

TAKING
COOPERATION
FORWARD

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

 Porovnání investičních a provozních nákladů na modelové soustavě veřejného osvětlení

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

DYNAMIC LIGHT

TOWARDS DYNAMIC, INTELLIGENT AND ENERGY EFFICIENT URBAN LIGHTING

Představení
porovnávaných
variant

LED vs. HPS

Technické a
ekonomické
hodnocení

Závěr



1. Úvod

Parametry osvětlovací soustavy

Geometrie vozovky a soustavy

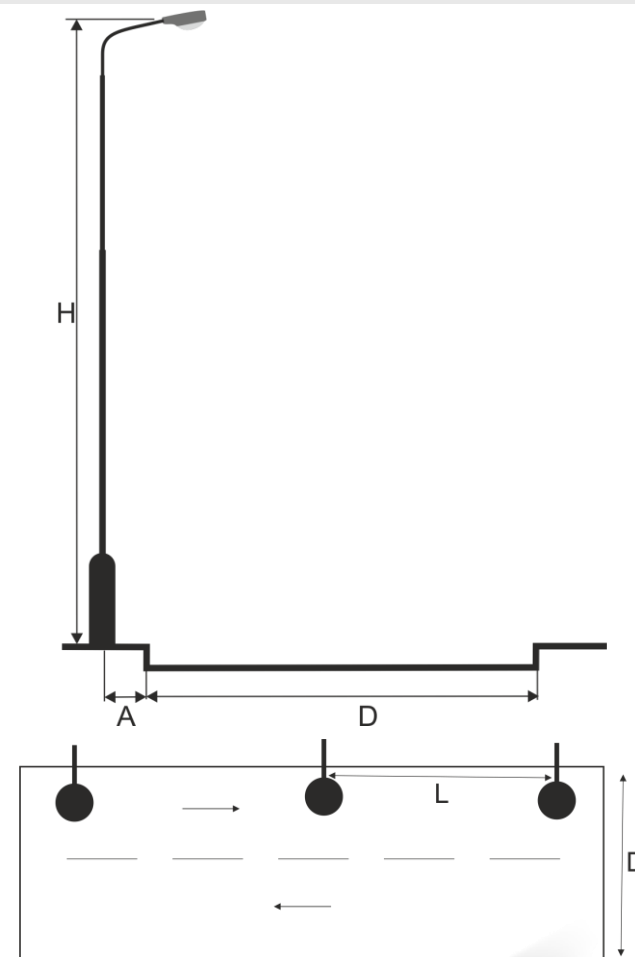
- šířka vozovky (D) = 8m
- celková výška stožáru (H) = 10m
- odskok od krajnice (A) = 1m
- vyložení = 0,9m
- rozteč stožárů (D) = 29m

Světelně technické požadavky

ČSN EN 13201- 2 Osvětlení pozemních komunikací

- Část 2: Požadavky

- Třída osvětlení: M4
 - průměrný jas PK L: $0,75 \text{ Cd/m}^2$
 - celková rovnoměrnost jasu U_0 : 0,4
 - podélná rovnoměrnost jasu U_l : 0,6
 - prahový přírůstek kontrastu f_{Tl} : 15%



1. Úvod

Návrh osvětlovací soustavy

A) Standardní soustava VO

- režim pouze ZAP/VYP
- bez řízení světla
- bez vzdáleného přístupu

B) Autonomní regulace

(přeprogramované stmívání)

- možnost regulace stmívání
- žádné vzdálené sledování
- bez dálkového přizpůsobení

C) Dynamicky řízení soustava

- kontrola úrovně jasu v čase
- dálkové nastavování
- vzdálené sledování
- okamžité přizpůsobení
- bezpečnost - zajištění dostatečných světelných parametrů

Porovnávané varianty soustav VO

Osvětlovací soustava vybavena různými svítidly a stupněm řízení

- HPS výbojka - režim ZAP/VYP
- HPS výbojka s přednastaveným režimem stmívání
- LED zdroj - režim ZAP/VYP
- LED zdroj s přednastaveným režimem stmívání
- LED zdroj s dynamickým řízením (stmívání)
- LED zdroj s dynamickým řízením osvětlenosti and barevnou teplotou

změnou úrovně jasu (stmíváním) musí být zajištěny parametry nižší třídy osvětlení podle ČSN EN 13201-2



DYNAMIC LIGHT

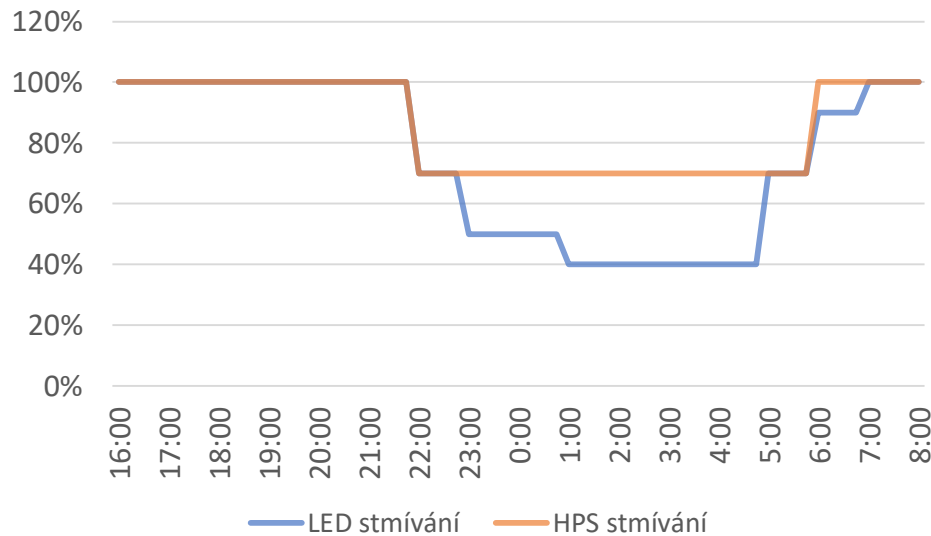
TOWARDS DYNAMIC, INTELLIGENT AND ENERGY EFFICIENT URBAN LIGHTING

1. Úvod

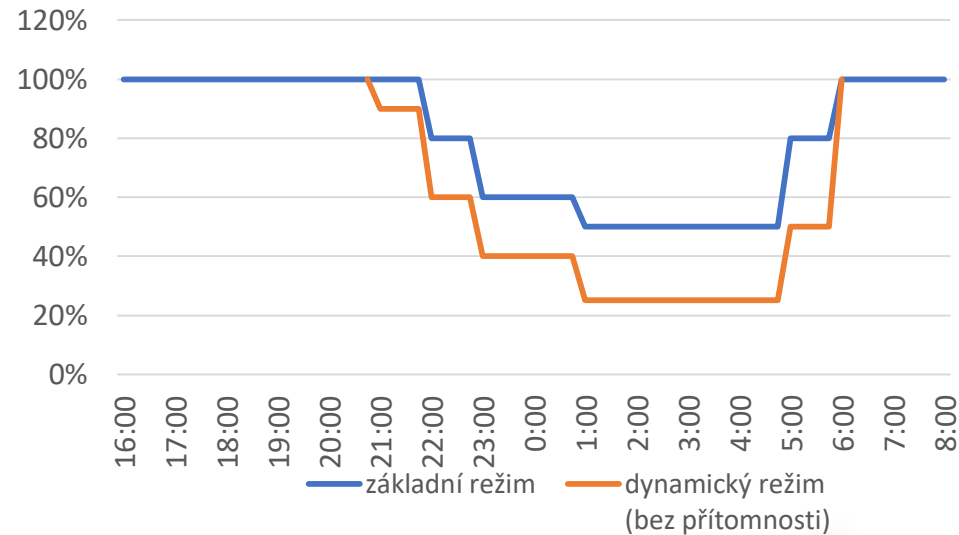
Možnosti řízení

- příklad různých způsobů řízení - funkční princip

Autonomní regulace - přednastavené stmívání



Dynamické řízení



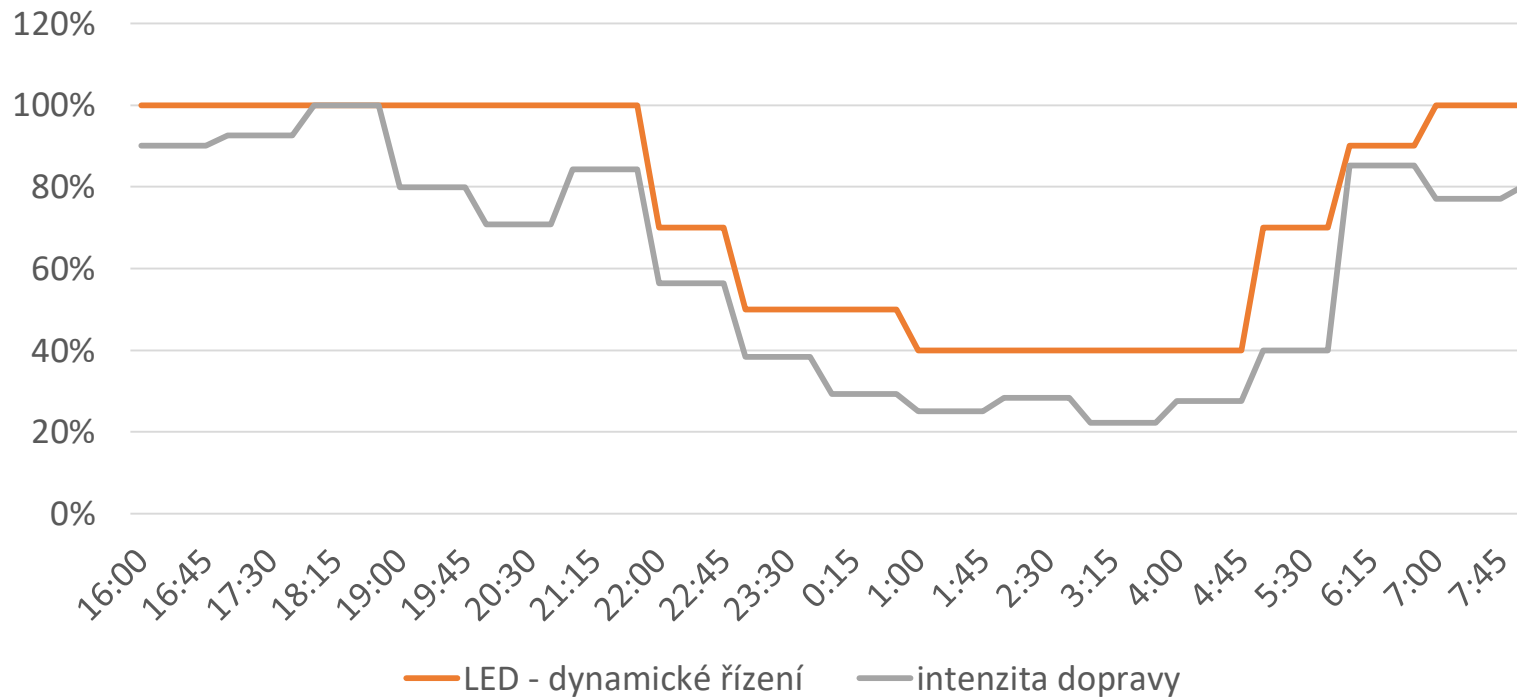
DYNAMIC LIGHT

TOWARDS DYNAMIC, INTELLIGENT AND ENERGY EFFICIENT URBAN LIGHTING

1. Úvod

Dynamické řízení osvětlovacích soustav v závislosti na intenzitě dopravy



- funkční princip
- reálně jsou křivky intenzity dopravy a jasu vozovky spojitě a hladké



DYNAMIC LIGHT

TOWARDS DYNAMIC, INTELLIGENT AND ENERGY EFFICIENT URBAN LIGHTING

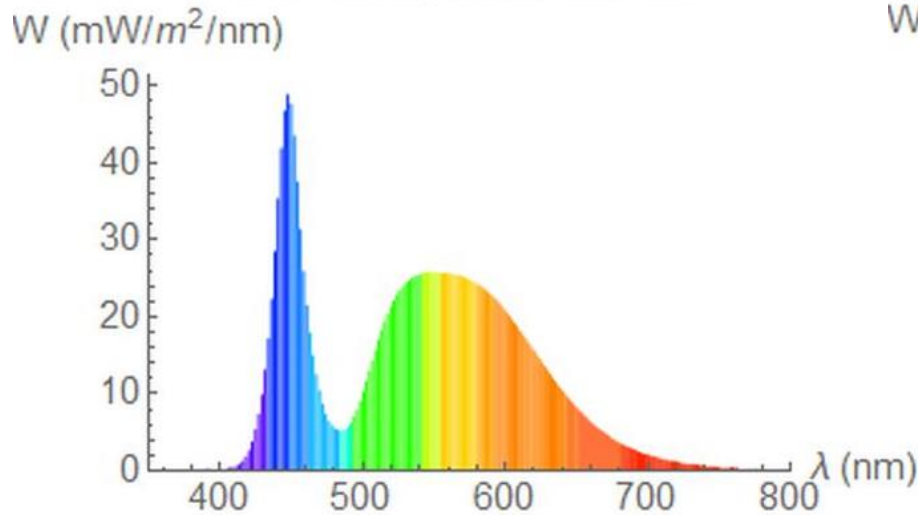
2. LED versus výbojky

	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 _n =2200 K R _a =20	86,6%	10 700	9 266	114	81,3
	LED P=58 W Φ=9 680 lm T _n =3000 K R _a =70	99,5 %	9 680	9 632	83,7	115,1



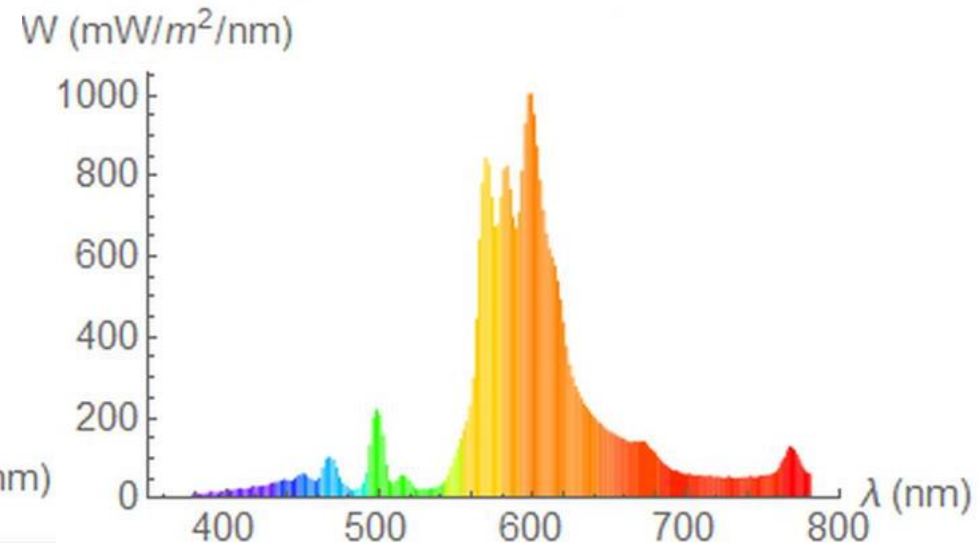
2. LED versus výbojky - spektrální vlastnosti

Spektrum LED



- 6000 K
- Ra > 60
- $\lambda_{\max} = 447 \text{ nm}$

Spektrum vysokotlaké sodíkové výbojky



- 2000 K
- Ra > 20
- $\lambda_{\max} = 599 \text{ nm}$



DYNAMIC LIGHT

TOWARDS DYNAMIC, INTELLIGENT AND ENERGY EFFICIENT URBAN LIGHTING

2. LED versus HPS

účinnost a využití

Světelný zdroj:

Měrný výkon η (lm/W):

Doba života t (h) :

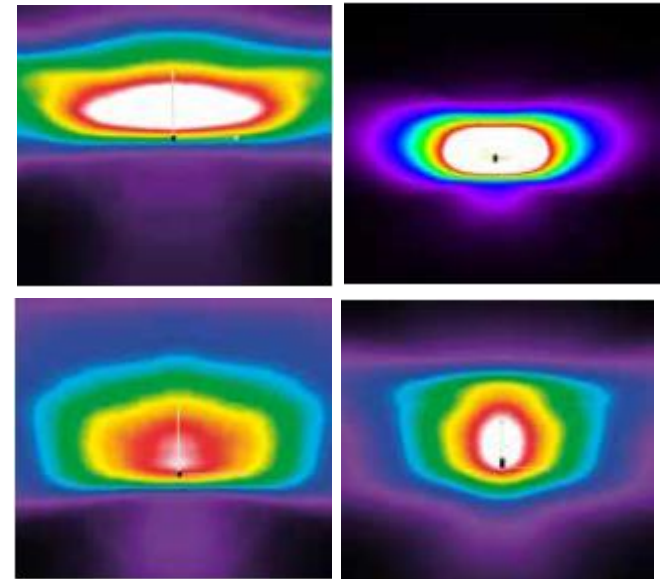
Regulace :

HPS x LED

80 - 120 × 120 - 220

35 000 × 100 000

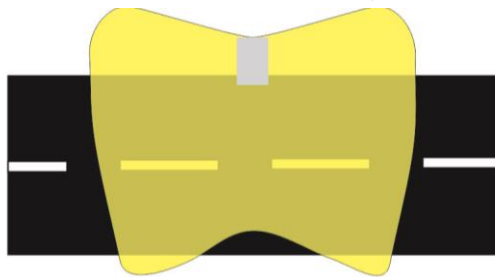
omezená × plná



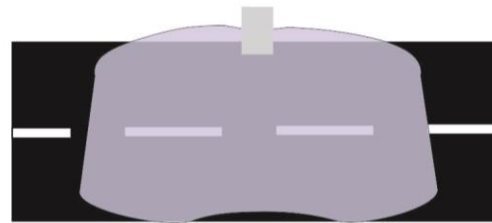
LED

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

Činitel využití světelného toku



výbojový zdroj



LED zdroj

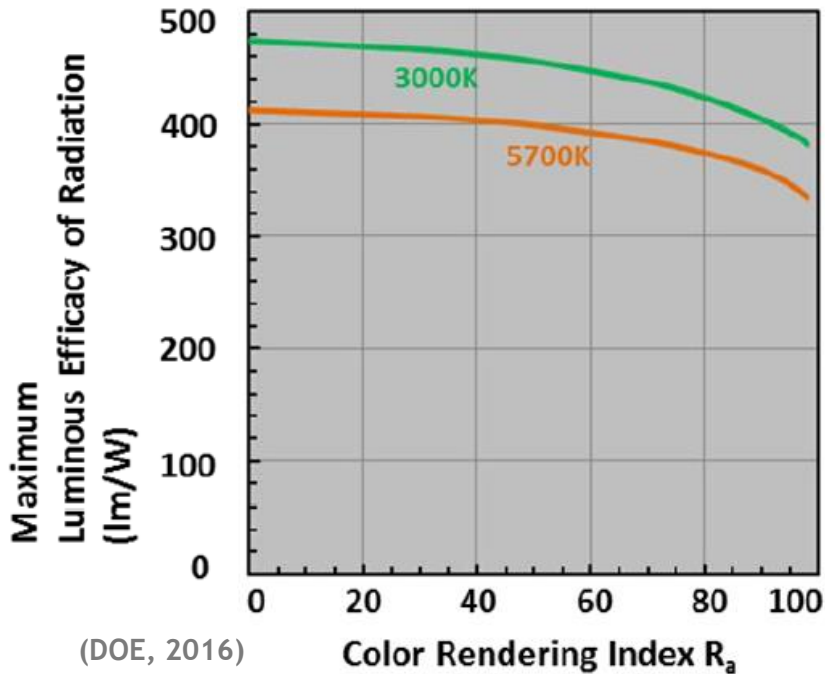


3. LED

Parametry ovlivňující měrný výkon

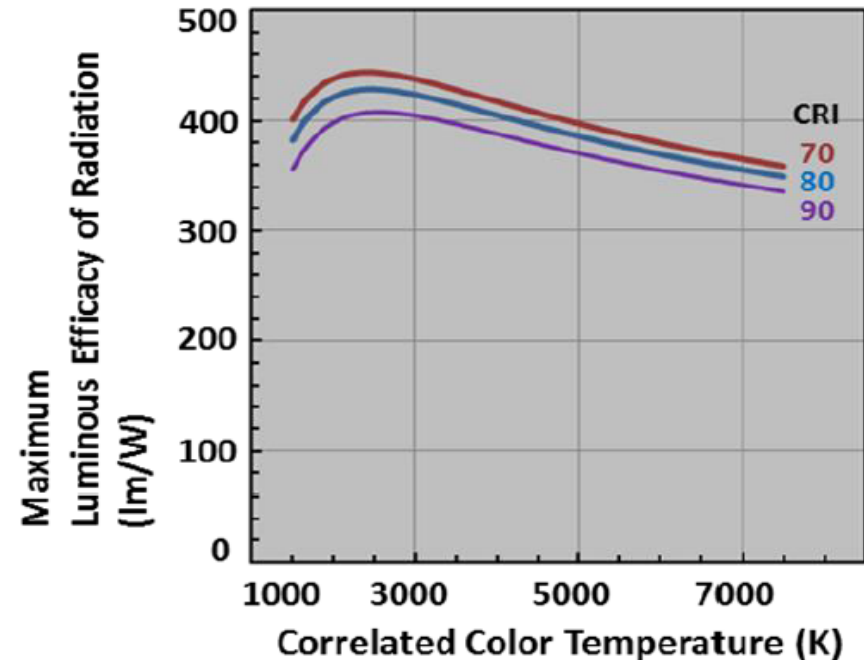
Index podání barev (R_a)

- nárůst indexu podání barev o 10 znamená snížení měrného výkonu o 5 až 20%



Náhradní teplota chromatičnosti (T_c)

- Dosažení vyššího měrného výkonu je (v současné době) náročnější u teplé bílé LED než u studené bílé

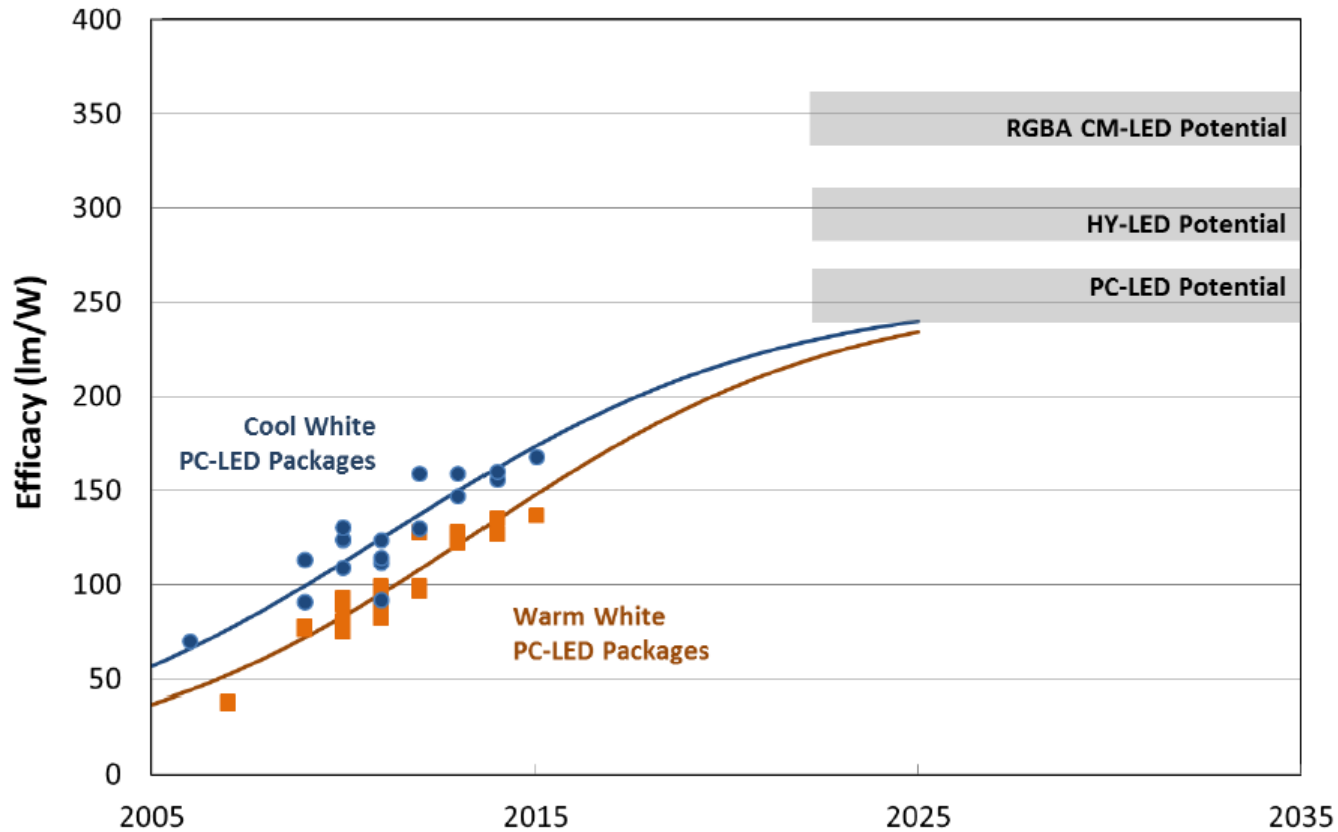


DYNAMIC LIGHT

TOWARDS DYNAMIC, INTELLIGENT AND ENERGY EFFICIENT URBAN LIGHTING

3. LED

Odhad vývoje měrných výkonů

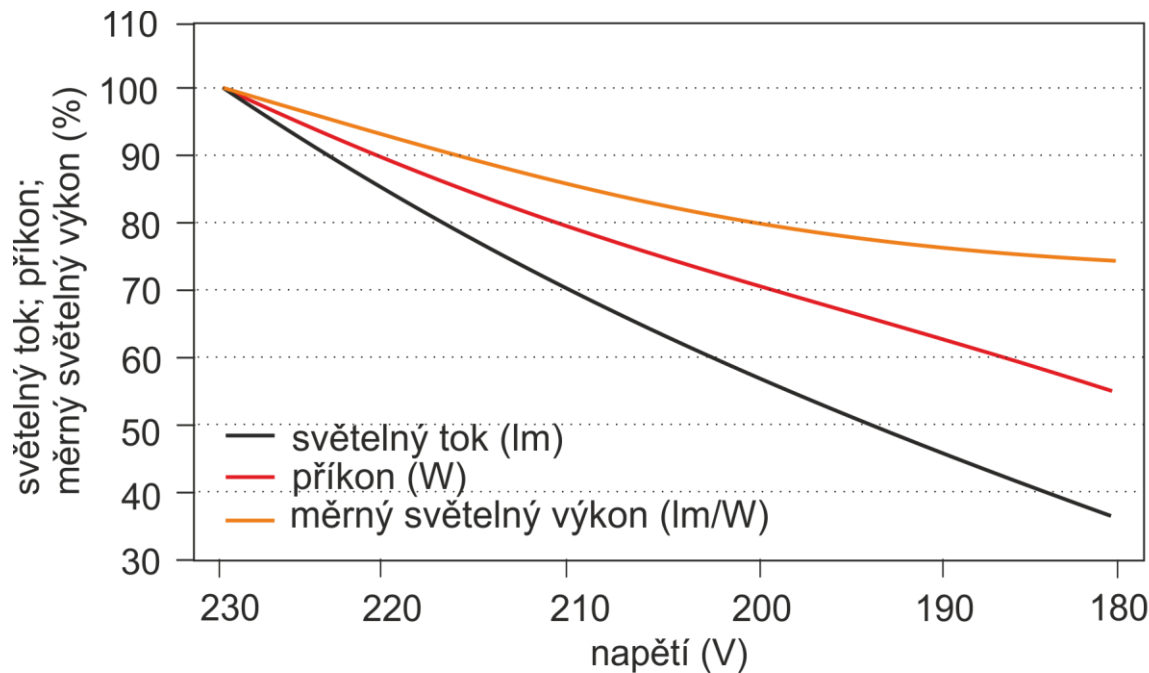


(DOE, 2016)



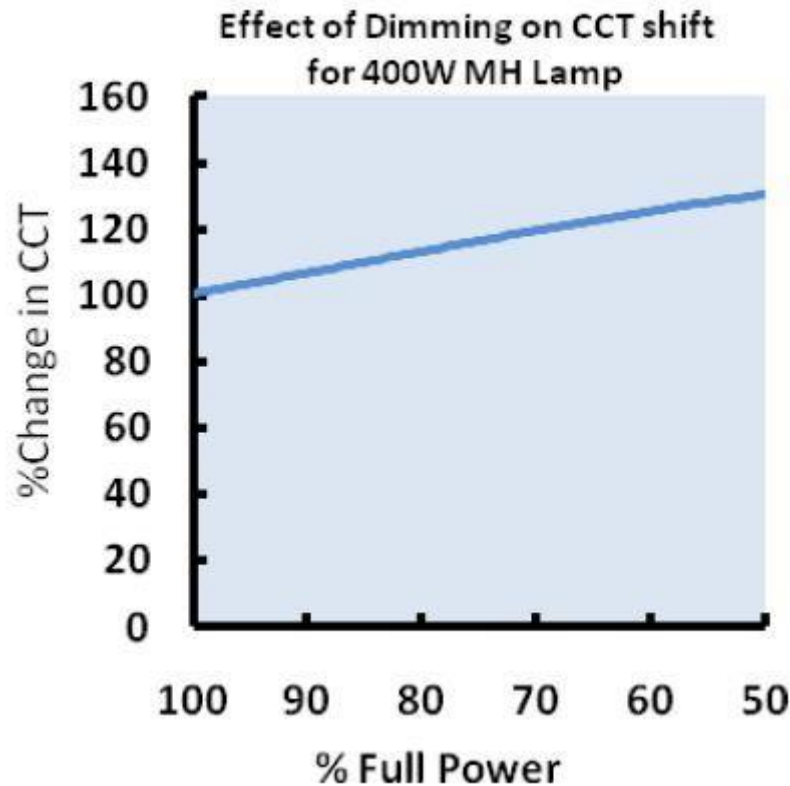
4. Regulace světelného toku - stmívání Vysokotlaké sodíkové výbojky

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



4. Regulace světelného toku - stmívání Halogenidové výbojky

- závislost světelného toku na obvodových veličinách je obdobná se sodíkovými výbojkami
- stmíváním se mění také náhradní teplota chromatičnosti

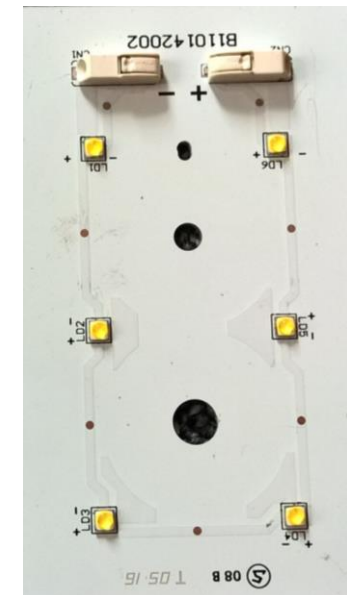
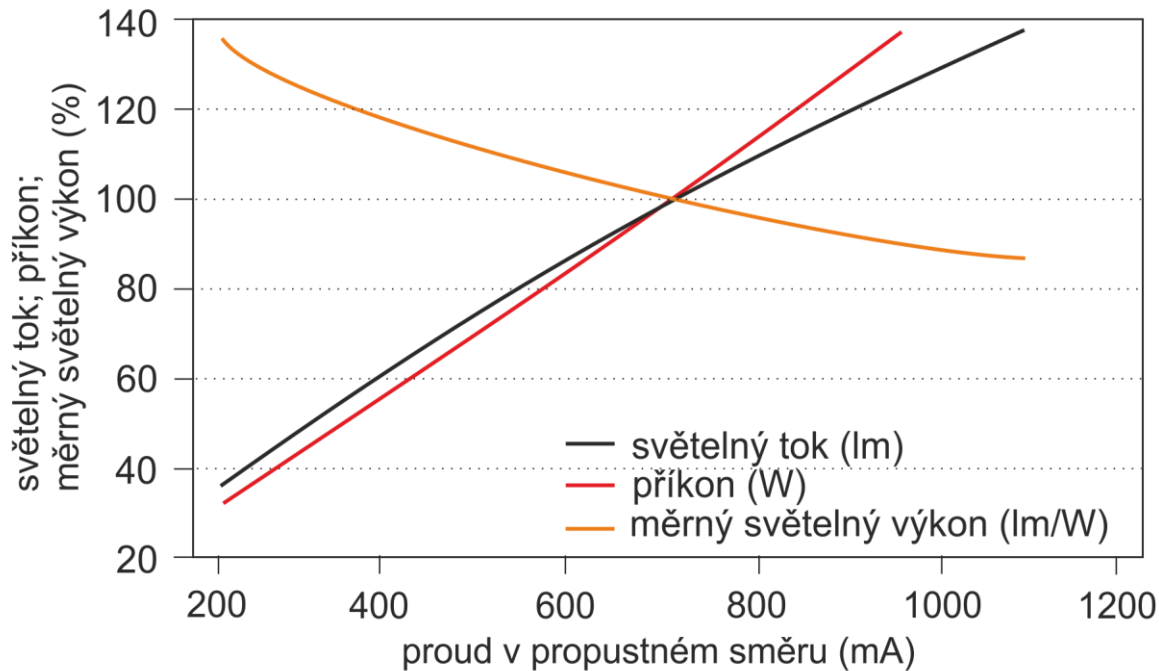


National Electrical Manufacturers Association



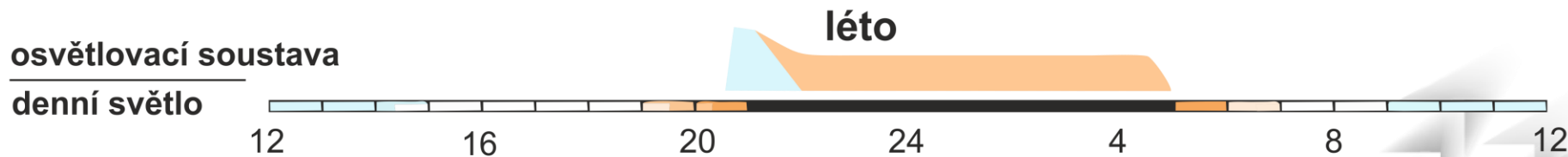
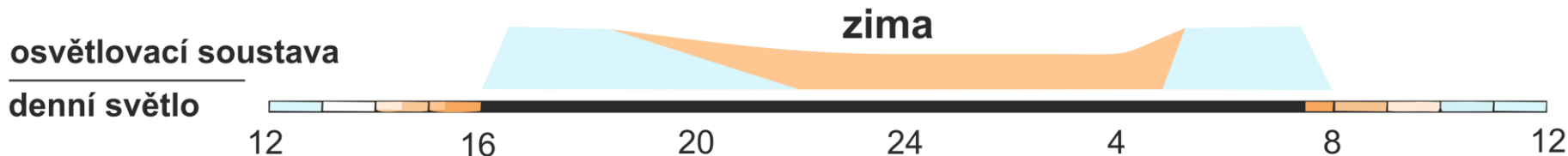
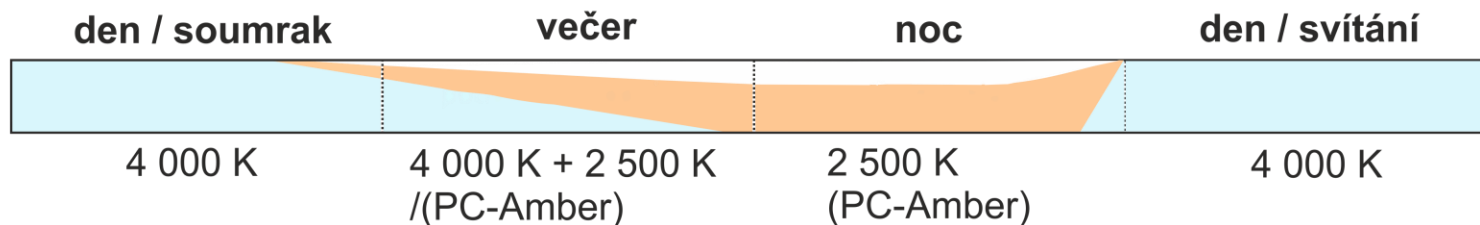
4. Regulace světelného toku - stmívání LED (světlo vyzařující dioda)

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



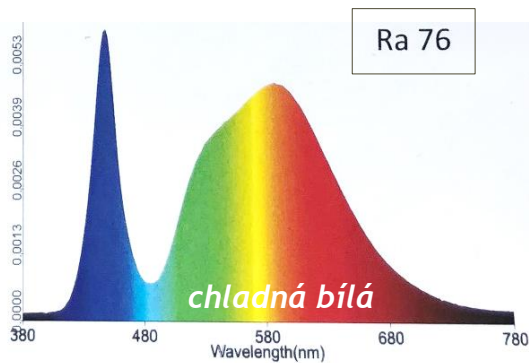
5. Model řízení teploty chromatičnosti (tunable white)

- příklad míchání dvou barevných teplot v průběhu dne
- tunable white, mix color, human centric lighting a další obchodní názvy

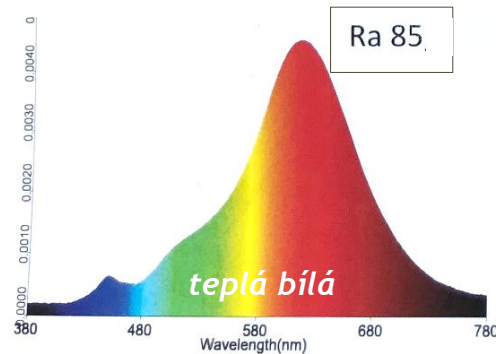


5. Model řízení teploty chromatičnosti (tunable white) LED - příklady spekter

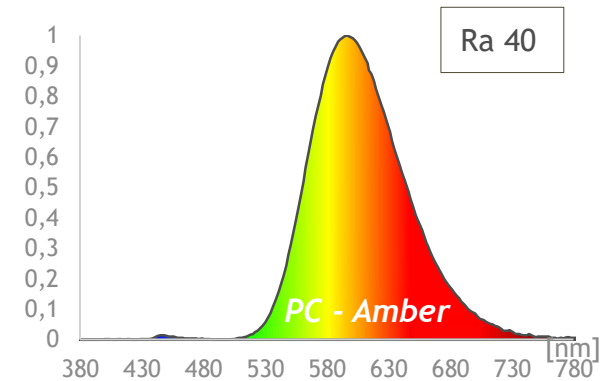
- snižování náhradní teploty chromatičnosti vede k poklesu měrného světelného výkonu
- zvyšování indexu podání barev vede k poklesu měrného výkonu



- $T_c = 4\ 000\ K$
- $\eta: 125 - 145\ \text{lm/W}$



- $T_c = 2\ 500\ K$
- $\eta: 80 - 100\ \text{lm/W}$



- $T_c = 1\ 900\ K$
- $\eta: 70 - 100\ \text{lm/W}$

➤ obecný nárůst příkonu s klesající náhradní teplotou chromatičnosti vzhledem k LED 4000K

- 2700K -> příkon ~ +5%*
- 2500K -> příkon ~ +15%*
- 2000K -> příkon ~ +20%*

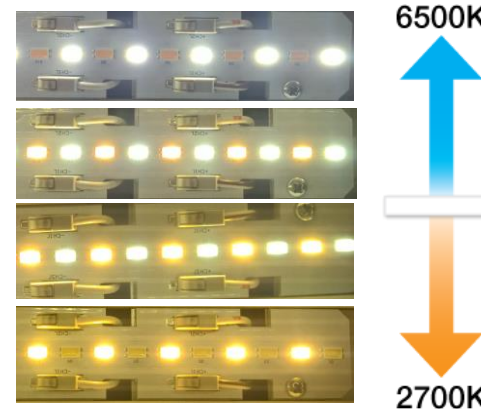
)* hodnota závisí na konkrétním typu čipu LED



DYNAMIC LIGHT

TOWARDS DYNAMIC, INTELLIGENT AND ENERGY EFFICIENT URBAN LIGHTING

5. Model řízení teploty chromatičnosti (tunable white) Technické provedení

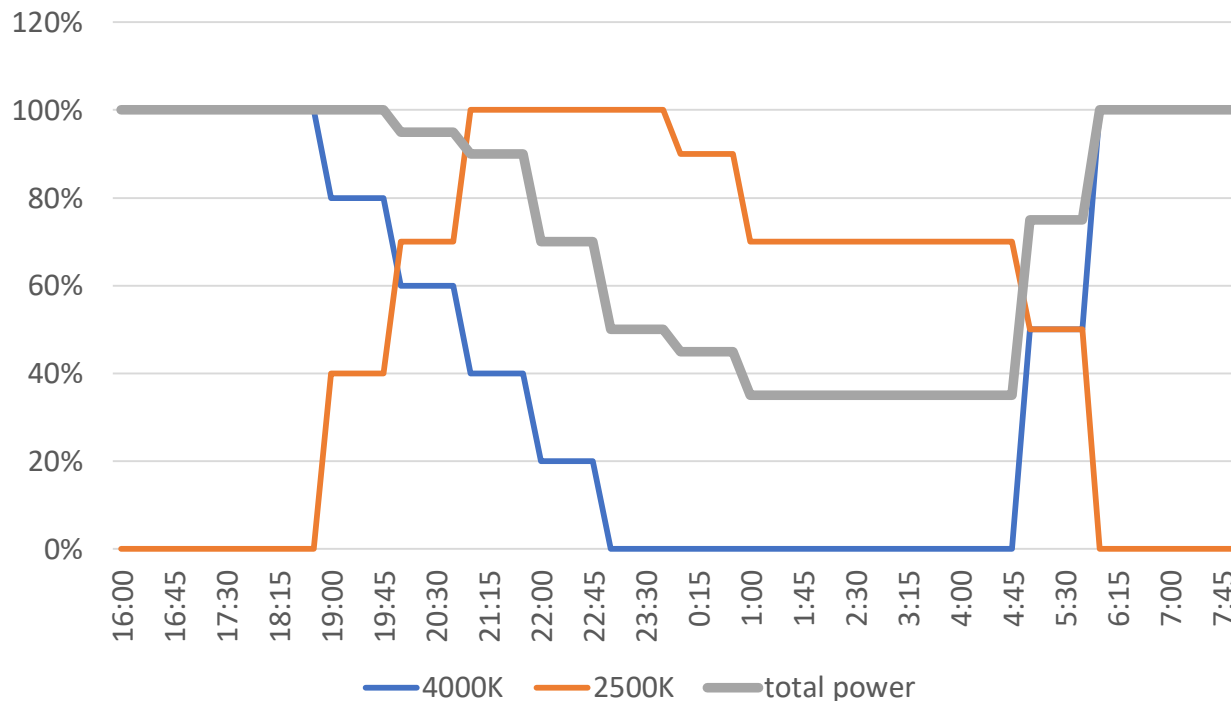


- barevná teplota světla je míchána v závislosti na denní době a sociálních potřebách
- různé možnosti skladby LED čipů v modulu



5. Model řízení teploty chromatičnosti (tunable white)

- příklad dynamického řízení intenzity světla a barevné teploty
- celkový příkon LED modulu se mění dle světelného výkonu a barevné teploty



)* funkční princip - ve skutečnosti jsou průběhy v grafu spojitě a hladké



6. Náklady Investice

- investice na výstavbu osvětlovací soustavy VO s 50 světelnými místy

	HPS	HPS + stmívání	LED (zap/vyp)	LED + stmívání	LED + dynamika	LED + tunable white
Elektroinstalace	213 718 Kč	213 718 Kč	197 384 Kč	197 384 Kč	234 684 Kč	234 684 Kč
Výkopové a zemní práce	1 872 506 Kč					
Materiál - konstrukce (stožáry, vodiče...)	961 090 Kč					
Materiál - el. přístroje (svítidla, ...)	242 500 Kč	309 700 Kč	418 300 Kč	418 300 Kč	809 960 Kč	868 960 Kč
Podpůrné práce (demontáž, revize, mechanizace)	74 400 Kč					
Inženýrská činnost	71 845 Kč					
Rezerva	73 003 Kč					
CELKEM (Kč)	3 509 061	3 576 261	3 629 028	3 629 028	4 057 988	4 116 988

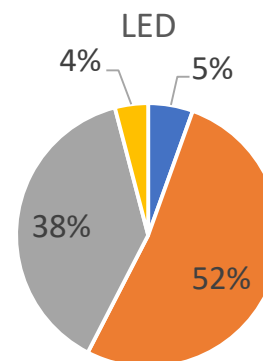


DYNAMIC LIGHT

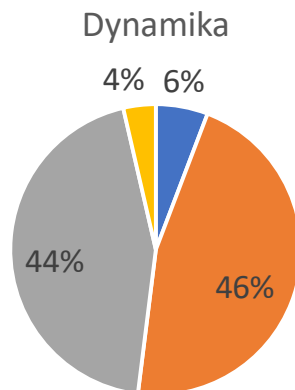
TOWARDS DYNAMIC, INTELLIGENT AND ENERGY EFFICIENT URBAN LIGHTING

6. Náklady Investice

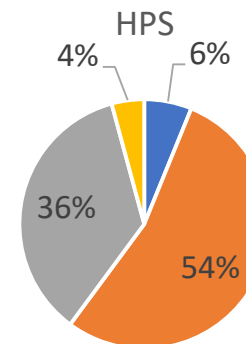
	osvětlovací soustava osazena		
	výbojky	LED	LED - dynamika
Elektroinstalace	6%	5%	6%
Zemní práce	54%	52%	46%
Materiál	36%	38%	44%
Ostatní práce	4%	4%	4%



■ elektroinstalace ■ zemní práce ■ materiál ■ ostatní práce



■ elektroinstalace ■ zemní práce ■ materiál ■ ostatní práce



■ elektroinstalace ■ zemní práce ■ materiál ■ ostatní práce



6. Náklady

provozní výdaje (50 světelných míst)

	HPS	HPS + stmívání	LED (zap/vyp)	LED + stmívání	LED + dynamika	LED + tunable white
Jmenovitý příkon svítidla (W)	120	111	71	71	71	113
Průměrný příkon svítidla za rok provozu (W)	120	89,8	71,0	48,5	41,4	52,6
Počet svítidel (ks)	50	50	50	50	50	50
Spotřeba elektrické energie za rok (provoz 4 254h) MWh	25,52	19,10	15,10	10,32	8,80	11,19
Fixní provozní náklady na rok (Kč)			0		2 400	
Celkové roční provozní výdaje (Kč)	48 768	36 502	28 854	19 717	19 209	27 774

Cena elektrické energie	
Silová elektřina Kč/MWh	950
Distribuce Kč/MWh (C62d)	338
Regulované složky Kč/MWh	622,7
Celková cena za MWh	1 910,7



6. Náklady

průměrné roční výdaje světelné místo

	HPS	HPS + stmívání	LED (zap/vyp)	LED + stmívání	LED + dynamika	LED + tunable white
Provoz (Kč/rok/SM)	975,37	730,05	577,10	394,35	384,20	475,49
Údržba (Kč/rok/SM)	960,06	960,06	941,95	941,95	977,95	1 021,95
Obnova (Kč/rok/SM)	1 000					
CELKOVÉ roční výdaje (Kč/SM)	2 935,43	2 690,11	2 519,04	2 336,30	2 362,14	2 497,43

Údržba

- periodická výměna světelných zdrojů
 - výměna elektrických přístrojů v závislosti na funkční spolehlivosti
 - zapalovač, driver, LED modul, přepět'ová ochrana...
 - pravidelné čištění svítidel
- průměrné roční výdaje vycházejí z doby provozování soustavy 20 let

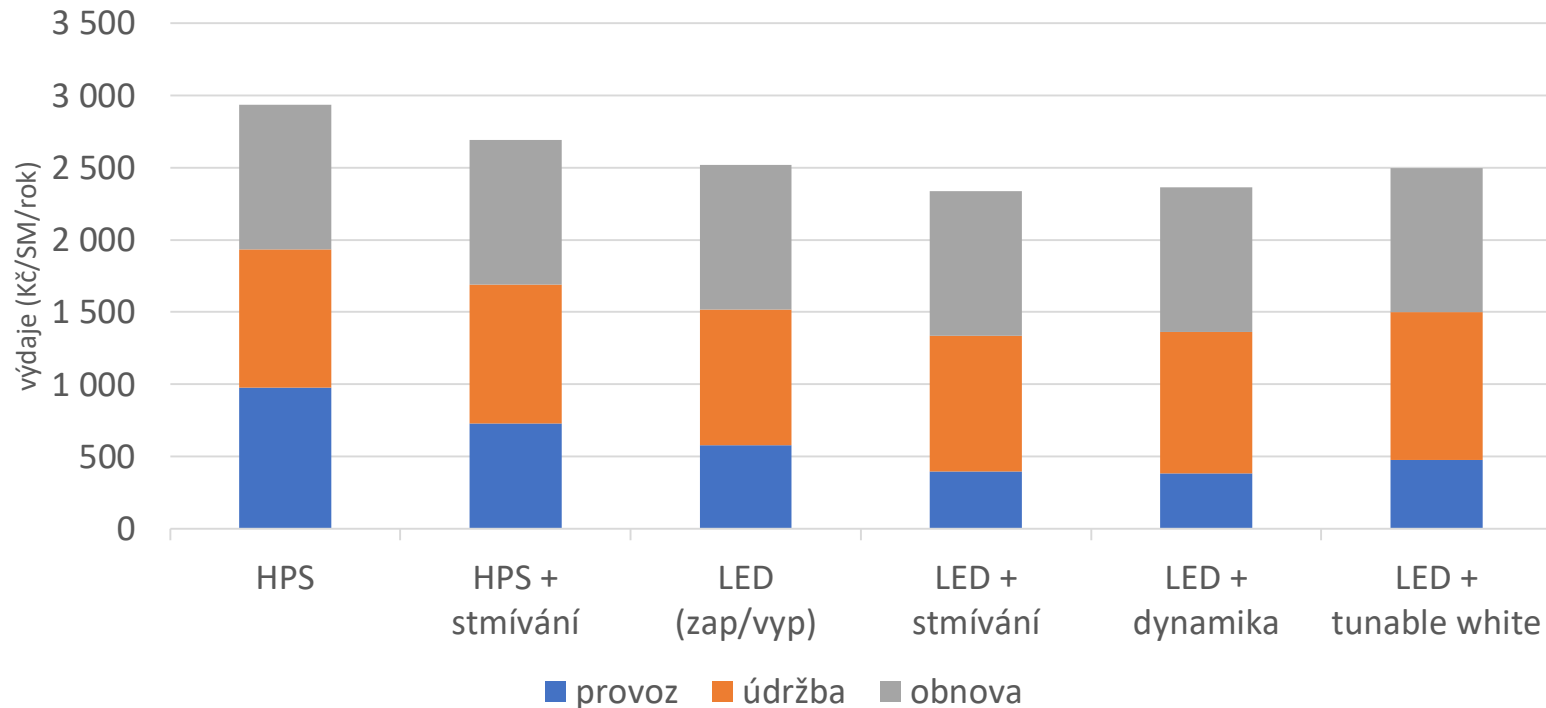


DYNAMIC LIGHT

TOWARDS DYNAMIC, INTELLIGENT AND ENERGY EFFICIENT URBAN LIGHTING

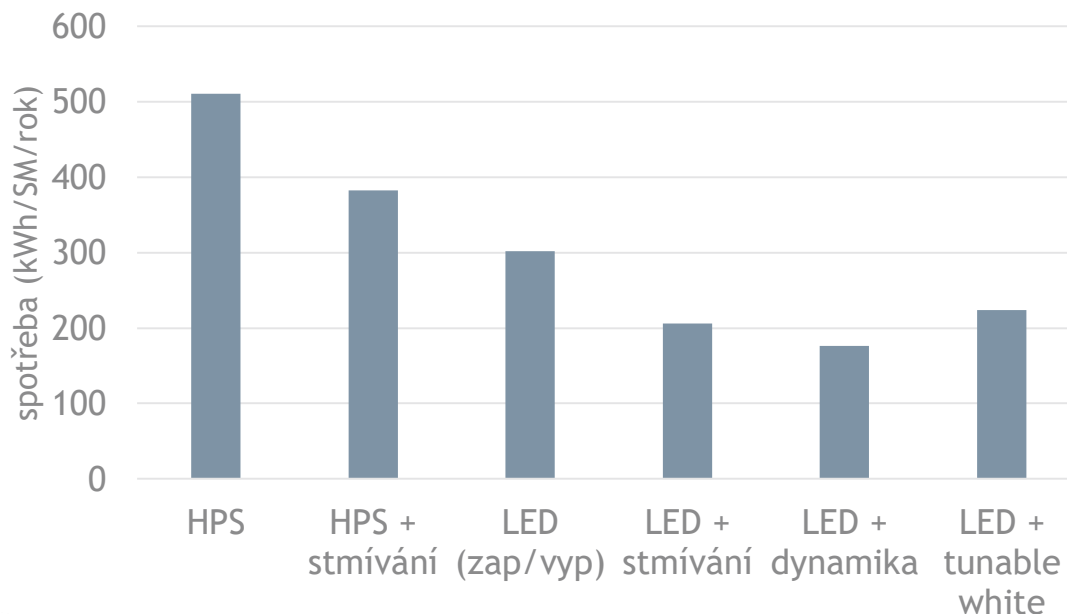
6. Náklady

průměrné roční výdaje světelné místo



6. Náklady spotřeba elektrické energie - srovnání

	HPS	HPS + stmívání	LED (zap/vyp)	LED + stmívání	LED + dynamika	LED + tunable white
Spotřeba elektrické energie vztaženo k HPS	100%	75%	59%	40%	34%	44%
vztaženo k LED	169%	127%	100%	68%	58%	74%



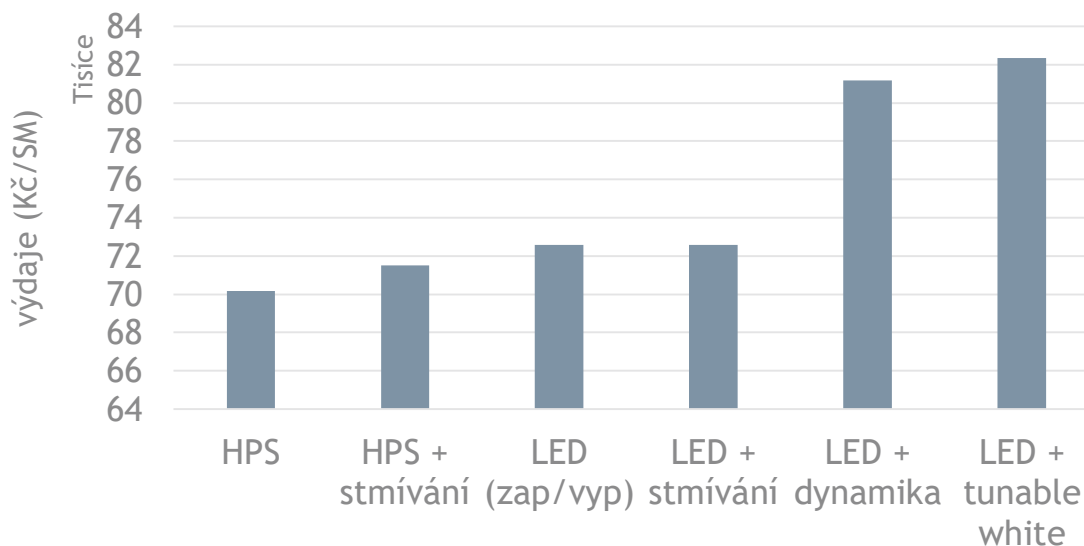
roční spotřeba elektrické
energie na 1 světelné místo
(kWh/rok)



6. Náklady

investice na výstavbu - srovnání

Investice	HPS	HPS + stmívání	LED (zap/vyp)	LED + stmívání	LED + dynamika	LED + tunable white
vztaženo k HPS	100%	102%	103%	103%	116%	117%
vztaženo k LED	97%	99%	100%	100%	112%	113%



investiční výdaje na výstavbu
1 světelného místa (Kč)

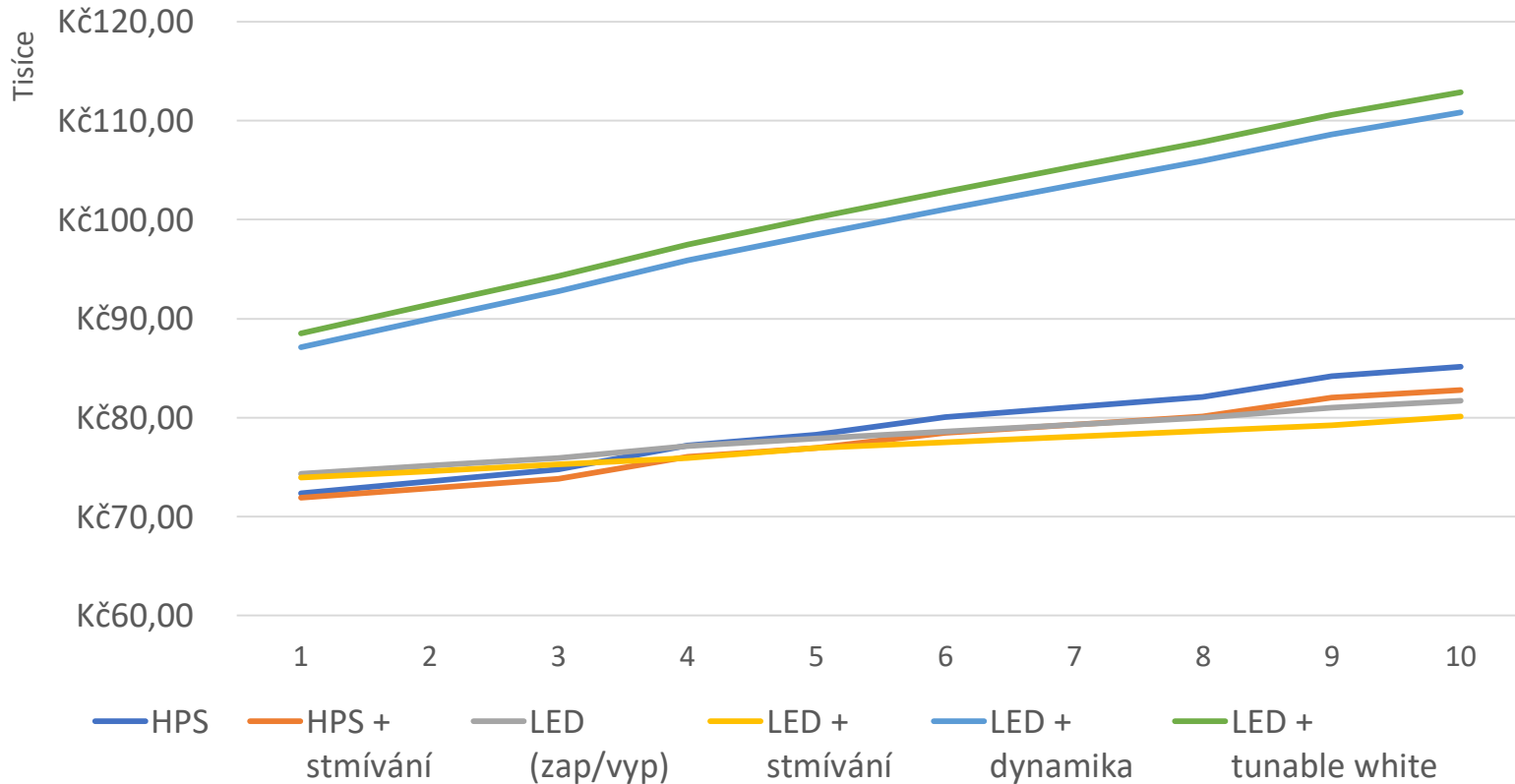


DYNAMIC LIGHT

TOWARDS DYNAMIC, INTELLIGENT AND ENERGY EFFICIENT URBAN LIGHTING

7. Závěr

Kumulativní cash flow výdajů



7. Závěr

souhrn pro a proti

HPS	HPS + stmívání	LED (zap/vyp)	LED + stmívání	LED + dynamika	LED + tunable white
-----	-------------------	------------------	-------------------	-------------------	------------------------

proti

- omezené řízení
- omezený rozsah příkonů
- nízký index podání barev
- omezené využití světla
- významný podíl světla v oblasti modrého spektra
- nedostatečná unifikace elektronických součástí
- vysoké investiční a provozní náklady
- omezená oblast aplikace
- mnoho přídatných zařízení
- pokles funkční spolehlivosti

pro

- nízká barevná teplota
- robustní a spolehlivé řešení
- unifikace dílů
- nízká pořizovací cena
- plný rozsah řízení
- různé optické systémy
- různé výkony
- volba teploty chromatičnosti
- přizpůsobení světelných parametrů
- vzdálené řízení
- menší zátěž pro uživatele a okolí
- množství světla dle potřeby v čase

v průběhu stmívání světla musí být zajištěny hodnoty průměrného jasu a celkové rovnoměrnosti v závislosti na podmínkách okolí (soubor ČSN EN 13201)



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

