

Konceptní přístup k dynamickému veřejnému osvětlení

1. Základní informace

Ing. Petr Žák, Ph.D.,



DYNAMIC LIGHT

TOWARDS DYNAMIC, INTELLIGENT AND ENERGY EFFICIENT URBAN LIGHTING

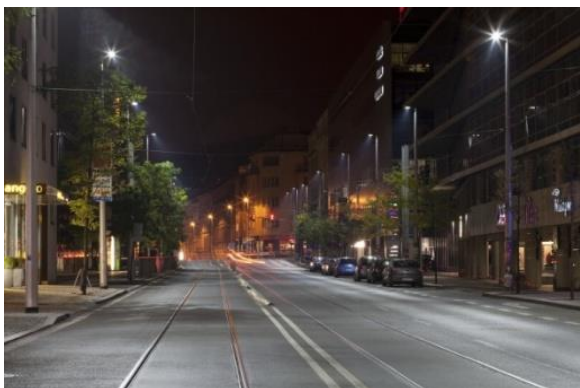
- 1. Veřejné osvětlení – účel a funkce**
- 2. Dopravní nehody**
- 3. Veřejného osvětlení – veřejná infrastruktura**
- 4. Světelná technika**
- 5. Dynamické veřejné osvětlení**
- 6. Veřejné osvětlení – majetek**



HLAVNÍ ÚČEL VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ:

vytvořit vhodné světelné podmínky pro zvýšení bezpečnosti v nočním městě nebo obci:

- vyšší bezpečnost na pozemních komunikacích ve večerních hodinách (hladina osvětlenosti, rovnoměrnost osvětlení, omezení oslnění, osvětlení okolí)
 - komunikace s velkou intenzitou dopravy;
 - křižovatky;
 - komunikace procházející zastavěným územím obce;
- nižší kriminalita: násilná kriminalita, krádeže, vloupání apod.



DYNAMIC LIGHT

TOWARDS DYNAMIC, INTELLIGENT AND ENERGY EFFICIENT URBAN LIGHTING

DALŠÍ FUNKCE A VLIVY VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ

- psychologický - pocit bezpečí (mapa strachu)
- estetický - atmosféra a vzhled veřejných prostranství (městský mobiliář)
- rušivý - nepříznivý vliv na okolí (světelné znečištění, rušivé světlo)
- návazné využití - reklama, informační a dopravní systém, smart city



DYNAMIC LIGHT

TOWARDS DYNAMIC, INTELLIGENT AND ENERGY EFFICIENT URBAN LIGHTING

2. Dopravní nehody



HODNOCENÍ DOPRAVNÍ NEHODOVOSTI V NOCI

Relativní hodnocení:

Porovnání rizika nehod na jednotlivých kategoriích pozemních komunikací

- hustota DN (DN/km.rok)
- míra dopravních nehod (DN/mld. vozidel km/rok)
- podíl závažnosti DN KSI (%) – poměr závažných DN v noci a ve dne

Určuje závažnost nebo četnost DN, nedává ucelený pohled na DN v území

Absolutní hodnocení:

Celkový počet dopravních nehod na celém území n (DN/rok)

Úsekové hodnocení:

Hodnocení jedné pozemní komunikaci, vybrané kategorie komunikací

Umožňuje hodnotit účinnost opatření v oblasti VO, ale pouze pro specifickou komunikaci

Celkové hodnocení:

Hodnotí celé území (město, kraj, stát)



DATABÁZE DOPRAVNÍCH NEHOD

- Databáze dopravních nehod policie ČR (2007 – 2018):
<http://www.jdvm.cz/cz/s477/Rozcestnik/c7315-Statistika-nehod-v-mape>

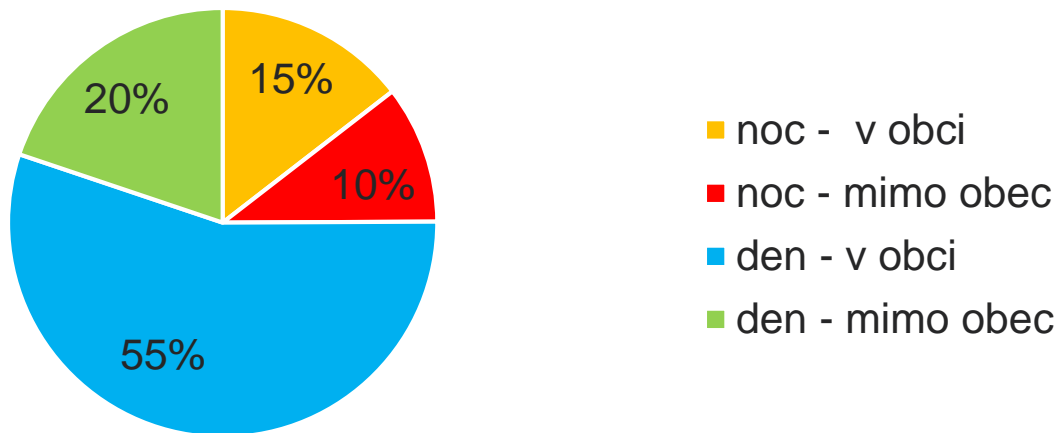
VSTUPNÍ ÚDAJE

- evidované dopravní nehody 2013 až 2017
- údaje o 467 000 dopravních nehodách
- 1 DN ~ 60 parametrů (místo, čas, druh a příčina, závažnost, stav a typ komunikace, klimatické podmínky apod.)
- databáze počtu obyvatel v obcích ČR 2013 až 2017 (ČSÚ)



CELKOVÉ ROZLOŽENÍ DOPRAVNÍCH NEHOD V ČR

- denní doba (den, noc)
- místo (obec, mimo obec)
- 2013 až 2017 evidováno od 84 000 do 104 000 DN
- poměr dopravních nehod: den / noc je 75% / 25%
- poměr dopravních nehod: obec / mimo obec je 70% / 30%

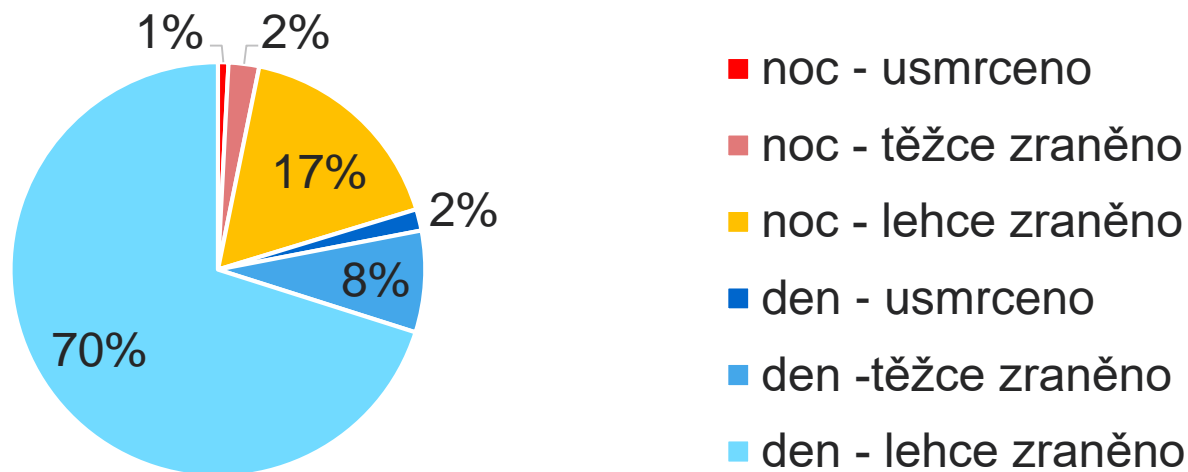


Obr. 1 Průměrné roční rozložení všech evidovaných dopravních nehod v ČR v letech 2013-2017



DOPRAVNÍ NEHODY S NÁSLEDKEM NA ZDRAVÍ

- 2009 úprava povinnosti v hlášení dopravních nehod v legislativě
- rozdíl počtu v databázi evidovaných a skutečných DN
- počet všech DN: **160 376** (2008) x **74 815** (2009) tj. pokles o cca. - **53,3%**
- počet závažných DN: **22 481** (2008) x **21 706** (2009) tj, pokles o cca - **3,4%**
- závažné DN: lehká zranění, těžká zranění, úmrtí
- Poměr závažných DN: den / noc: 80% / 20%



Obr. 2 Průměrné roční rozložení DN s následkem na zdraví v ČR (2013-2017)



DOPRAVNÍ NEHODY V NÁSLEDKEM NA ZDRAVÍ V OBCÍCH

- lehké zranění: 87%
- těžké zranění: 11%
- úmrtí: 2%

Tab.1 Rozložení evidovaných dopravních nehod s následkem na zdraví (DNNZ) v ČR

Dopravní nehody	Rok				
	2013	2014	2015	2016	2017
DN celkem	84 398	85 859	93 067	99 863	103 825
DNNZ celkem	20 342	21 054	21 561	21 386	21 264
DNNZ v obci	12 612	13 209	13 242	13 004	12 728
DNNZ v obci s VO	2 259	2 361	2 190	2 186	2 131
úmrtí v obci s VO	54	47	38	50	41
těžká zranění v obci s VO	279	292	238	247	203
lehká zranění v obci s VO	1 926	2 022	1 914	1 889	1 887



DOPRAVNÍ NEHODY PODLE VELIKOSTI OBCE

Struktura obcí v ČR:

- ČR nejhustější síť obcí v EU
- počet obcí celkem: 6 258;
- počet obcí do 1000 obyvatel: 4 815 (77%);
- průměrná velikost obce 1 687 obyv.
- Obce na 20 000 obyv.: 61 měst (43% obyv.)

Analýza

- databáze Českého statistického úřadu: počet obyvatel obcí (2013-2017)
- propojení databáze Policie ČR a ČSÚ

Rozdělení obcí do skupin

0 – 999

1000 – 4999

5000 – 9999

10 000 – 49 999

50 000 – 99 999

nad 100 000 obyvatel



DOPRAVNÍ NEHODY S NÁSLEDKEM NA ZDRAVÍ V NOCI S VO PODLE VELIKOSTI OBCE

Obce do 1 000 obyvatel

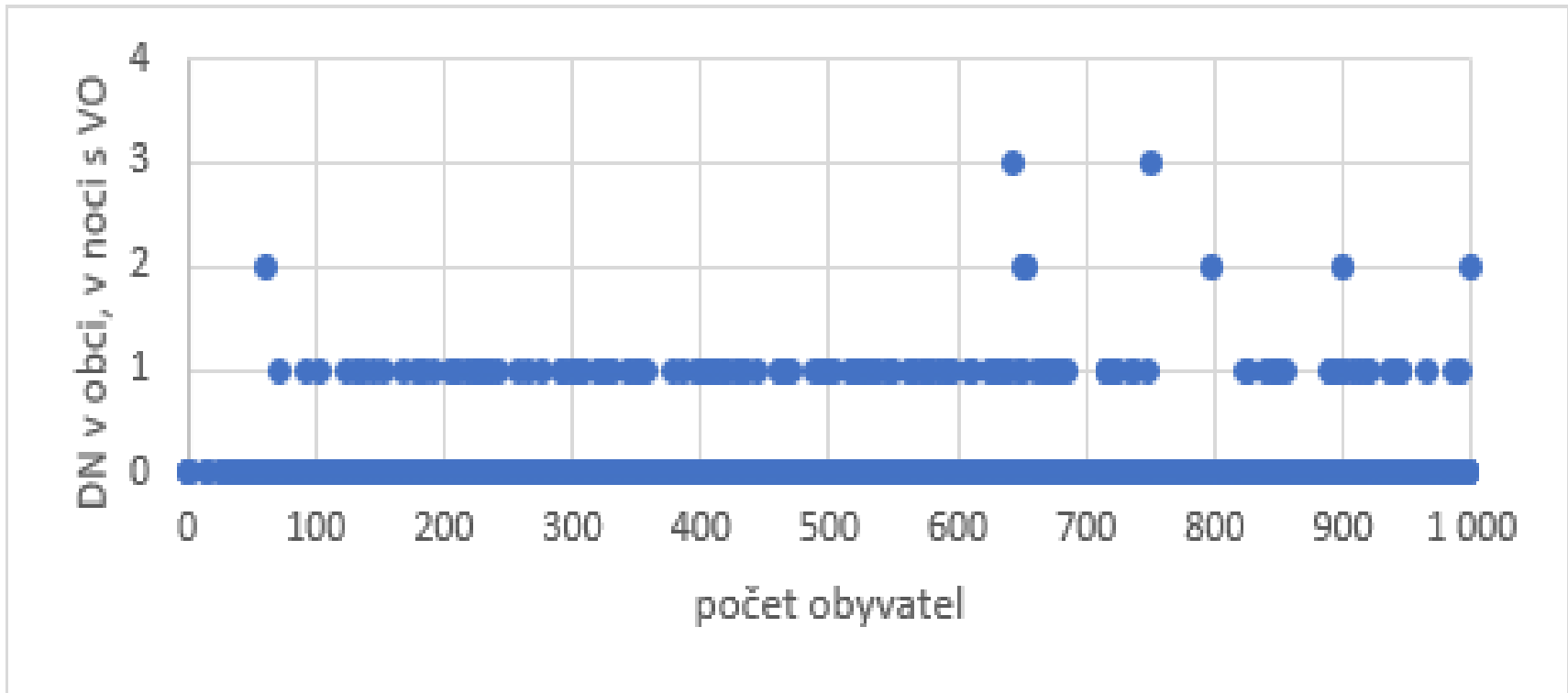
- 77% obcí v ČR (4 815 z 6 258)
- 17% obyvatel ČR
- 8,2% DNNZ v noci s VO (170 z 2 082)
- 0,96 DNNZ v noci s VO / 10 000 obyv.
- DNNZ v noci s VO se staly ve 3% obcí (145 obcí) do 1000 obyvatel

Města nad 10 000 obyvatel

- 2% obcí v ČR (130 z 6 258)
- 52% obyvatel ČR
- 71 % DNNZ v noci s VO (1 481 z 2 082)
- 2,7 DNNZ v noci s VO / 10 000 obyv.

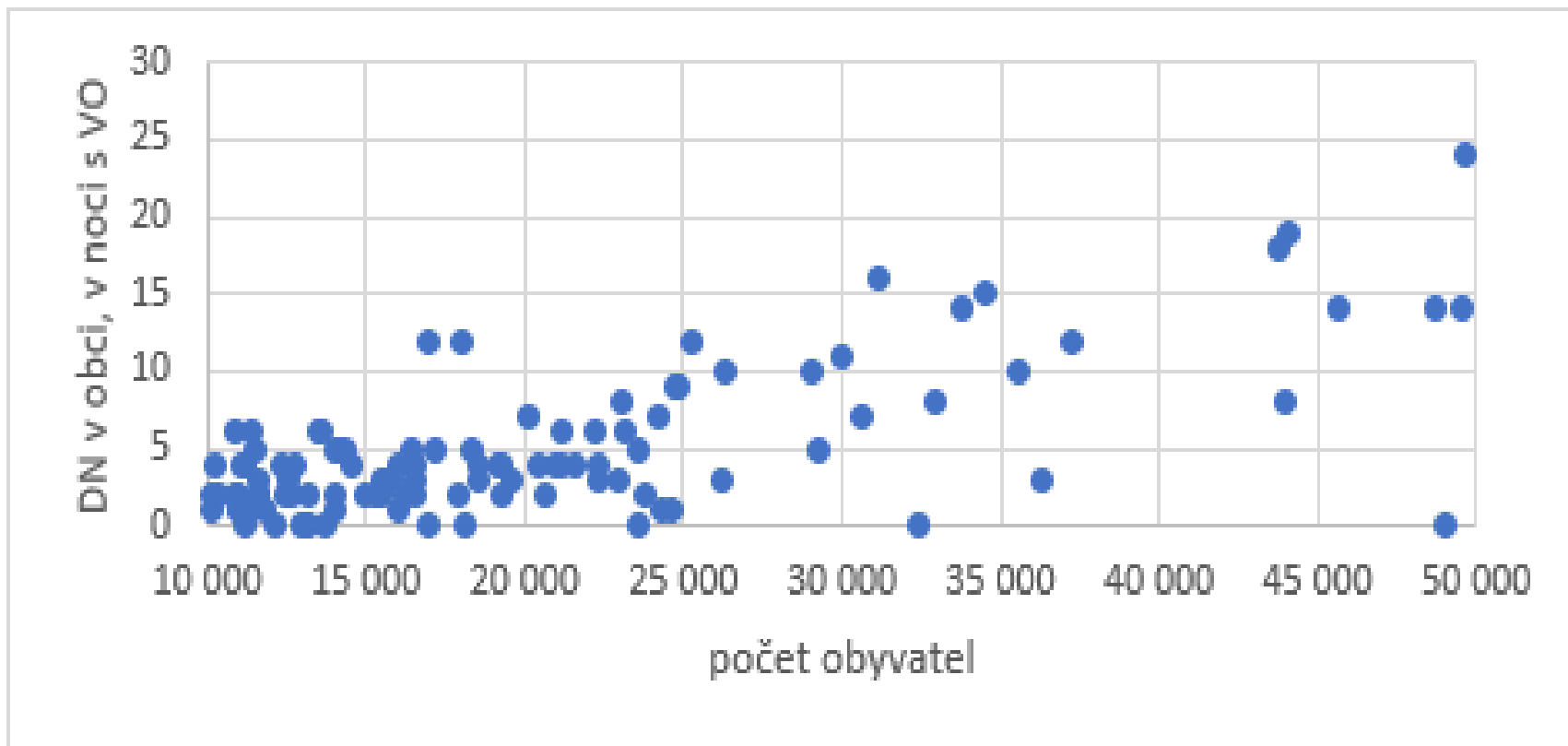


DOPRAVNÍ NEHODY S NÁSLEDKEM NA ZDRAVÍ PODLE VELIKOSTI OBCE



Obr. 3 Dopravní nehody s následkem na zdraví v noci při VO v obcích od 1 do 999 obyvatel

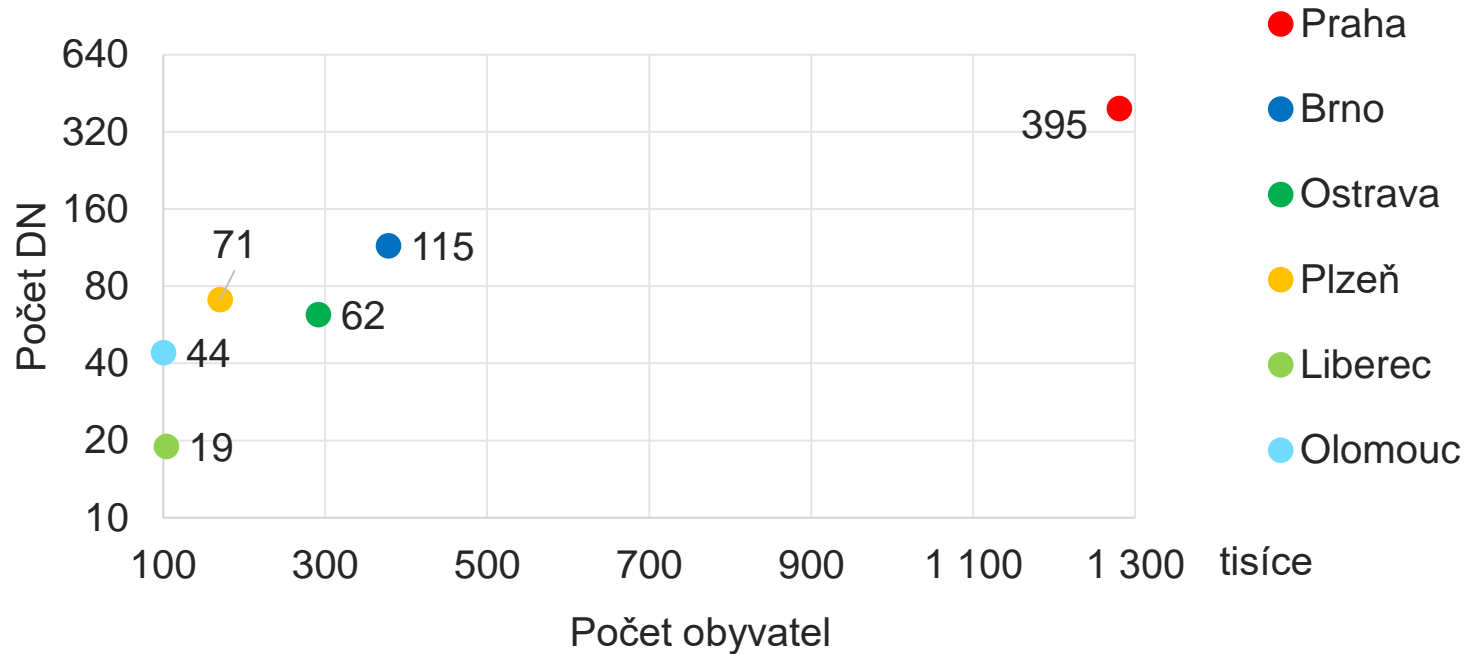
DOPRAVNÍ NEHODY S NÁSLEDKEM NA ZDRAVÍ PODLE VELIKOSTI OBCE



Obr. 4 Dopravní nehody s následkem na zdraví v noci při VO v obcích od 10 000 do 49 999 obyvatel



DOPRAVNÍ NEHODY S NÁSLEDKEM NA ZDRAVÍ PODLE VELIKOSTI OBCE

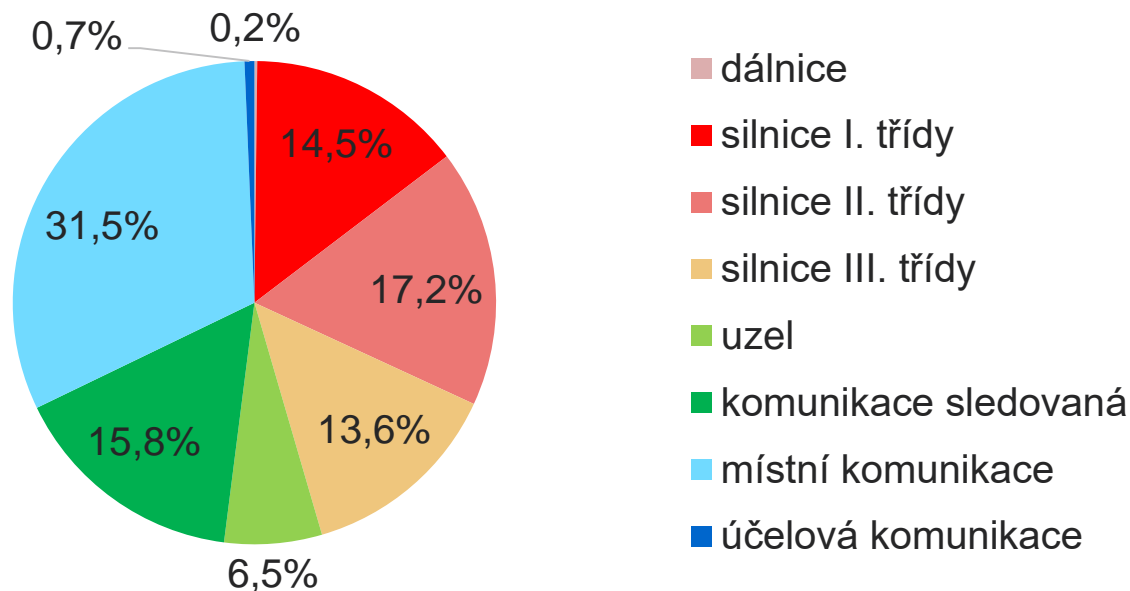


Obr. 5 Dopravní nehody s následkem na zdraví v noci při VO v obcích nad 100 000 obyvatel



DOPRAVNÍ NEHODY PODLE KATEGORIE POZEMNÍ KOMUNIKACE A MÍSTA

- podíl DN podle funkce komunikace: dopravní trasy / místní komunikace: 68% / 32%
- podíl DN podle místa na komunikaci: přímý úsek / zatáčka / křižovatka: 52% / 39% / 9%

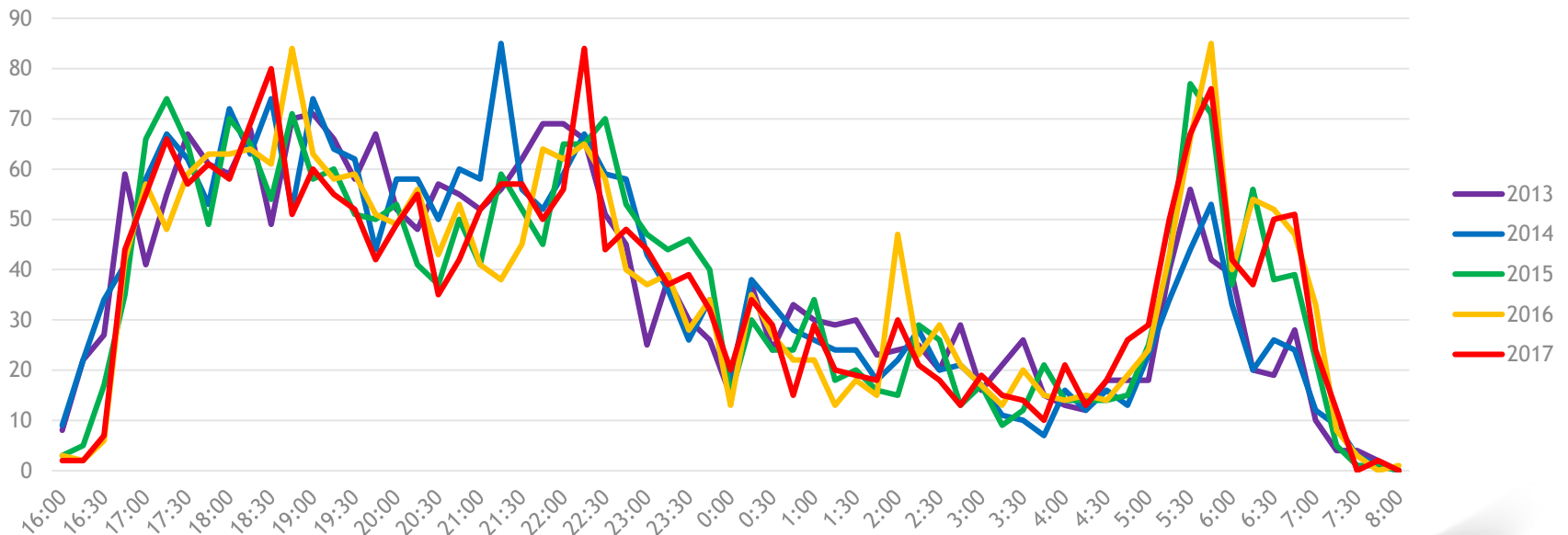


Obr. 6 Dopravní nehody s následkem na zdraví v noci při VO podle kategorie komunikace (2013-2017)



ČASOVÝ PROFIL DOPRAVNÍCH NEHOD S NÁSLEDKEM NA ZDRAVÍ V NOCI PŘI VO

- 1. vrchol DN cca. 18:00 (návrátová špička);
- 2. vrchol DN cca. 22:00;
- 3. vrchol DN cca. 5:30;
- minimum DN cca. 4:00



Obr. 7 Časový profil dopravních nehod s následkem na zdraví při VO (2013-2017)



DYNAMIC LIGHT

TOWARDS DYNAMIC, INTELLIGENT AND ENERGY EFFICIENT URBAN LIGHTING

3. Veřejné osvětlení – veřejná infrastruktura legislativní a technické požadavky

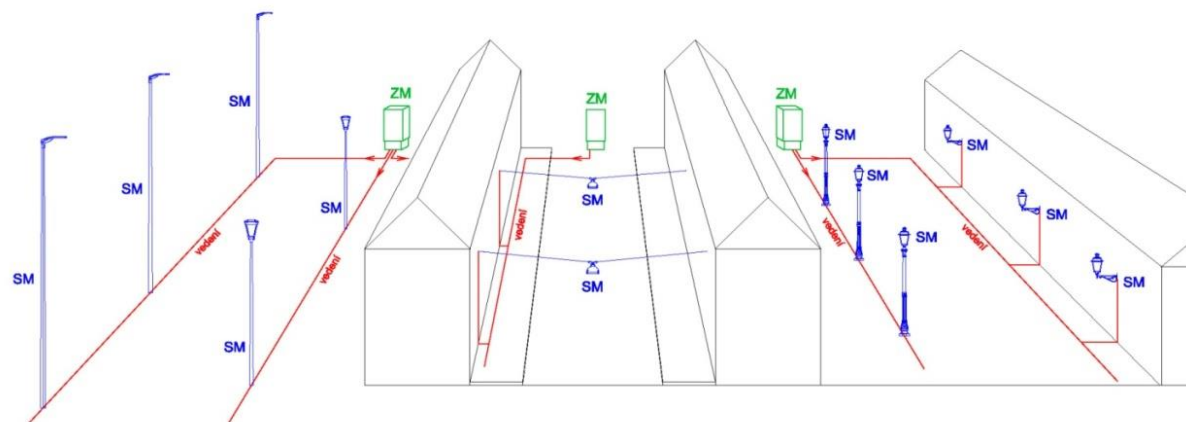


DYNAMIC LIGHT

TOWARDS DYNAMIC, INTELLIGENT AND ENERGY EFFICIENT URBAN LIGHTING

VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ – VEŘEJNÁ INFRASTRUKTURA

- 1) technická infrastruktura:
zapínací místa (ZM)
(rozvaděče) a kabely
- 2) dopravní infrastruktura:
světelná místa (SM)
(nosné konstrukce, svítidla)



LEGISLATIVNÍ POŽADAVKY NA VEŘEJNÉ OSVĚTLENÍ

ZÁKONY A VYHLÁŠKY

183/2006 Sb. Zákon o územní plánování a stavebním řádu (Stavební zákon);

13/1997 Sb. Zákon o pozemních komunikacích;

104/1997 Vyhláška, kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích

TECHNICKÉ NORMY:

ČSN 73 6101 Projektování silnic a dálnic

ČSN 73 6102 Projektování křižovatek na pozemních komunikacích

ČSN 73 6110 Projektování místních komunikací

ČSN 73 6201 Projektování mostních objektů

ČSN EN 13201 - Osvětlení pozemních komunikací

část 1: Návod pro výběr tříd osvětlení

část 2: Požadavky

část 3: Výpočet

část 4: Metody měření

část 5: Ukazatelé energetické náročnosti

ČSN P 36 0455 Osvětlení pozemních komunikací – Doplňkové informace



Zákon č. 183/2006 Sb o územním plánování a stavebním řádu (Stavební zákon)

§2 Základní pojmy

Veřejná infrastruktura - pozemky, stavby, zařízení zřizované ve veřejném zájmu

1. dopravní infrastruktura – např. ..stavby pozemních komunikací a s nimi souvisejících zařízení; (tzn. světelná místa – nosné konstrukce a svítidla)

2. technická infrastruktura -....vedení a s nimi provozně související zařízení technického vybavení, např. energetické vedení, komunikační vedení veřejné komunikační sítě a elektronické komunikační zařízení veřejné komunikační sítě....; (tzn. vedení a zapínací místa (rozvaděče)

§27 Pořizování územně analytických podkladů

Údaje o území poskytuje a vlastník dopravní a technické infrastruktury v digitální formě bezodkladně po jejich vzniku nebo po jejich zjištění, přitom zodpovídá za jejich správnost, úplnost a aktuálnost. Grafická část se poskytuje ve vektorové formě v souřadnicovém systému JTSK....

§161 Vlastníci technické infrastruktury

Vlastníci technické infrastruktury jsou povinni vést o ní evidenci, která musí obsahovat polohové umístění a ochranu, a v odůvodněných případech, s ohledem na charakter technické infrastruktury, i výškové umístění....



Zákon č. 13/1997 Sb. o pozemních komunikacích

Součásti a příslušenství

§13

Příslušenstvím silnice dálnice a místních komunikací jsou:

c) veřejné osvětlení, světelné signalizační zařízení sloužící k řízení provozu,

§14

O součástech a příslušenství průjezdního úseku dálnice a průjezdního úseku silnice platí ustanovení §13 s těmito odchylkami:

(1) b) součástmi ani příslušenstvím nejsou zábradlí, řetězy a jiná zařízení pro zajištění a zabezpečení přechodů pro chodce, veřejné osvětlení, světelná signalizační zařízení sloužící k řízení provozu....

(3) Součástmi ani příslušenstvím dálnic, silnic a místních komunikací dále nejsou inženýrské sítě, energetická, telekomunikační, tepelná a jiná vedení včetně sloupů těchto vedení.....pokud neslouží výlučně vlastníkově dotčené komunikace

§35 Ochrana dálnice, silnice a místní komunikace

3) Vlastník nemovitosti sousedící s průjezdním úsekem silnice nebo s místní komunikací v zastavěném území obce je v nezbytně nutných případech povinen za jednorázovou úhradu strpět zřízení věcného břemene na své nemovitosti spočívajícího v umístění **veřejného osvětlení**, dopravních značek



Vyhláška č. 104/1997 Sb. kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích

§25 Veřejné osvětlení

Dálnice a silnice se vždy osvětlují v zastavěném území obcí. Mimo toto území se osvětlují jen zvlášť určené úseky, jako např. na hraničních přechodech, v tunelech a na jejich přilehlých úsecích, výjimečně na křižovatkách, za podmínek obsažených v **závazných ČSN 73 6102** a **ČSN 73 7507**. Osvětlení lze zřídit i v oblastech, kde to zdůvodňuje intenzita dopravy, případně četnost chodců a cyklistů. Podrobnosti obsahují **doporučené** české technické normy uvedené v příloze č. 1 pod č. 33, 34, 35, 49 a 51.

ČSN 73 6102 Projektování křižovatek na pozemních komunikacích

10.5 Umělé osvětlení křižovatek

- 10.5.1 Křižovatky na místních komunikacích v území zastavěném a na přechodu do území nezastavěném, se vždy osvětlují. Křižovatky na silnicích a dálnicích se zpravidla neosvětlují. Osvětlují se pouze tehdy:
- jestliže jsou umístěny na osvětlených úsecích dálnic nebo v případech podle ČSN73 6101;
 - pro zajištění bezpečnější dopravy, pokud to odůvodňuje vysoká intenzita dopravy za tmy.
-
- 10.5.2 Osvětlení křižovatek se navrhuje ve shodě s ustanoveními ČSN 36 0400, ČSN 36 0410, ČSN 36 0411, ČSN EN 13201-2, ČSN EN 13201-3 a ČSN 13201-4 a požadavky zvláštních předpisů.



TECHNICKÉ NORMY PRO OSVĚTLENÍ POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ (ČSN EN 13201)

Tři typy tříd osvětlení pozemních komunikací podle charakteru a účelu

Komunikace pro motorovou dopravu
třídy osvětlení: M1 – M6



Konfliktní oblasti
třídy osvětlení: C0 – C5



Pozemní komunikace pro chodce a pomalou dopravu
třídy osvětlení: P1 – P7



Část 1: Návod pro výběr tříd osvětlení

1) Princip váhových kritérií pro třídy osvětlení M

$$M = 6 - V_{WS}$$

pokud $V_{WS} < 0$ pak $V_{WS} = 0$;
pokud $M \leq 0$ pak $M = 1$

Parametr	Možnosti	Popis		Váhová hodnota V_w	Váha $V_{w,t}$
Návrhová rychlost nebo omezení rychlosti	Velmi vysoká	$v \geq 100$ km/h		2	-1
	Vysoká	$70 < v < 100$ km/h		1	
	Střední	$40 < v \leq 70$ km/h		-1	
	Nízká	$v \leq 40$ km/h		-2	
Hustota dopravy	...	...	...	...	...

...

Navigační úkol	Velmi obtížný			...	...
	Obtížný			...	
	Snadný			...	
Celková váha V_{WS}					$\sum V_{w,t}$
Třída osvětlení $M = 6 - V_{WS}$					



Část 1: Návod pro výběr tříd osvětlení

Tab. 2 Princip adaptivního osvětlení pro třídy osvětlení M

Parametr	Možnosti	Popis		Váhová hodnota V_w	Váha $V_{w, \Delta t}$			
					Δt_1	Δt_2	Δt_3	Δt_4
Návrhová rychlost nebo omezení rychlosti	Velmi vysoká	$v \geq 100$ km/h		2				
	Vysoká	$70 < v < 100$ km/h		1				
	Střední	$40 < v \leq 70$ km/h		-1	1	1	1	1
	Nízká	$v \leq 40$ km/h		-2				
Hustota dopravy	...	...	...	...	...	...	...	...






...

Navigační úkol	Velmi obtížný			2				
	Obtížný			1	0	0	0	0
	Snadný			0				
Celková váha V_{ws}					4	3	2	4
Třída osvětlení $M = 6 - V_{ws}$					M2	M3	M4	M2



DYNAMIC LIGHT

TOWARDS DYNAMIC, INTELLIGENT AND ENERGY EFFICIENT URBAN LIGHTING

Typ komunikace	Úroveň a rovnoměrnost osvětlení			Omezení oslnění	Okolí
					
Třída osvětlení	Povrch komunikace			Prahový přírůstek	Osvětlení okolí
	L_m (cd/m ²)	U_o (-)	U_l (-)	f_{TI} (%)	R_{EI} (-)
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



DYNAMIC LIGHT

TOWARDS DYNAMIC, INTELLIGENT AND ENERGY EFFICIENT URBAN LIGHTING

Konfliktní oblasti

Třída osvětlení	E_m (lx)	U_0 (-)
C0	≥ 50	$\geq 0,4$
C1	≥ 30	
C2	≥ 20	
C3	≥ 15	
C4	≥ 10	
C5	$\geq 7,5$	

Pozemní komunikace pro chodce cyklisty a pomalou dopravu

Třída osvětlení	E_m (lx)	E_{min} (-)
P1	$\geq 15,0$	$\geq 3,00$
P2	$\geq 10,0$	$\geq 2,00$
P3	$\geq 7,50$	$\geq 1,50$
P4	$\geq 5,00$	$\geq 1,00$
P5	$\geq 3,00$	$\geq 0,60$
P6	$\geq 2,00$	$\geq 0,40$
P7	neurčeno	neurčeno



Komunikace pro motorovou dopravu (M)

- Jas L_m (cd/m^2);
- Celková rovnoměrnost U_o (-);
- Podélná rovnoměrnost U_l (-);
- Prahový přírůstek TI (%);
- Osvětlení okolí EIR (-);

Konfliktní oblasti (C)

- Osvětlenost E_m (lx);
- Rovnoměrnost U_o (-);

Komunikace pro chodce (P)

- Osvětlenost E_m (lx);
- Minimální osvětlenost E_{\min} (lx);

Kvantitativní parametry: E_m, L_m

Kvalitativní parametry: U_o, U_l, TI



DYNAMIC LIGHT

TOWARDS DYNAMIC, INTELLIGENT AND ENERGY EFFICIENT URBAN LIGHTING

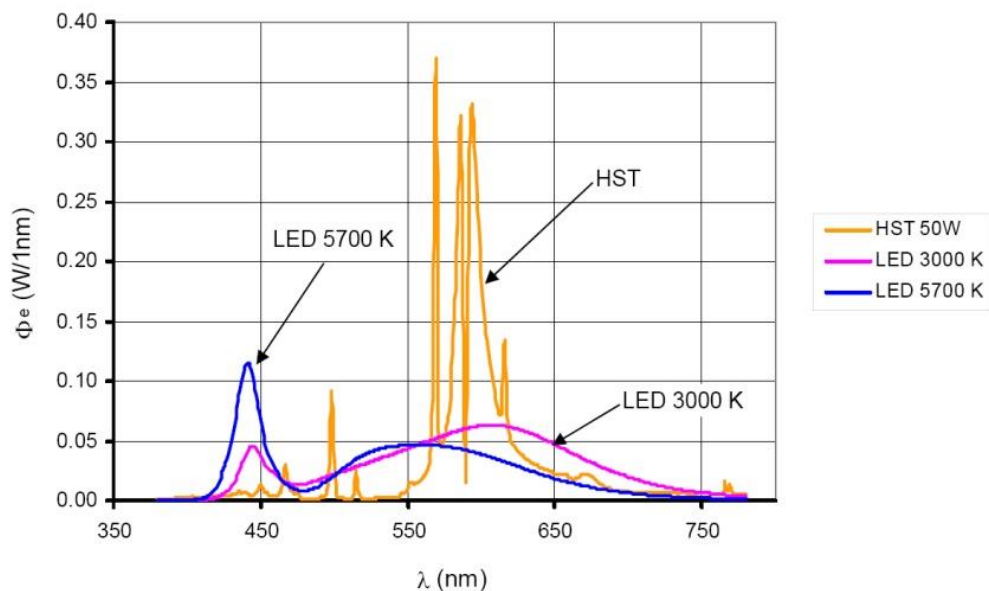
Spektrální (barevné) vlastnosti osvětlení zohledněny v některých zemích:
Velká Británie, Itálie, Austrálie a NZ

Třída osvětlení	Fotopická osvětlenost $E_{m,f}$ (lx) pro $R_a < 60$	Fotopická osvětlenost pro $R_a \geq 60$											
		poměr S/P											
		0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8
P1 (S1)	15,0	15,0	14,7	14,4	14,1	13,8	13,5	13,3	13,0	12,8	12,5	12,3	12,1
P2 (S2)	10,0	10,0	9,8	9,5	9,2	9,0	8,7	8,5	8,3	8,1	7,9	7,7	7,6
P3 (S3)	7,5	7,5	7,3	7,1	6,8	6,6	6,4	6,2	6,0	5,9	5,7	5,6	5,4
P4 (S4)	5,0	5,0	4,8	4,6	4,4	4,3	4,1	4,0	3,8	3,7	3,6	3,5	3,4
P5 (S5)	3,0	3,0	2,9	2,7	2,6	2,5	2,3	2,2	2,1	2,1	2,0	1,9	1,8
P6 (S6)	2,0	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1,1



Spektrální vlastností světelných zdrojů:

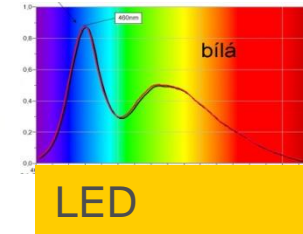
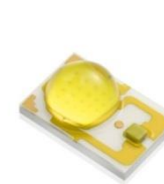
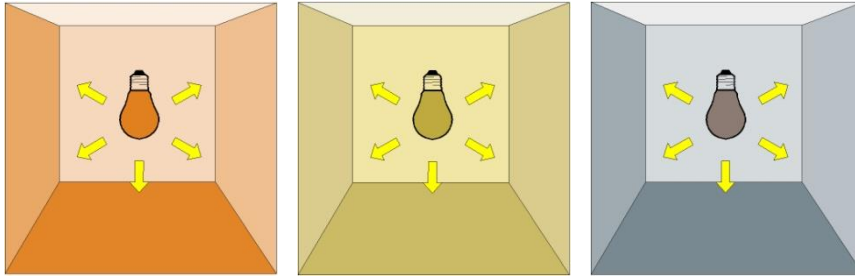
- spektrální průběh zářivého toku Φ_e (W) (složitý pro praxi)
- teplota chromatičnosti T_{cp} (-),
- index podání barev R_a (-)
- poměr S/P (výkonový parametr)
- GAI (Gamut Area Index), SQC (Colour Quality Scale), FSI (Full Spectrum Index)



Obr. 1 Spektrální průběh zářivého toku vysokotlaké sodíkové výbojky (HST) a světelných diod LED (3000K a 5700K)

DYNAMIC LIGHT

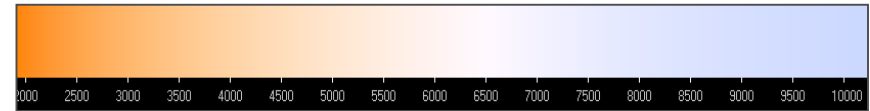
TOWARDS DYNAMIC, INTELLIGENT AND ENERGY EFFICIENT URBAN LIGHTING



2 400 – 8 000 K

Teplota chromatičnosti T_{cp} (K)

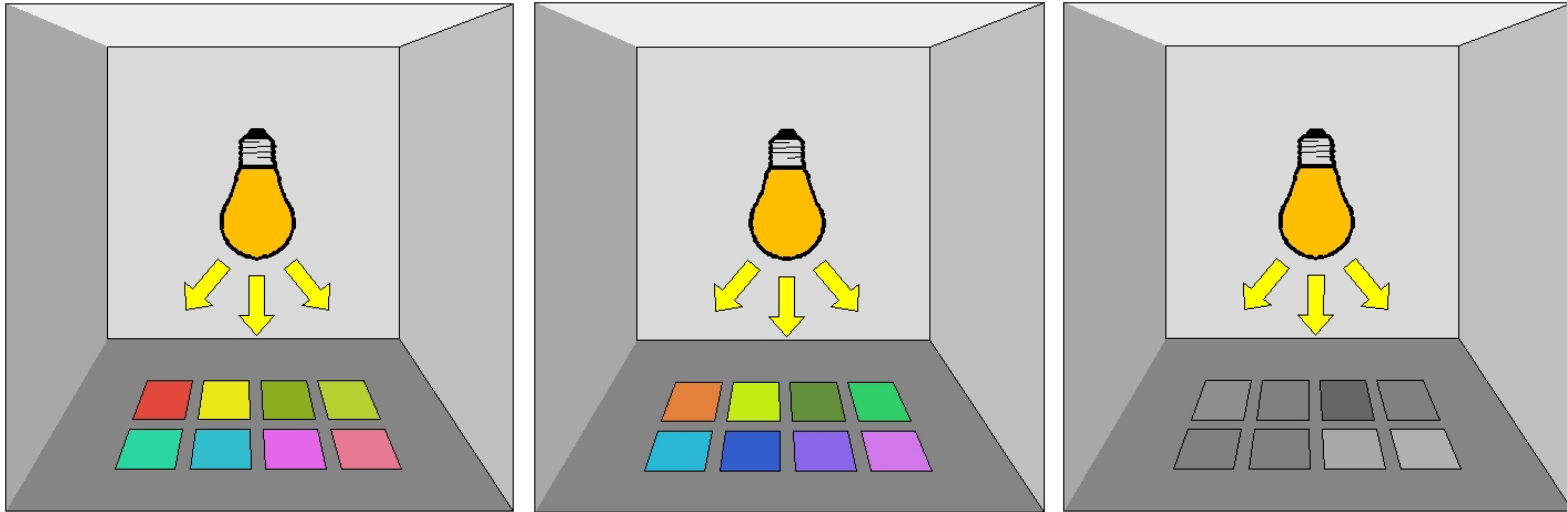
Barevný tón bílého světla.



T_c (K)	Tón barvy světla zdroje	Příklad světelného zdroje
< 3300	teple bílý	žárovky, halogenové žárovky, zářivky, sodíkové výbojky, halogenidové výbojky, LED
3300 až 5300	neutrálně bílý	zářivky (bílé), výbojky halogenidové, LED
> 5300	chladně bílý	zářivky (denní), halogenidové výbojky, LED

Popis barevného tónu **světla světelného zdroje** (chromatičnost)





Index podání barev R_a (-)

charakterizuje vliv spektrálního složení světla zdrojů na vjem barvy osvětlených předmětů. Věrný vjem barev je v denním světle a ve světle teplotních zdrojů. Věrný vjem barev $R_a = 100$, barvy nelze rozlišit $R_a = 0$

Hodnocení podání barev **předmětů** (kolorita) ve světle daného světelného zdroje



Spektrální citlivost oka

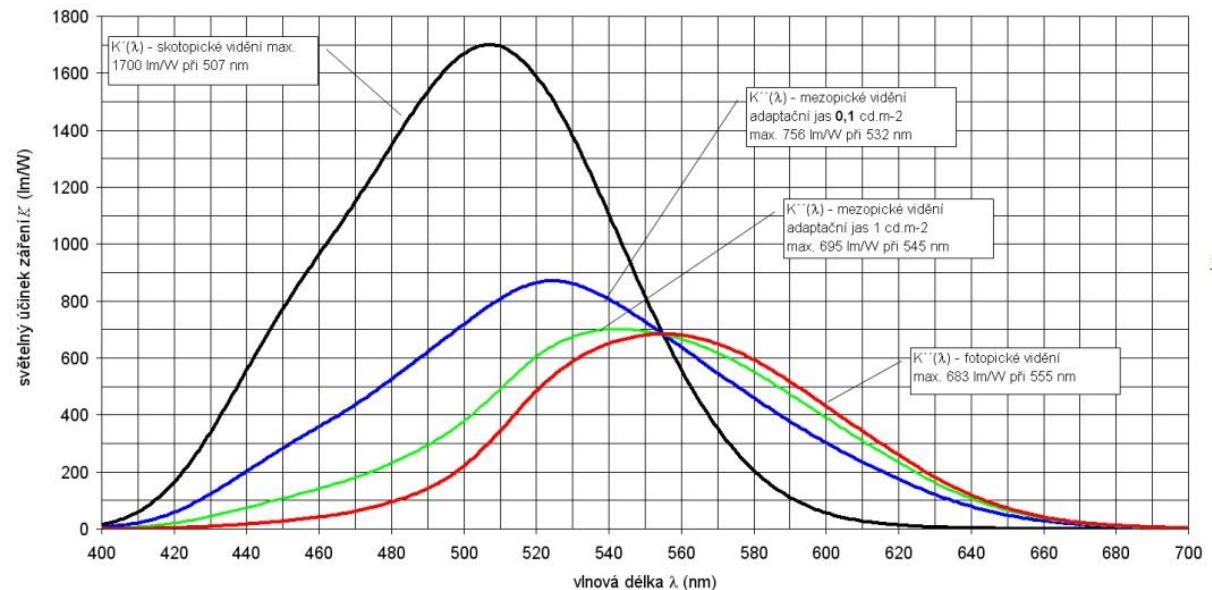
- je závislá na vlnové délce
- průběh se mění podle adaptačních podmínek zraku: (den, noc):

fotopické vidění: $L_a > 10 \text{ cd/m}^2$, čípky, V_λ , barevné vidění

skotopické vidění: $L_a < 0,001 \text{ cd/m}^2$, čípky, V'_λ , barevné vidění

mezopické vidění: $L_a = 10 - 0,001 \text{ cd/m}^2$, čípky + tyčinky

$$\text{Poměr S/P} = \Phi_s / \Phi_p$$

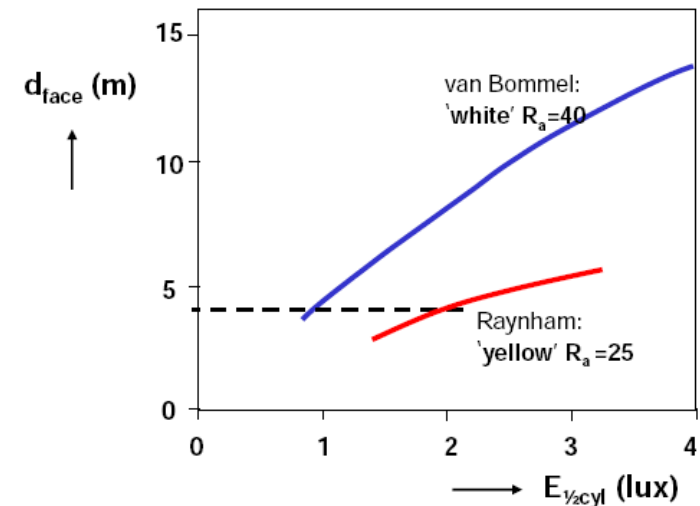
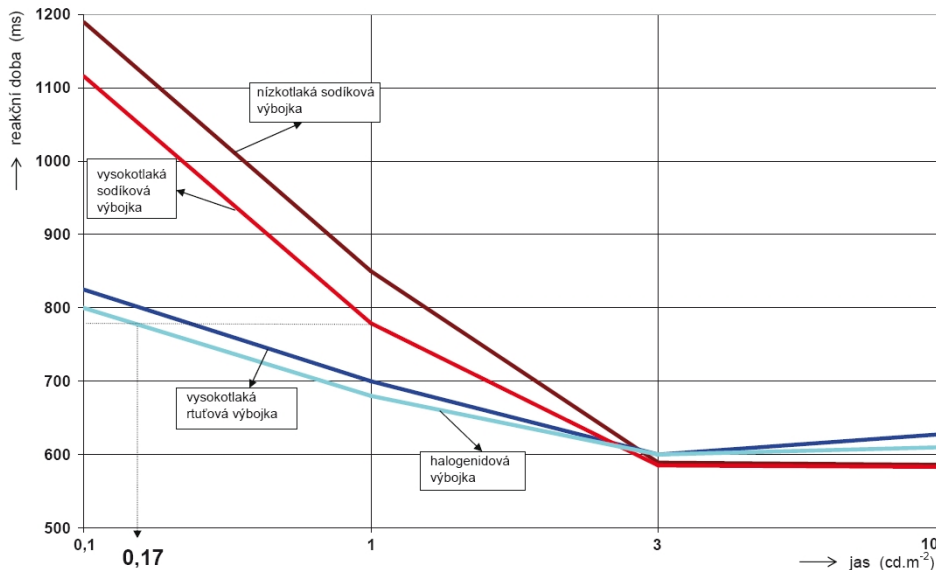


Vývoj ve veřejném osvětlení

30. – 80. léta 20. st. - pozornost zaměřena primárně na motorovou dopravu

80. léta 20. st. – pozornost zaměřena na chodce (J.F. Caminada, W.V. Bommel)

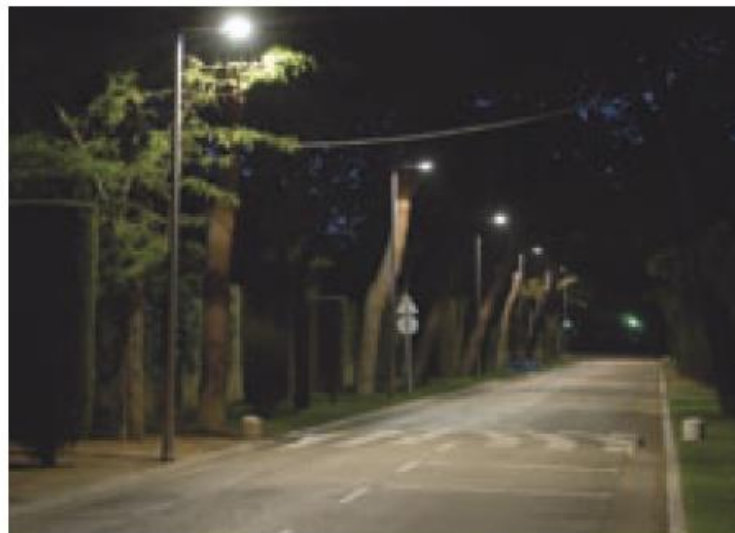
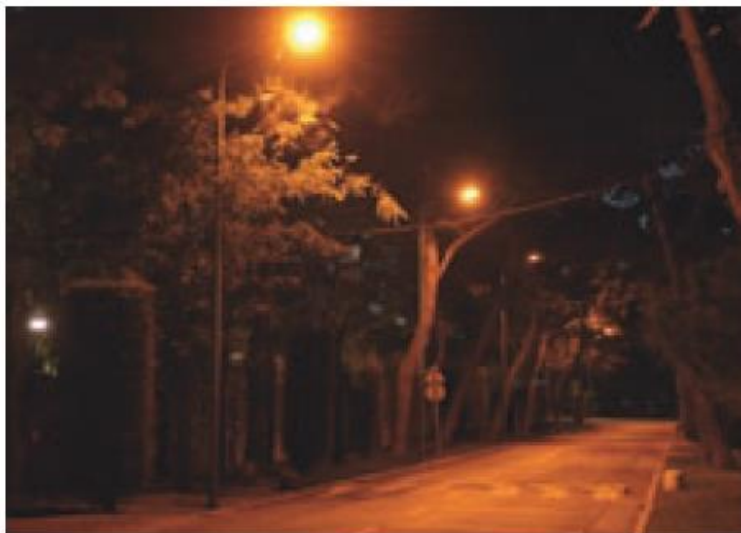
90. léta výzkum ve VO se zaměřuje také na barevné (spektrální) vlastnosti osvětlení



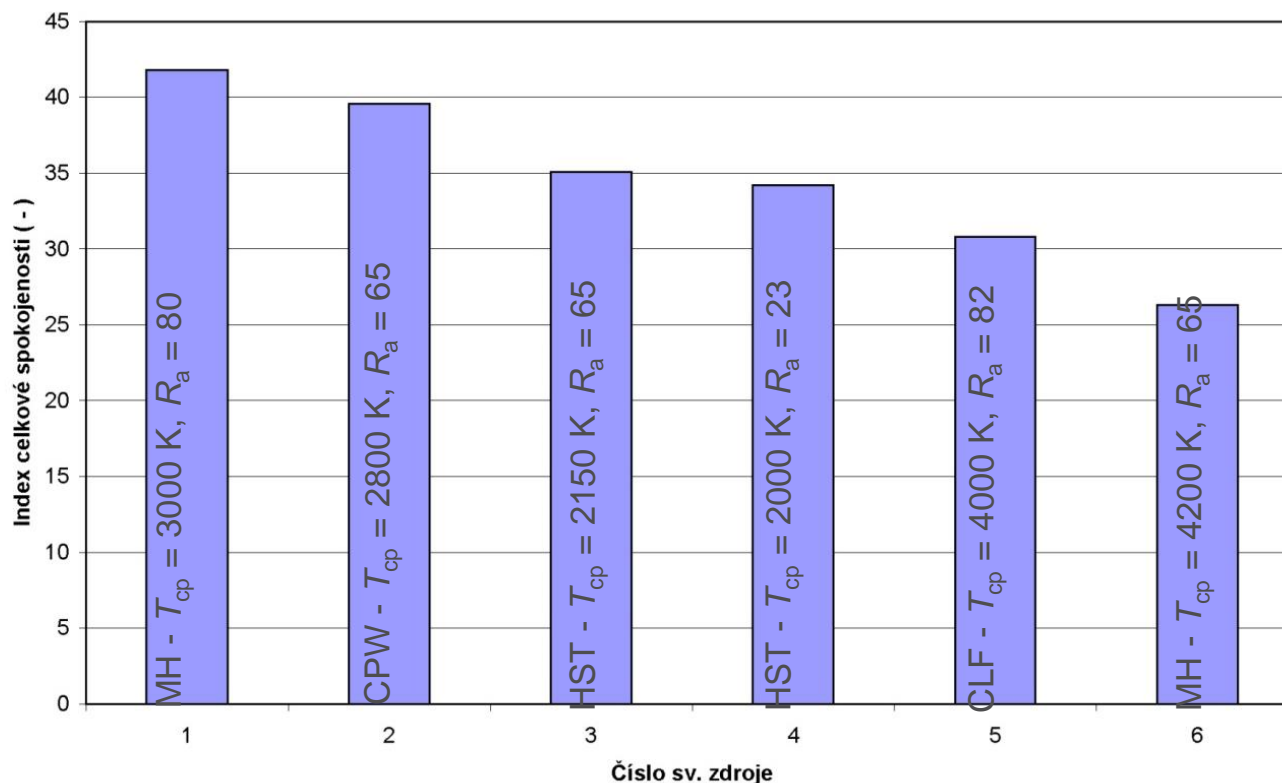
DYNAMIC LIGHT

TOWARDS DYNAMIC, INTELLIGENT AND ENERGY EFFICIENT URBAN LIGHTING

- zač. 21. století „Bílé světlo“
- pojem „bílé světlo“ – není definován
- „bílé světlo“ – evokuje bílých až chladně bílých bar. tónů (podpořeno srovnáváním HST)
- barevné vlastnosti závisí na řadě parametrů T_{cp} , R_a , S/P
- bílé světlo „vyjadřuje“ jen jednu vlastnost, T_{cp} a R_a jsou na sobě teoreticky nezávislé,
- světelné zdroje s vysokou T_{cp} mohou mít nízký i vysoký R_a
- světelné zdroje s nízkou T_{cp} mohou mít nízký i vysoký R_a
- Co je tedy „bílé světlo“ ?



2005 Lyon (Francie) – terénní výzkum zaměřený na barvu světla



Obr. 5 Index spokojenosti pozorovatelů při hodnocení barvy světla u soustav VO se světelnými zdroji různých spektrálních vlastností (index spokojenosti: 0 – neutrální, 50 – spokojený)



Novější terenní výzkumy (zahrnují LED):

Volker, 2014, Miller, 2013, Eltodo, 2013, Knight 2010, Morante 2008, Akashi 2007,

CIE 206:2014 - The Effect of Spectral Power Distribution on Lighting for Urban and Pedestrian Areas

Hodnoceno: HST x soustavy s MH, CFL, LED, QL



x



1. Změna HST → MH, CFL, QL, LED (stejně hladiny osvětlenosti)

- prostředí jasnější a bezpečnější,
- zvýšení pocitu bezpečí a zrakové pohody.

2 . Změna MH, CFL, IV, LED → HST

- subjektivní zhoršení celkového osvětlení prostoru,
- snížení pocitu bezpečí,
- v některých případech nedošlo ke zhoršení zrakové pohody.



3. Poměr S/P ($S/P > 1,2$)

- zvyšuje pocit bezpečí
- zlepšuje schopnost rozlišování překážek v periferních oblastech zorného pole
- S rostoucím poměrem S/P se snižuje velikost překážky kterou je člověk schopen rozlišit (důležité u komunikací pro motorovou dopravu).

4. Index podání barev R_a

- nejlepší ukazatel pro vystižení přijatelnosti osvětlení.
- přijatelnost - vzhledem kůže na rukou a schopnost rozlišování škály barev ($R_a > 70$).

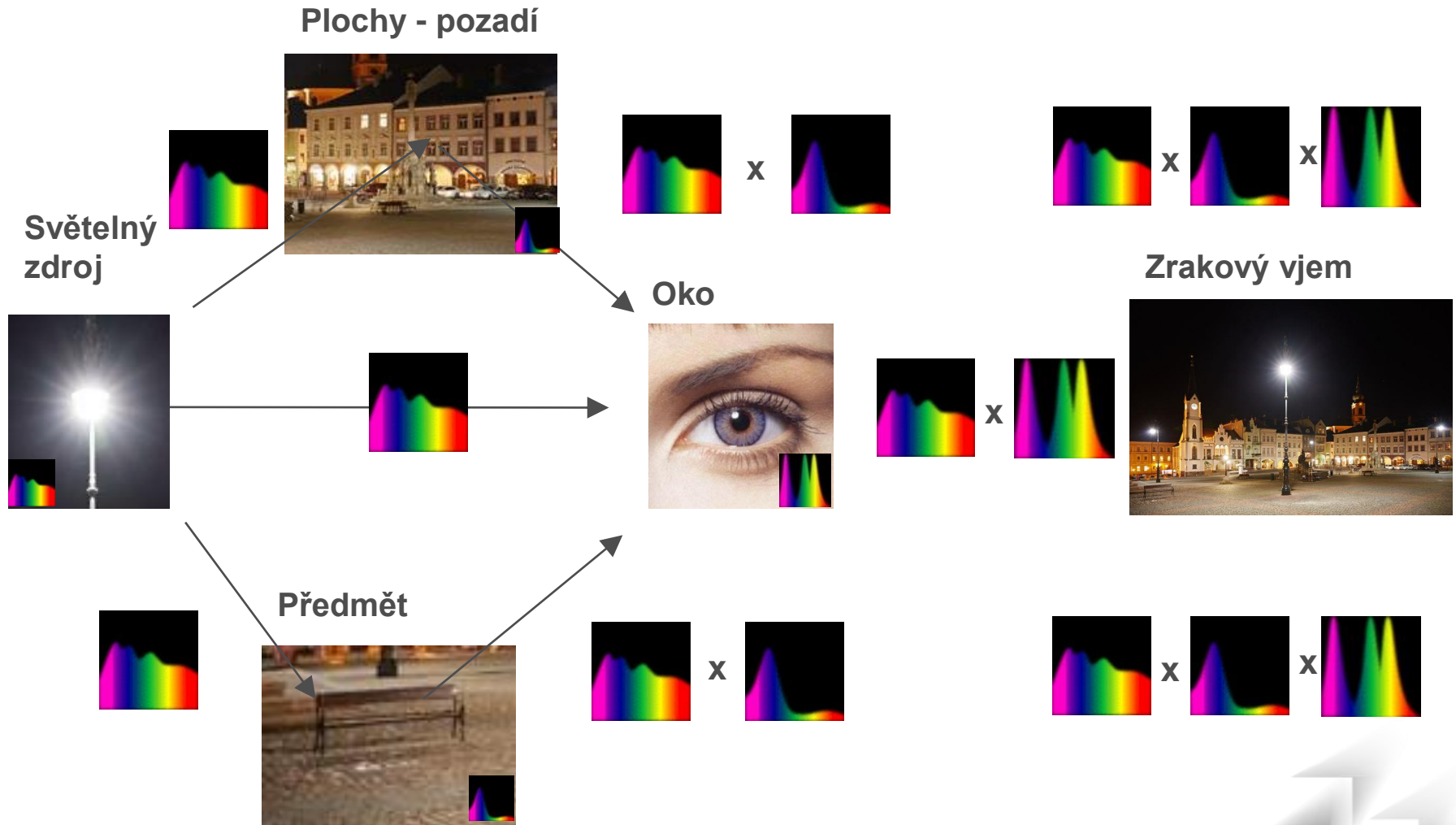
5. Teplota chromatičnosti T_{cp}

- u komunikací pro chodce velmi zřetelná preference teple bílých barevných tónů.
- v některých případech byla $T_{cp} = 3\ 000\ K$ hodnocen ještě jako chladná.
- $T_{cp} \sim 2\ 700\ K$ hodnocena z pohledu barevného tónu jako příjemná.



DYNAMIC LIGHT

TOWARDS DYNAMIC, INTELLIGENT AND ENERGY EFFICIENT URBAN LIGHTING



DYNAMIC LIGHT

TOWARDS DYNAMIC, INTELLIGENT AND ENERGY EFFICIENT URBAN LIGHTING

Jas hlavních ploch zrakového pole – určuje adaptaci zraku (citlivost):
spektrálních složením záření + optickými vlastnostmi prostředí + spektrální citlivostí zraku

Jas zdroje - určuje míru oslnění:
spektrálním složením záření + spektrální citlivostí lidského zraku

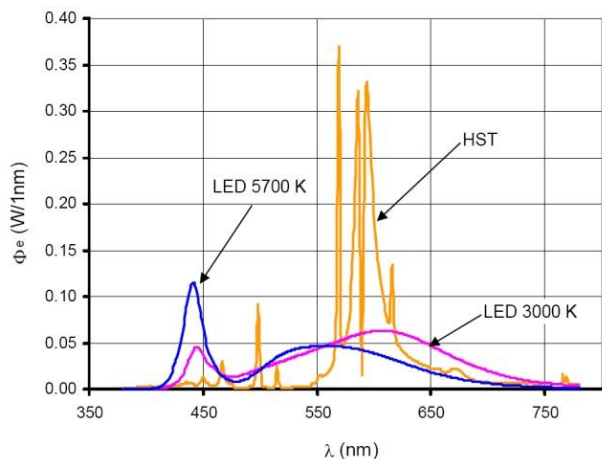
Jas předmětů – určuje viditelnost předmětů (překážek)
spektrálních složením záření + optickými vlastnostmi prostředí + spektrální citlivostí zraku



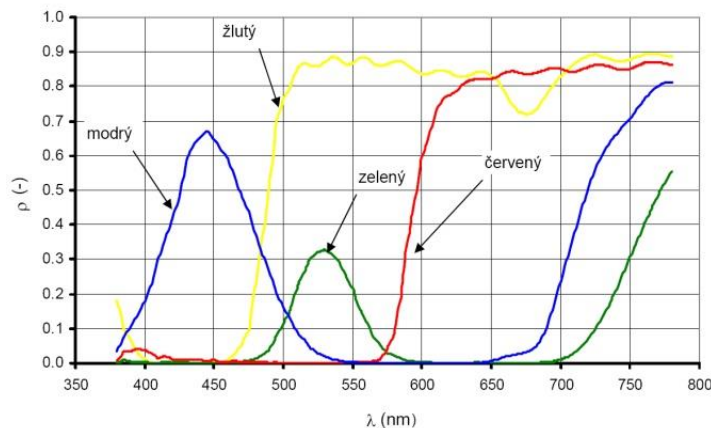
DYNAMIC LIGHT

TOWARDS DYNAMIC, INTELLIGENT AND ENERGY EFFICIENT URBAN LIGHTING

Množství odraženého zářivého toku od předmětů a povrchů s danými spektrálními vlastnostmi závisí na spektrálním složení dopadajícího záření:



— HST 50W
— LED 3000 K
— LED 5700 K

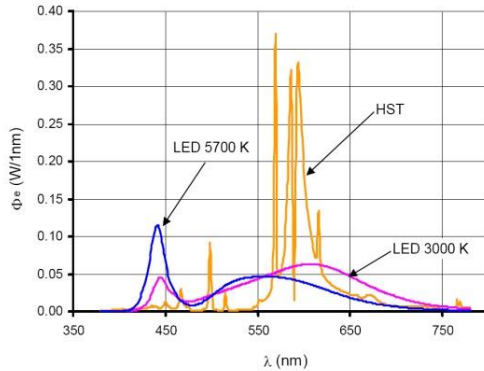


Kolorita povrchu	Integrální činitel odrazu ρ_e (%) zářivého toku		
	HST	LED 3 000 K	LED 5 700 K
Modrá	6%	13%	21%
Zelená	3%	6%	8%
Žlutá	81%	73%	59%
Červená	43%	42%	22%

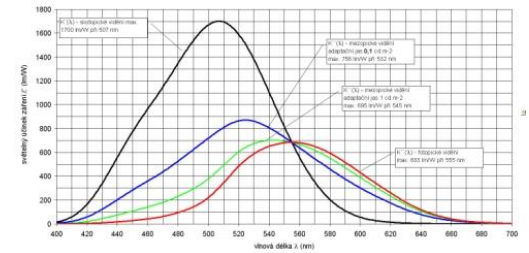
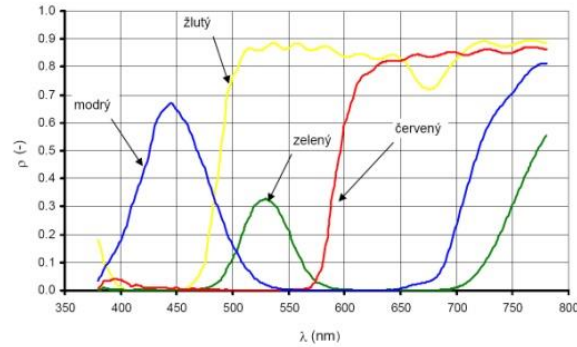


DYNAMIC LIGHT

TOWARDS DYNAMIC, INTELLIGENT AND ENERGY EFFICIENT URBAN LIGHTING



— HST 50W
— LED 3000 K
— LED 5700 K



Kolorita povrchu	Činitel odrazu ρ (%) pro $L_a = 0,1 \text{ cd/m}^2$		
	HST	LED 3 000 K	LED 5 700 K
Modrá	3,1%	8,7%	13,2%
Zelená	3,7%	12,3%	13,9%
Žlutá	82,1%	75,8%	70,3%
Červená	27,4%	14,4%	8,2%



Základní předpoklady pro hodnocení spektrálních vlastností světelných zdrojů

TECHNICKÁ NORMALIZAČNÍ INFORMACE

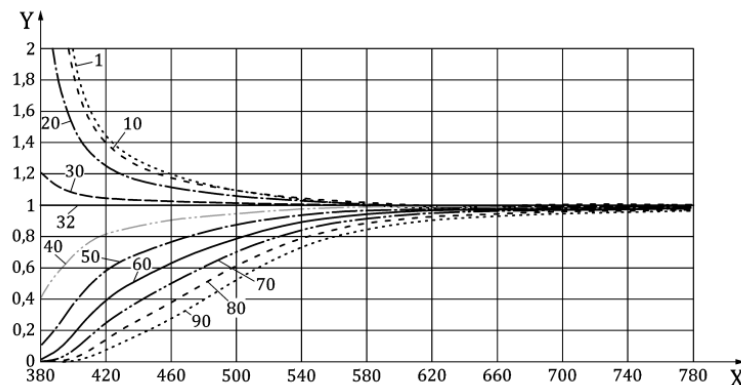
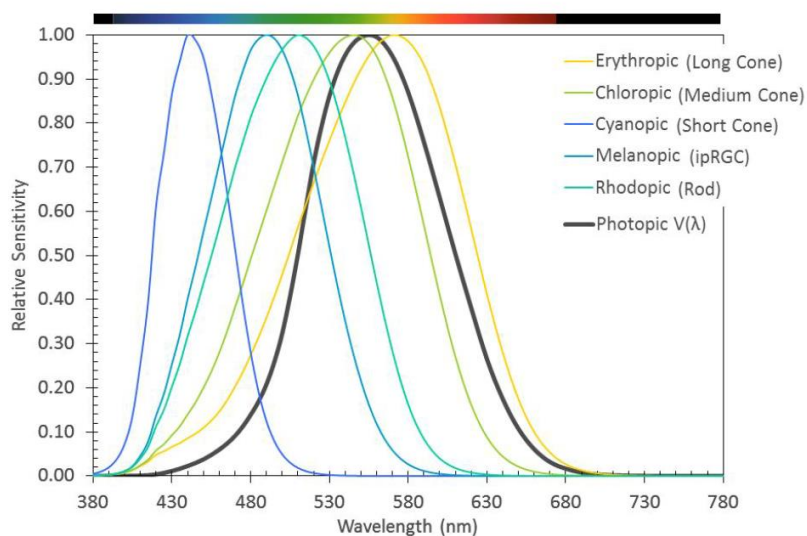
ICS 17.180.20

Leden 2018

Hodnocení nevizuálních účinků záření přijatého
zrakem člověka

TNI
CEN/TR 16791

36 0460



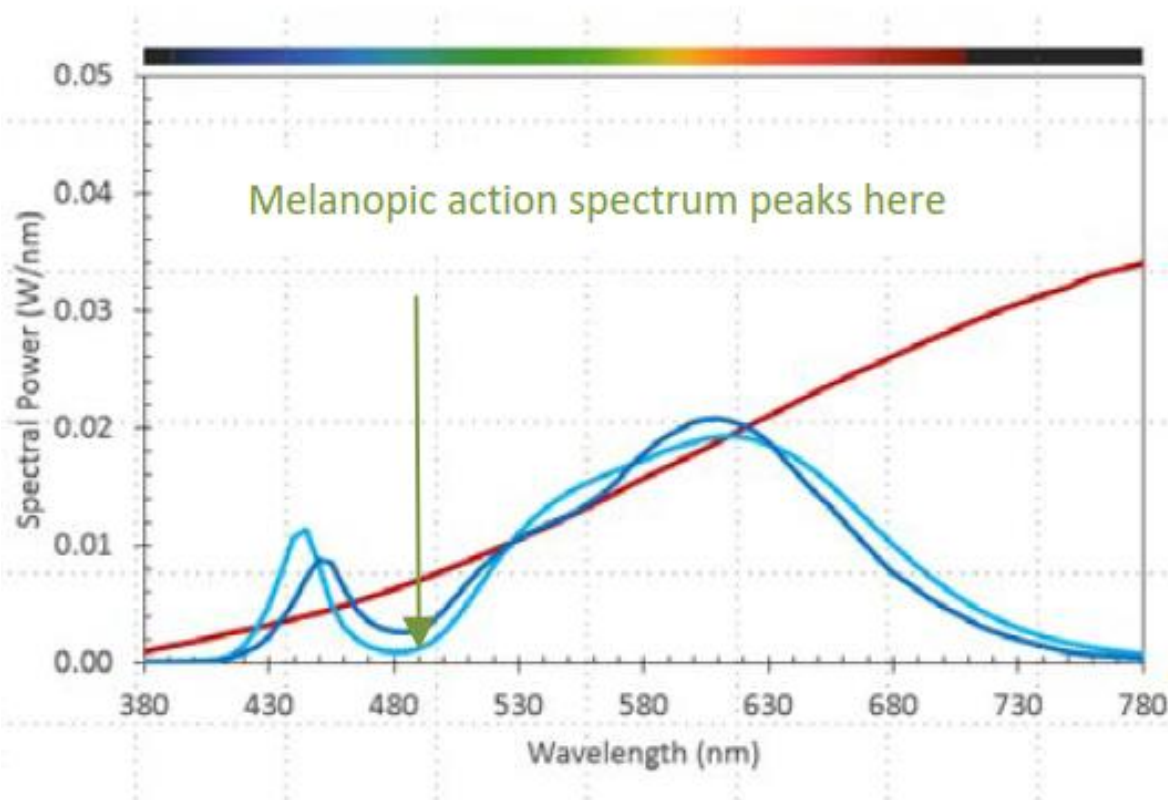
Key

X	wavelength (nm)	Y	$k(\lambda, Y)$ for wavelength λ and age Y
Age Y in years			
|||||	1	|||||	10
|||||	20	|||||	30
|||||	40	|||||	60
|||||	50	|||||	70
|||||	60	|||||	80
|||||	70	|||||	90



DYNAMIC LIGHT

TOWARDS DYNAMIC, INTELLIGENT AND ENERGY EFFICIENT URBAN LIGHTING



Spektrální průběh zářivého toku pro žárovku (červená) a dvě LED 2800 K (modrá).
(Zdroj Street lighting and blue Light, DOE, 2017)



DYNAMIC LIGHT

TOWARDS DYNAMIC, INTELLIGENT AND ENERGY EFFICIENT URBAN LIGHTING

Row	Light source	Luminous			Relative Scotopic	Relative Melanopic
		Flux (lm)	CCT (K)	% Blue*	Content	Content**
A	PC White LED	1000	2700	17% - 20%	1.77 - 2.20	1.90 - 2.68
B	PC White LED	1000	3000	18% - 25%	1.89 - 2.39	2.10 - 2.99
C	PC White LED	1000	3500	22% - 27%	2.04 - 2.73	2.34 - 3.57
D	PC White LED	1000	4000	27% - 32%	2.10 - 2.65	2.35 - 3.40
E	PC White LED	1000	4500	31% - 35%	2.35 - 2.85	2.75 - 3.81
F	PC White LED	1000	5000	34% - 39%	2.60 - 2.89	3.18 - 3.74
G	PC White LED	1000	5700	39% - 43%	2.77 - 3.31	3.44 - 4.52
H	PC White LED	1000	6500	43% - 48%	3.27 - 3.96	4.38 - 5.84
I	Narrowband Amber LED	1000	1606	0%	0.36	0.12
J	Low Pressure Sodium	1000	1718	0%	0.34	0.10
K	PC Amber LED	1000	1872	1%	0.70	0.42
L	High Pressure Sodium	1000	1959	9%	0.89	0.86
M	High Pressure Sodium	1000	2041	10%	1.00	1.00
N	Mercury Vapor	1000	6924	36%	2.33	2.47
O	Mercury Vapor	1000	3725	25%	1.82	1.95
P	Metal Halide	1000	3145	24%	2.16	2.56
Q	Metal Halide	1000	4002	33%	2.53	3.16
R	Metal Halide	1000	4041	35%	2.84	3.75
S	Moonlight	1000	4681 †	29%	3.33	4.56
T	Incandescent	1000	2836	12%	2.23	2.73
U	Halogen	1000	2934	13%	2.28	2.81
V	F32T8/830 Fluorescent	1000	2940	20%	2.02	2.29
W	F32T8/835 Fluorescent	1000	3480	26%	2.37	2.87
X	F32T8/841 Fluorescent	1000	3969	30%	2.58	3.18

Zhodnocení optického záření světelných zdrojů z pohledu nevizuálních účinků
(Zdroj: Street lighting and blue Light, DOE, 2017)



DYNAMIC LIGHT

TOWARDS DYNAMIC, INTELLIGENT AND ENERGY EFFICIENT URBAN LIGHTING

4. Světelná technika



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;
- konec 20. st. - kvalita veřejného osvětlení (bílé světlo) \Rightarrow halogenidové výbojky, Cosmopolis, indukční výbojky (mezopické vidění)
- zač. 21. st. - energetické úspory (globální oteplování) \Rightarrow úsporná zařízení a technologie (LED, řídicí systémy);
 - digitalizace \Rightarrow SmartCity, IoT
 - biologický vliv světla \Rightarrow laditelná LED svítidla (tunable LED)



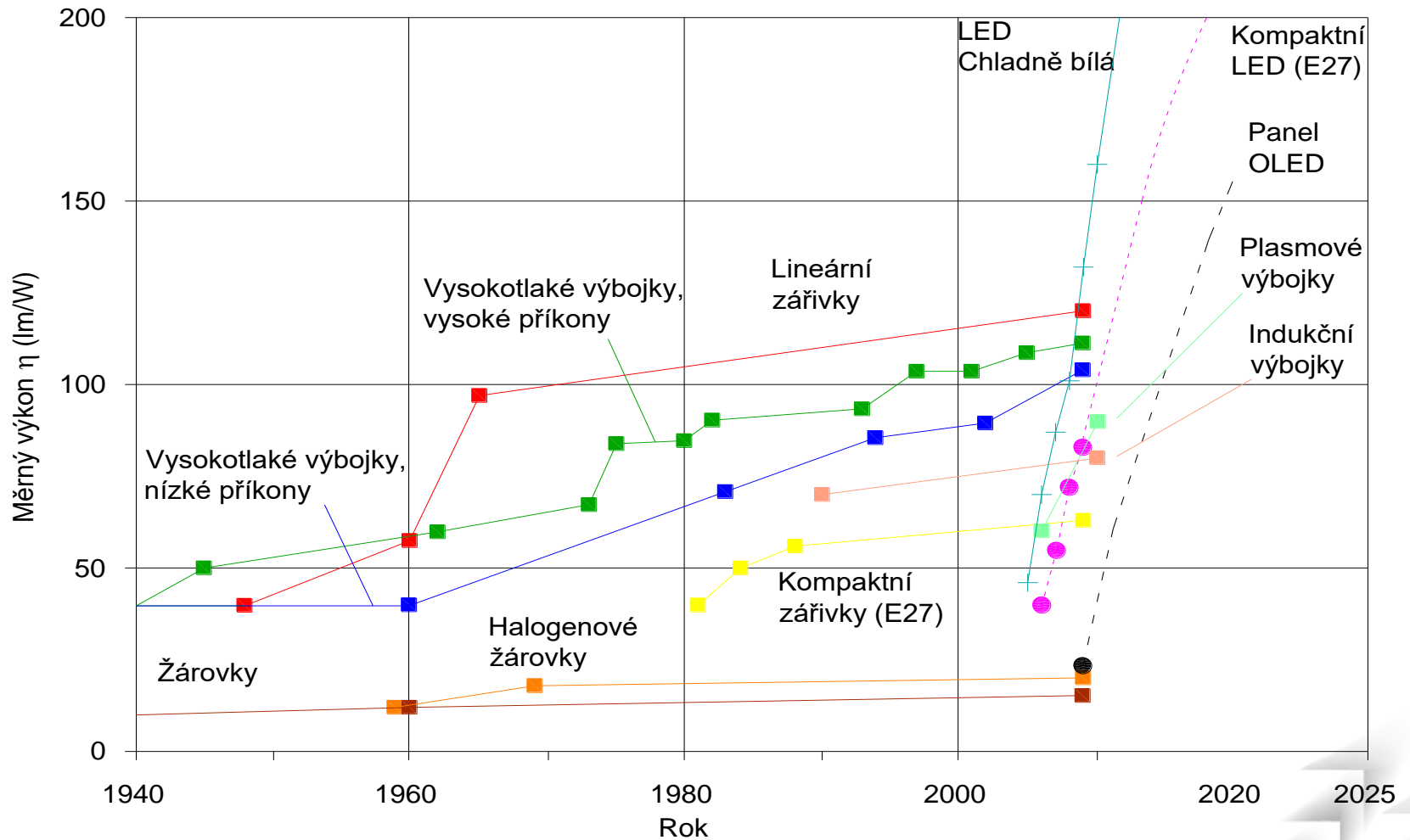
DYNAMIC LIGHT

TOWARDS DYNAMIC, INTELLIGENT AND ENERGY EFFICIENT URBAN LIGHTING



DYNAMIC LIGHT

TOWARDS DYNAMIC, INTELLIGENT AND ENERGY EFFICIENT URBAN LIGHTING



DYNAMIC LIGHT

TOWARDS DYNAMIC, INTELLIGENT AND ENERGY EFFICIENT URBAN LIGHTING

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 $\uparrow 15\%$



ROZDĚLENÍ VYSOKOTLAKÝCH SODÍKOVÝCH VÝBOJEK PRO VO

Válcové



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

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

Elipsoidní



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

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



DYNAMIC LIGHT

TOWARDS DYNAMIC, INTELLIGENT AND ENERGY EFFICIENT URBAN LIGHTING

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 – vysoko výkonová dioda (HP LED) 350 mA (Lumileds)
- 2005 – 2010: mutli chip - COB LED



ROZDĚLENÍ SVĚTELNÝCH LED SOUČÁSTEK PODLE VÝKONU

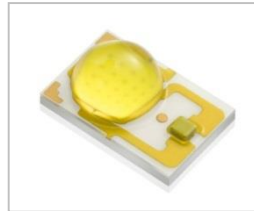
MP LED



$P = 0.2 - 1 \text{ W}$
 $\Phi = 10 - 100 \text{ lm}$
 $\eta = 160 - 220 \text{ lm/W}$

Lineární a plošné
zdroje světla

HP LED



$P = 1 - 5 \text{ W}$
 $\Phi = 100 - 500 \text{ lm}$
 $\eta = 160 \text{ lm/W}$

Bodové a lineární
zdroje světla

COB LED



$P = 5 - 160 \text{ W}$
 $\Phi = 0,5 - 25 \text{ klm}$
 $\eta = 160 \text{ lm/W}$

Bodové zdroje
světla

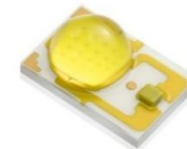
(460 W/50klm/106lm/W)

DYNAMIC LIGHT

TOWARDS DYNAMIC, INTELLIGENT AND ENERGY EFFICIENT URBAN LIGHTING

Výkonové HP LED

Využití ve svítidlech s přesnými optickými systémy pro směrové osvětlení (reflektory, čočky) při $T_j=25^\circ\text{C}$, $I_f = 350\text{ mA}$

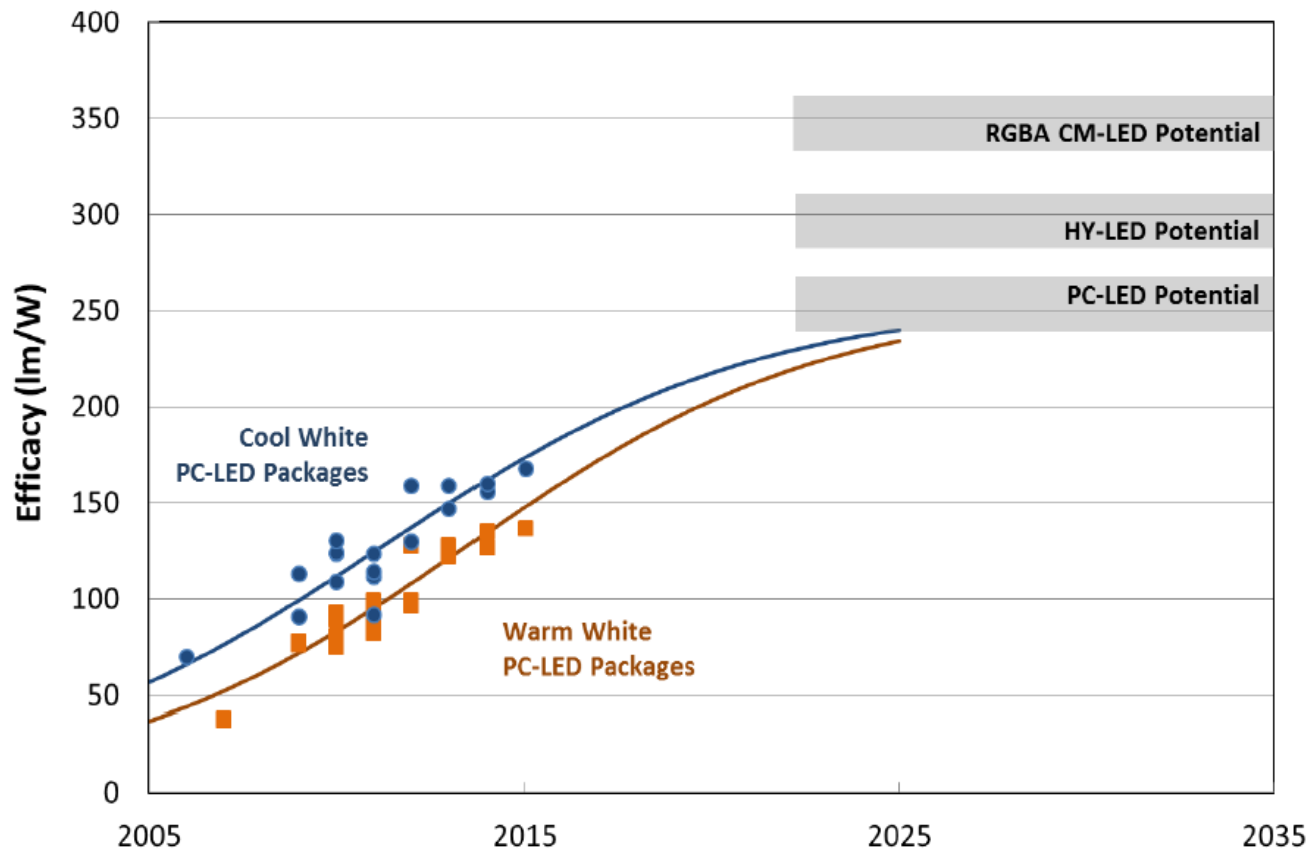


Barva světla	Výrobce	Typ	Parametry		
			$R_a (-)$	$\Phi (\text{lm})$	$\eta (\text{lm/W})$
Chladně bílá	Cree	XP-G3	70	187	195
	Nichia	NC SWE17A	70	158	150
	Samsung	LH351B	70	160	160
	LG Innotek	H35C4	70	171	176
	Philips	Luxeon TX	70	168	172
Neutrálně bílá	Cree	XP-G3	70	179	187
	Samsung	LH351B	70	160	160
	LG Innotek	H35C4	70	160	163
	Philips	Luxeon TX	70	168	172
Teple bílá	Cree	XP-G3	70	170	178
	Nichia	NCSLE17A	70	151	144
	Samsung	LH351B	70	150	150
	LG Innotek	H35C4	70	154	157
	Philips	Luxeon TX	70	157	162



DYNAMIC LIGHT

TOWARDS DYNAMIC, INTELLIGENT AND ENERGY EFFICIENT URBAN LIGHTING



Obr. 7 Odhady vývoje měrného výkonu sériově vyráběných diod, 350 mA (zdroj: DOE, 2016)



Vhodnost LED pro veřejné osvětlení:

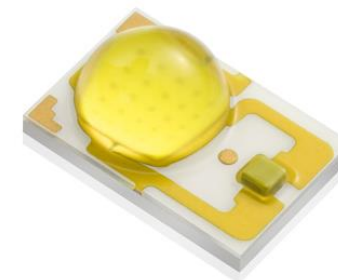
Základní charakteristika:

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



Důležité parametry:

- účinnost;
- doba života;
- možnost regulace.

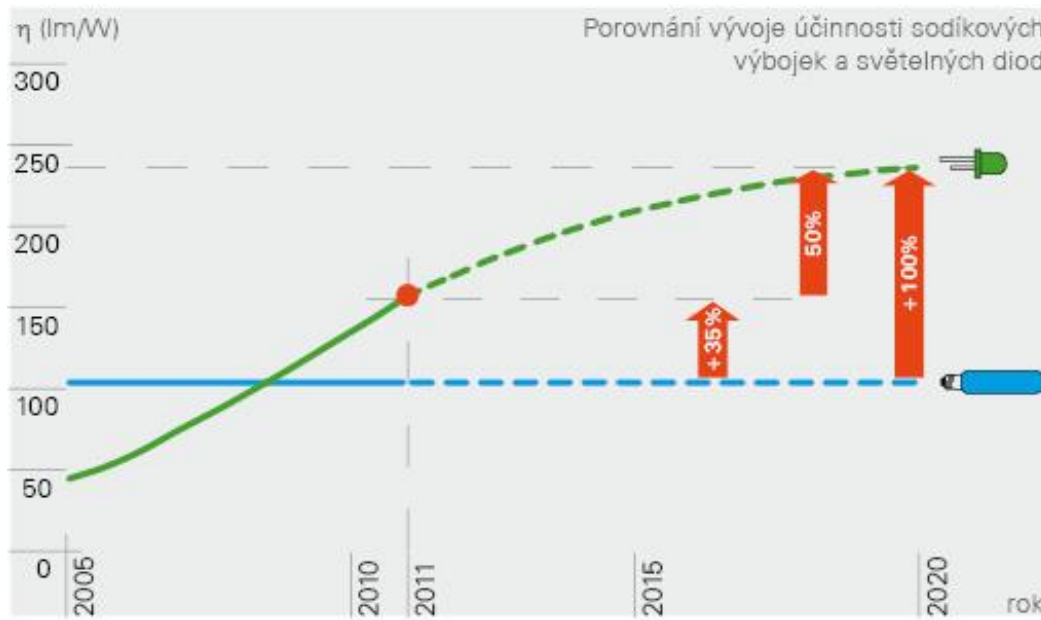


DYNAMIC LIGHT

TOWARDS DYNAMIC, INTELLIGENT AND ENERGY EFFICIENT URBAN LIGHTING

Současný stav:	HST	x	LED
Měrný výkon η (lm/W):	115	x	200
Doba života t (hod) :	25 000	x	100 000
Regulace :	ano*	x	ano

Budoucí vývoj LED:	
Měrný výkon η (lm/W) ~	250
Doba života t (hod) >	250 000

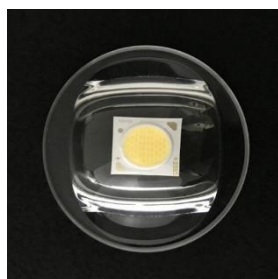


DYNAMIC LIGHT

TOWARDS DYNAMIC, INTELLIGENT AND ENERGY EFFICIENT URBAN LIGHTING

OPTICKÉ SYSTÉMY A LED SVÍTIDLA PRO VEŘEJNÉ OSVĚTLENÍ

Optické čočky



Reflektory



Technická silniční a parková svítidla



Dekorační silniční a parková svítidla



DYNAMIC LIGHT

TOWARDS DYNAMIC, INTELLIGENT AND ENERGY EFFICIENT URBAN LIGHTING



Svítidlo 1 – LED svítidlo

PARAMETRY:

rozteč:	30 m
montážní výška:	8 m
udržovací činitel:	0,80
Povrch komunikace:	R3
Třída osvětlení	M4
Šířka komunikace:	7 m



Svítidlo 2 – HST svítidlo

PARAMETRY SVÍTIDEL					PARAMETRY OSVĚTLOVACÍCH SOUSTAV						
Svítidlo	Zdroj	P_{sv} (W)	Φ_{sv} (lm)	η_{sv} (lm/W)	L_m (cd/m ²)	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	51 (44%)	6 200	121	0.76	0.49	0.73	10	0.66	12	0.55
Svítidlo 2	HST	117 (100%)	7 300	62	0.79	0.43	0.61	10	0.60	12	0.54



DYNAMIC LIGHT

TOWARDS DYNAMIC, INTELLIGENT AND ENERGY EFFICIENT URBAN LIGHTING

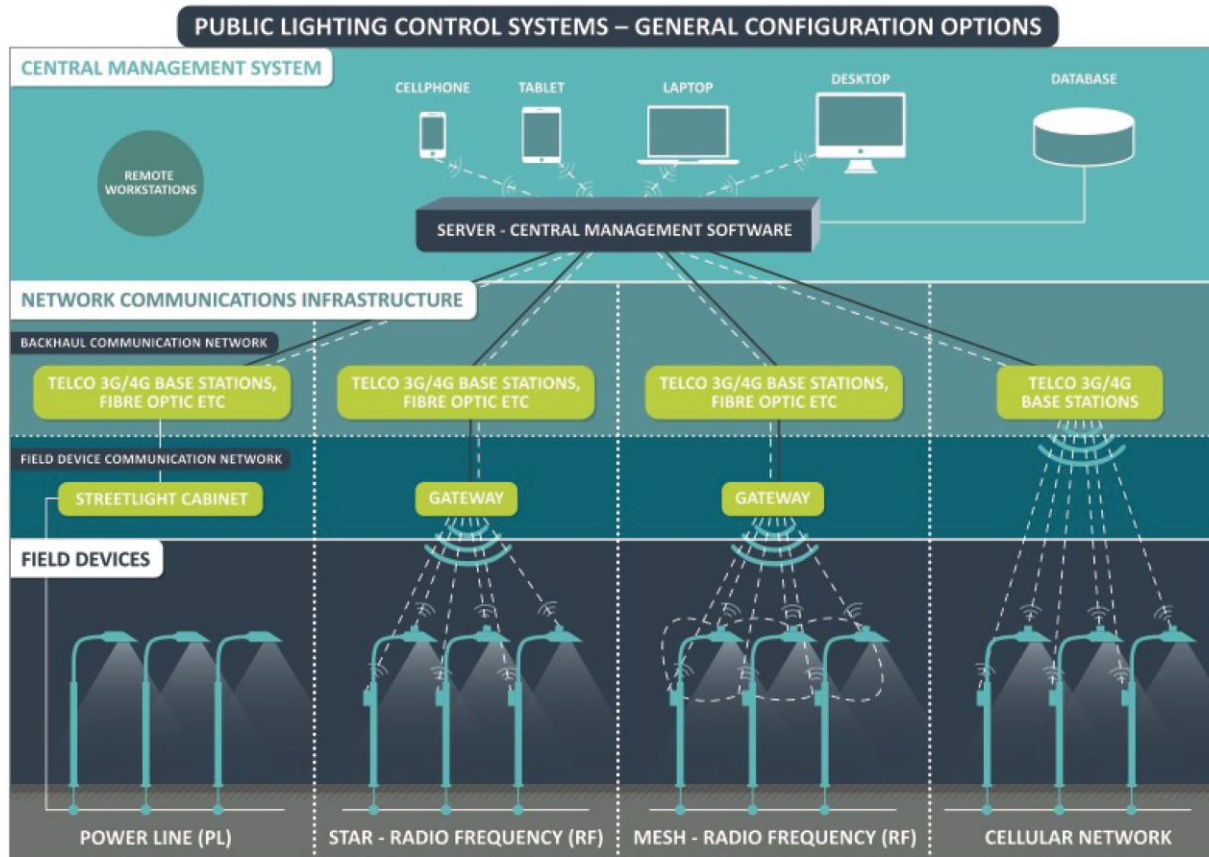
Obec (realizace 2014)	Počet obyvatel	Pozemní komunikace		Počet SM (ks)		Příkon P (kW)		
		silnice (km)	místní (km)	původní	nový	původní	nový	Δp (%)
Loděnice	492	2.4	0.7	58	79	7.6	3.8	- 50%
Malešovice	540	1.3	3.8	95	110	7.3	4.9	- 33%
Mikulovice	630	1.5	4.2	95	133	8.36	5.9	- 29%
Moravany	759	2.7	3.3	123	151	11.9	6.4	- 46%
Morkůvky	448	1.5	1.8	93	97	11.1	4.6	- 59%
Vedrovice	837	1.9	5.4	112	136	14.9	6.1	- 59%
Nivnice	3 349	2.6	14.7	384	402	37.1	18.3	- 51%
Uhřice	209	0.5	0.9	32	39	1.2	1.8	+ 48%
Vrbka	196	0.6	1.1	34	41	2.1	1.9	- 11%
Lomnice	518	4.1	3.2	110	155	11.7	10.6	- 9%
Malá Morávka	679	9.5	10.0	319	411	30.2	21.9	- 27%
Milotice nad Bečvou	305	1.3	2.5	56	63	5.9	3.1	- 47%
Rybník	821	2.8	5.3	118	125	14.9	5.9	- 60%
Neděliště	362	1.3	1.6	65	65	8.7	4.9	- 44%
Malečov	777	6.8	6.2	250	279	24.5	11.5	- 53%
Čachovice	883	3.0	3.5	92	116	10.1	5.5	- 46%
Klučov (Skramlíky)	934	1.6	0.7	43	43	6	1.9	- 68%
Hořice na Šumavě	830	2.0	4.2	104	104	16.3	5.9	- 64%
Vlasatice	818	2.6	5.0	128	145	14.63	7.9	- 46%
Velemín	1580	6.5	9.1	359	369	41.3	19.3	- 53%
Svijany	306	1.7	1.9	91	91	8.70	5.9	- 33%
Brodek u Konice	895	3.4	5.0	168	205	25.5	9.0	- 65%
Branná	295	2.1	2.9	84	97	17.1	10.0	- 41%
CELKEM	17 463	63.5	97.0	3 013	3 456	337.1	176.9	48%



DYNAMIC LIGHT

TOWARDS DYNAMIC, INTELLIGENT AND ENERGY EFFICIENT URBAN LIGHTING

ŘÍDICÍ SYSTÉMY OSVĚTLENÍ



DYNAMIC LIGHT

TOWARDS DYNAMIC, INTELLIGENT AND ENERGY EFFICIENT URBAN LIGHTING

ŘÍDICÍ SYSTÉMY OSVĚTLENÍ

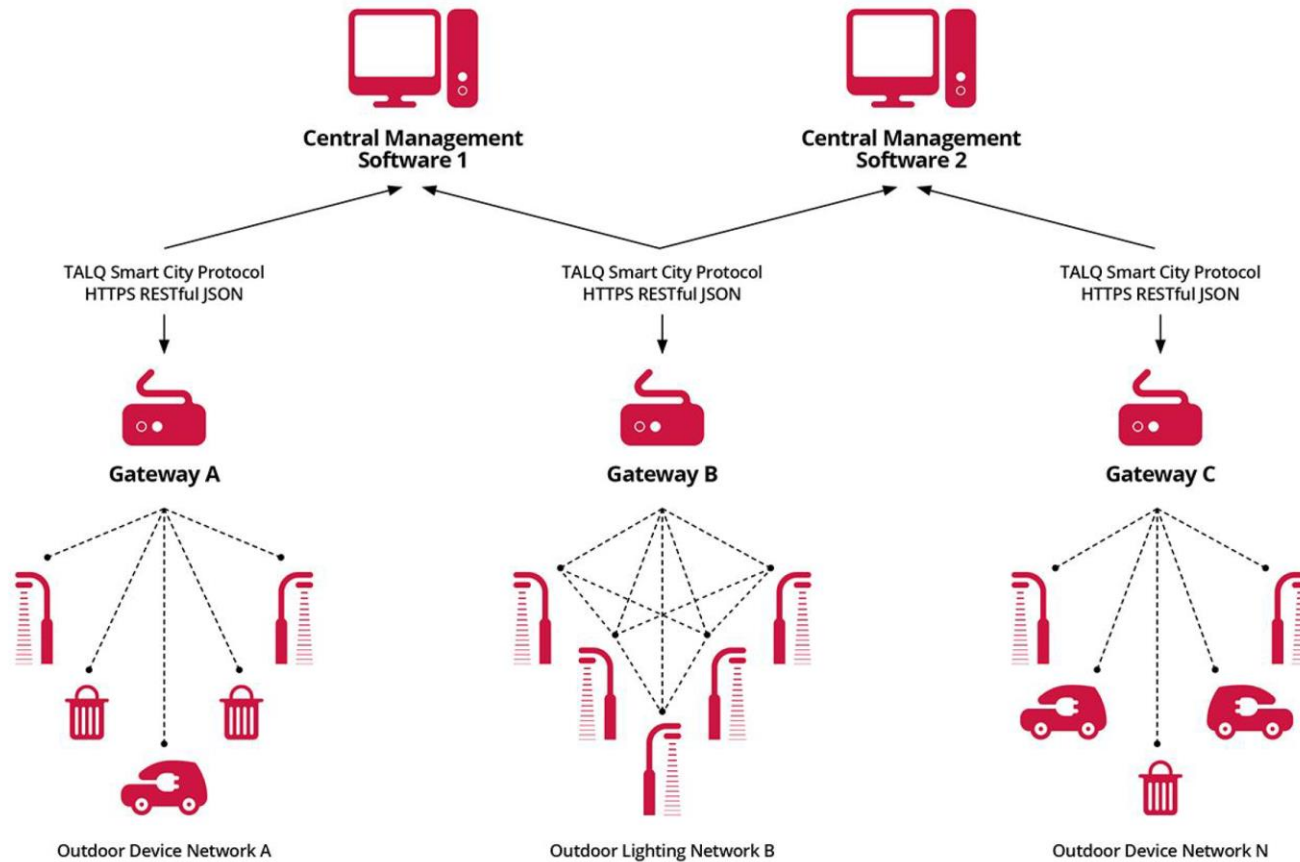
Výrobce	Stát	Web	Zastoupení	Řídicí systém
Capelon AB	Švédsko	www.capelon.se	ne	Green Street
CIMCON Lighting, Inc.	USA	www.cimconlighting.com	ne	LightingGale
Citintelly	Lotyšsko	www.citintelly.com	ne	x
Current, powered by GE	USA	www.currentbyge.com	??	LightGrid
DATmoLUX a.s.	ČR	www.datmolux.cz	ano	DATmoLUX
DimOnOff inc.	Kanada	www.dimonoff.com	ne	x
Echelon	USA	www.echelon.com	UK, Nizozemí	LUMEWAVE
Flashnet SA	Rumunsko	www.flashnet.ro	ne	inteliLIGHT
Harvard Technology Ltd	UK	www.harvardtechnology.com	DATmoLUX a.s.	LeafNut
Lumnex	Francie	www.lumnex.com	ne	x
Mayflower Complete Lighting Control	UK	www.mayflowercontrol.com	ne	x
Novaccess S.A.	Švýcarsko	www.novaccess.ch	ne	NovaLight
OMS, a.s.	Slovensko	www.omslighting.com	Elkov Elektro	CitySys
Orcave, spol. s r.o.	ČR	www.orcave.com	ano	AnyCity
OSRAM Česká republika s.r.o.	Německo	www.osram.com	ano	SLC
Philips Česká republika, s.r.o.	Nizozemí	http://www.lighting.philips.com	ano	AmpLight,
Radek Pechman	ČR	www.pechman.cz	ano	x
Reverberi Enetec	Itálie	www.reverberi.it	AKTÉ PK s.r.o.	Opera
Seak Energetics	Slovensko	www.seakenergetics.com	ne	x
Sensus	USA	https://sensus.com	ČR, Německo	VantagePoint
Schröder S.A.	Belgie	www.schreder.com	ano	Owlet
Siemens AG	Německo	www.siemens.com	ano	ISL
SLE	Slovensko	www.sleprojects.com	ne	CityOwl
Telematics Wireless	USA	www.telematics-wireless.com	ne	T-Light
Telensa Limited	UK	www.telensa.com	ne	PLANet
Thorn Lighting	UK	www.thornlighting.com	ano	InCity
Tvilight	Nizozemí	www.tvilight.com	ne	x
Umpi	Itálie	www.umpi.it	ne	Minos
Vosloch Schwabe	Německo	www.vosloh-schwabe.com	Slovensko	Managed light



DYNAMIC LIGHT

TOWARDS DYNAMIC, INTELLIGENT AND ENERGY EFFICIENT URBAN LIGHTING

INTEGRACE ŘÍDICÍHO SYSTÉMU VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ V RÁMCI SMART CITY



5. Dynamické veřejné osvětlení

- Adaptivní osvětlení:** dočasné řízené změny jasu nebo osvětlenosti v závislosti na intenzitě dopravy, době, klimatických podmínkách nebo dalších parametrech (ČSN CEN/TR 13201-1)
- Adaptivní „statické“:** autonomní řízení změny jasu nebo osvětlenosti na základě provozního profilu, řízené astronomickými hodinami v předřadné přístroji. Provozní profil vychází ze statistických údajů o intenzitě dopravy
- Adaptivní „dynamické“:** centralizované řízení změny jasu a osvětlenosti na základě informací o počasí, intenzitě provozu, krizových situací apod. podle aktuální situace. Vedle změny jasu lze měnit také teplotu chromatičnosti nebo charakter vyzařování svítidla



6. Veřejné osvětlení – majetek obce Konceptce veřejného osvětlení



VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ - MAJETEK OBCÍ

Činnosti související s majetkem:

Správa	veškeré činnosti související se správou majetku (evidence, pasport VO, kontrola, účetní a právní záležitosti, výběrová řízení, věcná břemena, technický rozvoj, stanoviska k projektové dokumentaci, příprava a realizace staveb, doplňková zařízení)
Nákup energie	sdružené - burza, zadávací řízení na dodávky, elektronická aukce
Provoz	hlášení poruch, dispečink, zapínání a vypínání VO...
Údržba	preventivní, běžná, havarijní
Obnova	pravidelná výměna prvků VO po dosažení životnosti
Modernizace	výměna prvků VO - vyšší kvalita a / nebo nižší náklady



VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ - MAJETEK OBCÍ

Náklady na veřejné osvětlení:

Odvozené pravidlo: 3 x 1 000 Kč / SM.rok, (SM – světelné místo)

Položky: energie, obnova, provoz a údržba

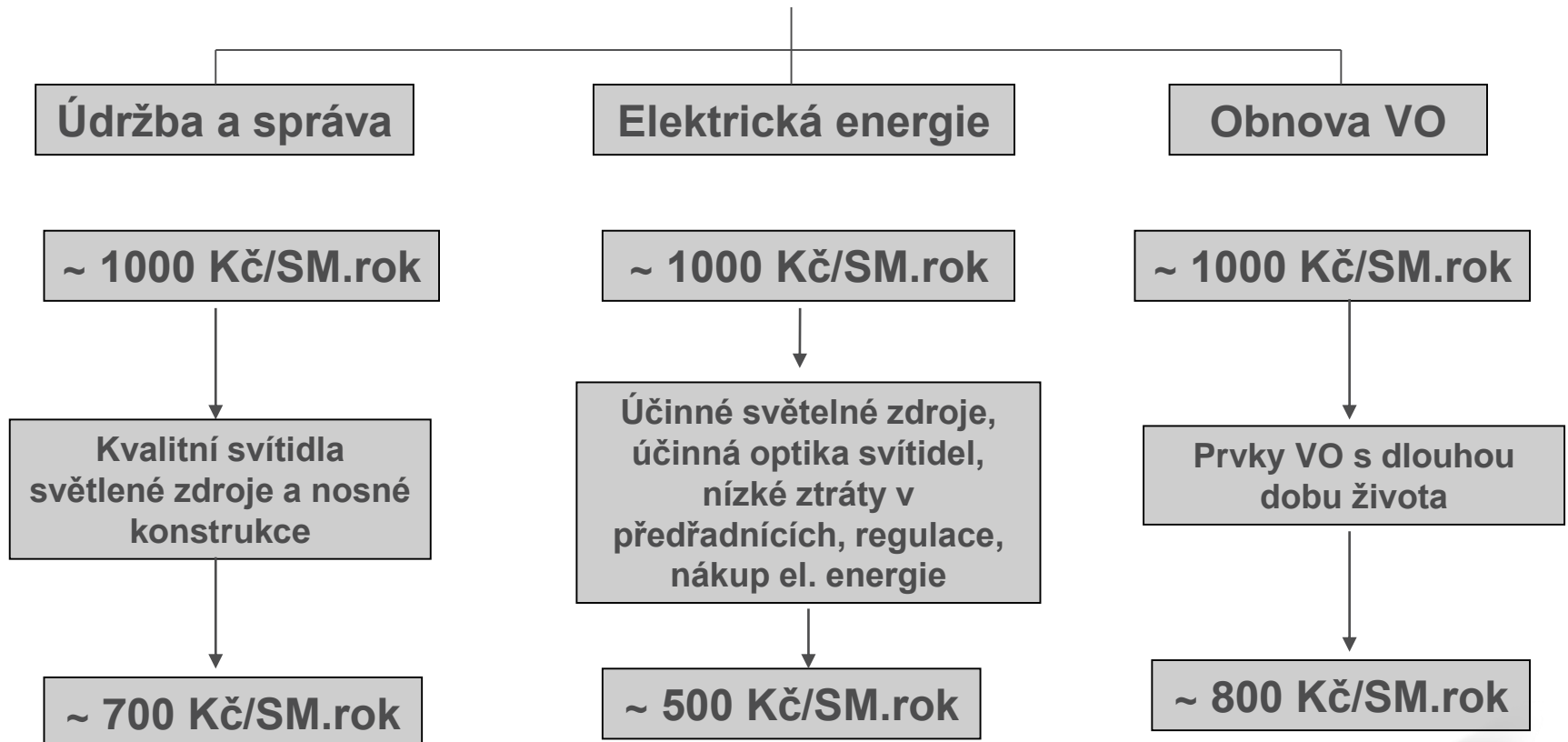
1. Energie: příklad: průměr v ČR 123 W/SM (2009, zdroj SEVEEn),
roční doba provozu: 4 000 hod/rok
sazba: cca 2,5 Kč/kWh
roční náklady: $0,123 \times 4000 \times 2,5 = 1230$ Kč/SM.rok

2. Obnova: příklad: průměrná pořizovací náklady 40 000 Kč/SM
průměrná životnost SM 40 let
roční náklady na obnovu $40\,000 / 40 = 1000$ Kč/SM.rok

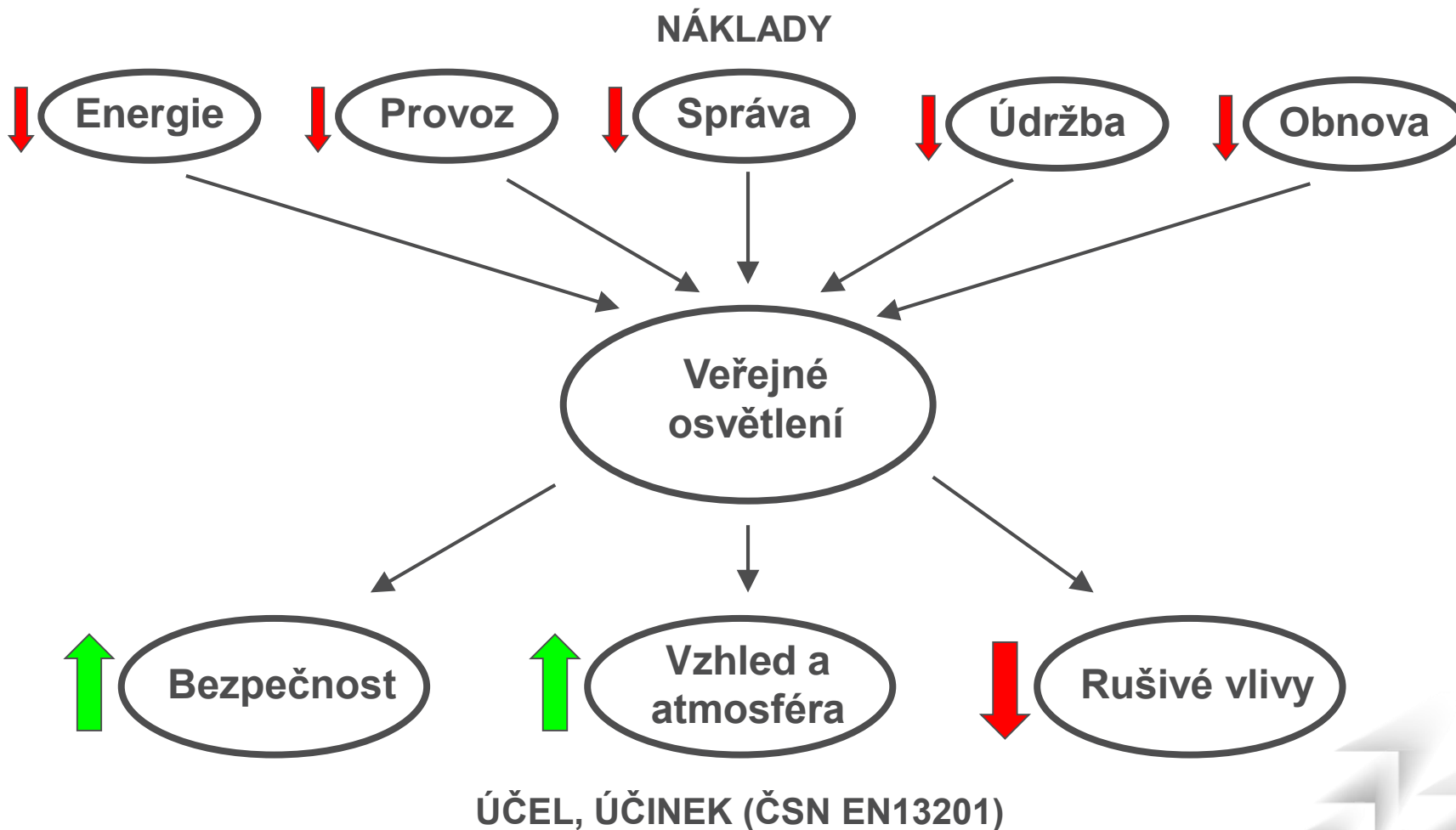
3. Provoz a údržba: výše nákladů na údržbu závisí na rozsahu osvětlovací soustavy a na rozsahu činností



VÝDAJE NA VEŘEJNÉ OSVĚTLENÍ:



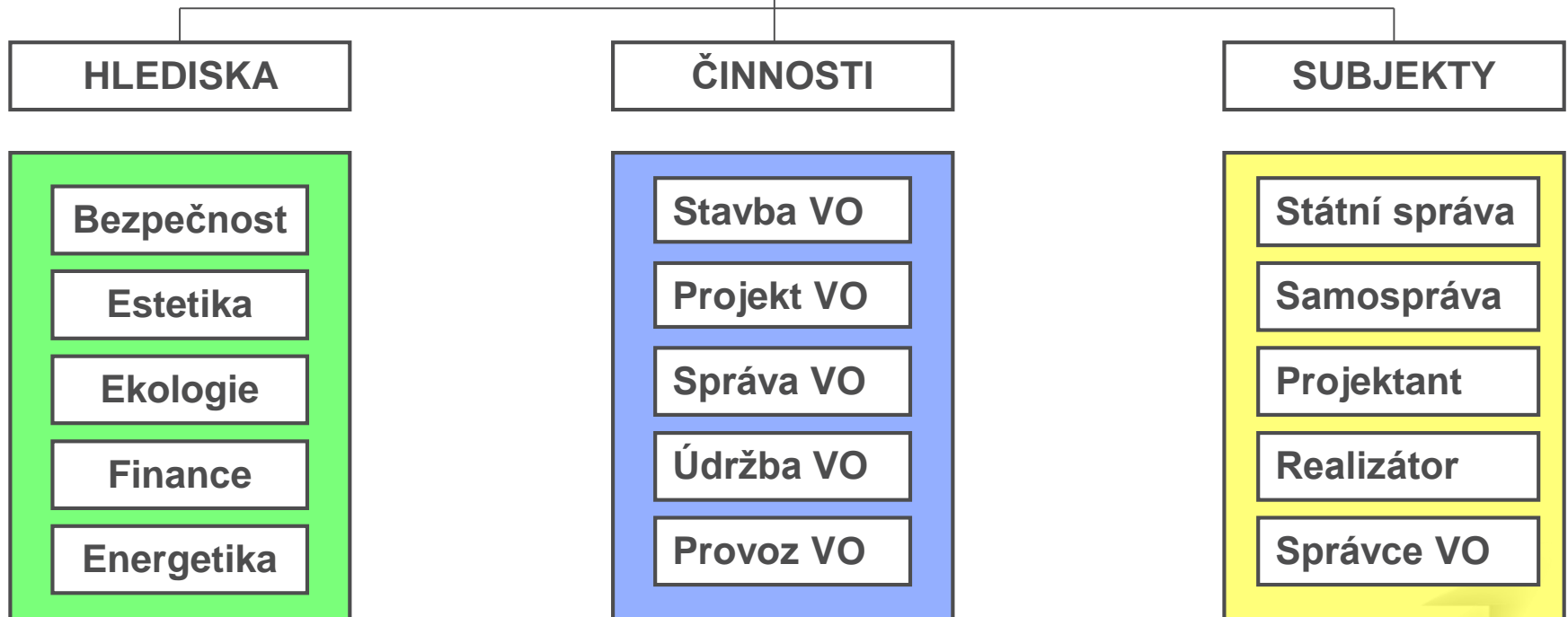
VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ - MAJETEK A VEŘEJNÁ INFRASTRUKTURA



KONCEPCE VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ



Co je kvalita veřejného osvětlení a co a kdo ji ovlivňuje



KONCEPCE VENKOVNÍHO OSVĚTLENÍ

1.

ZÁKLADNÍ PLÁN
OSVĚTLENÍ

2.

PLÁN OBNOVY A
MODERNIZACE

3.

STANDARDY PRVKŮ
A ČINNOSTÍ



DYNAMIC LIGHT

TOWARDS DYNAMIC, INTELLIGENT AND ENERGY EFFICIENT URBAN LIGHTING

Děkuji za pozornost

Ing. Petr Žák, Ph.D., ČVUT FEL

