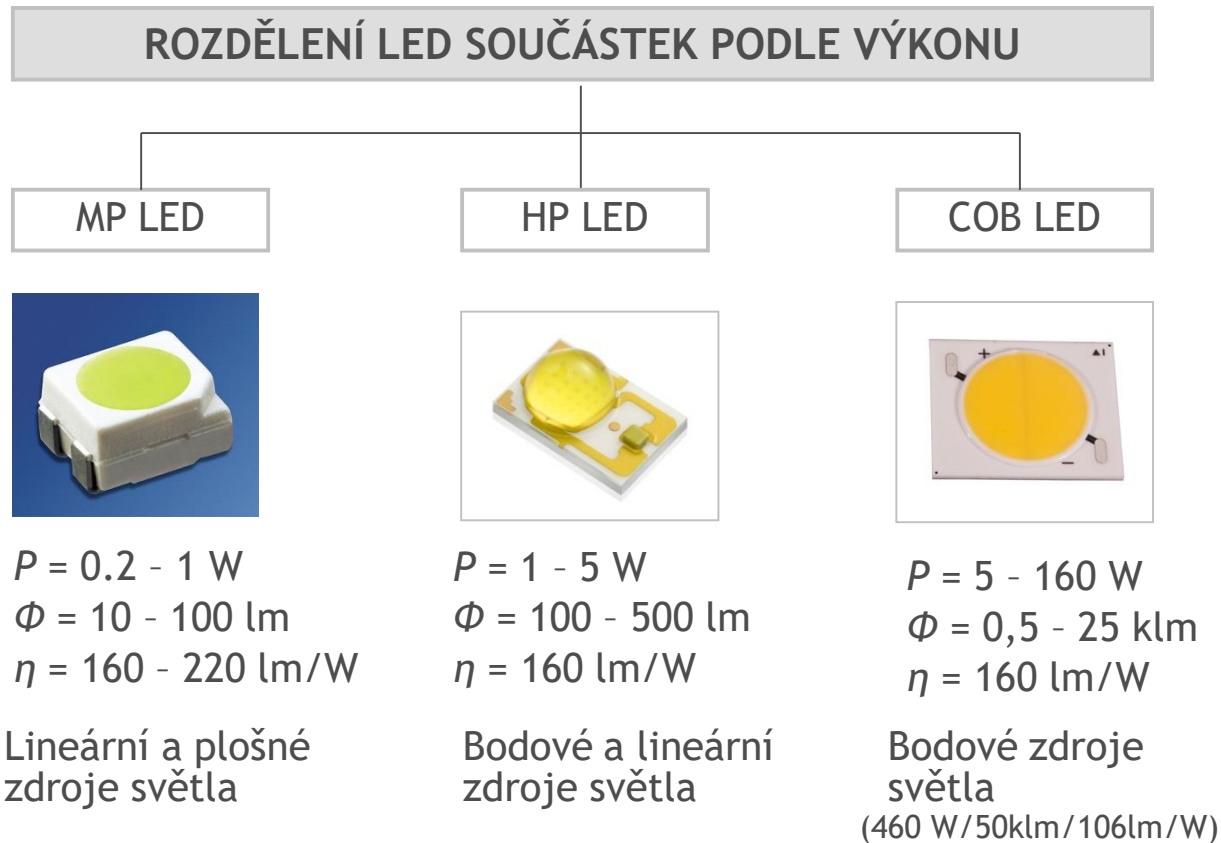
Klasifikace LED součástek v konstrukčním uspořádání SMD

Typ LED součástky	Označení	Parametry		
		příkon	provozní proud	světelný tok
		$P$ (W)	$I_f$ (mA)	$\Phi$ (lm)
nízko výkonné LED	LP-LED	0,01 - 0,1	> 20	0,1 - 6
středně výkonné LED	MP-LED	0,1 - 0,5	30 - 150	0,2 - 20
vysoce výkonné LED	HP-LED	0,5 - 5	200 - 1 500	> 50
velmi vysoko výkonné LED	SHP-LED	> 5	x	> 400
barevné LED	RBG-LED	x	x	x



## LED světelné zdroje

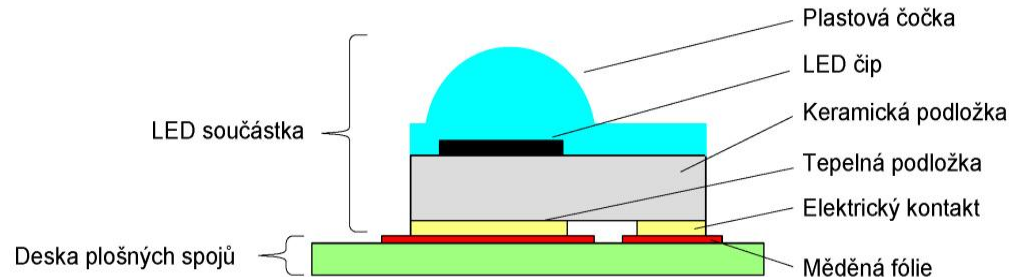
- Typy LED součástek



## LED světelné zdroje

- Konstrukční řešení LED součástek

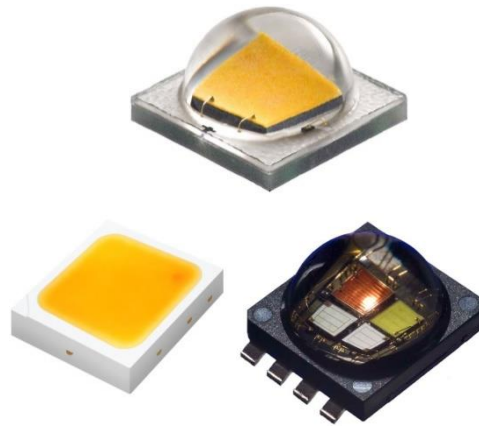
LED součástka (*LED package*)  
mechanické upevnění  
elektrické připojení LED čipu



DIP LED



SMD LED



COB LED



## LED světelné zdroje a přístroje

**LED MODUL** - LED světelný zdroj bez patice, obsahující jednu nebo více LED součástek na desce s plošnými spoji a popř. jednu nebo více následujících součástí: elektrické, optické, mechanické a tepelné části, rozhraní a předřadný přístroj

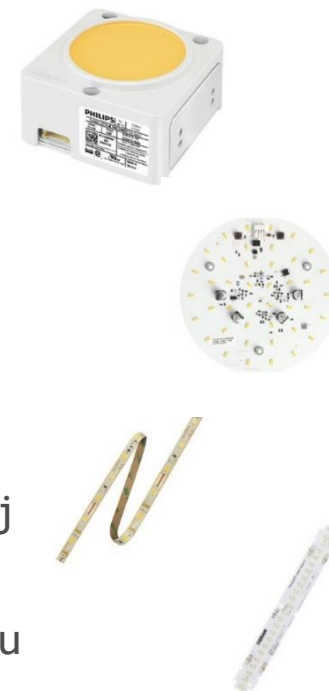
**Integrovaný LED modul (LEDi modul)**- LED modul, jehož součástí je předřadný přístroj a další prvky nezbytné pro jeho stabilní provoz, určený pro přímé připojení na napájecí napětí

**Částečně integrovaný LED modul (LEDsi modul)** - LED modul, jehož součástí je řídicí jednotka předřadného přístroje, a pro svůj provoz potřebuje oddělenou napájecí jednotku předřadného přístroje

**Neintegrovaný LED modul (LEDni modul)** -LED modul, který pro svůj provoz potřebuje oddělený předřadný přístroj

**Integrální LED modul** LED modul, který obvykle tvoří nevyměnitelnou část svítidla

**LED sestava (LLE)** - integrovaná sada skládající se z LED modulů a předřadného přístroje, určená pro přímé připojení na síťové napětí



# DYNAMIC LIGHT

TOWARDS DYNAMIC, INTELLIGENT AND ENERGY EFFICIENT URBAN LIGHTING

## LED světelné zdroje a přístroje

LED předřadný přístroj,

LED ovládací zařízení (LED control gear)

(nesprávně driver, napájecí zdroj, napaječ)

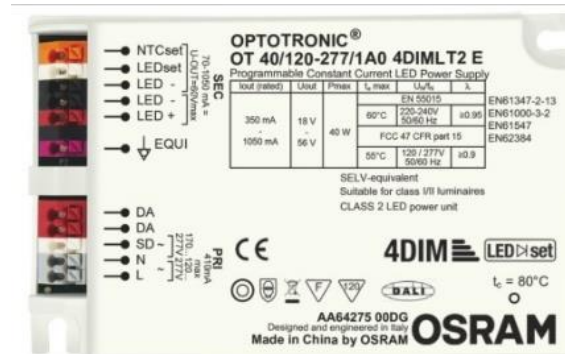
- napájecí jednotka (PS)
- řídicí jednotka (CU)

Napájecí jednotka:

Napět'ová (CV) 12V, 24V 48V DC

Proudová (CC) 350mA, 500mA, 700mA,...

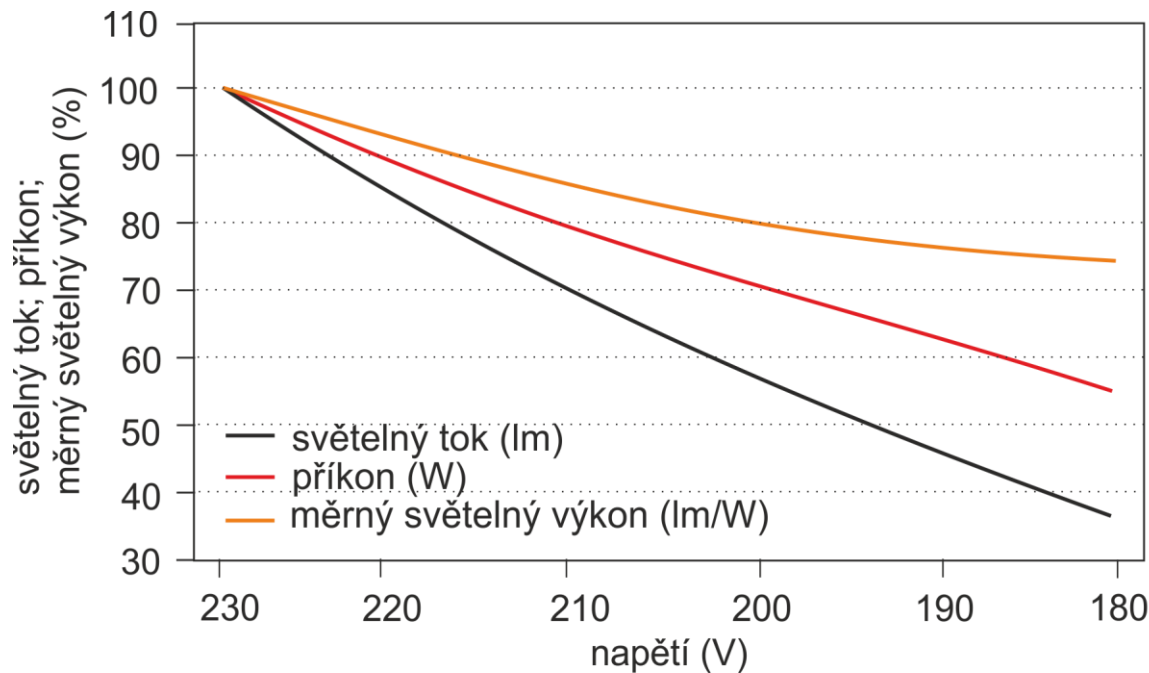
Řídicí jednotka : DALI, 1-10BV, PB, DMX



## Regulace světelného toku - stmívání

### Vysokotlaké sodíkové výbojky

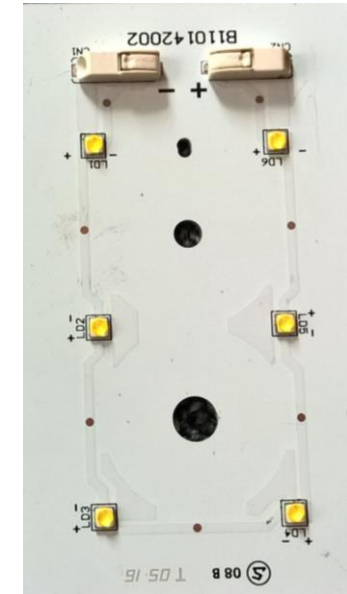
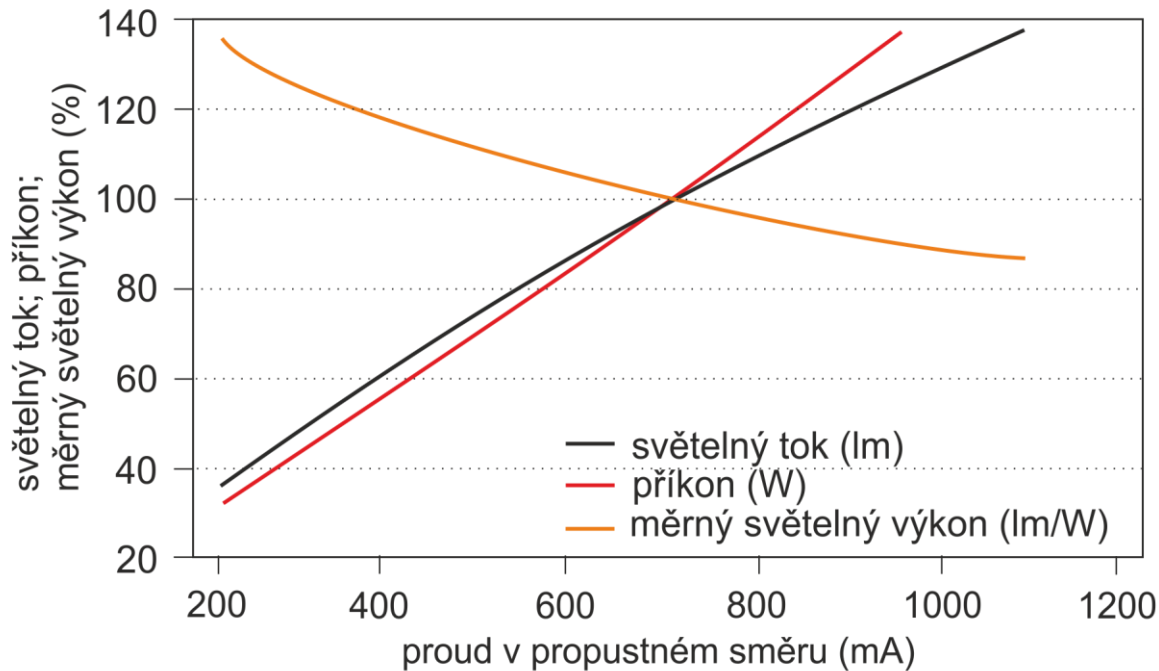
- nelineární, omezené řízení
- snížením toku na 50% poklesne příkon o 30%



## Regulace světelného toku - stmívání

### LED (světlo vyzařující dioda)

- plné řízení světelného toku v širokém rozsahu
- možnost zvýšení světelného toku nad jmenovité parametry



## Řídicí systémy

Využití osvětlovacích soustava pro nesevřetelné aplikace

- veřejného osvětlení - hustá síť světelných míst s napájením a možností upevnění senzorů, kamer pro sběr dat pro řízení v rámci „smart city“

Řídicí systémy pro ovládání osvětlení:

- monitoring spotřeby – integrace měření spotřeby elektrické energie přímo do svítidel
- regulace teploty chromatičnosti (tunable white)
- regulace spektra vyzařovaného světla (RGB)
- konstantní světelný tok (CLO – constant light output)
- autonomní regulace podle časových režimů (veřejné osvětlení)
- dynamická regulace světelného toku dle aktuálních požadavků





## Rozdíly LED světelných a tradičních světelných zdrojů

- **Spektrální vlastnosti**  
(spektrální barvy, různé barevné tóny, míchání barev)
- **Výkon**  
(velmi velký výkon z velmi malé plochy 780 lm / d=1mm)
- **Tvar**  
(libovolný tvar - bodový, přímkový plošný, objemový zdroj světla)
- **Vyzařovací charakteristiky**  
(difúzní, směrový, asymetrický, vějířový)
- **Regulace**  
(regulace výkonu, barevného tónu, barvy světla)
- **Účinnost (měrný výkon)**  
(vyšší než u všech tradičních světelných zdrojů)
- **Doba života**  
(vyšší než u všech tradičních světelných zdrojů)



# DYNAMIC LIGHT

TOWARDS DYNAMIC, INTELLIGENT AND ENERGY EFFICIENT URBAN LIGHTING

## Děkuji za pozornost

**T: 241 730 336 | M: 603 286 336 | E: ops@porsenna.cz**  
**www.porsennaops.cz**

