

Veřejné osvětlení pro 21. století

Příručka pro města a obce



2017



„Dílo bylo zpracováno za finanční podpory Státního programu na podporu úspor energie na období 2017-2021 - Program EFEKT 2 pro rok 2017“

Publikaci pro Vás zpracovali

Ing. Miroslav Šafařík, Ph.D.

Ing. Theodor Terrich

Ing. arch. Petr Daniš

Ing. Štěpánka Rosová

Ing. Jiří Mazáček

Ing. Lucie Stuchlíková

Ing. Vítězslav Malý

Diana Omámíková

Za spolupráci děkujeme

Ing. Petr Žák, Ph.D. Ateliér světelné techniky

Ing. Milan Plíhal, Efektivní osvětlování

Ing. Jaroslav Klusák, Ph.D., SEMMO

O příručce

Tato příručka vznikla na základě požadavků z praxe, neboť v oblasti veřejného osvětlení dlouhodobě chyběla „skripta“ shrnující obecně známé záležitosti dostupné z mnoha a která by současně reagovala na bouřlivý vývoj v oblasti světelných LED zdrojů, tzv. chytrého a dynamického osvětlování a dalších technologických možností.

Dílčích tematických publikací a metodických příruček je k dispozici celá řada, stejně jako v ČR dlouhodobě dobře funguje informovanost v oblasti veřejného osvětlení, osvětově působí zejména Společnost pro rozvoj veřejného osvětlení, dále také například IRMO a vychází odborný časopis Světlo (www.odbornecasopisy.cz/svetlo/), jehož, jakož i dalších zdrojů v této příručce, s výhodou využíváme.

Relativně bouřlivý vývoj v oblasti světelných zdrojů, jejich řízení, regulace a také v oblasti normotvorby způsobuje, že jakákoli příručka rychle zastarává. Pokusili jsme se zde vytvořit alespoň částečně nadčasový zdroj informací, inspirace a podkladů tak, aby všichni, kteří se v oblasti veřejného osvětlení pohybují denně či jen příležitostně, měli po ruce komplexní informace a mohli se k nim kdykoli vrátit na jedno místo.

1. Východiska a technické aspekty VO

1.1. Úloha VO v urbanismu a dotváření veřejného prostoru

Veřejné osvětlení významným způsobem ovlivňuje vzhled a atmosféru veřejných prostranství. Při jejich návrhu je třeba vzít v úvahu kulturněhistorické a estetické hodnoty a respektovat je při volbě osvětlovací soustavy a parametrů osvětlení, například teplotu chromatičnosti.

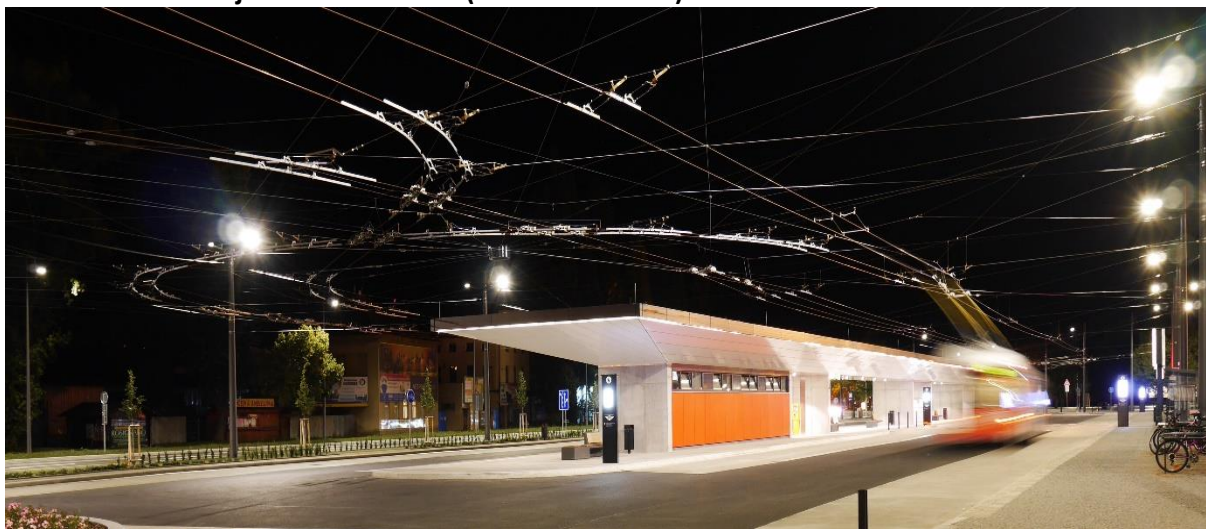


Psychologický pocit bezpečí má přímou souvislost s hladinou jasu a teplotou chromatičnosti. Je dokázáno, že vyšší teplota chromatičnosti (chladnější barevná teplota) navozuje člověku psychologický pocit vyšší míry bezpečí při totožných parametrech osvětlení.

Vyšší jas halogenidových výbojek a světelných zdrojů na bázi LED rovněž navozuje pocit většího bezpečí ve srovnání se světlem vysokotlakých sodíkových výbojek.

Funkčnost a důmyslnost světelně technických řešení významným způsobem ovlivňuje vzhled a dojem z města během nočních hodin. Vhodná kombinace plošného architekturního osvětlení a světelného zdůraznění vybraných částí města a architektury dodává městu na atraktivitě a rovněž zajišťuje a zlepšuje bezpečnost ve městě.

Obrázek 1 Spojení účelného osvětlení městské silnice a zvýraznění moderní městské architektury – trolejbusového nádraží (foto: ETNA s.r.o.)



Ke kvalitě veřejných prostranství přispívá pečlivá plánovací a projekční příprava. Stěžejní je celková koncepce vycházející z vize města či obce a která vnáší soulad všech dílčích záměrů a časových fází. Základním předpokladem je striktní rozlišování kompetence jednotlivých aktérů procesu rozhodování. Na základě jasně definovaného zadání investora by měla být zpracována celostní koncepce místa, která v současnosti již musí zohlednit a navázat na další strategie a záměry ve městě, v souvislosti se strategickým plánem, koncepcí Smart City, s dopravně bezpečnostní koncepcí, krizovými plány apod. Tím je daleko více nezbytná koordinace projektů a je nezbytné průběžně zpracovávat vstupy a požadavky dalších účastníků a specialistů, například v rámci pracovní skupiny pro rozvoj Smart City apod.



V rámci zpracování koncepce je vhodné již vytipovat místa, kdy by v budoucnu bylo možné uplatnit dynamické osvětlení.

Dynamické veřejné osvětlení by mělo reagovat na proměnu rytmu denní doby a způsob využívání veřejných prostranství. I při respektování platné legislativy, norem a zásad bezpečnosti lze v každém městě najít taková místa, kde je uplatnění dynamického osvětlení možné.

Obrázek 2 Příklad osvětlení veřejného prostranství moderními LED svítidly (foto: ETNA s.r.o.)



1.2. Světelné zdroje a svítidla ve VO

Výběr svítidel a světelných zdrojů je rozhodující pro ekonomický provoz soustavy VO. Značně ovlivňuje nejen pořizovací výdaje na soustavu, ale také budoucí výdaje na údržbu a obnovu. V případě rekonstrukce soustavy VO je nutno respektovat jak geometrii osvětlovaného prostoru, tak geometrii (rozmístění světelných míst) stávajících prvků osvětlovací soustavy.

Dle charakteru osvětlovaného prostoru lze svítidla rozdělit do několika aplikačních skupin dle vyzařovací charakteristiky.

silniční svítidla	Křivka svítivosti je optimalizována pro montáž svítidel na stožáry výšky 8 – 12 m. Vyzařovací charakteristika v rovině čar svítivosti C0-C180 je symetrická, rovina C90-C270 je navržena tak, aby většina světelného toku směřovala směrem od paty stožáru.
parková svítidla	Křivka svítivosti je přibližně rotačně symetrická. Svítidla jsou určena pro montážní výšku do 6m.
spotová svítidla	Jsou určena zejména pro architektonická a slavnostní osvětlení.
svítidla pro chodníky a cyklostezky	Většina světelného toku je směřována do roviny C0-C180, tzn. v ose komunikace. Svítidla jsou navržena pro dosažení co největších roztečí mezi stožáry.

1.2.1. Základní parametry světelných zdrojů

Ve veřejném osvětlení jsou v současné době stále ještě nejrozšířenější vysokotlaké nebo nízkotlaké výbojové zdroje světla (výbojky) s ohledem na dobrý poměr ceny, životnosti a měrného světelného výkonu. V poslední dekádě zažívají velký rozvoj výkonové polovodičové zdroje světla – světlo emitující diody LED, které se stávají stále dostupnějšími. Parametry moderních výkonových LED zdrojů se stále zlepšují a svými kvantitativními parametry již předčily výbojové zdroje světla, zejména v životnosti i v měrném světelném výkonu.

Pro objektivní posuzování světelných zdrojů se vychází z kvalitativních a kvantitativních parametrů, které určují jejich vlastnosti.

kvantitativní parametry světelného zdroje	světelný tok Φ (lm)
	příkon zdroje P (W)
	měrný světelný tok zdroje (měrný výkon) K (lm · W ⁻¹)

Měrný výkon vyjadřuje účinnost zdroje a je jeden z nejdůležitějších parametrů pro srovnání světelných zdrojů.



Pro srovnávání světelných zdrojů nebo svítidel je důležité, aby posuzované parametry, měrný výkon nebo příkon, byly na stejné úrovni, tj. na úrovni samostatného světelného zdroje nebo celého svítidla.

Měrný výkon svítidla = měrný výkon světelného zdroje – ztráty na předřadníku (driveru) – tepelné ztráty – ztráty v optickém systému svítidla.

kvalitativní parametry světelného zdroje	doba života T (h)
	všeobecný index podání barev R_a (—)
	teplota chromatičnosti T_c (K)
	resp. náhradní teplota chromatičnosti T_n (K)

Doba života světelných zdrojů se udává jako:

- celková doba fyzického života (teplotní zdroje),
- užitečný život (výbojové zdroje), kdy je požadováno, aby po uplynutí 70 % doby života nepoklesl světelný tok o více jak 30 % z původní hodnoty jmenovitého světelného toku.

Jmenovitý světelný tok se udává po 100 h svícení – tzv. době zahoření. Téměř většina světových výrobců udává dobu života při 50% selhání, tj. doba, kdy z množiny testovaných zdrojů zůstává 50 % funkčních – střední doba života.

V praxi se dále používá tzv. servisní doba života, která odpovídá době, po které přežívá 90 % světelných zdrojů (tj. 10% selhání).

Všeobecný index barevného podání R_a (-) představuje účinek světelného zdroje, jaký má na osvětlované předměty a je porovnáván s normalizovaným druhem světla. Index podání barev číselně udává stupeň shodnosti vnímání barev stejného předmětu osvětlovaným daným zdrojem a normalizovaným zdrojem. Index nabývá hodnot $< 0; 100 >$, přičemž 100 je maximum rozpoznání barev.

Všeobecný index podání barev je odvozen jako průměr osmi hodnot zkušebních barevných vzorků (růžová, žlutá, žluto-zelená, zelená, světle modrá, blankytně modrá, fialová a světle purpurová).

Tabulka 1 Skupiny všeobecného indexu podání barev

skupina	index podání barev
1A	$R_a \geq 90$
1B	$90 > R_a \geq 80$
2A	$80 > R_a \geq 70$
2B	$70 > R_a \geq 60$
3	$60 > R_a \geq 40$
4	$40 > R_a \geq 20$

Teplota chromatičnosti T_c (K) vyjadřuje barevné vlastnosti světla teplotních zdrojů. Pro světelné zdroje s čárovým spektrem vyzařovaného světla (výbojky, LED) se k popisu barvy užívá náhradní teplota chromatičnosti T_n (K). Náhradní teplota chromatičnosti je definována bodem teploty chromatičnosti, která leží nejbližší čáře chromatičnosti teplotních zářičů.



Náhradní teplota chromatičnosti nevypovídá nic o barevném složení světla (vyzařovaného spektra), ani o podílu zastoupení jednotlivých vlnových délek čárového spektra, pomocí kterých bylo dosaženo bílého světla. (Problematika zejména u LED světelných zdrojů).

Další parametry světelných zdrojů	geometrické rozměry zdroje a patice
	předepsaná poloha svícení
	závislost světelného toku na teplotě okolí či na napájecím napětí
	doba náběhu – ustálení jmenovitých parametrů zdroje
	doba opětného zapálení po přerušení napájení
	případně jiné provozní vlastnosti

1.3. Výbojové zdroje světla

Ve výbojových zdrojích světla se využívá výboj v nasycených nebo nenasycených parách kovů a plynech. Podle velikosti pracovního tlaku se dělí nejčastěji na nízkotlaké, vysokotlaké a velmi vysokotlaké. Některé výbojové zdroje využívají fotoluminiscence, která je buzena ultrafialovým zářením vznikajícím ve výboji.

Výbojové zdroje musí být provozovány ve spojení s předřadnými přístroji, elektromagnetickým předřadníkem (tlumivkou doplněnou o zapalovač) nebo elektronickým předřadníkem (driver).

Předřadná zařízení mají za úkol udržet a stabilizovat výboj. Použití správného předřadníku má vliv na fungování zdroje a také jeho dobu života. Pro provoz každého světelného zdroje vyžadující předřadník je důležitá jeho vlastní spotřeba elektrické energie, tedy celkový příkon výbojky včetně předřadníku, resp. LED svítidla včetně driveru.

Starší elektromagnetické (indukční) předřadníky pracují se síťovou frekvencí 50 Hz, standardem však již je předřadník elektronický, který v sobě slučuje všechny potřebné komponenty a který pracuje s vysokou frekvencí (30 kHz), která je vhodná pro zápal výbojových zdrojů. Výhodou je odstranění míhání světla způsobené zhášením a opětovným zapalováním výboje při průchodu proudu nulou v periodě sítě, nevýhodou může být zkreslování napájecí sítě vyššími harmonickými frekvencemi.

Elektronické předřadníky se používají zejména u nízkotlakých výbojových zdrojů a kompaktních vysokotlakých výbojek, převážně nižších příkonů.

1.4. Nízkotlaké rtuťové výbojky

Do této kategorie zdrojů se zahrnují jednak zářivky lineární a kompaktní, tak i indukční výbojky, též nazývané bezelektrodové výbojky.



Stmívání zářivek je v oblasti světelné techniky zcela běžné a technicky nenáročné. Avšak ve VO se zářivky instalují v omezeném rozsahu (podchody, přístřešky HHD) z důvodu značné závislosti světelného toku na okolní teplotě.

Pro veřejné osvětlení, natož pak pro dynamické osvětlování veřejných prostranství jsou tyto světelné zdroje zcela nevhodné.

S kompaktními zářivkami se ve VO lze setkat na nízkofrekventovaných ulicích, převážně v malých obcích. Jedná se o kompaktní zářivky určené pro provoz s externím předřadníkem. Kompaktní zářivky pro VO mají oproti interiérovým zářivkám menší závislost světelného toku na teplotě okolí a rovněž jsou určeny pro provoz v chladnějším prostředí. Aplikace kompaktních zářivek s integrovaným předřadníkem v patici zdroje je pro potřeby VO z důvodu nízkého měrného výkonu nepřijatelná.

Obrázek 3 Převážně v některých malých obcích velmi oblíbený typ svítidla na kompaktní zářivky; z mnoha důvodů však pro soustavy VO nevhodný (foto: Theodor Terrich)



Kompaktní zářivky díky svým rozměrům umožňují konstrukci svítidel s lepšími fotometrickými parametry než lineární zářivky. **Standardní provedení kompaktních zářivek je pro aplikace v našem podnebném pásu zcela nevhodné** z důvodu značné závislosti světelného toku na okolní teplotě. U zářivek určených pro provoz při nižších teplotách okolí se tato závislost zmírňuje, ale ani tak nejsou kompaktní zářivky perspektivním zdrojem pro VO.

Kompaktní zářivky s integrovaným předřadníkem, tzv. úsporné zářivky jsou pro VO zcela nevyhovujícím světelným zdrojem zejména kvůli nízkému světelnému toku.

Měrný výkon indukčních výbojek dosahuje hodnoty 70 až 96 $\text{lm} \cdot \text{W}^{-1}$ a index barevného podání je obdobný jako u zářivek – $R_a \sim 85$. Jejich hlavní předností je díky bezelektrodové konstrukci extrémně dlouhá doba života a to až 60 000 hodin a schopnost zápalu při velmi nízkých teplotách (-40°C), což je předurčuje pro použití na špatně přístupných místech (převážně osvětlení tunelů, přístřešků čerpacích stanic).

Nevýhodou tohoto zdroje je značný pokles světelného toku ke konci života a značné geometrické rozměry. Ke své činnosti potřebují vysokofrekvenční budící zdroj, který je technologicky náročný na výrobu a zvyšuje tak výdaje na pořízení tohoto zdroje světla.



Indukční výbojky se zdály být perspektivními světelnými zdroji, avšak kvůli vysokým pořizovacím cenám pronikly do VO jen v omezené míře a jsou nahrazovány LED zdroji.

Obrázek 4 Svítidlo VO s indukční výbojkou na sloupu NN (foto: Theodor Terrich)



1.5. Nízkotlaké sodíkové výbojky

Veškerá vyzařovaná energie výbojky se nachází ve dvou vlnových délkách vyzařovaného světla v blízkosti maximální citlivosti lidského oka. To z nízkotlaké sodíkové výbojky činí výbojový zdroj s technicky maximální možnou účinností s měrným výkonem $140 - 200 \text{ lm} \cdot \text{W}^{-1}$. Doba života je 14 - 18 tisíc hodin.

Plného svitu dosáhne výbojka po 7 až 15 minutách hoření a znovuzapálení je možné během několika sekund. Zásadním nedostatkem je vyzařování monochromatického žlutého světla, neboť index barevného podání se rovná nule a osvětlované předměty se jeví jako černožluté.



Nízkotlaké sodíkové výbojky jsou sice společně s LED energeticky nejúčinnějším zdrojem světla, ale z důvodu monochromatickosti světla, velkým geometrickým rozměrům baňky a také vyšší ceně se ve VO příliš nerozšířily. Již v minulosti byly potlačeny rtuťovými výbojkami a později vysokotlakými sodíkovými výbojkami.

Pro dynamické řízení tyto světelné zdroje nelze použít.

1.6. Vysokotlaké rtuťové výbojky

Spektrum záření leží z části v oblasti ultrafialové a viditelné, zejména v modro-fialové a zelené barvě světla, proto je nezbytné použití luminoforu (vanadičnan yttritý), který část ultrafialového záření transformuje do viditelné červené oblasti spektra a zlepšuje tak index podání barev.

Měrný výkon vysokotlakých rtuťových výbojek dosahuje hodnot pouze $50\text{--}60 \text{ lm}\cdot\text{W}^{-1}$ a ve srovnání s jinými světelnými zdroji je účinnost přeměny elektrické energie na viditelné světlo velmi malá. Podle evropské směrnice o výrobcích spojených se spotřebou energie (ErP) 2009/125/ES byla od roku 2015 ukončena jejich výroba.

Ve veřejném osvětlení byly tyto výbojky již v minulosti postupně nahrazovány jinými účinnějšími zdroji světla.



Vysokotlaké rtuťové výbojky v současné době dosluhují ve starých instalacích VO. Pro jejich okamžitou náhradu bez nutnosti jakékoliv úpravy svítidel existují speciální vysokotlaké sodíkové výbojky (Plug-in), jejich výroba bude v budoucnu také utlumena.

Rtuťové výbojky nelze stmívat a pro dynamické řízení tyto světelné zdroje nelze použít.

Obrázek 5 Příklad rozšířeného způsobu instalace na sloupech nízkého napětí (foto: Theodor Terrich)



1.7. Halogenidové výbojky

Vysokotlaké halogenidové výbojky vznikly vývojem z vysokotlakých výbojek rtuťových, do jejichž hořáku obsahující rtuť byly zaneseny halogenidy kovů nebo kovů vzácných zemin. Vedle halogenidových výbojek s křemenným hořákem (vyvinutých v 60. letech 20. století), existují halogenidové výbojky s hořákem keramickým (polykrystalická korundová keramika).

Halogenidové výbojky s křemenným hořákem mají standardně příkon od 150 W do 2000 W. Doba života se pohybuje v rozmezí 8-12 tisíc hodin a měrný výkon výbojek je v rozmezí 60-100 $\text{lm}\cdot\text{W}^{-1}$. Výbojky mívají často předepsanou polohu svícení.

Keramický hořák (polykrystalický korund) je oproti křemennému sklu odolnější a jeho použití přineslo zvýšení měrného výkonu až na 130 $\text{lm}\cdot\text{W}^{-1}$, snížení příkonu výbojek a možnost vyrábět je jako kompaktní. Příkonová řada cca od 20 W a do 400 W. Různým složením náplně hořáku je dosahováno velmi širokého intervalu náhradní teploty chromatičnosti 2 800 K-7 200 K s indexem podání barev $R_a > 60$ až 80.

Vynikající index barevného podání u bromidových a jodidových výbojek je vykoupen nižším měrným výkonem (60 $\text{lm}\cdot\text{W}^{-1}$).

Technickým kompromisem mezi měrným výkonem a dobrým barevným podáním jsou halogenidové výbojky s obsahem dysprosia, svým spektrálním složením a výslednou barevnou teplotou se velmi blíží dennímu světlu, avšak kvůli vysokým pořizovacím nákladům se užívají jen v náročných aplikacích na osvětlování (stadiony, TV studia).



Halogenidové výbojky s křemenným hořákem se instalují zejména v architektonickém osvětlení. Světelný tok u těchto výbojek nelze regulovat. Při snížení napětí dochází ke změnám barvy vyzařovaného světla a výrazně se zkracuje jejich život.

Halogenidové výbojky s keramickým hořákem jsou ve VO používány často, převážně v centrech měst. Stmívání halogenidových (kompaktních) výbojek je v omezeném rozsahu možné, ale v praxi se provádí jen výjimečně.

Obrázek 6 Parkové svítidlo osazené reflektorovou halogenidovou výbojkou (foto: Theodor Terrich)

1.8. Vysokotlaké sodíkové výbojky

Vysokotlaké sodíkové výbojky se vyznačují velkým měrným výkonem až $150 \text{ lm} \cdot \text{W}^{-1}$ při barevném podání $R_a \sim 25$ (standardní výbojky). Doba života se pohybuje v rozmezí 20 000 až 30 000 h. Náhradní teplota chromatičnosti $T_c = 2\,000 \text{ K}$. Příkonová řada od 50 do 1 000 W v různých modifikacích.

Výroba standardních sodíkových výbojek byla z důvodu nízké energetické účinnosti (evropská směrnice ErP 2009/125/ES) v roce 2012 v EU ukončena a definitivně nahrazena sodíkovými výbojkami se zvýšeným tlakem xenonu, které dosahují vyšší účinnosti. Tyto výbojky kladou větší nároky na tyristorové VN zapalovače. Ke svému zápalu vyžadují vysokonapěťové pulzy (4,5 kV) v širším pásmu obou půlperiod sinusového průběhu napětí.

Rozšířené jsou výbojky, které lze provozovat bez VN zapalovače na předřadnících určených původně pro provoz vysokotlakých rtuťových výbojek (tzv. „Plug-in“).

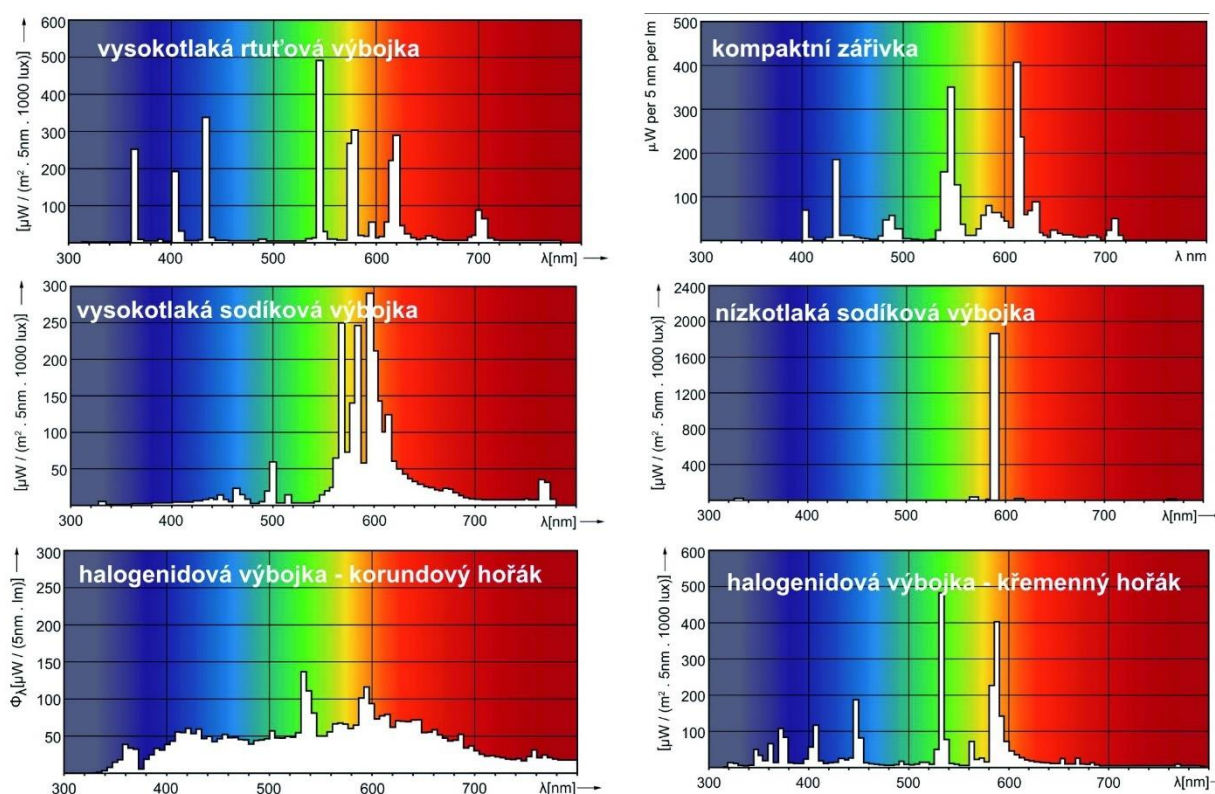
Dalším vývojovým stupněm jsou tzv. sodíko-xenonové výbojky, komerčně označovány jako bílý sodík. Svou konstrukcí se velmi blíží kompaktním halogenidovým výbojkám s korundovými hořáky.

Tabulka 2 Srovnání měrných účinností výbojových světelných zdrojů se závitovou patičí E27, E40 (Zdroj dat: Osram)

vysokotlaká sodíková výbojka čirá		vysokotlaká sodíková výbojka čirá „super“		vysokotlak. sodíková výbojka „super“ s rozptylovou vrstvou	
výkon (W)	světelný tok (lm)	výkon (W)	světelný tok (lm)	výkon (W)	světelný tok (lm)
50	3 800	50	4 200	50	4 000
70	6 000	70	6 600	70	6 300
100	9 800	100	10 700	100	10 400
150	15 000	150	17 500	150	17 100
250	28 000	250	33 200	250	31 600
400	48 000	400	56 500	400	55 500

vysokotlak. sodíková výbojka pro přímou náhradu rtuťové výbojky		halogenidová výbojka křemenný hořák		halogenidová výbojka keramický hořák	
výkon (W)	světelný tok (lm)	výkon (W)	světelný tok (lm)	výkon (W)	světelný tok (lm)
68	5 600	70	6 000	35	4 200
110	7 800	100	8 500	50	6 000
210	18 000	150	13 000	70	8 000
340	33 000	250	22 500	100	12 000
350	34 000	400	34 000	150	17 300
				250	32 000

Obrázek 7 Srovnání vyzařovaného spektra výbojových zdrojů (Zdroj: Philips)



Vysokotlaké sodíkové výbojky jsou stále nejrozšířenějšími světelnými zdroji ve veřejném osvětlení.

Stmívání výbojek je běžné, ale lze je provádět až po dosažení jmenovitých parametrů. Stmívání lze provádět na 50 % hodnoty jmenovitého světelného toku. Z energetického hlediska je přínos stmívání těchto výbojových zdrojů malý. Při snížení světelného toku o 50 % klesá příkon výbojky jen o 30 % ze jmenovité hodnoty.

Pro potřeby dynamického osvětlení se tyto výbojky dají použít s omezením.

Obrázek 8 Designové svítidlo s integrovaným výložníkem osazené vysokotlakou sodíkovou výbojkou (foto: Theodor Terrich)



1.9. LED světelné zdroje

Výkonové LED jsou polovodičovým zdrojem světla a pracují na principu elektroluminiscence. Emitované světlo se pohybuje v úzké oblasti barevného spektra, které odpovídá jedné barvě (červená, zelená, oranžová nebo modrá). Pro účely osvětlování se začaly LED používat až po vyvinutí modře svítící LED, což následně umožnilo vyrábět bílé světelné diody. Lze dosáhnout hodnoty indexu podání barev, $R_a > 90$. Náhradní teplota chromatičnosti bílých led se pohybuje v intervalu 2 500 K – 8 000 K. Pro účely všeobecného osvětlování se užívají LED s náhradní teplotou chromatičnosti do 5 000 K.

Možností jak dosáhnout bílého světla, je použití modré LED (případně LED s ultrafialovým zářením) opatřené luminoforem. (tzv. phosphor-converted – PC-LED). Další možností je využití modré LED s luminoforem doplněnou o červenou LED pro zvýšení účinnosti, tzv. hybridní LED (HY-LED). Jinou možností je míchání výsledného bílého světla pomocí čtyř barev – červená, zelená, modrá a žluto-jantarová (barevný model RGBA), tzv. color-mixed (CM-LED).

Výkonový LED modul v sobě obsahuje několik výkonových čipů. Jednotlivé čipy jsou buď umístěny na společné základně a překryty čírymi rozptylovými čočkami, nebo je modul opatřen společnou difúzní vrstvou s luminoforem (COB LED). Základna modulu je zhotovena z hliníku pro dobrý odvod tepla přes přídavný chladič. Napájení jednotlivých modulů zajišťuje předřadník – zdroj konstantního proudu (pro výkonové LED obvykle 350 mA nebo 700 mA).

Zásadní roli pro zajištění dlouhé doby života světelného zdroje hraje chlazení. Zvýšená pracovní teplota snižuje významně dobu života a nepříznivě ovlivňuje světelný tok.

Světelné diody jsou velmi perspektivním zdrojem, který se stále vyvíjí. Měrný výkon LED se stále navyšuje, v současnosti se u běžně dostupných LED svítidel pro veřejné osvětlení měrný výkon světelných diod pohybuje okolo 100-160 lm·W⁻¹. V laboratorních podmínkách je dosahováno účinnosti vyšší.

Doba života LED je dle typu 50-100 tisíc hodin, nicméně vývoj je stále rychlý a světelně-technické parametry se nadále zlepšují.



Výkonové LED mají široký rozsah náhradních teplot chromatičnosti a příkonů. Jejich světelný tok lze efektivně směřovat a využívat. Celková účinnost osvětlovacích systémů s LED zdroji světla – účinnost světelného zdroje, optického systému svítidla, činitel využití světelného toku je jinými konvenčními světelnými zdroji nepřekonatelná.

LED zdroje lze plynule řídit v celém rozsahu jmenovitého světelného toku a rovněž je lze plynule rozsvěcovat. Ve spolupráci s řídicí elektronikou, která udržuje konstantní světelný tok LED zdroje po dobu jejího života, se z těchto světelných zdrojů stávají perspektivní zdroje světla pro účely nejen dynamického řízení VO, ale také pro nejrůznější aplikace všeobecného osvětlování.

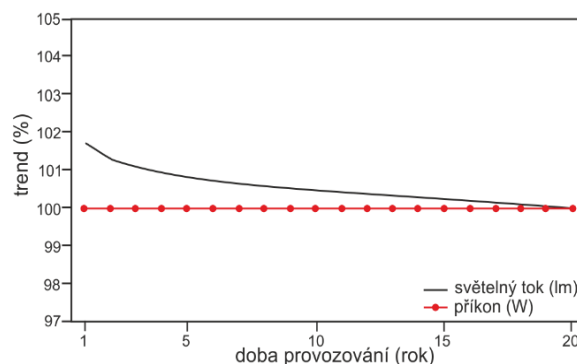
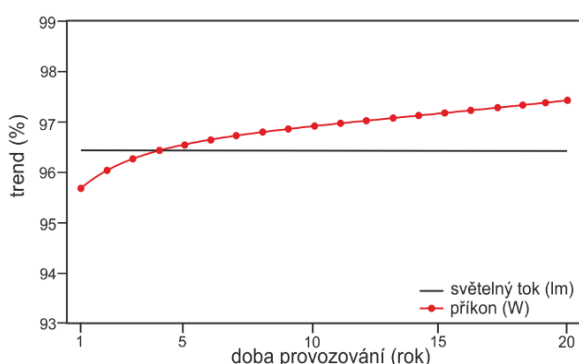
Pro měrný výkon LED zdrojů je podstatné, jakým budícím proudem jsou LED čipy napájeny, přičemž standardní budící proud LED je 350mA. Podle zdroje společnosti Indal například při budícím proudu 500 mA naroste světelný tok LED o 35%, ale příkon vzroste o 45%.



V případě některých levných LED zdrojů tak může být vysokého světelného toku dosahováno pulzním vysokofrekvenčním „přebuzováním“, což má za následek jednak zkrácení doby života LED čipů, ale také možnost vzniku stroboskopického jevu.

Na principu zvyšování budícího proudu funguje také způsob udržování konstantního světelného toku LED po dobu jeho života (CLO). Konstantní světelný tok zajišťuje driver LED modulu, který v průběhu stárnutí světelného zdroje (počtu odsvícených hodin) postupně zvyšuje, na základě matematického modelu, budící proud LED až na jeho nominální hodnotu. Srovnání LED modulů s CLO technologií a standardních LED jsou vyobrazeny v grafech.

Obrázek 9 Srovnání LED 8000 lm CLO (vlevo) a LED 8000 lm standard (vpravo) svítidlo Wow iGuzzini (zdroj Streetware.com)





Činitele poklesu světelného toku (LLMF = lamp lumen maintenance factor) má nejen u LED svítidel zásadní vliv na návrh osvětlovací soustavy, na investiční i provozní výdaje. Technologie konstantního světelného toku pouze napomáhá udržovat činitel poklesu světelného toku v průběhu stárnutí na hodnotě blízké jedné.

V současnosti v případě vysoce kvalitních LED modulů s LLMF < 0,97, není zapotřebí technologii CLO využívat a někteří výrobci už technologii CLO implementují do driveru jen na přání zákazníka.

Využívání LCO se projeví postupným zvyšování spotřeby elektrické energie svítidla. Za dobu života LED modulu (až 80 000h) se příkon zvýší přibližně o 2 – 3%

Investor by měl vždy požadovat LED svítidla osazené LED moduly s co nejnižším činitelem poklesu světelného toku a možností regulace pro autonomní či skupinové řízení (statická, či dynamická regulace)

Tabulka 3 Srovnání příkonu LED svítidel se standardními drivery a drivery využívající CLO technologii

Světelný tok (lm) (minimální dosažená hodnota)	Celkový příkon LED svítidla za dobu provozování (W)		
	Standard	CLO	
3 000	29	28,9 – 29,1	Ø 29
4 500	52	42,1 – 42,3	Ø 42
8 000	92	86 – 88	Ø 87
12 000	136	125 – 127	Ø 126
14 500	162	157 – 161	Ø 159

Poznámka: Hodnoty příkonů jsou počítány pro totožná LED svítidla s moduly buzenými různě vysokým proudem v závislosti na využívání CLO technologie a požadované hodnotě světelného toku. Maximální světelný tok LED modulu dodávaný se svítidlem činí 14 500lm.

Doba provozování svítidel je počítána na hodnoty 11h/den po dobu 20 let bez využívání stmívání (regulace světelného toku) a celková doba provozu činí 80 300 h. Ve výpočtech je uvažováno s teplotou okolí 15°C a teple bílou barevnou teplotou LED (3 000K)

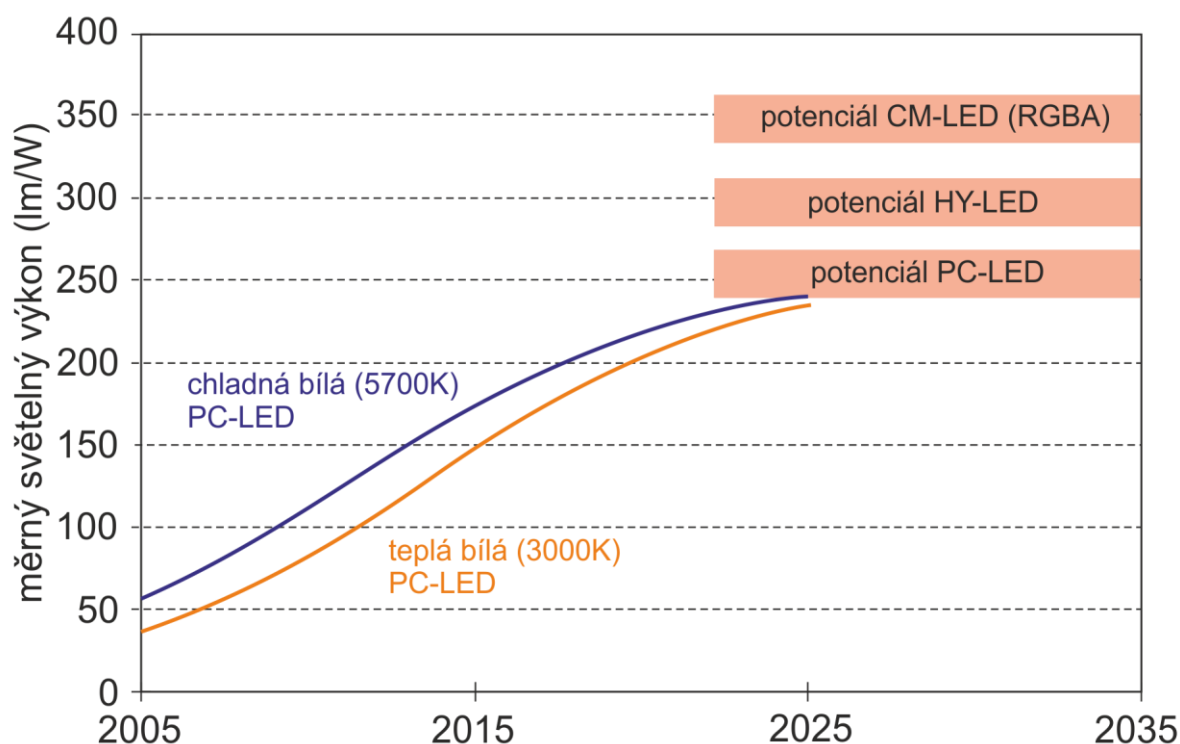
Zdroj dat: iGuzzini

Obrázek 10 Silniční celohliníkové LED svítidlo s propracovaným optickým systémem a chlazením
(foto: Theodor Terrich)



Účinnost, resp. měrný světelný tok (měrný výkon) současných LED s vyšší barevnou teplotou (chladnější barva světla) je v porovnání s teple bílými LED (s nižší náhradní teplotou chromatičnosti) o +4 % až +7 % vyšší dle konkrétního typu. Predikce budoucího vývoje LED nasvědčuje postupnému srovnání účinností LED světelných zdrojů s nízkými a vysokými náhradními teplotami chromatičnosti.

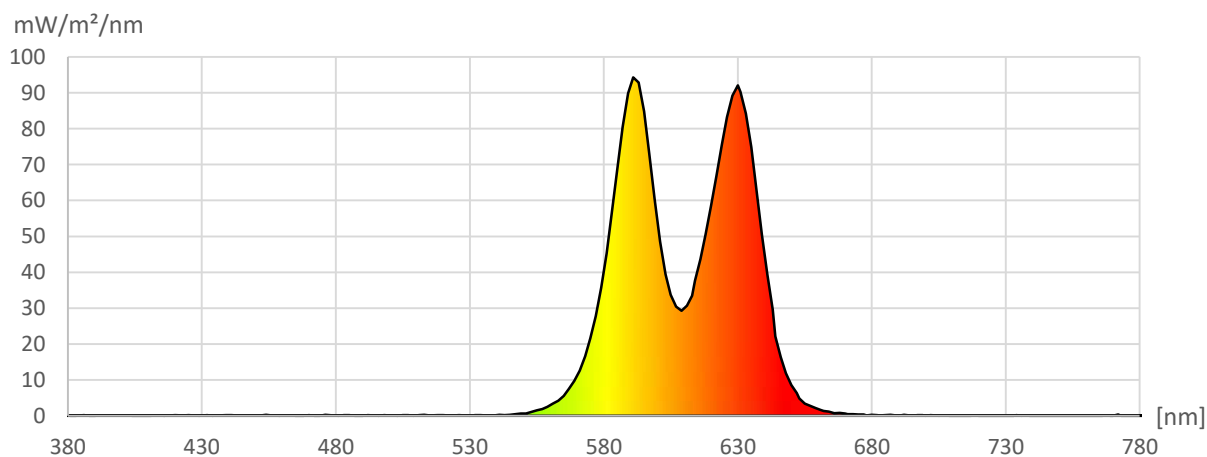
Obrázek 11 Předpoklad vývoje účinnosti bílých LED (zdroj: <https://energy.gov>, Solid-State Lighting R&D Plan, 2016)



Na základě mnoha provedených studií ve světě týkajících se vlivu bílého světla (s vysokým podílem modré vlnové délky ve spektru) na ovlivňování biologického rytmu člověka, se postupně prosazuje užívání LED s nízkou náhradní teplotou chromatičnosti $T_n \leq 3000K$ (teplejší tón barvy světla.)

Ve zvláště citlivých oblastech, jako jsou přírodní rezervace nebo rezidenčních oblasti s vysokou hustotou zástavby, je vhodné užívat LED s náhradní teplotou chromatičnosti do 2700 K, popřípadě používat LED bez obsahu modrého spektra, tzv. Amber – LED s jantarově žlutým světlem, které nikterak nenarušuje biologické rytmy člověka a organismů.

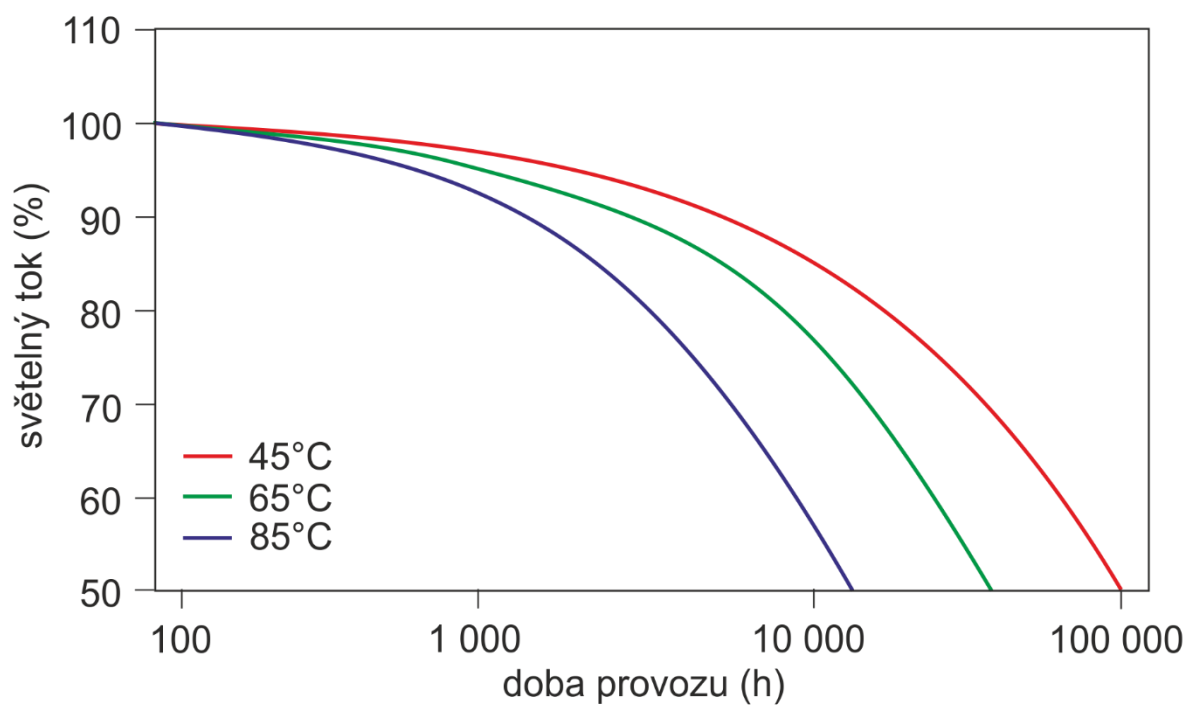
Obrázek 12 Příklad spektra HY-LED, Amber + monochromatická červená (zdroj: Theodor Terrich)

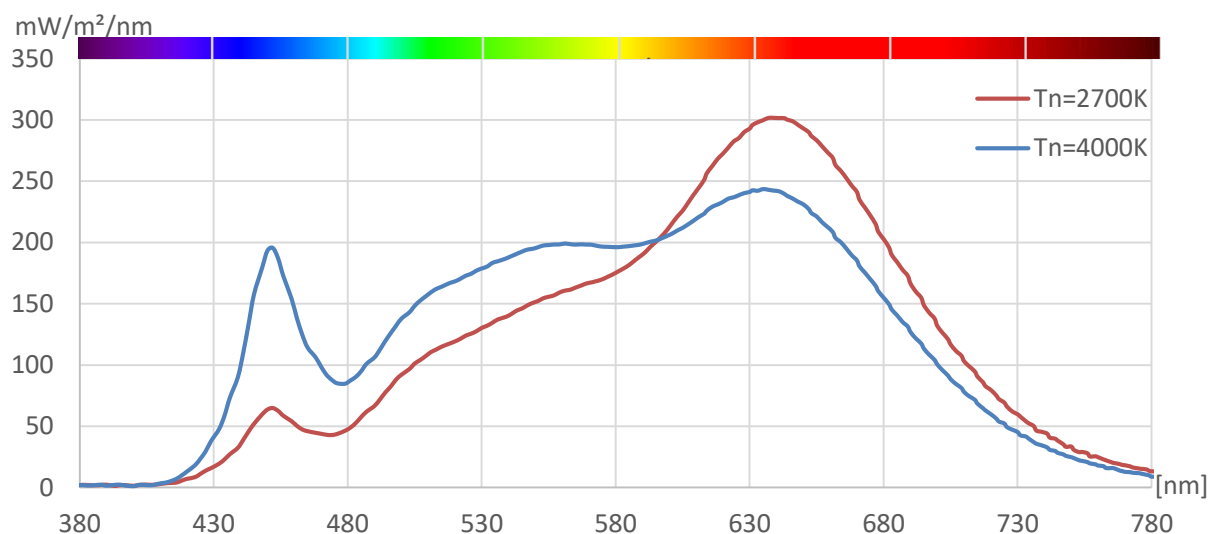


Obrázek 13 Parkové svítidlo s LED modulem opatřeným optickým systémem s integrovaným chladičem
(foto: Theodor Terrich)



Obrázek 14 Závislost doby života a stability světelného toku LED na teplotě okolí (zdroj: vlastní, data: CREE)



Obrázek 15 Srovnání vyzařovaného spektra bílých PC-LED s rozdílnou náhradní teplotou chromatičnosti (zdroj: Theodor Terrich)**Tabulka 4 Srovnání měrných nákladů různých typů světelných zdrojů z hlediska jejich účinnosti.**

světelný zdroj	příkon vč. předřad- níku P (W)	Světelný tok Φ (lm)	index podání barev Ra (-)	Orienta- ční cena zdroje bez DPH (Kč)	měrný výkon η (lm/W)	náhradní teplota chromati- čnosti T_n (K)	střední dobu životu t (h)	poměr cena za jednotku účinnosti (Kč/lm/W)
vysokotlaká sodíková výbojka 70W	83	6 000	25	270	86	2 000	28 000	3,14
vysokotlaká rtuťová výbojka 125W	138	6 200	45	80	50	4 200	16 000	1,60
halogenidová výbojka 70W	83	6 400	80	600 až 1 000	88	2 800 až 4 200	18 000	6,82 až 11,36
indukční výbojka 85W	88	6 000	80	2 000	70	4 000	60 000	28,57
kompaktní zářivka 2x36W	74	5 800 (2x2 900)	80	250	81	2 700 až 5 400	7 500	3,09
kompaktní zářivka 80W	84	6 500	80	200	81	3 000 až 5 400	10 000	2,46
nízkotlaká sodíková výbojka 35W	46	4 600	0	700	132	1 800	16 000	5,30
výkonový modul LED	40 - 50	6 000	80	3 000	120 - 135	3 000 až 4 000	50 000	25 - 22,20

Poznámka: Tabulka srovnává světelné zdroje s přibližně stejnou hodnotou světelného toku 6 000lm nebo jí nejbližší v rámci standardizované příkonové řady daného typu světelného zdroje.

Tabulka 5 Přehled kvalitativních a kvantitativních parametrů různých světelných zdrojů a jejich vhodnost pro aplikaci v dynamickém veřejném osvětlení

typ světelného zdroje	měrný výkon	index podání barev	Barevná teplota	střední doba života	činitel poklesu sv. toku	Aplikace ve VO	možnost regulace	přínos regulace ve VO	Vhodnost pro DVO
	η (lm/W)	Ra (-)	T_c / T_n (K)	T (h)	LLMF (-)				
žárovka	7 - 13	100	2 700	1 000	0,85	ne	plně	x	x
halogenová žárovka	15 - 20	100	2 700 – 2 900	2 000	0,85	ne	plně	x	x
zářivka lineární T8	75 - 85	65 - >80	2 700 – 4 000	20 000	0,89	zřídka	omezeně	nepodstatný	nevhodné
zářivka lineární T5	90 - 110	80 - >90	2 700 – 5 000	24 000	0,89	ne	omezeně	x	x
kompaktní zářivka	70 - 90	>80	2 700 – 4 000	20 000	0,83	často	omezeně	nepodstatný	nevhodné
indukční výbojka	70 - 100	>80	2 700 – 6 500	60 000	0,70	zřídka	nelze	x	x
směsová výbojka	18 - 26	>60	3 600 – 4 100	10 000	0,85	ne	nelze	x	x
vysokotlaková rtuťová výbojka	35 - 55	40	3 900 – 4 200	24 000	0,75	vzácně	nelze	x	x
vysokotlaková sodíková výbojka standard	75 - 95	<25	2 000	24 000	0,80	často	omezeně	malý – střední	omezeně
vysokotlaková sodíková výbojka "super"	80 - 150	<25	2 000 – 2 100	34 000	0,94	běžně	omezeně	malý – střední	omezeně
nízkotlaková sodíková výbojka	100 - 190	0	1 800	18 000	0,95	zřídka	nelze	x	x
halogenidová výbojka křemenná	75 - 95	>65 - >80	3 500 – 5 500	6 000 - 12 000	0,72	zřídka	s výhradami	nepodstatný	nevhodné
halogenidová výbojka keramická	100 - 130	>80	3 000 – 4 500	24 000	0,75	běžně	omezeně	malý	omezeně
výkonová LED	130 - 170	>80	2 500 – 6 000	60 000 - 100 000	0,85 - 1,00*	běžně	plně	značný	značná

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

**Význam a omezení okamžitého náběhu LED zdrojů na plný světelný tok**

- Stejně jako jiné světelné zdroje, tak i LED způsobují během nabíhání do plného světelného toku (ustalování na nominální hodnotu) proudový náraz v rozvodné elektrické síti
- Náběhový proud LED může dosahovat až 180 % nominálního proudu (vysokotlaká sodíková výbojka dosahuje náběhového proudu přibližně 125 %)
- Drivery pro LED jsou běžně nastaveny na okamžitý náběh (<5s) světelného toku na maximální úroveň. Někteří výrobci umožňují dobu náběhu měnit pomocí mechanických ovladačů na driveru.
- Pokud se doba náběhu LED nastaví na čas od 2 do 5 minut s počáteční hodnotou 20 % světelného toku, náběhový proud bude téměř identický s proudem jmenovitým – proudový náraz lze tímto eliminovat

> místo pro poznámky <

1.9.1. Vlastnosti svítidel pro VO

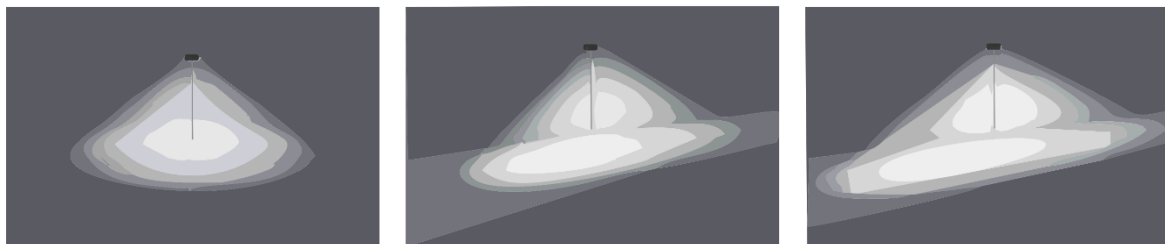
Optické systémy LED svítidel lze primárně dělit podle způsobu vzniku čáry svítivosti, resp. výsledné fotometrické plochy. Další možné dělení je podle počtu LED nebo LED modulů ve svítidle. V případě, že svítidlo je tvořeno několika LED moduly opatřenými výkonovými LED čipy (většina LED svítidel), existují principiálně jen dvě možnosti, jak dosáhnout cílené distribuce světla na fotometrickou plochu:

1. Čára svítivosti je buď vytvořena rovnou každým LED čipem, jejíž svítivost je dle potřeby zesilována paralelním řazením dalších LED
2. Výsledná čára svítivosti skládána z několika fragmentů a dále násobena, stejně jako v předchozím případě.

Případně lze pro dosažení výsledné čáry svítivosti použít oba způsoby současně. Pokud je čára svítivosti tvořena najednou, každou LED na modulu, dojde při výpadku jedné z nich pouze k poklesu světelného toku dopadajícího do osvětlovaného prostoru. Skládání čáry svítivosti pomocí více samostatných modulů dovoluje vytvořit fotometrickou plochu svítivosti precizněji avšak s rizikem z hlediska spolehlivosti. V případě výpadku dílčího LED modulu se celá fotometrie svítidla rozruší a svítidlo nebude schopno nadále dosahovat svých světelně technických vlastností a zajistit požadovanou kvalitu osvětlení.

V případě svítidel osazených pouze jednou výkonovou COB LED je vyzařovaný světelný tok usměrňován nejčastěji reflektorem. Méně častým řešením je využití optické čočky, která však neposkytuje takou míru clonění, jak je tomu v případě reflektoru.

Obrázek 16 Distribuce světelného toku: symetrická, asymetrická, asymetrická-osová (Zdroj: vlastní)



LED svítidla vybavena pouze jedním COB čipem jsou levná, ale poskytují pouze minimální komfort uživatelům:

- Činitel využití a přesnost směřování světelného toku jsou podprůměrné
- Svítidla jsou nedostatečně cloněná a dochází k oslňování uživatelů pozemních komunikací
- Pouze jeden světelný zdroj ve svítidle nemůže zaručit vysokou spolehlivost provozu

1.9.2. Optické systémy LED svítidla

LED čipy v principu umožňují několik základních konfigurací, které se liší složitostí, účinkem a také cenou. Můžeme tak identifikovat následující typy optického řešení LED svítidel:

1. Pouze jeden COB čip ve svítidle (Obrázek 17)
 - a) Čip je umístěn v reflektoru nebo je opatřen rozptylovou čočkou
2. LED modul s optickým systémem pro jednotlivé LED čipy
 - a) Každý LED čip je opatřen vlastní čočkou vytvářející identickou čáru svítivosti (Obrázek 18)
 - b) Skupina LED čipů je opatřena společným reflektorem vytvářejícím čáru svítivosti (Obrázek 19)
3. Jediné LED tvoří dílčí fragment výsledné čáry svítivosti – každý LED čip svou vlastní optiku
 - a) LED modul je tvořen různě tvarovanými čočkami nebo reflektory
 - b) LED osazené vlastními čočkami jsou umístěny ve společném reflektoru (Obrázek 21)
4. Kombinace LED modulů se společným optickým systémem, která však tvoří jen část výsledné čáry svítivosti, která je poskládána z těchto LED modulů s různými fotometrickými vlastnostmi

Obrázek 17 Svítidlo VO s jedním COB LED čipem (foto: Theodor Terrich)



LED modul s optickým systémem pro jednotlivé LED čipy:

- Zajišťují princip překrývání – každá LED má svou vlastní čočku se shodnými optickými parametry (čárou svítivosti)
- Vysoká rovnoměrnost
- Vyšší stálost světelného toku

Obrázek 18 LED modul sestavený z LED opatřených vlastní čočkou, která vytváří celou čáru svítivosti (zdroj: vlastní)



Obrázek 19 LED modul sestavený z LED, kde každá trojice LED čipů disponuje reflektorem a vytváří tak celou čáru svítivosti (zdroj: vlastní)



Obrázek 20 Detail optiky LED čipu. Vlevo reflektor, vpravo čočka (zdroj: vlastní)

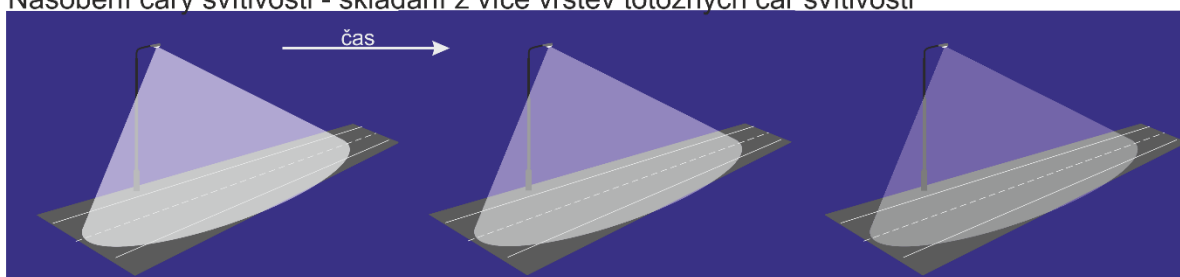


Obrázek 21 Detail reflektoru LED svítidla s velmi přesným směřováním světelného toku a nízkým součinitelem oslnění. Čára svítivosti skládána jednotlivými LED s různými čočkami (zdroj: vlastní)

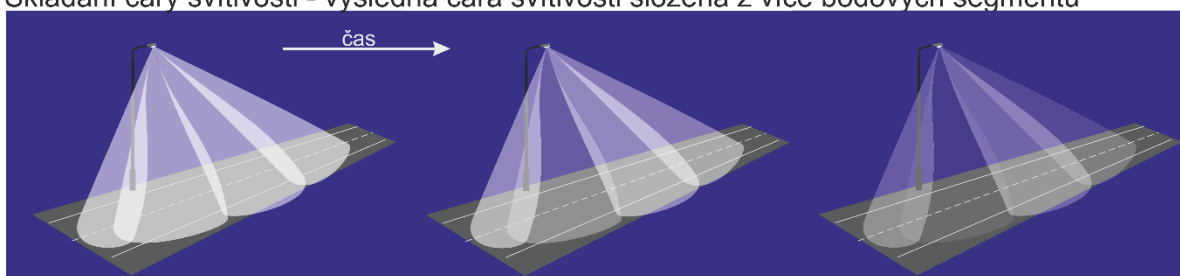


Obrázek 22 Znáznornění procesu stárnutí optického systému LED svítidel (zdroj: vlastní)

Násobení čáry svítivosti - skládání z více vrstev totožných čar svítivosti



Skládání čáry svítivosti - výsledná čára svítivosti složena z více bodových segmentů



1.9.3. Doba života svítidel

Doba života LED svítidla není rovna době života LED světelného zdroje. Doba života svítidla závisí na použitých komponentech, zejména době života elektroniky (driveru) a odpovídá životnosti nejslabší komponenty.

Během doby stárnutí postupně klesá světelný tok svítidla, což je způsobeno jednak poklesem světelného toku LED a také degradací optických materiálů (čochy, reflektory, kryty).

LED zdroje provozované při normovaných parametrech mají životnost až 100 000 hodin, tudíž z hlediska provozu je limitujícím parametrem doba života napájecí elektroniky. Doba života driveru je udávána jako střední doba života, tzn., že po dosažené době je již polovina zařízení nefunkčních. V rámci provozu a údržby je tudíž nutno počítat s pravidelnou obměnou driveru, jejichž doba života je pro svítidla s LED T = 50 000h v současnosti nedostačující.

U LED světelných zdrojů je z hlediska spolehlivosti a zachování doby života zdroje teplota LED čipu. Při provozování v nevhodných teplotních podmínkách dochází k výraznému poklesu doby života. Je důležité dbát na výrobcem udávanou přípustnou teplotu okolí, při které světelný zdroj vydrží pracovat po garantované dobu.

Například LED svítidlo s příkonem 25 W měrným světelným tokem $143 \text{ lm} \cdot \text{W}^{-1}$ má udávanou dobu života dle výrobce (Leader Light):

- 55 000 h pro teplotu okolí $T_a = 25^\circ\text{C}$
- 75 000 h pro teplotu okolí $T_a = 15^\circ\text{C}$



Příklad formátu uvádění doby života L70(10K) > 60 000h pro teplotu čipu 85°C znamená, že při teplotě LED 85°C poklesne hodnota jmenovitého světelného toku na 70 % po 60 000h svícení a tato hodnota byla vypočítána extrapolací na základě měření, které trvalo 10 000h.

Základní charakteristika doby života může být doplněna B nebo C indexy

B_{index} udává, kolik % svítidel nedosáhne po dosažení udávané doby života stanovené hodnoty světelného toku

C_{index} udává, kolik % svítidel po udávané době života nebude funkčních

Například formát údaje doby života L70(10K) B10 > 60 000h znamená, že 10% svítidel nedosáhne po 60 000h světelného toku minimálně 70% původní hodnoty a L70(10K) C10 > 60 000h znamená, že 10% svítidel nebude po 60 000h fungovat.

Na trhu jsou dostupné LED s dobou života L70 > 100 000, této době života musí odpovídat i doba života použitého driveru, aby mohla být tato doba života deklarována pro celé svítidlo.

1.9.4. Stupeň krytí IP

Stupeň krytí elektrotechnického zařízení je popisován pomocí zkratky IP spolu číselným kódem. Krytí poskytuje ochranu před dotykem živých a pohybujících se částí a vyjadřuje ochranu před vniknutím cizích předmětů (prachu a vody). Předpisem, který specifikuje stupně krytí elektrických zařízení je ČSN EN 60 529.

Stupně krytí se vyjadřují písmeny IP spolu se dvěma čísly nepovinně doplněnými přídatnými a doplňkovými písmeny.

Tabulka 6 Popis jednotlivých stupňů krytí IP

Stupně ochrany před dotykem nebezpečných částí a před vniknutím cizích pevných těles udávané první číslicí		Stupně ochrany proti vniknutí vody udávané druhou číslicí	
IP 0x	Nechráněno	IP x0	Nechráněno
IP 1x	Zařízení je chráněno před vniknutím pevných cizích těles o průměru 50mm a větších (před dotykem hřbetem ruky)	IP x1	Svisle kapající
IP 2x	Zařízení je chráněno před vniknutím pevných cizích těles o průměru 12,5mm a větších (před dotykem prstem)	IP x2	Kapající ve sklonu 15°
IP 3x	Zařízení je chráněno před vniknutím pevných cizích těles o průměru 2,5mm a větších (před dotykem nástrojem)	IP x3	Kropení, déšť
IP 4x	Zařízení je chráněno před vniknutím pevných cizích těles o průměru 1mm a větších (před dotykem drátem)	IP x4	Stříkající
IP 5x	Zařízení je chráněno před prachem	IP x5	Tryskající
IP 6x	Zařízení je prachotěsné	IP x6	Intenzivně tryskající
		IP x7	Dočasné ponoření
		IP x8	Trvalé ponoření

Stupně ochrany před dotykem nebezpečných částí udávané přídatným písmenem		Doplňková písmena:	
A	Chráněno před dotykem hřbetem ruky - sonda dotyku je koule o průměru 50mm	H	Zařízení vysokého napětí
B	Chráněno před dotykem prstem - článkový zkušební prst o průměru 12mm a délky 80mm	M	Zkoušeny škodlivé účinky vniklé vody, jsou-li pohyblivé části zařízení v pohybu
C	Chráněno před dotykem nástrojem - sonda dotyku o průměru 2,5mm a délky 100mm	S	Zkoušeny škodlivé účinky vniklé vody, jsou-li pohyblivé části zařízení v klidu
D	Chráněno před dotykem drátem - sonda dotyku o průměru 1mm a délky 100mm	W	Vhodné pro použití za stanovených povětrnostních podmínek. Krytí je dosaženo dodatečnými ochrannými vlastnostmi nebo metodami

1.9.5. Stupně ochrany IK

Kód IK označuje stupeň ochrany proti škodlivým mechanickým nárazům jaká je dána krytem zařízení. Jednotlivé stupně ochrany IK udávají výdržnost energie nárazu dle ČSN EN 62 262.

Tabulka 7 Stupně ochrany IK

Stupeň krytí	Energie (J)	Ekvivalent nárazu	Stupeň krytí	Energie (J)	Ekvivalent nárazu
IK 00	---	Bez ochrany	IK 06	1	500 g padající z výšky 200 mm
IK 01	0,15	200 g padající z výšky 75 mm	IK 07	2	500 g padající z výšky 400 mm
IK 02	0,2	200 g padající z výšky 100 mm	IK 08	5	1700 g padající z výšky 295 mm
IK 03	0,35	200 g padající z výšky 175 mm	IK 09	10	5000 g padající z výšky 200 mm
IK 04	0,5	200 g padající z výšky 250 mm	IK 10	20	5000 g padající z výšky 400 mm

2. Koncepce veřejného osvětlení

Koncepci veřejného osvětlení tvoří tři samostatné dokumenty v souladu se zákonem č.13/1997 Sb., prováděcí vyhláškou č.104/1997 Sb. a souborem norem ČSN EN 13 201 Osvětlení pozemních komunikací, část 1 až 5, a normami ČSN EN 12464-2, Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 2: Venkovní pracovní prostory, ČSN 73 6102 Projektování křižovatek na silničních komunikacích a ČSN 73 7507 Projektování tunelů pozemních komunikací a dalšími technickými normami za účelem zajištění kvalitního osvětlení pozemních komunikací včetně definování světelně-technických parametrů pro osvětlení vybraných objektů a to: Základní plán veřejného osvětlení, Plán obnovy a modernizace veřejného osvětlení a Standardy veřejného osvětlení.

Jde o soubor strategických dokumentů, jejichž smyslem je definování parametrů, pravidel a postupů ve veřejném osvětlení pro dosažení stanovených kvalitativních parametrů při odpovídajících provozních a investičních nákladech. Koncepce by měla položky uvedené v následujícím přehledu.

Tabulka 8 Souhrnný přehled předpokládaných součástí koncepce veřejného osvětlení

I. Základní plán veřejného osvětlení	
Analytická část	1. Architektonicko-urbanistická analýza
	2. Dopravně bezpečnostní analýza
	3. Environmentální analýza
	4. Provozní analýza
Návrhová část	5. Architektonicko-urbanistické řešení
	6. Dopravně bezpečnostní řešení
	7. Environmentální řešení
	8. Provozní řešení
II. Plán obnovy a modernizace VO	
Analytická část	9. Analýza fyzického stavu a stáří soustavy veřejného osvětlení
	10. Analýza stávajících parametrů osvětlení
	11. Analýza spotřeby elektrické energie
	12. Analýza provozních a investičních nákladů
	13. Analýza současného stavu a trendů v oblasti VO
Návrhová část	14. Návrh rozsahu roční prosté obnovy veřejného osvětlení
	15. Návrh harmonogramu obnovy
	16. Návrh modernizace osvětlovací soustavy
III. Standardy veřejného osvětlení	
	17. Standardy prvků
	18. Standardy činností

Základní plán veřejného osvětlení je architektonicko-urbanistickou a světelně technickou studií, v rámci které se řeší a navrhuje vzhled města ve večerních a nočních hodinách, utvářený veřejným osvětlením (VO). V rámci ní se definují parametry veřejného osvětlení a osvětlovací soustavy a slouží jako podklad pro navazující stupně projektové dokumentace.

Architektonicko-urbanistická analýza mimo jiné obsahuje dálkové a blízké pohledy, funkční strukturu a další. Dopravně bezpečnostní analýza popisuje strukturu komunikací, intenzitu dopravy, nehodovost apod. Environmentální analýza hodnotí rušivý vliv na místní obyvatele, řidiče a posuzuje vztah ke vzhledu města.

Návrhová část řeší architektonicko-urbanistická hlediska - charakteristické zóny, typologii svítidel, teploty chromatičnosti, výšky světelných míst, povrchovou úpravu, materiály, architekturní osvětlení. Dále zohledňuje dopravně bezpečnostní hlediska, třídy osvětlení, provozní režimy a environmentální hlediska, zóny životního prostředí, dobu nočního klidu apod.

Komplexní přístup ke koncepci VO viz také v dokumentech: Koncepce veřejného osvětlení, doporučený rozsah, SRVO a METODICKÝ POKYN pro žadatele o dotaci na rekonstrukci veřejného osvětlení z programu EFEKT.

Hlavním cílem Plánu obnovy a modernizace je stanovení ročních nákladů na obnovu a modernizaci VO pro potřeby rozpočtu města. V plánu je vhodné vypracovat přehled všech hlavních zařízení osvětlovací soustavy veřejného osvětlení (světelná místa, kabelové rozvody, zapínací místa apod.) pro obnovu a modernizace veřejného osvětlení, včetně specifikace technických parametrů, kvalitativních požadavků a cenové úrovně. Tento přehled je podkladem pro zpracování standardů veřejného osvětlení. V návaznosti na Plán obnovy a modernizace by měl být vytvořen harmonogram obnovy a modernizace s vyčíslením odhadovaných nákladů, nejlépe v podobě databáze a v mapovém zobrazení.

2.1. Zatřídění komunikací

Každé veřejné prostranství by mělo zastávat jasnou a smysluplnou úlohu v celkové struktuře města. Cílem by nemělo být pouhé splnění technických a legislativních požadavků, ale také podpora hierarchie města a dopravního zatřídění. Dopravní zatřídění komunikací by tak mělo z urbanistického typu vycházet a podporovat ho. Pokud je charakter prostoru v souladu s urbanistickým významem a dopravním zatříděním, může vzniknout kvalitní veřejné prostranství. Zatřídění komunikací se však musí současně přesně držet platných norem.

Zatřídění komunikací (do světelných tříd) pro účely VO je řešeno formou technické zprávy CEN, která byla převzata v podobě ČSN CEN/TR 13201-1 a rozlišuje následující třídy osvětlení:

Motorová doprava (motorised traffic)	třídy M1 až M6
Konfliktní oblasti (conflict areas)	třídy C0 až C5
Pěší a cyklisté (pedestrians and pedal cyclists)	třídy P1 až P7
a) doplňující požadavky pro omezení rušivého oslnění	třídy HS1 až HS4
b) doplňující požadavky pro rozpoznávání obličeje	třídy SC1 až SC9
c) doplňující požadavky pro rozpoznávání vertikální plochy	třídy EV1 až EV6

Třídy M jsou využívány na silnicích a komunikacích pro motorovou dopravu se střední až vysokou rychlostí provozu.

Třídy C se používají v konfliktních oblastech, jako jsou rušné nákupní ulice, složité silniční křižovatky na orientaci, kruhové objezdy a místa, kde se setkávají silnice rozdílných tříd osvětlení.

V případě, že rozdíl v zatřídění některé komunikace ústí do křižovatky a zatříděním křižovatky je větší než dvě porovnatelné hladiny osvětlení, je nutno na příslušné komunikaci osvětlení navrhnout tak, aby na příjezdu ke křižovatce vzniklo adaptační pásmo, které zajistí splnění požadavku normy (ČSN EN 13 201-2).

Komunikace pro chodce jsou zatříděny do tříd P. Tyto třídy jsou určeny pro pěší zóny, chodníky, cyklostezky, nouzové jízdní pruhy a další vozovky v obytných zónách se zklidněnou dopravou, parkovací místa a odstavné plochy.

Také třídy C mohou být aplikovány v oblastech využívané chodci a cyklisty, např. podchody, stanoviště MHD (nástupní ostrůvky).

Doplňkové třídy osvětlenosti EV a SC jsou uvedeny jako další požadavky u třídy P za účelem zlepšení rozpoznávání obličeje a zvýšení pocitu bezpečí (třída SC). Tyto parametry se určují u významných pěších zón a nákupních ulic. Doplňková třída vertikální osvětlenosti EV je určena v situacích, kde je třeba rozpoznávat svislé plochy, např. nástupiště MHD.



Zatřídění komunikací je vyhotoveno v generelu veřejného osvětlení města, kde je pro jednotlivé pozemní komunikace určena konkrétní třída osvětlení.

Zatřídění komunikací je užitečné také pro výběrová řízení a zásadní je v případě VZ vedené metodou EPC, při níž se jedná v podstatě o soutěž o návrh nejlepšího energetického řešení a všichni účastníci VZ musí mít jednoznačné a přesné zadání.

2.1.1. Dělení silnic a místních komunikací

Geometrie a světelně technické výpočty osvětlovací soustavy VO zohledňují charakter osvětlované silnice nebo místní komunikace. Převážně se jedná o světlování místních komunikací v souladu s ČSN EN 13 201, která by měla být z důvodu předcházení možných právních sporů respektována.

V případě pozemních komunikací se podle zákona o pozemních komunikacích (13/1997 Sb.) dělí na následující kategorie: Silnice a dálnice, Silnice a místní dopravní komunikace se podle určení a dopravního významu dělí také podle zákona 13/1997 Sb.

Dělení místních dopravních komunikací je zakotveno také v normě ČSN 73 6110 (dělení dle dopravního významu, určení a stavebně-technického vybavení na místní komunikace I. až IV. třídy. Podle urbanisticko-dopravní funkce se místní komunikace dělí na funkční skupiny).

Rozdělení silnic a dálnic	Silnice a dálnice jsou pozemní komunikace, které se podle zákona o pozemních komunikacích dělí na následující kategorie: ▪ dálnice ▪ silnice ▪ místní komunikace ▪ účelové komunikace
Silnice	Silnice se podle určení dopravního významu dělí na: ▪ silnice I. třídy ▪ silnice II. třídy ▪ silnice III. třídy

Místní komunikace	Místní dopravní komunikace se dle normy ČSN 73 6110 dělí na místní komunikace I. až IV. třídy. Podle své urbanisticko-dopravní funkce se místní komunikace dělí na funkční skupiny: A – rychlostní s funkcí dopravní B – sběrné s funkcí dopravně-obslužnou C – obslužné s funkcí obslužnou D – zklidněné D1 – komunikace se smíšeným provozem D2 – komunikace nepřístupné provozu silničních mot. vozidel
--------------------------	---

Tabulka 9 Intenzita motorové dopravy na jednotlivých typech pozemních komunikací

Typ pozemní komunikace	Intenzita motorové dopravy
dálnice	vysoká
silnice I. třídy	střední až vysoká
silnice II. třídy	nízká až střední
silnice III. třídy	nízká až střední
místní komunikace – rychlostní (A)	střední až vysoká
místní komunikace – sběrná (B)	nízká až střední
místní komunikace – obslužná (C)	nízká až střední
místní komunikace – zklidněná (D)	nízká

> místo pro poznámky <

2.2. Geometrie osvětlovacích soustav

Pro potřeby umísťování veřejného osvětlení se často využívají i jiná příslušenství pozemní komunikace, jako jsou stožáry distribuční soustavy nízkého napětí nebo stožáry trolejového vedení. Společné využívání nosných konstrukcí je ekonomické a vyhovující také z hlediska vzhledu města. V těchto případech je nutná spolupráce mezi vlastníkem cizích nosných konstrukcí a mezi zřizovatelem (vlastníkem) VO k uzavření dohod. Na stožáry NN se VO instaluje zpravidla na výložníky, raménka na třmenové objímky nebo páskované konzole.



Vlastník VO je povinen záměr na využití cizích konstrukcí projednat s vlastníkem konstrukce a instalaci VO provádět dle požadavků vlastníka dotčené konstrukce (dopravní podnik, ČEZ distribuce, E.ON distribuce, SŽDC). Využití stožárů NN lze upravit dohodou o umístění a realizaci stavby, která vymezí podmínky vzájemné spolupráce. Případně uzavřít smlouvu o zřízení věcného břemene.

Zařízení VO nacházející se na soukromých objektech, pozemcích ve vlastnictví jiného subjektu, než vlastníka VO nebylo v minulosti zřízeno věcná břemena. Tento stav není v mnoha obcích stále ošetřen. Tím, že nejsou z minulosti zřízena věcná břemena, dochází k prodeji, změně vlastníka nemovitosti, aniž by bylo ošetřeno zařízení VO, které je na objektu (pozemku) instalováno.

Dle stavebního zákona č. 183/2006 Sb. §86 (2) K žádosti o územní rozhodnutí žadatel připojí:

- Odst. (2) a) doklady prokazující jeho vlastnické právo nebo smlouvu nebo doklad o právu provést stavbu nebo opatření k pozemkům nebo stavbám, na kterých má být požadovaný záměr uskutečněn
- Odst. (3) Jestliže žadatel nemá vlastnické právo, smlouvu nebo doklad o právu provést stavbu nebo opatření k pozemku nebo stavbě, předloží souhlas jejich vlastníka: To neplatí, lze-li pozemek nebo stavbu vyvlastnit.

Pro potřeby rekonstrukce VO nebo nové stavby VO, musí zajistit souhlas pro účely získání územního rozhodnutí. Dále investor připraví smlouvu o smlouvě budoucí o zřízení služebnosti inženýrské sítě.

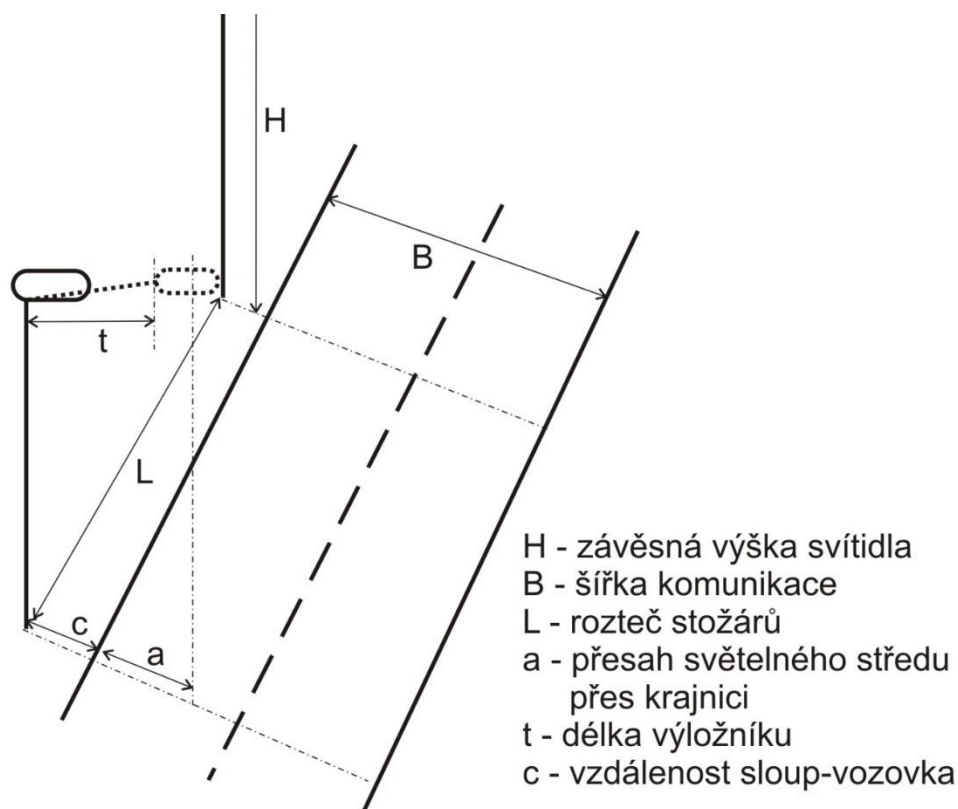


Smlouva o zřízení služebnosti inženýrské sítě je uzavírána mezi investorem a vlastníkem dotčené nemovitosti dle souladu s občanským zákoníkem č. 89/2012 Sb. §89 odst.2, písmene a) a v souladu se stavebním zákonem č. 183/2006 Sb., nebo je uzavřena smlouva o poskytnutí práva provést stavbu dle ustanovení §86 odst.2, písm. a) zákona 183/2006 Sb.

Tabulka 10 Přehled řešení umístění zařízení VO ve veřejném prostoru

Stávající zařízení VO do doby rekonstrukce	- Vlastník objektu nebo pozemku upozorní na nevyřešený majetkový stav správce (vlastníka) VO, který navrhne uzavření smlouvy o zřízení služebnosti inženýrské sítě s vlastníkem VO - V případě požadavku vlastníka objektu vymístit zařízení VO mimo jeho majetek, hradí majitel nemovitosti veškeré náklady s tímto vymístěním - Vlastník VO projedná přeložky, úpravy nebo vymístění VO se správcem VO, který zajistí realizaci v souladu se stavební úpravou nemovitosti nebo pozemku
Prodej nemovitého majetku	- U správce VO je ověřeno umístění zařízení VO na nemovitosti - V případě výskytu zařízení VO na prodávané nemovitosti je se správcem VO projednána možnost jeho odstranění ještě před prodejem - Pokud není odstranění zařízení VO z prodávané nemovitosti možné, zajistí dosavadní vlastník uzavření smlouvy o zřízení služebnosti inženýrské sítě
Rekonstrukce VO nebo nová výstavba VO	- Realizovat řešení, aby v maximální míře bylo zařízení VO umístěno na pozemky a objekty ve vlastnictví města - V případě dotčení cizího majetku, projednat předběžný souhlas s umístěním VO - Uzavřít smlouvu o smlouvě budoucí o zřízení služebnosti inženýrské sítě - Po ukončení stavby uzavřít novou smlouvu o zřízení služebnosti inženýrské sítě a zajistit vklad služebnosti do katastru nemovitosti

Obrázek 23 Geometrické uspořádání soustavy VO (Zdroj: vlastní)



2.3. Rozdělení typů osvětlovacích soustav

Základní dělení geometrie soustav VO je dle uspořádání místní komunikace na směrově rozdělenou nebo směrově nerozdělenou. Dalším parametrem pro konkrétní uspořádání osvětlovací soustavy je šíře jízdního pruhu (hlavního dopravního prostoru) a šíře přidruženého prostoru. Osvětlovací soustava se buduje u místní komunikace jako jednostranná nebo u směrově rozdělených komunikací ve středovém dělicím pásu jako soustava jednostranná, párová nebo vystřídaná.

Z hlediska investičních výdajů je výhodnější budovat soustavu jednostrannou, pokud je to proveditelné z hlediska zajištění světelně technických parametrů. Párové a vystřídané osvětlovací soustavy mají výhodu v optimálnějším rozložení dopadajícího světelného toku na vozovku a je u nich snáze dosahováno požadované příčné rovnoměrnosti jasu. Párové i vystřídané soustavy je obvykle možno osazovat svítidly o nižším příkonu než v případě jednostranné osvětlovací soustavy.

Zvláštním typem jsou osvětlovací soustavy na převěsech, kde jako nosná konstrukce slouží fasády domů. Převěsové soustavy lze s výhodami použít na osvětlení průjezdních úseků silnic o více jízdních pruzích v souvislé zástavbě i mimo ni. Příklady možného provedení osvětlovacích soustav VO jsou vyobrazeny na obrázku níže.

Obrázek 24 Typy osvětlovacích soustav veřejného osvětlení (Zdroj: vlastní)

Název soustavy	Směrově nerozdělené	Směrově rozdělené
Jednostranná se stožáry po levé straně vozovky		
Jednostranná se stožáry po pravé straně vozovky		
Vystřídaná		
Párová		
Převěsová osová		
Převěsová párová		
Řetězec		

2.4. Dokumentace a pasport VO

Pasportizací je prováděna technická inventura stavu soustavy VO. Slouží jako inventář mobiliáře VO s detailním popisem pro snadnou orientaci při rekonstrukcích a opravách. Pasport VO obsahuje podrobný popis jednotlivých světelných míst.

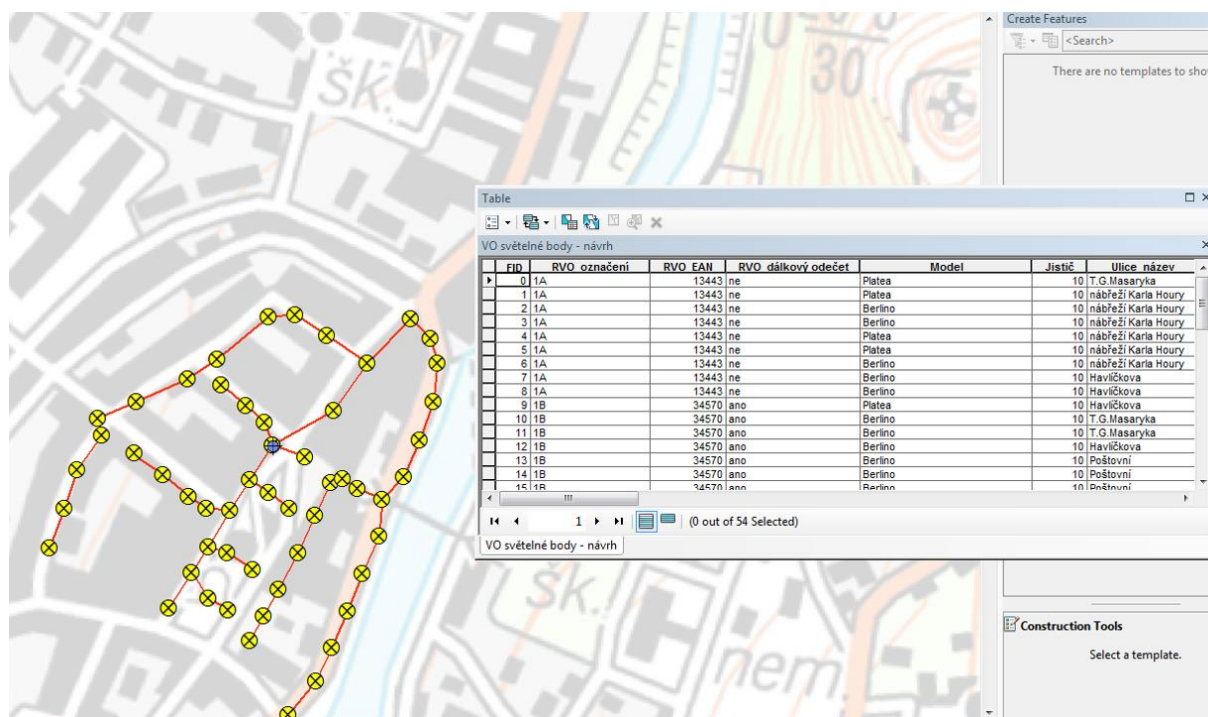
Pasport VO je důležitý dokument, který podává ucelený přehled o současném stavu veřejného osvětlení (popis a stav zařízení, spotřeba energie, stav rozvaděčů). Slouží jako stěžejní technický podklad pro následnou obnovu a rekonstrukci VO.

Povinnost provádět pasport VO má oporu ve stavebním zákoně (§ 154 – Vlastník stavby nebo zařízení je povinen uchovávat dokumentaci skutečného provedení, rozhodnutí, souhlasy a jiné důležité doklady týkající se stavby nebo zřízení po celou dobu jejich existence).

- Průběžně udržovaný pasport VO pomůže odhalit nedostatky ve VO, přispívá k snížení nákladů za provoz a údržbu
- Poskytne informace o počtu a stáří svítidel, stožárů, rozvaděčů a kabelového vedení v majetku obce
- Pasport je vyžadován normou ČSN 33 2000-1 ed 2, podle které musí být ke každému elektrickému zařízení dodána dodavatelem odpovídající dokumentace elektronického zařízení
- Pasport je podkladem pro zpracování světelně–technického návrhu
- Pasport je základním podkladem při žádosti o dotace

Tabulka 11 Předpokládaný obsah pasportu VO

Hlavní kategorie	Podkategorie
Identifikační údaje světelného bodu	Identifikační číslo stožáru
	souřadnice umístění světelného bodu v souřadnicovém systému S-JSTK - případně může být udána poloha také v GPS souřadnicích pro potřeby servisních techniků
	Název ulice
	Třída pozemní komunikace / silnice
	Třída osvětlení na dané komunikaci
Údaje o nosné konstrukci	Typ stožáru
	Jmenovitá výška stožáru nebo výška umístění nástěnného výložníku
	Výložník (typ a délka)
	Patice stožáru (materiál, dvířka)
	Stáří
Údaje o napájení	Stav
	Vývod z RVO
	Zapínací bod
	Typ silového kabelu (průřez) - Popis napojení z RVO - Délka a směr vedení
	Kabel k svítidlu
	Připojení na fázi
	Jištění
	Způsob připojení, typ svorkovnice
Údaje o svítidle	Uzemnění stožáru
	Typ svítidla
	Výrobce
	Model
	Počet kusů osazených na stožáru
	Typ světelného zdroje - Příkon jednoho světelného zdroje - Počet světelných zdrojů (na světelném místě) - Celkový příkon světelného bodu (včetně předřadníku)
	Stáří svítidla/rok instalace
Doplňující údaje	Informace o provedeném měření jasu/osvětlenosti, rovnoměrnosti
	Informace o poslední provedené revizi, kontrole, případně výměně světelného zdroje nebo mytí svítidla
	Informace o řízení a ovládání - Prvky dynamického řízení
	Informace o odběrném místě
	Doplňující informace k rozvaděčům - Rok pořízení - Revize - Způsob měření, odečtu
Grafická část pasportu VO	Mopové podklady zpracované v GIS
	Schémata kabelového vedení a rozvaděčů
	Fotografická dokumentace

Obrázek 25 Příklad pasportu VO v GIS aplikaci (Zdroj: Vlastní)

Pro fungující VO je nutné mít stále aktualizovaný pasport. Chytré VO může fungovat správně a se všemi výhodami, které přináší jen za předpokladu, že bude jeho stav přehledně zdokumentován po dobu provozování a údržby.

- „on-line“ pasport spojuje inventář VO s prováděnými revizemi a údržbou konkrétních zařízení
- spolu s výkazem o provedení práce servisní organizací na zařízeních VO poskytuje soupis materiálu spolu s cenou použitého na servis VO

2.4.1. Zásady řešení osvětlovacích soustav

Zásadním dokumentem, třebaže nepovinným, je koncepce veřejného osvětlení často nazývaná „generel VO“. Obzvláště v době, kdy lze ještě očekávat další vývoj svítidel na bázi LED zdrojů, je vhodné si takovou středně až dlouhodobou koncepci nastavit. Součástí generelu nebo jako jeho další logický krok je zpracování energetické bilance, energetického auditu nebo energetického posudku.

Stává se poměrně často, že svítidla v majetku obce jsou umístěna na cizím majetku a je potřeba tuto situaci řešit. Distribuční společnosti mají povinnost oznámit zrušení sloupů s vedením NN, na kterých bývají svítidla umístěna 24 měsíců předem. Pokud je s tímto v koncepci počítáno, je možné tuto situaci využít pro koncepční obnovu veřejného osvětlení v obci.

2.5. Generel VO

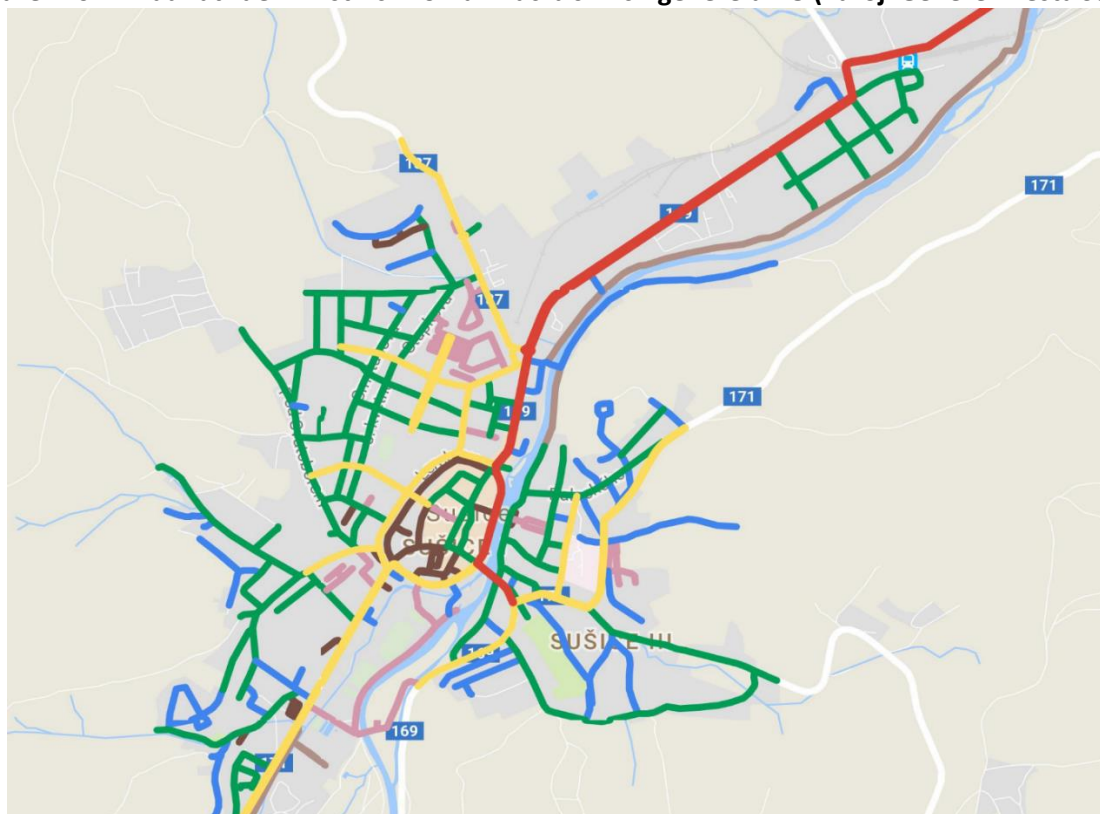
Generel VO je vypracováván v návaznosti na pasport VO a je podkladem pro plánování rozvoje či modernizace veřejného osvětlení v daném městě či obci.

Hlavním obsahem generelu je zatřídění stávajících i plánovaných silnic a komunikací do příslušných tříd osvětlení. Na základě zatřídění jsou v generelu určeny světelně-technické požadavky pro danou komunikaci dle příslušných norem. Generel VO určuje světelně-technické požadavky na návrh, rekonstrukci či rozšíření (výstavbu) veřejného osvětlení.

Rámcový obsah generelu VO

1. Metodika
2. Zásady projektování a výstavby VO na území obce
3. Organizace, řízení a provoz VO
4. Kategorizace komunikací
5. Stanovování příslušné třídy osvětlení
 - a) Zatřídění komunikací pro (převážně) motorovou dopravu do tříd M
 - b) Zatřídění komunikací a prostranství pro pěší a cyklisty do tříd P
 - Vymezení pěších zón
 - Vymezení komunikací pro cyklisty
 - c) Zatřídění konfliktních oblastí (křižovatek, komunikace s výskytem smíšené dopravy a nebezpečných úseků) do tříd C
 - d) Nezatříděné komunikace
6. Světelně technické požadavky k jednotlivým třídám osvětlení
7. Mapové podklady s grafickým znázorněním tříd osvětlení na území obce
8. Výstup – propojení tříd osvětlení jednotlivých ulic s pasportem

Obrázek 26 Příklad zatřídění místních komunikací a silnic v generelu VO (Zdroj: Generel města Sušice)



2.6. Postup při renovaci VO

Vypracování projektu pro obnovu VO nebo výstavbu nové části VO se řídí stavebním zákonem, resp. prováděcí vyhláškou. Pro realizaci obnovy nebo stavby VO je zapotřebí několik dokumentů vykazující stav VO. Pro účel koncepčního rozvoje osvětlovací soustavy v obci je vhodné základní dokumentaci rozšířit o metodiku k projektování VO platnou v dané obci.

Obsahem základní dokumentace k obnově VO je zejména:

- projekt
- generel
- pasport
- energetický audit
- výchozí revizní zpráva
- výsledky světelně technických měření

Obsahem rozšířené dokumentace k obnově VO je například:

- koncepční plán VO
 - a) základní plán rozvoje VO
 - b) plán obnovy VO
- standardy obce



V případě, kdy jsou svítidla VO umístěna na sloupech NN dochází k situacím, kdy distributor oznámí odstranění sloupů z důvodu přeložky sítě do podzemních kabelů. Tato změna je známa dostatečně předem, aby bylo možné na daném úseku naplánovat vybudování kompletně nové moderní soustavy VO.

Před započítáním projektování obnovy soustavy VO je nutno vypracovat energetický posudek a pasport stávající soustavy VO. Návrh nové nebo rekonstruované soustavy je poté vypracován světelným technikem – specialistou na základě generelu VO, ve kterém jsou stanoveny požadované třídy osvětlení v jednotlivých ulicích a veřejných prostranstvích obce.



Součástí koncepce VO by měla být metodika postupu při přípravě konkrétních projektů – ve vztahu ke koncepčnímu rozvoji VO, architektonického osvětlení a slavnostnímu osvětlení. V této metodice, či metodických pokynech je vhodné zakotvit závazné technické požadavky a parametry platné na všechny zřizované osvětlovací soustavy pro dané město nebo obec.

Metodické pokyny či návody by kromě světelně technické specifikace dané pasportem VO jako jsou úroveň jasů resp. osvětlenost, měly obsahovat další doplňující informace k provedení a vzhledu osvětlovací soustavy:

- teplota chromatičnosti dle konkrétní třídy osvětlení, lokality, městské zóny nebo charakteru zástavby
- výška a typ stožáru pro konkrétní typy pozemních komunikací, náměstí ulice atp.

- charakteristika fotometrie svítidla, tj. požadavek na rozložení světelného toku dopadajícího do osvětlovaného prostoru

Metodický pokyn obsahuje dále parametry estetické dle urbanistického plánu jako například:

- povrchová úprava a barva stožárů
- design výložníků
- požadavek na provedení taru (obecně), barvy a materiálu svítidel

Pro rozvoj dynamického osvětlení je nezbytné stanovit pravidla regulace VO:

- specifikace používaného systému regulace
- vymezení oblastí nebo zón, ve kterých bude regulace uplatněna
- časový harmonogram regulace dle vytíženosti osvětlované silnice nebo veřejného prostranství
- doporučení limitních hodnot regulace pro jednotlivé oblasti

Koncepční plán obce je vhodné rozčlenit na dílčí koncepty, které budou vymezovat podmínky pro součinnost jednotlivých orgánů k provádění rozvoje VO a to na části:

- projektová část
 - a) metodika zpracování projektové dokumentace
- realizační část
 - a) zadávací podmínky veřejných zakázek
 - b) výběr dodavatelů
- schvalovací řízení stavebního úřadu
 - a) posudky EIA a stavební povolení
 - b) uvádění staveb do provozu
- podmínky provozu VO
 - a) správce VO

Odborný návrh osvětlovací soustavy VO respektuje zatřídění dané komunikace. Světelné technické parametry soustavy VO poté mohou zajistit bezpečnost dopravy, a bezpečnost osob a majetku. Správně navržená soustava je efektivní s hospodárným provozem. Osvětlovací soustava musí respektovat všechna ustanovení obecně platného metodického pokynu obce a předpisů platných pro provozování elektrických zařízení.



Pro potřeby rekonstrukce a výstavby VO je vždy nutno zpracovat projektovou dokumentaci dle ČSN 33 2000, článek 13:

„Ke každému elektrickému zařízení uváděnému do provozu je nutno dodat dokumentaci umožňující stavbu, provoz, údržbu a revize zařízení, jakož i výměnu jednotlivých částí zařízení a další rozšiřování zařízení.“

Projektová dokumentace slouží pro zaznamenání budoucích změn při realizaci a současně jako podklad pro výchozí a pravidelnou periodickou revizi elektrických zařízení.

Obrázek 27 Technicky i fyzicky zastaralé VO v obci není schopno zajistit požadované světelně technické parametry na vozovce (foto: Theodor Terrich)



Obrázek 28 Nehospodárné řešení provozu dosluhujícího VO v okrajové části malé obce. Příkon svítidla 270 W spolu s malým měrným výkonem rtuťové výbojky a po 50 letech provozu již s minimální účinností opticky aktivních ploch je toto svítidlo zcela nevyhovující (foto: Theodor Terrich)



Snižování výdajů na provoz soustavy VO následujícími úspornými opatřeními je nepřípustné:

- v průběhu noci vypínat celou soustavu VO
- vypínat některé části VO
- vypínat každý druhý bod v osvětlovací soustavě
- vyjmutí jednoho světelného zdroje ze svítidla, pokud má být svítidlo osazeno více zdroji

2.7. Optimalizace osvětlovací soustavy

Během provozování osvětlovací soustavy VO (nové, po rekonstrukci nebo stávající) je potřeba učinit kroky, které zajistí její hospodárnost. Míra technické i morální zastaralosti je určující pro hloubku rekonstrukce.

Téměř u většiny soustav VO bývá rekonstruována pouze nadzemní části a to jednak z důvodu finančních tak částečně neochotě vypracovávat projektovou dokumentaci pro provedení zemních stavebních prací. Budoucí výdaje na provoz VO znatelně sníží pouze koncepční a celková obnova VO spolu se zavedením prvků řízení.

Cílem je minimalizovat investiční výdaje na samotném počátku zahájení obnovy nebo rekonstrukce soustavy VO a současně uvážit dílčí skladbu budoucích provozních výdajů osvětlovací soustavy. Řešení rekonstrukce VO s nejnižšími investičními výdaji nemusí být to nejvhodnější a nejefektivnější nejen z technického, ale i ekonomického hlediska.

Kroky vedoucí k nalezení optimálního řešení osvětlovací soustavy závisí na návrhu a použitých konstrukčních prvcích, které se promítají do investičních a provozních výdajů.

Návrh	▪ Zpracování projektu a technické dokumentace ▪ Geometrie uspořádání světelných míst a) Hladina jasu, popř. udržované osvětlenosti a rovnoměrnost (viz pasport VO) b) Výběr náhradní teploty chromatičnosti
Investiční výdaje	▪ Svítidla a) Optimalizace využití světelného toku svítidel ○ Vyzařovací charakteristika ○ Účinnost optického systému ○ Činitel využití vyzařovaného světelného toku (zamezit nežádoucímu směřování světla mimo osvětlovanou komunikaci, objekt a dále omezit množství světla směřujícího do horního poloprostoru, který je největším zdrojem rušivého světla) b) Životnost svítidel a vysoký stupeň krytí (IP 65) c) Odolnost proti vandalizmu d) Jednoduchost montáže a údržby (s minimem nářadí) e) Vybavenost svítidel ○ svítidla s LED obsahují citlivou elektroniku. Kvalitní LED svítidla obsahují přepětovou ochranu před atmosférickým přepětím ○ tepelná ochrana ▪ Stožáry a) Optimum výšky stožáru a rozteče dle vybraných svítidel (jen u nově budované soustavy, případně celkové obnovy) b) Typy stožárů a nutnost osazení výložníkem či nikoliv, případná dodatečná protikorozní úprava

	▪ Rozvaděče VO a zapínací body ▪ Regulace a měření napětí v napájecí síti VO včetně měření proudového zatížení jednotlivých fází ▪ Dodatečná skupinová kompenzace ▪ Regulace světelné soustavy a) Statické řízení ○ Snímání osvětlenosti okolí, sledování intenzity provozu ○ Časový harmonogram (astronomické hodiny) b) Dynamické řízení ○ Určení funkčních skupin ○ Stanovení mezních hodnot regulace ▪ Výkopové zemní práce a pokládka rozvodů ▪ Úprava terénu v přidruženém prostoru VO a okolním prostranství (dláždění, zatravnění...)
Provozní výdaje	▪ Výdaje za spotřebovanou elektrickou energii a stálé měsíční platby distributorovi ▪ Výměna světelných zdrojů a svítidel ▪ Opravy svítidel a ostatních prvků osvětlovací soustavy ▪ Údržba a) Pravidelná (čištění svítidel, revize, nátěry nosných konstrukcí, mazání zámků dvířek...) b) Odstraňování havárií

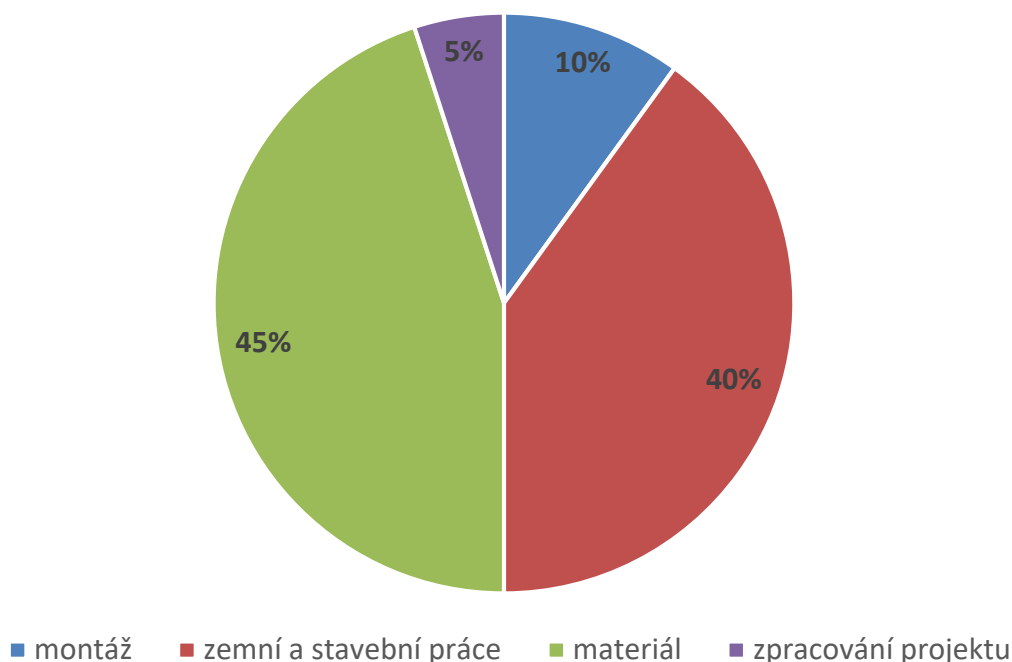


Při srovnání účinnosti světelných zdrojů HPS vs. LED, tj. účinnosti optického systému těchto svítidel a činitele využití světelného toku vycházejícího ze svítidla do osvětlované oblasti, vychází rozdíl v potřebném množství dopadajícího světla k zajištění identických světelných podmínek o 30 – 40 % nižší ve prospěch LED svítidel. Nelze tudíž přímo srovnávat světelný tok výbojky se světelným tokem LED svítidla, ale je nezbytné srovnávat účinnosti celého svítidla:

- Pokud porovnáme HPS 100 W se světelným tokem 10 700 lm s tlumivkou 113 W, umístěnou ve svítidle s optickou účinností 80 %, výsledný světelný tok vyzařovaný svítidlem je 8 600 lm a celková měrná účinnost svítidla je $76 \text{ lm} \cdot \text{W}^{-1}$
- LED svítidlo s celkovým příkonem 87 W má světelný tok 8 000 lm. Vyzářený světelný tok prochází pouze čočkou a neodráží se v parabole, proto je účinnost celého svítidla 98 %. Výsledná měrná účinnost svítidla je $90 \text{ lm} \cdot \text{W}^{-1}$. U vyspělých LED svítidel je navíc možné volit vyšší hodnotu udržovacího činitele pro návrh soustavy VO.

S neudržovanou a zastaralou soustavou VO se pojí i zvýšené nebezpečí nehodovosti a nižší mírou bezpečí z důvodu nezajištění dostatečné úrovně jasu (osvětlenosti) a rovnoměrnosti osvětlení.

Obrázek 29 Přibližné složení výdajů na výstavbu nové osvětlovací soustavy pro třídu osvětlení M4



Při rekonstrukci osvětlovací soustavy VO je dle generelu vypracován návrh na geometrii nové (rekonstruované) soustavy VO. Soustava je počítána podle současných nároků a světelně technických požadavků. Z důvodu respektování reálného stavu, je soustava VO přepočítána a může dojít u rekonstruované soustavy k navýšení počtu světelných míst (zmenšení roztečí mezi stožáry kvůli nárokům na úroveň jasu rovnoměrnosti).

S ohledem na tuto skutečnost může nová osvětlovací soustava vykazovat stejný nebo dokonce vyšší instalovaný příkon. Pokud tato situace nastane, je jedinou možností jak snížit celkovou energetickou náročnost, zavedení regulace nebo lépe aplikovat na osvětlovací soustavu systém dynamického řízení světelného toku.

Důsledky nevyhovující osvětlovací soustavy VO	Nerovnoměrnost osvětlení	a) Tvorba stínů b) Snížení orientace řidičů c) Zhoršena viditelnost chodců d) Stíny skrývají překážky
	Nedostatečná osvětlenost	e) Pokles pocitu bezpečí f) Zhoršená rozeznávací schopnost (postavy, obličeje) g) Zhoršení viditelnosti

Obrázek 30 Doposud používaná osvětlovací soustava z poloviny 60. let minulého století nemůže ani zdaleka plnit svůj účel (foto: Theodor Terrich)



2.8. Snížení činných ztrát

Spotřeba elektrické energie nezávisí pouze na instalovaném příkonu svítidel. Musí být brány v potaz i jiné, na pohled ne zcela identifikovatelné zdroje činných ztrát. Elektrické činné ztráty rostou vlivem degradace elektrické instalace v průběhu stárnutí osvětlovací soustavy.

Kabelová síť	▪ Postupná degradace izolačních vrstev kabelu je urychlována jeho proudovým přetěžováním (tepelné účinky), zejména, je-li část osvětlovací soustavy z důvodu porušení kabelu provozována na 2 ba dokonce na 1 elektrickou fázi. ▪ Proudové namáhání kabelu způsobuje také nesymetrický odběr proudu jednotlivých fází. K proudové nesymetrii dochází jednak nevhodným rozdělením zátěže (instalovaného příkonu svítidel) a jednak v důsledku odběru jalového výkonu při špatné kompenzaci účinníku. ▪ Vysoké úbytky na kabelovém vedení z důvodu neudržovaných svorkovnic. Nedotažené svorkovnice v patici stožáru jsou místem výskytu vysokého přechodového odporu. ▪ Nejvyšší nárůst činných ztrát je způsobován při poruše kabelu, kdy proud porušené fáze teče do země a uzavírá se přes zemní prvky soustavy. Zvláště vysoké toky proudu zemí jsou v mokré zemině, kdy hodnota proudu tekoucího do země může být i 40A.
Svítidla	▪ V případě výbojkových svítidel je nutné kompenzovat odběr jalového proudu odebíraného tlumivkou pomocí kompenzačního kondenzátoru, který svou kapacitou odpovídá příkonu tlumivky. ▪ Osazovat svítidla pouze světelnými zdroji (výbojkami), pro které byla svítidla konstruována, tj. typu a příkonu za předpokladu, že jsou svítidla vybavena správným typem předřadníku (nedošlo v průběhu používání k výměně nebo repasování předřadníku za jiný). ▪ Svítidla s LED zdroji renomovaných výrobců jsou dodávána s kompenzovanými drivery nejen pro první harmonickou složku proudu a jejich celkový účinník (power factor) by se měl blížit jedné. Levnější LED svítidla mohou mít kompenzaci účinníku provedenou nedostatečně. Poté je nutno připojit do rozvaděče VO skupinovou kompenzaci. ▪ Neoprávněné odběry nebo nesprávné napojení jiného odběru na rozvaděče VO. ▪ Správné dimenzování rozvaděčů a jistících prvků.

Jednoduchý způsob, jak odhalit činné ztráty a případně i černé odběry na VO je na základě výkonové bilance. Pokud pouhým porovnáním hodnot celkového instalovaného příkonu svítidel konkrétního vývodu z RVO dle pasportu s údaji z monitoringu spotřeby na dané větvi vyjdou najevo nesrovnalosti, je potřeba se na daný úsek zaměřit blíže.

V ideálním případě by se instalovaný příkon svítidel větve měl rovnat příkonu, který do této větve vstupuje na straně rozvaděče. Ve starších osvětlovacích soustavách tomu tak být nemusí, protože vlivem stárnutí tlumivek a vzniku přechodových odporů na svorkovnicích

nebude jmenovitý celkový příkon svítidla shodný se skutečnou hodnotou. Pro odhalení ztrát způsobených jinými odběry, je potřeba vycházet z dlouhodobého měření.

Při poruše fázového vodiče proud tekoucí zemí způsobuje významné ztráty v rozvodné síti VO. Je nejen ne hospodárné, ale zejména nebezpečné. Proud tekoucí z porušeného kabelu napájení soustavy VO se ještě zvyšuje s vodivostí půdy, která roste s její vlhkostí. Proud se uzavírá přes zemnicí pásy stožárů VO.

Není ojedinělý případ, kdy v síti TN-C jsou porušeny všechny fázové vodiče kabelu, avšak svítidla u postižených světelných míst stále svítí z důvodu uzavírání proudu přes nosné kovové konstrukce a následně přes propojení ochranné svorky svítidla s nulovým vodičem. Provozování takové soustavy VO se stává životu nebezpečné, kvůli nárůstu krokového napětí v blízkosti stožárů. Soustava nesmí být v tomto havarijním stavu dále provozována.



Toky proudu zemí lze odhalit při měření proudových odběrů všech fází na jednotlivých kabelových vývodech z rozvaděče veřejného osvětlení.

3. Provoz a údržba

Veřejné osvětlení je majetkem obce dle zákona o Obecním zřízení, zákon 128/2000 Sb., v aktuálním znění. Vlastník VO (obec) vykonává veškerá vlastnická práva a povinnosti k tomuto majetku a zajišťuje jeho provoz. Za účelem zajištění provozu a údržby VO zřizuje vlastník svou servisní organizaci nebo na základě výběru a uzavřeného smluvního vztahu spravuje VO prostřednictvím podnikatelského subjektu.

Součásti údržby VO	▪ Údržba (běžná a preventivní) a periodická revize
	▪ Odstraňování havárií a škod (vandalismus, živelné pohromy, závady způsobené jinými organizacemi při provádění výkopových prací v přidruženém prostoru komunikace)
	▪ Zajištění centrálního dispečinku a pohotovostní poruchové služby

3.1. Výměna světelných zdrojů

Plán údržby stanoví, zda a v jakých případech jsou nefunkční světelné zdroje vyměňovány individuálně a kdy je přistoupeno ke skupinové výměně světelných zdrojů po předepsaném čase. S výjimkou malých soustav VO je doporučena skupinová výměna zdrojů, která obvykle výhodná z hlediska provozních nákladů a plánování údržby a obnovy.

V případě sodíkových výbojek, resp. obecně zdrojů s kratší dobou života nebo s horšími vlastnostmi svítidel a zdrojů je obecně skupinová výměna výhodnější vždy, například v periodě 2 - 4 roky.

V případě LED zdrojů a kvalitních svítidel již nemusí být aktuálně skupinová výměna nejvýhodnější, resp. je vhodné provést optimalizační kalkulaci. Jelikož se však jedná o dlouhodobý výhled (i více než 10 let), nemusí rozhodnutí padnout ihned při obměně svítidel.

V případě použití zdrojů s charakteristikou L90B10 = 50 000 hodin (10% úbytek světelné toku a pouze 10 % nefunkčních svítidel po uplynutí uvedené doby) může být výhodnější individuální výměna zdrojů.

Obecně lze říci, že také použití svítidel s vyšším krytím umožňuje lépe využít delší životnosti zdrojů a snížit tak jejich „úmrtí“ před dobou udávanou výrobcem (která platí pro standardní popsání způsobu použití a podmínek okolního prostředí).

Tím je také možné rozptýlit obavy z vysokých nákladů v době skupinové výměny zdrojů v případě, kdy došlo k rozsáhlé renovaci soustavy v rozsahu například několika set svítidel. Skupinová výměna zdrojů po 12 letech (odpovídá 50 000 hodinám), což může představovat relativně vysoký náklad v jednom roce, nicméně při použití kvalitních svítidel a světelných zdrojů je i skupinovou výměnu možné realizovat postupně, případně dlouhodobě plánovat a vytvářet si finanční zdroje. Současně je vhodné uvážit, že v době, kdy bude výměna aktuální, budou na trhu jiné pokročilejší světelné zdroje a výměna bude probíhat postupně i z důvodu morálního zastarání, potřeby realizovat jinou (dynamickou) úroveň VO apod.

3.2. Revize veřejného osvětlení

Lhůta pro provádění periodických revizí je odvozena z ČSN 33 15 00 ve vztahu k umístění elektrického zařízení ve venkovním prostředí. Pro VO je lhůta pravidelných revizí stanovena na 4 roky. Periodická revize musí být provedena nejpozději v roce, do kterého spadá konec stanovené lhůty od doby poslední revize. Revize musí být provedena pouze revizním technikem s kvalifikací podle § 9 vyhlášky č. 50/78 Sb. a splatným stupněm oprávněním k revizní činnosti vydaným Technickou inspekcí ČR.

Výsledkem zprávy o revizi je zpráva s popisem stavu posuzovaného zařízení a závěrem, zda zařízení odpovídá normám a předpisům pro něj určeným.

Zjištěné revizní závady musí být provozovatelem odstraněny ve lhůtě stanovené revizním technikem. Revizní zpráva je dokladem pro provozovatele vypovídající o bezpečnosti provozovaného elektrického zařízení. Odpovědnost za bezpečnost zařízení a obsluhy zůstává vždy na provozovateli.

Možnosti připojení jiných odběrů na rozvod VO

- Vlastník VO je konečný odběratel elektrické energie od distributora na základě smluvního vztahu podle zákona o podnikání v energetických odvětvích č. 458/2000 Sb., §3
- Vlastník VO nemá licenci udělenou od ERÚ a dle zákona se licence neuděluje na činnost, kdy zákazník či odběratel poskytne odebranou elektřinu jiné fyzické nebo právnické osobě prostřednictvím vlastního nebo jim provozovaného odběrného elektrického zařízení, přičemž náklady na nákup elektřiny na tyto osoby pouze rozúčtuje dohodnutým způsobem a nejedná se o podnikání
- Vlastník nebo správce může povolit připojení dalšího elektrického zařízení cizího vlastníka na rozvod VO pouze pokud tento odběr splní podmínky pro přiznanou distribuční sazbu C62d veřejné osvětlení. V jiném případě je rozhodující stanovisko distributora elektrické energie



K rozvodům VO mohou být připojovány dopravní značky, světelná signalizace, dočasné slavnostní osvětlení (vánoční výzdoba) dle zvláštních technických požadavků provozovatele. Pro rozšíření možností využití infrastruktury VO je mj. nutno počkat na nový tarifní systém, díky němuž bude možné pokročilé možnosti využít v plném rozsahu.

Pro spolehlivý a bezporuchový provoz osvětlovací soustavy VO je třeba dbát na preventivní údržbu a kontrolu jednotlivých prvků. Z důvodu bezpečnosti je vhodné provádět kontroly stavu izolace kabelů, dotažení stožárových svorkovnic (zejména kontrola nulového vodiče). Dále je důležité se věnovat funkčnosti spínacích prvků VO, tj. správná funkčnost soumrakového čidla nebo nastavení astronomických hodin, odečítacím zařízením a řídicím prvkům osvětlení v rozvaděčích.

Při kontrolách nesmí být opomíjena ani údržba stožárů, jejich protikorozi povrchová úprava, stav patic, zajištění dvířek a stav uzemnění.

Skupiny konstrukčních prvků VO z hlediska jejich kontroly	▪ napájecí systém	a) Kabelové trasy – rozvody, dimenzování jističů b) Elektrická výzbroj stožárů
	▪ ovládání	a) hlavní zapínací bod b) Soumrakové čidlo c) Astronomické hodiny d) Kombinace hodiny a soumrakové čidlo
	▪ nosný systém	stožáry, výložníky



Základním dokumentem ve správě je pasport VO. V souvislosti se všeobecnou elektronizací a automatizací by i tento pasport měl být nejlépe elektronický, jednoduše editovatelný a on-line přístupný. Ideálním stavem je propojení tohoto pasportu například se skladovým hospodářstvím. Každá dílčí výměna zdroje nebo jiný zásah na soustavě VO tak může proběhnout automatizovaně a to např. s pomocí chytrého telefonu.

3.3. Přenesená správa VO

Přenesená správa VO umožňuje obcím podstoupit soustavu VO do rukou správce VO. Externí servisní organizaci zajišťuje provoz a údržbu VO. Obecní samospráva hradí investiční výdaje a výdaje spojené se spotřebovanou elektrickou energií.

Dalším krokem k přenechání starostí spojenou s provozováním VO je uzavření dohody o převzetí, samospráva hradí zvláště pouze spotřebovanou elektrickou energii a ostatní jako službu nakupuje od správce, který zajišťuje provoz a obnovu VO.

Poslední možností je přenechání veškerých nákladů spojeným s VO specializovanému správci a VO nakupovat jako službu EPC.

Při správně nastavených parametrech smlouvy, zejména v oblasti standardů VO, procesů a spolupráce, plánu investic a kalkulačního vzorce provozních nákladů může být přenesená správa pro město či obec výhodná. Zejména ve spojení s pokročilým systémem ovládání, regulace a monitoringu spotřeby.

Tabulka 12 Modely přenesené správy VO

Výdaje	Správa VO			
	Samospráva	Správce VO	Contracting	EPC
Investiční výdaje	Samospráva	Samospráva	Správce VO	Správce VO
Provozní výdaje		Správce VO		
Spotřeba energie		Samospráva	Samospráva	

- místo pro poznámky -

3.4. Monitoring veřejného osvětlení

Dohledový systém VO s prvky chytrého VO umožňuje řízení na nejvyšší úrovni, do kterého může být kromě VO zahrnut i ostatní mobiliář města jako je architektonické a slavnostní osvětlení, informační a kamerový systém města, řízení světelných křižovatek, hlídání a informování o obsazenosti veřejných parkovacích ploch.

Mimo sběr informací umožňuje chytré VO vzdálenou komunikaci a ovládání jednotlivých prvků prostřednictvím mobilních sítí či internetu.



Chytré veřejné osvětlení umožňuje vzdálenou správu a řízení prostřednictvím virtuálního dispečinku. Celá správa může být snadno přenositelná na komerční servisní organizaci.

Sběr spolu s vyhodnocováním dat a následné řízení je zajištěno na datových serverech servisní organizace, případně v cloudových úložištích. Zřizovateli VO odpadají starosti a výdaje spojené s provozem dispečinku VO na území obce.

Primární úlohy dohledu chytrého VO

- Sledování celé soustavy chytrého VO
 - a) Stav rozvaděčů
 - Dálkový odečet měření
 - Informace o vývodech
 - Proud v jednotlivých fázích
 - Výkon ve větví (činný, jalový)
 - Poloha jističů
 - Hlídání otevřených dveří rozvaděče
 - Poslední zásah do rozvaděče
 - Poslední provedená revize
 - Historie prováděných servisních úkonů
 - b) Stav zapínacího bodu
 - Aktuální hladina osvětlenosti okolí
 - Časový plán zapínání
- Sledování jednotlivých světelných míst
 - a) Provoz, bezporuchový stav
 - b) Informace o aktuální hladině světelného toku (stmívání)
 - c) Informace o aktuálním příkonu svítidla
 - d) Teplota okolí / LED modulu
 - e) Celkový počet odsvícených hodin
 - f) Počet nefunkčních LED čipů
 - g) Datum poslední údržby



Chytré veřejné osvětlení je přímo propojeno s pasportem VO a veškeré změny jsou zaznamenány a provedeny v reálném čase. Aktualizace pasportu proběhne na základě:

- hlášení poruch ze systému
- provedené práce servisní organizace včetně rozpisu použitého materiálu a výkazu pracovní činnosti

3.4.1. Měření spotřeby elektřiny

Monitoring spotřeby může být součástí zavedeného řídicího systému, který umožňuje sledovat a vyhodnocovat spotřebu elektřiny za celou soustavu, v jednotlivých větvích a dokonce po jednotlivých svítidlech. Takové řešení je však stále spíše výjimkou, navíc neřeší komplex opatření a činností energetického managementu, mezi něž patří například evidence a kontrola faktur.

Také v rámci pravidelného přezkumu spotřeby energie, sdružených nákupů energie či lépe v on-line databázi je nezbytné mít neustále aktuální přehled o počtu, typu, stavu a dalších podstatných charakteristikách odběrných míst, včetně informace o jejich umístění.



V praxi rozlišujeme dva druhy měřidel. Měřidla stanovená, na základě kterých jsou účtovány poplatky za dodávané médium a související služby. Mimo oficiální obchodní styk se pro stanovená měřidla používá pojem měřidlo fakturační.

V ostatních případech se jedná o měřidla podružná, která slouží pro bližší určení a rozlišení účelu spotřeby, případně pro rozúčtování nákladů.

Stanovená měřidla musí splňovat požadavky § 14 zákona č. 505/1990 Sb., o metrologii, který určuje podmínky pro stanovená měřidla, jejichž náměr musí respektovat jak dodavatel, tak i odběratel energie. Vydané osvědčení potvrzuje, že náměr měřidla je vždy v toleranci povolené nepřesnosti odečtu.

Typy měření elektřiny stanoví vyhláška č. 82/2011 Sb. o měření elektřiny a o způsobu stanovení náhrady škody ve znění novely č. 152/2016 Sb.

měření typu A	průběhové měření s dálkovým denním přenosem údajů a průběžný záznam střední hodnoty činného a jalového výkonu za měřicí interval provádí přímo měřicí zařízení
měření typu B	průběhové měření s dálkovým jiným než denním přenosem údajů a průběžný záznam střední hodnoty činného a jalového výkonu za měřicí interval provádí přímo měřicí zařízení; pokud není možné uskutečnit dálkový přenos údajů z technických důvodů, je možné přenos údajů provést jiným způsobem

Využívání impulsních výstupů nebo poskytování naměřených hodnot pomocí jiných komunikačních rozhraní elektroměru není bez souhlasu provozovatele přenosové soustavy nebo provozovatele distribuční soustavy umožněno.



Vyhláška mimo jiné stanoví, že na základě žádosti zákazníka a pokud to měření umožňuje, poskytne provozovatel distribuční (příp. přenosové) soustavy zákazníkovi impulsní výstupy z měření nepřetržitě přímo v předávacím místě nebo v odběrném místě nebo zpřístupní naměřené hodnoty pomocí jiného komunikačního rozhraní elektroměru.

3.4.2. Manuální odečty měřidel

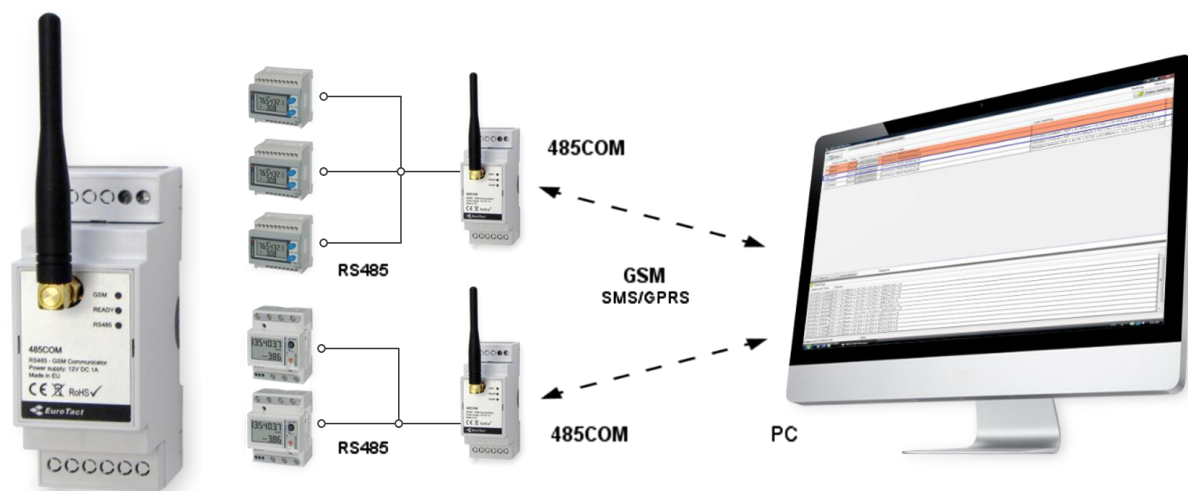
Stanovená měřidla je možné odečítat manuálně obvykle bez překážek, neboť z principu musejí být přístupná – pro osoby s oprávněním pro otevírání rozvaděčů veřejného osvětlení (RVO). S ohledem na velikost soustavy VO a vzdálenosti RVO je v případě ručních odečtů jejich čas a frekvenci spojit s jinými úkony, např. pravidelnou vizuální kontrolou soustavy VO a RVO. I v tomto případě je zřejmě jednou možností měsíční perioda odečtů.

Měsíční	Odečty je vhodné provádět ve stejný den, například 1., 15., 30. dne v měsíci s tím, že rozptyl je možný až tři dny v případě, že den odečtu připadne na víkend či svátek.
Týdenní	Odečty je nutné provádět ve stejný den, například v pondělí nebo v pátek a ideálně ve stejnou hodinu, případně s rozptylem do 6 hodin.

3.4.3. Technologie vzdáleného monitoringu

V současnosti již manuální odečty představují pouze přechodnou fázi, vývoj směřuje k automatizovanému monitoringu spotřeby. Vzdálený monitoring je v takovém případě obvykle zajištěn odečtem pulzního výstupu elektroměru (ve většině případů již jsou RVO vybaveny elektroměry s pulsním výstupem). Pro samotný dálkový přenos a zpracování dat je v současnosti v podstatě vždy použit internet, nicméně na rozhraní internetu je z RVO potřeba data dostat v případě VO téměř výhradně bezdrátově a to pomocí radiového přenosu, s využitím GSM, případně pomocí wi-fi (viz kapitola o chytrém VO).

Obrázek 31 Ilustrační foto GSM komunikátoru pro dálkový odečet dat (zdroj: <http://eurotact.com/>)



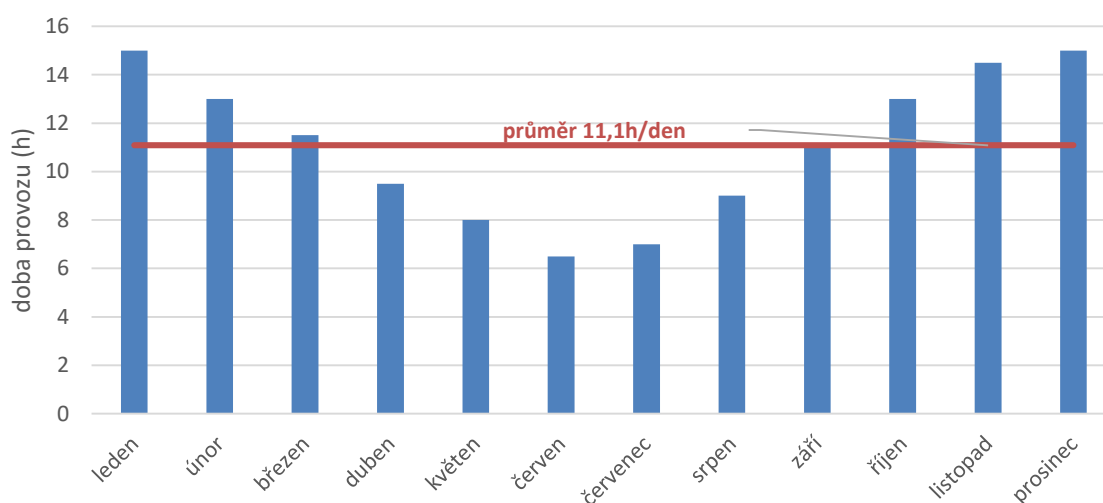
Jedním ze systémů pro přenos měřících dat a potenciálně i ovládacích prvků je systém založený na radiovém přenosu. Tato radiová technologie pro dálkové odečty měřidel pracuje ve volném frekvenčním pásmu 868 MHz, případně v pásmu 169 MHz. Pomocí soustavy gateway a komunikačních modulů lze na stejné bázi odečítat všechny měřící přístroje s rozhraním M-BUS, RS-485 či pulzy v interiéru i exteriéru.

3.4.4. Metodika vyhodnocování spotřeby

Metodika vyhodnocování spotřeby elektrické energie a následné včasné odhalení poruchového stavu v soustavě veřejného osvětlení může probíhat automatizovaně s využitím dálkových odečtů elektroměru v RVO. Ke správné činnosti metodiky je nezbytná znalost instalovaného příkonu na jednotlivých vývodech z RVO, respektive odběrného místa. K tomu účelu slouží pravidelně aktualizovaný pasport VO.

Spotřeba je vyhodnocována na základě hodinových odečtů, které jsou průměrovány v desetidenních periodách. Jsou vyhodnocovány průměrné hodnoty z 10 po sobě jdoucích dnů, vždy z totožné hodiny odečtu- tj. pro každý měsíc jsou vypočteny 3 hodnoty spotřeby v hodinovém časovém intervalu z důvodu eliminace krátkodobých výkyvů (např. výpadek několika málo světelných zdrojů).

Obrázek 32 Provoz VO v období jednotlivých měsíců, vyhodnocení z desetidenních průměrů (zdroj: vlastní)



Chyby, které způsobují rozdíl mezi teoretickou a naměřenou spotřebou:

- Vyšší úbytky napětí na vývodech z rozvaděče a vyšší ztráty na předřadnících
 - Příliš vysoké úbytky napětí v kabelovém rozvodu VO způsobené chybným dimenzováním nebo degradací v důsledku stárnutí (výskyt bludných proudů při porušení izolačních vlastností)
 - Ztráty na tlumivce se mění v důsledku stárnutí
 - Zvýšení činných výkonových ztrát v důsledku nefunkční kompenzace účinníku (kompenzační kondenzátor ve svítidle vyřazen z činnosti)
 - Zvýšení činných výkonových ztrát v důsledku zvýšeného přechodového odporu v patkové svorkovnici stožáru atp.
- Příkon svítidla je vypočítán na základě známosti příkonu instalovaného světelného zdroje a běžných ztrát tlumivky (předřadníku) v dané výkonové řadě
 - Příkon výbojek se mění v závislosti na počtu odsvícených hodin
- Dálkový odečet je prováděn s periodou 1 hodina
 - Zapnutí a vypnutí VO je detekováno v rámci hodinového okna – není známa přesná doba provozu VO a výpočtová doba provozu VO se prodlužuje oproti realitě (netýká se případů, kdy je VO spínáno astronomickými hodinami)
- U některých typů dálkového odečtu odběrných míst může být údaj o spotřebě zaokrouhlen na celé kWh

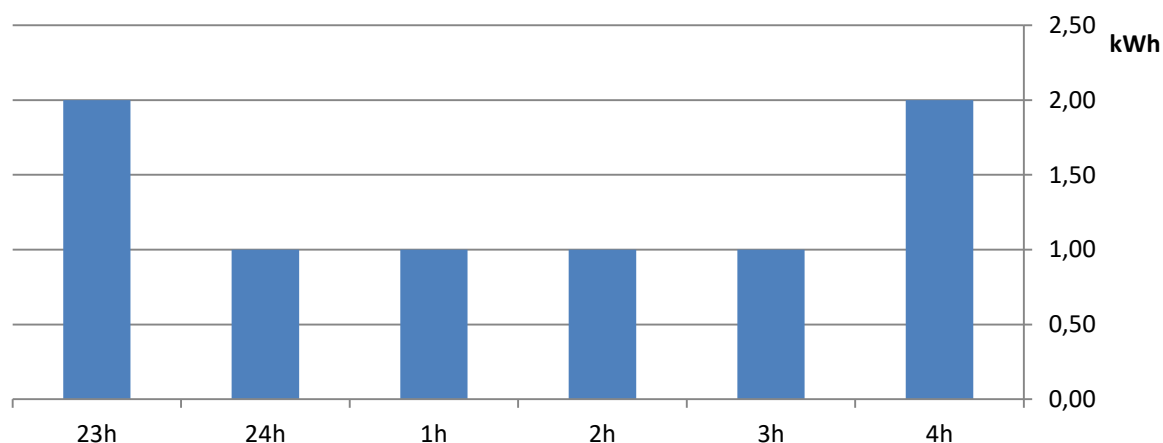
- Při poruchách na kabelovém vedení VO se světelná místa dočasně (někdy i trvale) přepojují mezi rozvaděči (připojení na jiný vývod (i záložní) z RVO. Tím se může změnit počet světelných zdrojů připojených k danému rozvaděči.

Detekce poruchových stavů v soustavě VO je založena na srovnávací metodě. Platí předpoklad stejných podmínek provozu, tj. v rámci monitorovaného časového období se nemění počet a ani příkon instalovaných zdrojů.

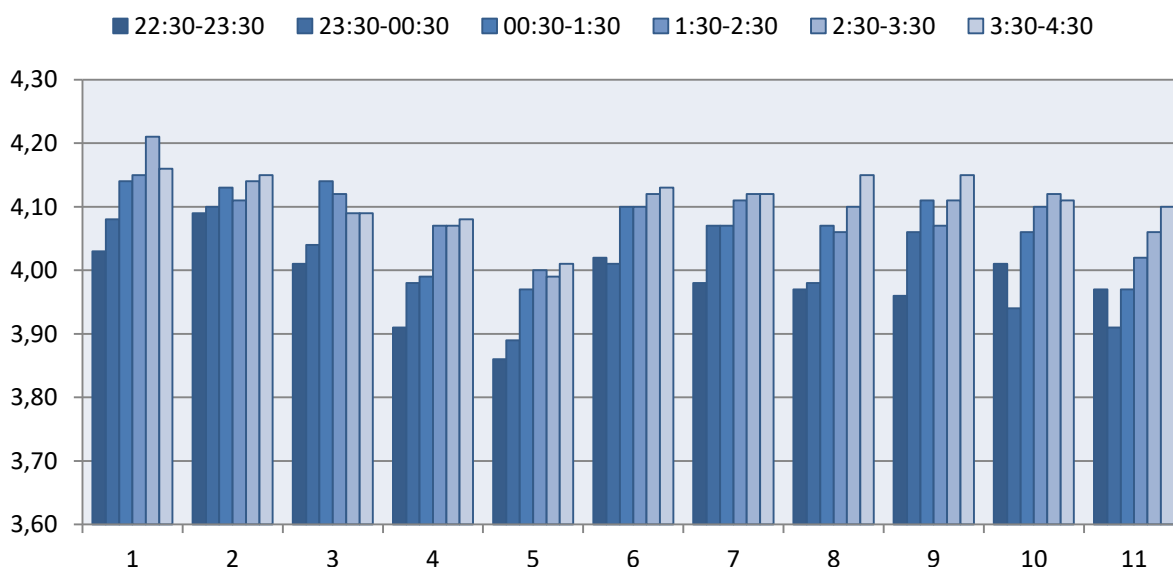
Srovnání spotřeby s dlouhodobým průměrem napomáhá zpřesňování metody. Bezprostředně lze srovnávat spotřebu jen za stejné období, tj. den v roce. K tomu je nutno provádět měření dlouhodobě – více let.

V metodice vyhodnocování se pracuje s porovnáváním hodnot desetidenních průměrů jen v době kdy má být s jistotou VO v provozu během celého roku. Srovnávání je prováděno s hodinovými okny v době od 23:00 až 4:00. Pokud je zavedena regulace, je třeba znát časový plán a hladiny (%) regulace.

Obrázek 33 Možný výstup z dálkového odečtu spotřeby elektrické energie RVO (v čase mezi 23h a 4h), doba měření cca 3 měsíce.



Obrázek 34 Výstup z dálkového odečtu spotřeby elektrické energie RVO (v čase mezi 23h a 4h) za období 11 dekád – v souladu s výše popsanou metodikou;



3.5. Konceptní přístup k řešení veřejného osvětlení

Aby bylo možné soustavu VO řádně provozovat, udržovat a plánovat investice, je vhodné mít přehled o jejím stavu, finanční a energetické náročnosti a navazovat její rozvoj s ohledem na plánovaný rozvoj obce. K tomuto slouží následující dokumenty, na jejichž přípravě by se měl podílet specialista na veřejné osvětlení a energetický konzultant.

▪ Pasport VO

Základní pilíř koncepce VO je definovaný zákonem (183/2016 Sb.) a slouží jako databáze s informacemi o jednotlivých prvcích osvětlovací soustavy včetně mapových výstupů.

▪ Základní plán VO

Tento dokument stanovuje koncepci, způsob osvětlení a představu nočního vzhledu města/obce. Součástí je definice technických (regulace svítidel) a fyzických parametrů soustavy VO pro jednotlivé lokality města dle kategorií pro veřejné komunikace (zařazení komunikací do tříd osvětlení) a prostory (specifikace barvy světla).

▪ Plán obnovy VO

Aby byla zajištěna systematická správa soustavy VO, je tento dokument připraven v souladu se Základním plánem VO. Obsahuje návrh investičních nákladů a systém obnovy, bilancující náročnost provozních nákladů. V ideálním případě jde o podklad k plánování investic do rozpočtu města.

▪ Standardy VO

Dokument definuje standardy prací, které popisuje Plán obnovy, tedy postupy při projektování, které budou součástí zadávací dokumentace výběrového řízení na zpracování projektové dokumentace. Dále specifikuje postupy při realizaci, údržbě a obnově VO a standardy jednotlivých prvků soustavy VO používaných při obnově a údržbě. Konkrétně v dokumentu mohou být uvedeny postupy při řešení případných problémů např.: s rušivým světlem, vysokou energetickou náročností nebo vysokými provozními a investičními náklady.

3.5.1. Úplná renovace soustavy VO

Pokud jsou za svou účetní i morální životností svítidla, stožáry i kabely, je vhodnější opustit starou soustavu a projekt renovace uskutečnit jako nový projekt. Moderní svítidla totiž umožňují realizovat soustavy s většími vzdálenostmi mezi stožáry, což může vést ke snížení investičních i provozních nákladů nové soustavy.

I v případě, že původní kabeláž je stále ve vyhovujícím stavu, je stále možné uvažovat o kompletní renovaci. Pro posouzení záměru je možné zpracovat studii proveditelnosti, která zhodnotí jednotlivé varianty obnovy. Studie může prokázat, že investice do nových kabelů může být pokryta z nákladů, které by byly třeba na pokrytí nákladů při stavbě světelných bodů v původním počtu, tedy nákladů na betonové základy, stožáry, jejich patky a případné výložníky, svítidla a světelné zdroje. Do kalkulace je započítáno i snížení provozních nákladů při nižším počtu světelných bodů.

3.5.2. Částečná renovace VO

Jde o situaci, kdy jsou kabelové rozvody v pořádku a investice do jejich rozvodů není ekonomicky výhodná, ale stožáry, svítidla nebo světelné zdroje jsou na hranici své životnosti.

Problematická je situace, kdy je soustava VO v různých fázích životnosti. Doporučuje se zpracování studie proveditelnosti, která vyhodnotí možné varianty obnovy.

Pokud je nutná pouze výměna svítidel, není pravděpodobné, že by vyšší investice byla pokryta nižšími provozními náklady, ke kterým by došlo při snížení počtu světelných míst. Avšak i v případě výměny svítidel lze dosáhnout budoucích provozních úspor. Použitím kvalitním svítidel lze snížit jejich příkon a přesto dosáhnout kvalitativních i kvantitativních nároků.



Pro osvětlování komunikací se jako možné úsporné opatření nedoporučuje výměna původních výbojkových zdrojů za nové s kompaktními nebo lineárními zářivkami. Svítidla s tímto zdrojem mají nízký činitel využití, nezaručující dostatečné množství ani kvalitu osvětlení. Konkrétně může dojít k vyzařování světla do nežádoucích směrů a problematická je zároveň velká závislost jejich světelného toku na venkovní teplotě, kdy při teplotách kolem bodu mrazu je světelný tok velmi nízký.

3.5.3. Regulace soustavy veřejného osvětlení

Regulace je způsob, jak lze upravovat technickoekonomické možnosti soustavy VO. Je možné regulovat dvěma způsoby, vypínáním nebo snížením světelného toku pomocí snížení napětí (sekundárně snížením příkonu soustavy).

▪ Vypínání soustavy VO

Jde o nejhorší způsob regulace VO, protože při všech jeho variantách odpadne bezpečnostní funkce osvětlení a zhoršení jasových podmínek, tedy zhoršení podmínek pro účastníky dopravního provozu. Tento způsob regulace provozu VO nelze doporučit.

- Vypnutí celé soustavy VO na určitý časový úsek v nočních hodinách je nejúspornějším způsobem regulace. V lokalitách bez osvětlení však stoupá kriminalita a především chodci se mohou cítit v takovém prostředí velice nepříjemně a ohroženě. Naopak pro řidiče jde o bezpečnější variantu vypínání osvětlení v obci, protože řidiči jsou po celou dobu jízdy v lokalitě adaptováni na stejné světelné podmínky, tedy tmou ozářenou světly automobilů.
- Částečné vypínání soustavy, kdy jsou ponechána osvětlena jen kritická místa nebo kdy je vypnutý každý druhý stožár, je způsob velmi rizikový. Řidič se v tomto případě musí adaptovat na odlišné jasové podmínky. V osvětleném úseku je oslněn a opouští ho v momentě, kdy je změnou jasu v podstatě slepý.

▪ Regulace světelného toku

Jde o regulaci bezpečnou, při níž dojde k rovnoměrnému snížení osvětlení, kdy jsou řidiči zajištěny plynulé přechody mezi jasovými podmínkami v lokalitě. Regulovat soustavu VO jde centrálně, kdy se mění parametry napájecí sítě vedoucí ke změnám světelného toku u zdrojů, nebo individuálně, kdy je regulační prvek osazen přímo ve svítidle a ovládá se programem.



Regulace centrální podléhá parametrům svítidla, jež jsou schválena pro určitá kritéria napájecí sítě. Ta se regulací mění a podléhají tak Vyhlášce 137/1998Sb. o obecných technických požadavcích na výstavbu.

Pokles světelného toku není u světelných zdrojů, především výbojek, přímo úměrný příkonu osvětlovací soustavy. Procento úspor elektrické energie je menší než procento poklesu světelného toku. U poklesu příkonu na přibližně 55 % klesne světelný tok asi o 33 %. Přesto tímto způsobem regulace lze dosáhnout úspor až 40 %.

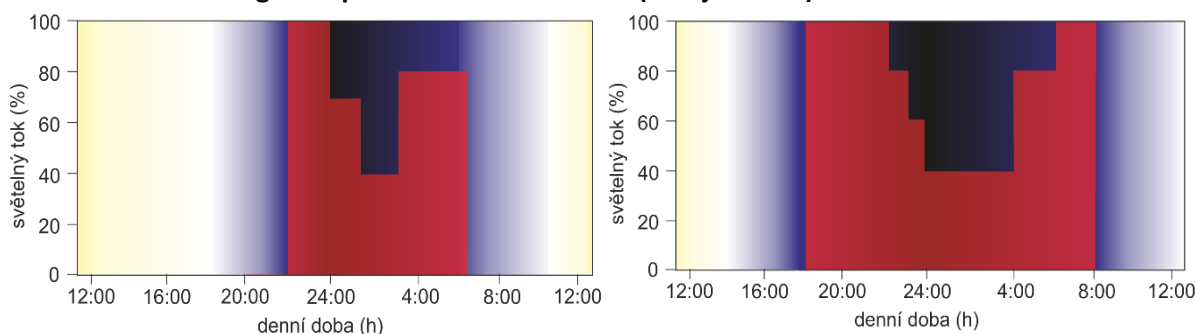


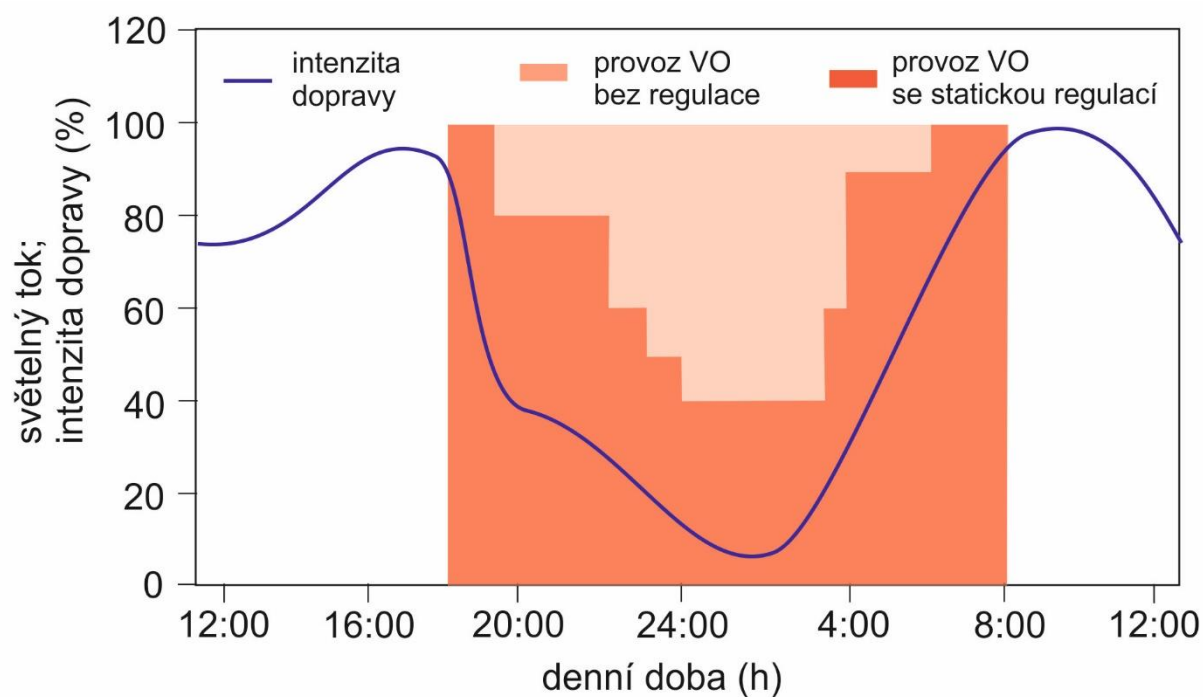
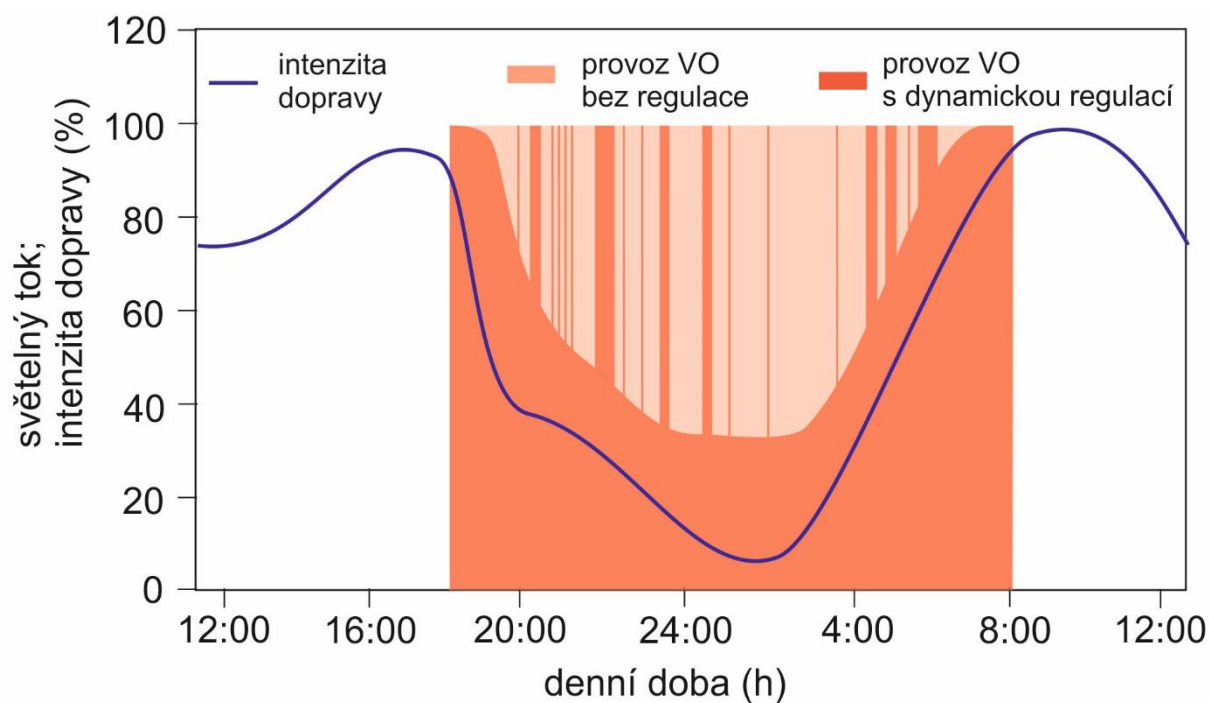
Nastavení individuální regulace světelného toku je možné zvolit pevné, plynulé nebo dynamické.

- Pevné nastavení bude regulovat skokově dle zvoleného denního harmonogramu, například dvoustupňově, kdy je napětí na 75 % v čase od 22:00 do 0:00 a 4:30 do 6:00 a na 50 % v intervalu od 0:00 do 4:30)
- U plynulé nastavení kopíruje pokles světelného toku parametr dopravy, jež je závislý na denním režimu.
- Dynamické osvětlení je nastaveno tak, aby neustále reagovalo na aktuální potřebu a chování uživatelů, na povětrnostní podmínky, hustotu provozu pěší a motorové dopravy.

Ke znázornění regulace soustavy VO dle pevného a dvoustupňového nastavení slouží následující obrázek.

Obrázek 35 Snížení spotřeby elektrické energie statickou regulací dle předem naprogramovaného harmonogramu pro letní a zimní období (Zdroj: vlastní)



Obrázek 36 Snížení spotřeby elektrické energie regulací na základě hustoty dopravy (Zdroj: vlastní)**Obrázek 37** Příklad činnosti dynamicky řízené osvětlovací soustavy na základě vyhodnocování aktuálního výskytu účastníků provozu a naučeného algoritmu řízení (Zdroj: vlastní)

4. Ekonomika a financování VO

V této kapitole jsou stručně popsány možnosti financování projektů a projektové přípravy ve veřejném osvětlení. Veřejné osvětlení má v rozpočtových kapitolách měst a obcí relativně výjimečné postavení a lze tak relativně dlouhodobě plánovat obnovu a rozvoj.

Vybudování nové osvětlovací soustavy může být výhodnější než renovace s pouhou obměnou svítidel. Výměna svítidel na stávající osvětlovací soustavě je poměrně častá a optimalizuje výdaje spojené s provozem, kdy dojde ke zlepšení světelně technických parametrů, ačkoliv ne v plném rozsahu. Životnost svítidel je počítána minimálně 10 let.

Výstavba nové soustavy chytrého veřejného osvětlení umožní optimální rozmístění světelných míst dle projektu zohledňující použití nových svítidel s vyšší účinností a zároveň umožní přizpůsobení aktuálním potřebám komunikací. Komplexní rekonstrukcí se docílí většího snížení instalovaného příkonu soustavy než pouhou výměnou svítidel.

Při výběru svítidel je nutné uvažovat parametry, které ovlivní budoucí provozní náklady, zejména charakter osvětlovaného prostoru a volba svítidla s odpovídající charakteristikou rozložení svítivosti. Pro osvětlování běžných komunikací se použijí svítidla se širokou charakteristikou rozložení svítivosti ve směru podélném s osou komunikace a úzkou ve směru příčném.

Pro zajištění dlouhodobé stálosti světelných parametrů a minimalizaci výdajů na údržbu svítidel je důležitý vysoký stupeň krytí (IP) optické části. Některá svítidla umožňují polohování světelného zdroje v reflektoru, popřípadě reflektoru vůči světelnému zdroji a tím ovlivnění fotometrie svítidla. Standardně se provádí polohování celého svítidla, čímž se efektivně využije distribuovaný světelný tok ze svítidla. Polohování svítidla umožňuje jeho montáž na dřík stožáru, čímž odpadá nutnost používání výložníků.

4.1. Struktura nákladů moderního VO

Nové technologie a nové možnosti s sebou často přinášejí nové vyvolané náklady. Zatímco investiční náklady jsou přirozené a musejí být vynakládány na obnovu technicky či morálně zastaralých prvků, je nutno velmi pečlivě zvážit opodstatněnost případného navýšení provozních nákladů.

S ohledem na dynamický vývoj v oblasti technologií se ukazuje plánování daleko nejdůležitější činností. Souvisí s celkovou strategií a koncepcí VO. S rozvojem LED svítidel a tzv. „chytrých řešení“ nastává změna poměru provozních nákladů a této skutečnosti je potřeba přizpůsobit tvorbu kalkulačních vzorců pro stanovování provozních nákladů.

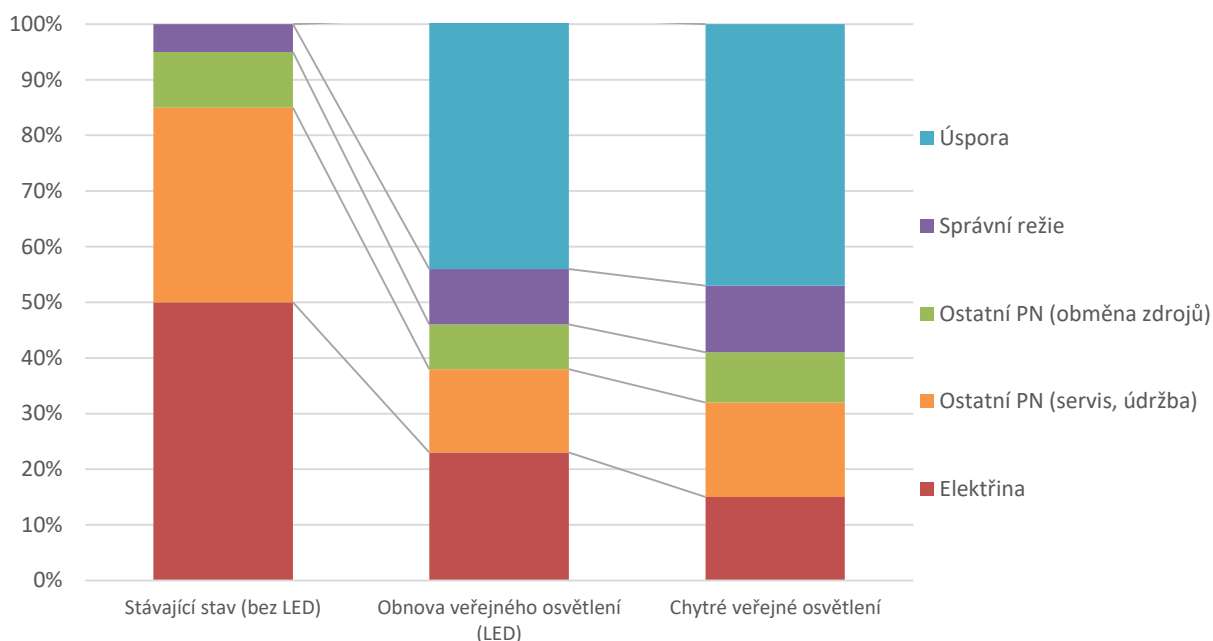
Aktuálně je možné s určitou mírou tolerance porovnávat provozní náklady soustav VO mezi sebou, u obcí a měst obdobné velikosti (počtu světelných bodů) by se tyto náklady měly blížit. S rozvojem LED a aplikací chytrého veřejného osvětlení budou klesat jak náklady na elektrickou energii, tak i ostatní provozní náklady a náklady na výměnu zdrojů. Pokles nákladů by měl být úměrný podílu LED svítidel na celkovém počtu světelných bodů v obci či městě.

Podstatnou roli bude hrát podíl režijních nákladů v kalkulovaných provozních nákladech. Nenastane tak zcela úměrné snížení provozních nákladů snížením spotřeby energie a prodloužení doby života zdrojů ani v případě výměny 100 % zdrojů za LED, ale mělo by se této předpokládané hodnotě blížit.

Využití chytrých systémů veřejného osvětlení s sebou pak přináší další provozní náklady (samotný software, administrace, obsluha a podobně). Zde je nutné mít na paměti, že instalace dynamického/chytrého řízení VO bez ucelené koncepce a promyšlení budoucí správy

a managementu může vést pouze k nárůstu provozních nákladů a nevyužívání všech funkcí, které nová instalace přináší. Příkladem může být např. instalace senzorů a čidel na třídách komunikací P bez předchozí analýzy využití (s ohledem na legislativní požadavky by taková instalace mohla pozbývat smyslu), případně instalace dynamického řízení bez celkové koncepce správy a řízení (na městě daný systém nebude mít kdo obsluhovat a zůstane tak nevyužitý).

Obrázek 38 Příklad modelově ilustruje možnou změnu struktury a výše provozních nákladů v souvislosti s přechodem na LED zdroje světla a na chytré veřejné osvětlení



4.2. Plánování údržby a provozních nákladů

Dle rozlehlosti osvětlovací soustavy a dohod se servisní organizací se přistupuje k různě rozsáhlým plánům údržby a obnovy soustavy VO. Mezi rutinní údržbu patří výměna vyhořelých světelných zdrojů. Výměny mohou být individuální, tj. světelný zdroj je využit do poruchy nebo se přistupuje k výměně skupinové, kdy ve vybraném úseku soustavy VO jsou periodicky měněny světelné zdroje.



Hromadná výměna světelných zdrojů je výhodná především pro servisní organizaci zajišťující údržbu. Spolehlivost provozu VO v obci je vyšší, avšak většinou se projeví zvýšenými výdaji za údržbu. Zavedením online monitoringu a doplnění soustavy VO o řídicí prvky umožní provozovateli snížit výdaje na preventivní údržbu.

4.2.1. Provozní měrné roční výdaje

Provozní výdaje se vztahují k určité době (rok) provozování a s určitou pravidelností se opakují po celý život provozovaného zařízení. Jsou dány součtem výdajů na provoz (spotřebovaná elektrická energie, světelné zdroje) a na údržbu. Měrné roční provozní výdaje se udávají v Kč/km.

- Roční výdaje na spotřebovanou elektrickou energii C_E (Kč)

$$C_E = N * P_c * t_r * C_{el} + C_{sp}$$

kde N – počet svítidel soustavy (ks)

P_c – příkon světelného zdroje včetně ztrát v předřadníku (kW)

t_r – roční doba provozu soustavy (h)

C_{el} – cena elektrické energie, 1kWh (Kč)

C_{sp} – stálé roční platby distributorovi el. energie (Kč)

- Roční výdaje na výměnu sv. zdrojů C_Z (Kč)

$$C_Z = \frac{N}{T_V} * (C_{zd} + C_v)$$

Kde T_V – perioda skupinové výměny zdrojů (rok)

C_{zd} – cena světelného zdroje (Kč)

C_v – cena práce za výměnu sv. zdroje (Kč)

- Roční výdaje na čištění svítidel C_M (Kč)

$$C_M = \frac{N}{T_m} * C_m$$

Kde C_m – výdaje na čištění svítidla (včetně práce) (Kč)

T_m – perioda čištění svítidel (rok)

- Celkové roční výdaje na provoz soustavy C_C (Kč)

$$C_C = C_E + C_Z + C_M + C_O$$

Kde C_O – roční výdaje na opravy osvětlovací soustavy* (Kč)

* % z pořizovací ceny soustavy (materiálu) – záleží vždy na konkrétním případě

4.2.2. Údržba osvětlovací soustavy

Údržba soustavy VO spočívá zejména v následujících činnostech:

- periodická kontrola funkčnosti VO a jeho bezvadného stavu (vizuální)
- kontrola paticových svorkovnic a elektrické výzbroje rozvaděčů
- kontrola základů stožárů a jejich uzemnění
- kontrola elektrické výzbroje svítidel, kontrola těsnosti optického systému proti vnikání vody a nečistotám z ovzduší
- čištění / mytí světelně činných ploch svítidla
- výměna světelných zdrojů (individuální X skupinová)

Periodické čištění svítidel a jejich vizuální kontrola by měla být prováděna periodických intervalech závislých na stupni krytí svítidla IP. Mytí svítidel pouze při výměně světelného zdroje není dostačující, zvláště u soustav VO ve více osídlených obcích, kde je vyšší agresivita ovzduší. Mytí krytů svítidel by mělo být prováděno alespoň každé 2 roky.

Individuální výměna světelných zdrojů (výbojek) umožňuje maximální využití jejich doby života. V obcích s menšími počty světelných míst je individuální způsob provádění servisu méně finančně nákladný.

4.3. Způsoby hodnocení efektivity projektů

V případě měst a obcí je málo investičních projektů hodnoceno a posuzováno na základě daných parametrů, ať již ekonomické návratnosti, technického provedení případně jiných např. sociálních a bezpečnostních ukazatelů (oprava silnic a chodníků, modernizace autobusového nádraží, zanedbaná údržba majetku města, apod.). Projekty řešící veřejné osvětlení však poskytují jasné kvantifikovatelné výstupy v podobě např. snížení provozních výdajů, zlepšení osvětlenosti ulic, životnost světelných bodů a podobně, na základě kterých může být zamýšlená investice porovnána jak se stávající stavem, tak s jinými obdobnými návrhy (ať již se jedná o „konvenční“ případně „inovativní“ řešení).

V rámci hodnocení projektů veřejného osvětlení je vhodné kromě klasického ekonomického hodnocení (doba návratnosti investice, čistá současná hodnota, či vnitřní výnosové procento) posuzovat i neekonomické efekty (pozitivní dopad na životní prostředí, snížení provozních výdajů za energii, oprava havarijního stavu, apod.).

Při hodnocení projektů ve veřejném osvětlení je vhodné neposuzovat investice pouze podle doby návratnosti. Tento ukazatel je velmi často zavádějící, kdy např. krátkou dobu návratnosti (3 - 5 let) mohou mít jednoduché projekty výměny světel apod. Naproti tomu opatření typu komplexní obnovy (výměna světelných zdrojů, výměna sloupů, zajištění monitoringu, senzorů, propojení s městským informačním systémem apod.) mají delší dobu návratnosti (15 - 30 let). Není to však důvod pro to, aby byla podporována a realizována pouze opatření s krátkou dobou návratnosti, ale opatření by měla být realizována komplexně a v souvislostech. Z toho důvodu se pak jeví jako vhodné používat širší škálu hodnocení pomocí několika kritérií (např. ekonomických, technických, bezpečnostních).

Jinými slovy řečeno, projekty veřejného osvětlení by měly být posuzovány jak na základě ekonomických kritérií (tj. např. čistá současná hodnota), tak neekonomických kritérií (tj. např. účinnost svítidel, indexem vykreslování barev, osvětlení a rovnoměrnost světla).

V praxi se využívá velká škála kritérií a ukazatelů, pomocí nichž lze hodnotit efekt realizovaných/plánovaných opatření. Kritéria by vždy měla být zvolena tak, aby byla srozumitelná, snadno vyčíslitelná, s běžně dostupnými a případně běžně měřenými vstupními daty.

V následujících kapitolách jsou popsány jednotlivé ukazatele, které je možné využít při multikriteriálním hodnocení projektů ve veřejném osvětlení. Ukazatele jsou pro větší přehlednost rozděleny do 3 skupin, na ukazatele ekonomické, technické, environmentálně-sociální.

4.3.1. Ekonomické ukazatele

Hodnocení ekonomické efektivity opatření ve veřejném osvětlení je obecně prováděno na bázi porovnání finančních efektů plynoucích z realizace hodnoceného energeticky úsporného projektu a finančních nároků spojených s jeho realizací.

Pro ekonomické vyhodnocení je možné použít následující ukazatele:

1. Prostá doba návratnosti, doba splácení investice (Ts):

$$T_s = IN / CF \quad (\text{roky})$$

kde: IN investiční výdaje projektu

CF roční přínosy projektu (cash flow, změna peněžních toků po realizaci projektu)

2. Reálná doba návratnosti, doba splácení investice při uvažování diskontní sazby (Tsd) se vypočte z podmínky:

$$\sum_{t=1}^{Tsd} CF_t \cdot (1 + r)^{-t} - IN = 0 \quad (\text{roky})$$

kde: CF_t roční přínosy projektu (změna peněžních toků po realizaci projektu)
 r diskont
 $(1 + r)^{-t}$ odúročitel

3. Čistá současná hodnota (NPV):

$$NPV = \sum_{t=1}^{Tz} [CF_t \cdot (1 + r)^{-t}] - IN \quad (\text{tis. Kč/r})$$

kde: Tz doba životnosti (hodnocení) projektu

4. Vnitřní výnosové procento (IRR) se vypočte z podmínky:

$$\sum_{t=1}^{Tz} [CF_t \cdot (1 + IRR)^{-t}] - IN = 0 \quad (\%)$$

5. Průměrná roční výše provozních nákladů po dobu životnosti:

$$N_A = \sum_{t=1}^{Tsd} C_t \cdot (1 + r)^{-t} / T$$

kde: C_t roční náklady
 r diskont
 $(1 + r)^{-t}$ odúročitel
 T počet let životnosti investice

Výše uvedená kritéria jsou založena na stanovení ročních čistých toků hotovosti a následnému přepočtu různorodých čistých toků na současnou hodnotu pomocí diskontního činitele.

Pro stanovení uvedených kritérií je třeba uvažovat zejména následující vstupní parametry (okrajové podmínky výpočtu):

- diskontní sazba
- hodnocení bez/včetně DPH
- doba hodnocení projektu
- roční růst cen energie
- potřebu reinvestice
- původ investičního kapitálu (vlastními investiční prostředky, využití dotace, úvěru apod.)
- velikost provozních nákladů (před a po realizaci)

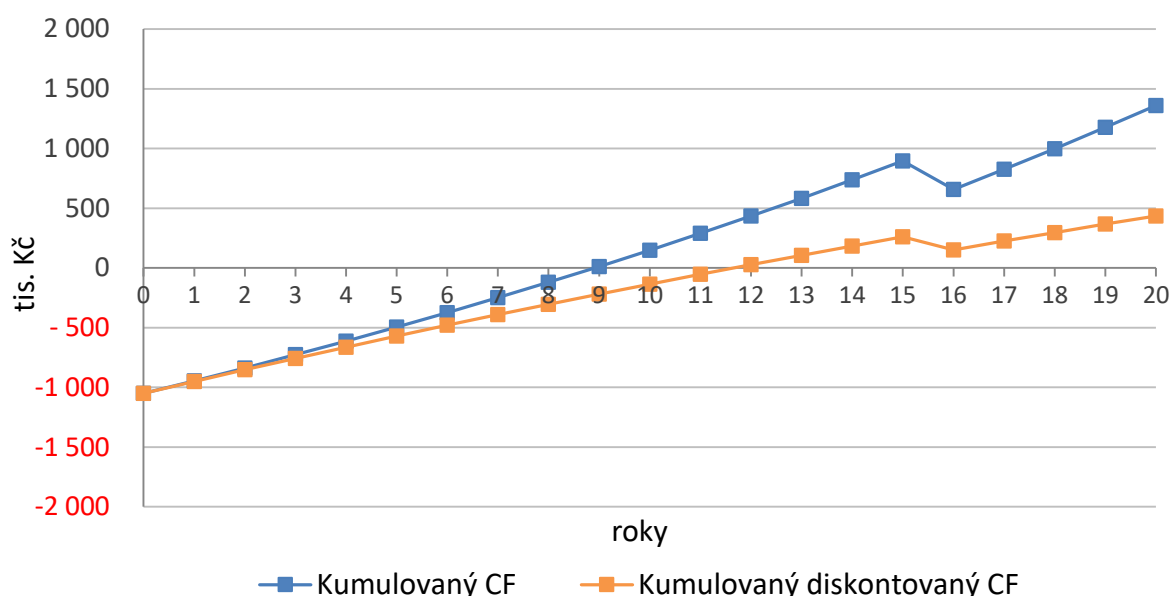
Za optimální variantu je považován takový projekt, který dosahuje nejlepších hodnot předmětných kritériálních ukazatelů tj. co nejvyšší kladné hodnoty NPV a IRR a co nejnížší reálné doby návratnosti resp. prosté doby návratnosti.



Čistá současná hodnota (NPV) představuje „stav účtu“ po uplynutí doby, po kterou jsme se rozhodli hodnocení provádět, tj. například doba životnosti či jiná zvolená doba hodnocení.

Záporná hodnota NPV znamená, že celkové výnosy projektu za dané období jsou nižší, než vynaložené náklady. Pokud je hodnocené období dlouhé, resp. překračuje životnost některých prvků projektu, je potřeba započítat také reinvestice.

Obrázek 39 Příklad cash-flow projektu s reinvesticí v 15. roce hodnocení



Ekonomické hodnocení je vhodné vždy doplnit citlivostní analýzou zohledňující předpokládaný vývoj (rozsah) zásadních parametrů ovlivňujících ekonomiku projektu. Jedná se nejčastěji o citlivost projektu na změnu provozních nákladů, resp. jejich dílčích položek (náklady vstupů, cena energie apod.), neboť ekonomika většiny projektů je podstatně více citlivá na výši a vývoji provozních nákladů, než na výši investičních nákladů.

Z toho důvodu je v podstatě vždy výhodnější lépe připravit projekt i za cenu vyšších investičních nákladů, pokud nám toto zvýšení generuje provozní úspory. V oblasti investičních nákladů je vhodné provést citlivost na potenciální výši investiční dotace, nicméně projekt by měl být v základní variantě posuzován vždy bez vlivu dotace.



Ekonomické hodnocení je vhodné doplnit citlivostní analýzou zohledňující předpokládaný vývoj (rozsah) zásadních parametrů ovlivňujících ekonomiku projektu. Jedná se nejčastěji o citlivost projektu na změnu provozních nákladů, resp. jejich dílčích položek (náklady vstupů, cena energie apod.), neboť ekonomika většiny projektů je podstatně více citlivá na výši a vývoji provozních nákladů, než na výši investičních nákladů.

Z toho důvodu je v podstatě vždy výhodnější lépe připravit projekt i za cenu vyšších investičních nákladů, pokud nám toto zvýšení generuje provozní úspory. V oblasti investičních nákladů je vhodné provést citlivost na potenciální výši investiční dotace, nicméně projekt by měl být v základní variantě posuzován vždy bez vlivu dotace.

4.3.2. Financování projektů ve veřejném osvětlení

Obecně je v podmínkách měst a obcí realizace významnějších investic podmíněna existencí dotačního titulu. V případě veřejného osvětlení, které představuje významnou položku v rozpočtech měst, hrají negativní roli dvě skutečnosti:

- Významný podíl zanedbané údržby.
- Existence pouze jediného dotačního titulu na obnovu VO, který navíc podporuje pouze výměnu svítidel.

Kromě dotačních titulů je vhodné uvážit i inovativní finanční nástroje (metoda EPC, Fond úspor energie, apod.).

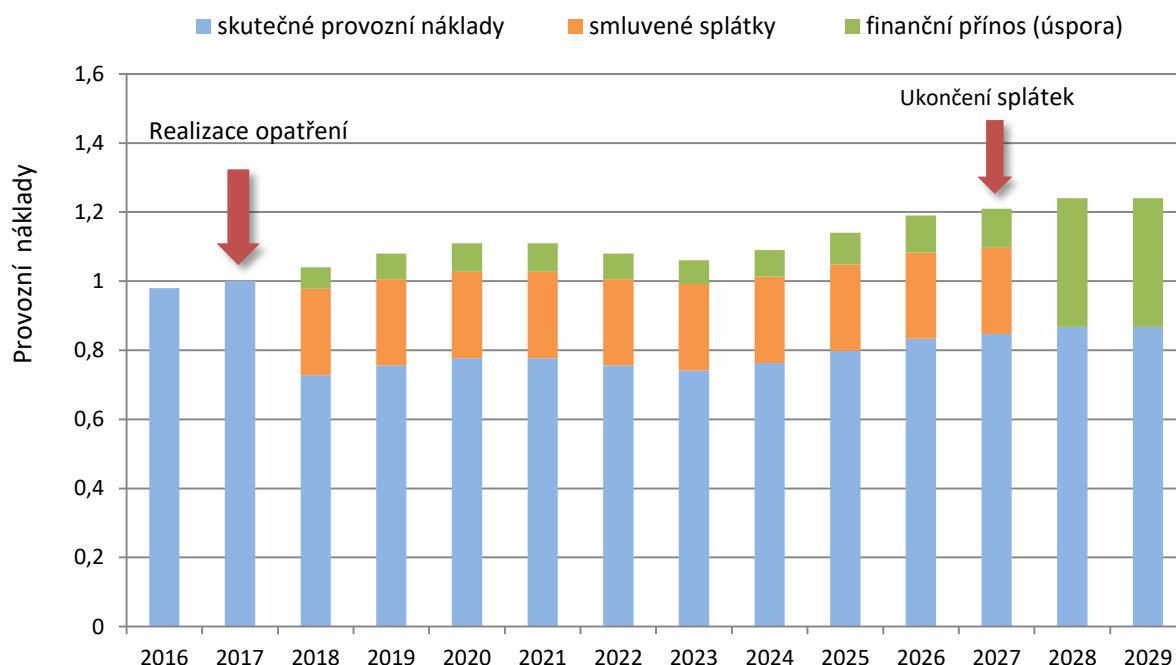
V případě využití metody EPC je výhodou zařazení části soustavy VO, na níž proběhne realizace do balíčku spolu s budovami. V takovém případě lze jednak uplatnit kombinaci dotačního titulu a EPC projektu a také vynikne synergický efekt, kdy relativně rychleji návratné úspory v budovách přispějí na snížení návratnosti relativně delší dob návratnosti v případě investice do VO.

4.3.3. Využití metody EPC

Metoda EPC je komplexní služba, v rámci které poskytovatel energetických služeb (ESCO) navrhne a provede energeticky úsporná opatření.

Náklady na realizaci opatření jsou následně postupně spláceny z dosažených úspor, přičemž dodavatel potřebné snížení nákladů klientovi smluvně garantuje. ESCO navíc po celou dobu kontraktu provádí na všech budovách nepřetržitý energetický management a obvykle také na počátku spolupráce zajišťuje financování celé investice do energeticky úsporných opatření.

Obrázek 40 Příklad vývoje provozních nákladů, splátek a úspor v projektu EPC (kontrakt na 10 let)



Podstatou metody EPC je garance úspor energie, potažmo nákladů ve stálých cenách referenčního roku ze strany dodavatele s možností zajištění financování. Oproti jiným formám spolupráce, resp. veřejných zakázek je zde shodný zájem obou stran, tím je dosažení co nejvyšší úspory energie a provozních nákladů.



Optimální postup při realizaci projektu EPC

1. Zpracování analýzy využití potenciálu metody EPC u budov v majetku města, případně také soustavy veřejného osvětlení, vytipování vhodných objektů.
2. Příprava veřejné zakázky na poskytovatele energetických služeb, s využitím služeb facilitátora (poradenskou společnost), který má s přípravou a organizací VZ na projekty EPC zkušenosti.
3. Realizace VZ v režimu jednacního řízení s uveřejněním, aktivní účast na jednání s uchazeči, využití odborníků přizvaných na jednání.

Využití facilitátora v průběhu verifikace skutečného stavu a následně při kontrole průběžných hodnotících zpráv.

V rámci projektu EPC je možné očekávat především výměnu svítidel, modernizaci regulačních a řídicích prvků, ale v rámci tzv. povinných opatření to mohou být i opatření, která nemají přímý vliv na úsporu energie a ostatních provozních nákladů. Zejména pak samotná aplikace řídicích prvků a softwaru zajišťujícího chod chytrého veřejného osvětlení by měla být nezbytnou součástí EPC.



Mapu projektů EPC, realizovaných na území ČR, je možné nalézt na stránkách Asociace poskytovatelů energetických služeb (www.apes.cz).

Na webových stránkách <http://mpo-efekt.cz> je k dispozici vzorová smlouva o EPC a také metodika přípravy a realizace energeticky úsporných projektů řešených metodou EPC.

4.4. Jak připravit VZ v oblasti VO

Také v případech, kdy nelze uplatnit metodu EPC, tj. projekt je finančním rozsahem příliš malý, nebo se jedná o komplexní renovaci s vysokým podílem obnovované infrastruktury, je možné uplatnit prvky zadávací dokumentace, které zohledňují multikriteriální hodnocení.

Zákon o zadávání veřejných zakázek (č. 134/2016 Sb.) je vnímán jako zásadní nejen pro zjednodušení procesu, ale také pro zvýšení kvality zakázek a jako vysvobození od převládajícího vyhodnocování podle nejnižší ceny.

Příprava kvalitní veřejné zakázky je však podmíněna zejména důkladnou přípravou a vedením takové zakázky. V případě chytrého veřejného osvětlení lze s výhodou realizovat výběr dodavatele na základě ekonomické výhodnosti s uplatněním kritérií energetické efektivity.

V následující části je stručně popsán proces a možnosti vedení takové veřejné zakázky. Další možnosti je realizace zakázky metodou EPC.

4.4.1. Zadávací dokumentace

Profesní a technické kvalifikační předpoklady by měly být nastaveny co nejjednodušeji a nediskriminačně, postačí doklad k podnikání v předmětné oblasti, doložení tří obdobných zakázek a příslušné autorizace pro provádění předmětu díla.

Precizně by však měly být specifikovány technické požadavky dodávky osvětlení – technické a světelné technické parametry. Ty nemusí nutně být součástí hodnocení, resp. neměly by být s výjimkou parametrů, které lze v rámci nabídek zlepšit.

Zásadní součástí ZD je část definující vyhodnocení skutečně měřené spotřeby energie. Hodnocení nabídek může provést hodnotící komise, přestože jí zákon přímo nevyžaduje.

Dílčí hodnotící kritéria mohou být nastavena například následovně:

- | | |
|--|--------|
| 1 Nabídková spotřeba, resp. celková spotřeba energie (v kWh/rok) | 50,0 % |
| 2 Nabídková cena, resp. náklady životního cyklu (v Kč bez DPH) | 40,0 % |
| 3 Kvalita technického návrhu – vybrané svět.tech.parametry | 10,0 % |

4.4.2. Nabídková spotřeba

Nabídkovou spotřebou se rozumí spotřeba energie, kterou byl každý z uchazečů schopen garantovat v rámci podání nabídky a zaručit tak její dosažení a udržení po realizaci jím navrženého řešení.

Nabídkovou spotřebu stanovují uchazeči výpočtem na základě stanovených okrajových podmínek (počet hodin svícení, případně stanovený profil svícení), a to pro své technické řešení. Hodnocení nabídek bylo u tohoto kritéria provedeno ve prospěch nižší hodnoty.

4.4.3. Nabídková cena

Nabídková cena představuje celkovou cenu za dodávku předmětu díla, včetně projektové dokumentace. Podmínkou však je, aby cena za realizaci díla, tj. dodávky a montáže včetně souvisejících stavebních prací, byla v nabídce doložena kalkulací v podobě soupisu prací a dodávek, resp. hrubým položkovým rozpočtem.

V případě použití parametru Náklady životního cyklu je možné do ceny zahrnout náklady na obměnu, servis a likvidaci zdrojů po dožití.

4.4.4. Kvalita technického návrhu

Dalším hodnotícím kritériem může být kvalita technického návrhu. Podobná kritéria bývají ve veřejných zakázkách problematická, proto je vhodné alespoň i tato kritéria částečně kvantifikovat.

Ukazatelem kvality návrhu může být prokázání vazby mezi technickým řešením a nabídkovou spotřebou, respektive úsporou energie a dalších přínosů pro zadavatele, např. doba garance, přehlednost předložené nabídky, způsob provedení apod. Takto mohou být hodnocena subkritéria zohledňující technickou kvalitu a úroveň osvětlení, například úroveň vzdálené správy a řízení chytrého veřejného osvětlení, monitoringu a diagnostiky stavu jednotlivých svítidel, možnost programování jednotlivých zón nebo prodloužená garance spotřeby.

Pevně předepsané parametry jsou součástí technické specifikace v samostatné části zadávací dokumentace – jedná se zejména o garantovanou živostnost (například L80B50 při 100 tis. hodinách), měrný výkon svítidel, požadované krytí (IP, IK).

4.4.5. Vyhodnocování úspor

Referenční spotřeba energie slouží k porovnání energetických i finančních jednotek se skutečnou spotřebou a také pro případné stanovení sankcí za nedodržení garantované spotřeby.

Uchazeči se v rámci svých nabídek zaváží k nepřekročení garantované spotřeby elektřiny (v MWh/rok). Pro vyhodnocení jsou vždy použity měřené hodnoty skutečné spotřeby elektřiny a skutečné doby svícení za daný rok. Nepřekročení garantované spotřeby (přepočítávané na základě skutečných provozních hodin) je po dobu smluvního vztahu každoročně prokazováno na základě porovnání se skutečně naměřenou spotřebou. Tato část může být výhodně řešena předem stanoveným algoritmem v rámci energetického managementu.

Skutečná spotřeba je stanovena měřením spotřeby elektřiny na osvětlení, přičemž průběhové měření spotřeby je vždy požadavkem v rámci dodávky řídicího systému.

V případě, že dojde k překročení garantované spotřeby, může zadavatel po uchazeči požadovat finanční kompenzaci, naopak v případě, že skutečná spotřeba bude nižší než garantovaná spotřeba, může město vyplatit prémii.

- místo pro poznámky -

4.4.6. Program EFEKT 2017 – 2021

Program EFEKT byl v době zpracování této příručky nově vyhlášen na víceleté období, a to na roky 2017 - 2021. Pro celé období je plánovaný rozpočet 750 mil. Kč. Nový program bude mít elektronické zpracování žádostí o podporu.

Aktuální výzvy jsou zveřejňovány: www.mpo-efekt.cz. Pro všechny výzvy je stanoven seznam povinných příloh, které jsou ke stažení u jednotlivých výzev.

V tabulce jsou uvedeny podprogramy, které mají nebo mohou mít vazbu k renovaci soustav veřejného osvětlení.

Tabulka 13 Přehled aktivit programu EFEKT pro období 2017 - 2021.

Aktivita		Typ žadatele	Max. výše dotace [tis. Kč]	Max. výše způsobilých výdajů [%]
Podprogram 1				
1A	Opatření ke snížení energetické náročnosti veřejného osvětlení	Obec, městská část, společnosti 100 % vlastněné obcí či městskou částí	2000	50
2E	Posouzení vhodnosti objektů pro energeticky úsporné projekty řešených metodou EPC	Kraj, městská část, společnost vlastněná 100% obcí či městskou částí, státní podnik, obec, školská právnická osoba, organizační složka státu, příspěvková organizace, veřejné nezisk. zdravotní ústavní zdravotnická zařízení	200	70
2F	Příprava realizace kvalitních energeticky úsporných projektů se zásadami dobré praxe	Vlastníci bytových domů, vlastníci objektů pro podnikatelské účely, vlastníci objektů ve veřejném sektoru, vlastníci rodinných domů	Vlastníci objektů ve veřejném sektoru: 100	70

4.4.7. Národní program Životní prostředí

Cílem Národního programu Životní prostředí (NPŽP) je dlouhodobě účinná ochrana životního prostředí v ČR, podpora efektivního a šetrného využívání přírodních zdrojů, náprava negativních dopadů lidské činnosti na životní prostředí, zmírňování a přizpůsobení se dopadům změny klimatu a prevence (environmentální vzdělávání, výchova a osvěta). Program se vzájemně doplňuje s dalšími dotačními tituly (OPŽP, NZÚ).

Součástí podporovaných aktivit NPŽP je také Snížení světelného znečištění – na území Národních parků, postupně zřejmě též na území CHKO apod. Předmětem podpory je výměna světelných zdrojů a svítidel veřejného osvětlení včetně výměny či úpravy výložníků a převěsů, úpravy či instalace sloupů/stožárů a kabelových vedení veřejného osvětlení a další zařízení nezbytné pro funkci veřejného osvětlení.

Podmínkou programu je použití světelných zdrojů s nízkou teplotou chromatičnosti. Z běžných zdrojů světla pro venkovní osvětlení nejlépe vyhovují žluto-oranžové sodíkové výbojky (CCT 2000 K), případně LED v teplém bílém provedení (warm-white, 2700 K až 3000 K).

První výzva byla vyhlášena v roce 2017, alokace byla 15 mil.Kč a max.výše dotace 2 mil.Kč. V rámci je podporovaná aktivita posuzována jako nesoutěžní, žádosti nepodléhají procesu hodnocení dle kritérií a jsou administrovány průběžně v pořadí, v jakém byly doručeny. Předpokládá se vyhlášení dalších výzev, parametry se mohou mírně lišit, více viz www.sfzp.cz/sekce/800.

4.5. Chytré veřejné osvětlení

Umožňuje zefektivnit provozování VO a optimalizovat výdaje spojené s provozem a údržbou osvětlovacích soustav VO. Pro rozvoj chytrého VO je důležité, aby systémy potřebné pro řízení provozu VO byly snadno aplikovatelné do stávajících napájecích a konstrukčních systémů. Výstavby zcela nové osvětlovací soustavy nebo totální obnova stávajícího VO je prováděna zřídka kdy ve srovnání s rekonstrukcí provozovaných soustav.

Systémy pro chytré VO lze zabudovat dodatečně i do nově zrekonstruovaných osvětlovacích soustav. Dostupné systémy lze jednoduše zabudovat do stávající infrastruktury. Lze tak zachovat stávající geometrii osvětlovací soustavy včetně stožárů, svítidel včetně výbojek, popřípadě svítidla s LED, systémy měření i rozvaděče zapínací body VO.

Chytré VO umožňuje detekci poruchy v reálném čase a dle konkrétního provedení lze detekovat rozvaděč, kabelový vývod z rozvaděče, úsek kabelového vedení nebo konkrétní světelné místo (svítidlo) kde k poruše došlo. Monitoring sítě VO propojen s podklady z pasportu VO, podklady z GIS aplikace a mapových podkladů plánu obce. Na základě provázanosti systému lze VO centrálně dozorovat a osvětlovací soustavy řídit centrálně nebo v jednotlivých částech města. Systém chytrého VO lze provázat s dalšími systémy, jako jsou například systém monitoringu dopravy, systém řízení světelných křižovatek, systémy monitorující obsazenost parkovišť nebo informačním systémem města.



Chytré veřejné osvětlení, někdy také nazývané inteligentní, je v současnosti chytré pouze do té míry, do jaké to umožňuje kombinace použité technologie (HW) a nastavených programů (algoritmů, SW).

Je možné, že v budoucnosti bude i VO řízeno prostřednictvím umělé inteligence a poté bude název inteligentní VO namístě.

Aplikací systému chytrého VO lze snížit energetickou náročnost a snížit výdaje na provoz a údržbu VO. Lze prodloužit servisní intervaly a zamezit neplánovaným výměnám vyhořelých světelných zdrojů. Systém dozoru nad VO města lze snadno ovládat přes grafické rozhraní PC z centrálního dispečinku. Lze online sledovat odběr rozvaděčů VO a velikost proudu v jednotlivých fázích. Servisní organizace mohou vykazovat v reálném čase výjezdy a zásahy do systému. Počet odpracovaných hodin na odstranění poruchy a spotřebě materiálů může být posílán přímo do centrálního PC dispečinku pře mobilní telefon či tablet. Veškerá historie událostí v soustavě VO včetně servisních zásahů, historie měření (dálkový odečet) a management svítidel jsou ukládány v dohledovém pracovišti. Monitorování a ovládání sítě VO může probíhat přímo na straně obce (vlastní vybavený dispečink) nebo na centrálním serveru (cloudové úložiště) na straně poskytovatele daného systému.



Snižování výdajů na provoz soustavy VO je možno provádět stmíváním, tj. snížením hladiny jasu, popř. osvětlenosti.

- Lze stmívat, pokud to dovolí pokles intenzity dopravy, pohyb chodců apod.
- Nesmí být prováděno na úkor bezpečnosti
- Stanovení hladiny jasu (osvětlenosti) v režimu stmívání dle zatřetí komunikace (pasport VO)

4.5.1. Renovace či výstavba chytré soustavy VO

V následujícím přehledu jsou uvedeny základní požadavky na renovaci či přestavbu stávající soustavy VO na soustavu, která bude naplňovat požadavky na „chytré VO“.

- pasport VO, ideálně v on-line podobě s možností on-line aktualizace (v reálném čase)
- zavedení managementu svítidel – servis, údržba, logistika
- GIS mapy světelných míst, rozvaděčů, kabelových vedení
- dobrý stav infrastruktury – elektrorozvodů, kabeláže, resp. jejich dostačující stav pro realizaci záměru vyžadujícího obvykle přechod na svítidla s LED zdroji
- komunikační a řídicí systém (bezdrátový – RF, GPRS, UTMS, WiMax nebo po vedení – využití silových kabelů, samostatné ovládací vedení)
- svítidla s optimálním světelným tokem
- možnost výběru svítidla s designem odpovídajícím charakteru lokality,
- energeticky úsporné světelné zdroje s dlouhou životností,
- propojení světelné techniky a senzorické sítě, telematických systémů apod.
- Pořízení kompletního systému chytrého VO od renomovaného výrobce, resp. dodavatele
- Doplnění stávající sítě VO o vybrané prvky umožňující automatizaci VO

V tabulkách níže je uveden přehled výrobců a jimi dodávaných systémů pro chytré VO.

Tabulka 14 Komplexní systémy řízení VO

Výrobce	Obchodní název systému inteligentního VO
Philips	City Touch
Schröder	Owlet
iGuzzini	Light management systems
ABB	Smart Lighting
Thorn	Telea
GE	LightGrid
SIEMENS (Siteco)	Street Light Control (SLC)
OSRAM – LEDVANCE	Street Light Control (SLC)

Tabulka 15 Ovládací a řídicí prvky pro implementaci VO (příklady)

Výrobce	Obchodní název systému pro implementaci do VO
Tridonic	LuxControl
Vosloh-Schwabe	LiCS Outdoor
ABB	Smart Lighting
TECO	Tecomat Foxtrot
NBB Bohemia	DLC
Axiomtek	Smart Street Lighting Control System
Cincon Lighting	Smart Street and Roadway Lighting Controls

Možný postup při přestavbě soustavy VO na chytrou síť s moderními prvky řízení:

- Instalace do samostatné rozvaděče mezi stávající rozvaděč VO a kabelový rozvod VO
- Vzdálený přístup k řídicí jednotce v rozvaděči (přes mobilní data GPRS, radiofrekvenční přenos, nebo komunikace po silovém vedení)
- K monitorování a řízení VO je využíván server výrobce systému (Cloud) – není nutné zřizování vlastního (obecního) dispečinku VO
- Lze řídit hromadně skupiny svítidel (kabelový vývod rozvaděče VO) dle předem naprogramovaného harmonogramu nebo využít přídavné sensory (intenzity dopravy) pro polo autonomní řízení
- Provozování řídicího systému se svítidly VO osazenými výbojkami nebo LED

Pomocí centrálního dozoru nad soustavou VO je možné po zavedení měřících a komunikačních prvků v RVO analyzovat různé typy poruch soustavy:

- Selhání zapínacího místa
- Porucha jedné fáze kabelu u konkrétního vývodu
- Porucha napájení celé větve nebo její části s možností určení místa přerušení
- Výpadek celé oblasti VO
- Porucha předřadných přístrojů konkrétního svítidla
- Porucha světelného zdroje v konkrétním svítidlu
- Identifikace neoprávněného odběru
- Porucha senzorů a jiných přídavných zařízení

Základní skladba prvků inteligentního veřejného osvětlení je tvořena rozvaděči s řídicím systémem, svítidly a komunikačním systémem a je v tomto členění stručně popsána níže. Tyto tři oblasti prvků lze obvykle do jisté míry kombinovat, nicméně jeden řídicí a jeden komunikační systém zajistí stabilní a optimální provozní náklady do budoucna.

▪ Rozvaděč s řídicím systémem

Rozvaděč slouží k ovládání veřejného osvětlení a je vybaven diagnostikou pro rozpoznání jakékoliv poruchy rozvaděče nebo osvětlovacích těles. Zařízení je dálkově připojeno pomocí power-line, optické sítě, Wi-Fi nebo mobilní 3G sítě v rámci zabezpečeného APN připojení.

Rozvaděč lze dálkově diagnostikovat, ovládat i nastavovat jeho parametry. Samozřejmostí jsou hlášení nestandardního chování soustavy (např. podpětí/přepětí v síti, výpadek napájecích fází, atd.). Rozvaděč eviduje pasportizační data a archivuje informace o servisních činnostech.

Rozvaděč taktéž umožňuje zapínání, vypínání, tlumení světel podle západu a východu slunce, nebo podle uživatelského nastavení. Zapínací a vypínací čas může být korigován uživatelem (lze nastavit posun proti vypočtenému času východu a západu slunce), nebo může být korigován snímačem osvětlení. Veškeré spínací funkce a napájecí zdroje jsou zdvojené, pokud dojde k selhání řídicí jednotky, podřízená jednotka přebírá řízení a osvětlení je nadále ovládáno. Dálková diagnostika dokáže vyhodnotit poruchu jak řídicí jednotky, tak jednotek podřízených.

▪ Svítidla

Koncovými a nejdůležitějším prvkem v soustavě veřejného osvětlení jsou silniční, parková či přechodová světla s prvkem pro obousměrnou komunikaci s řídicím systémem, s plně-automatickou regulací dle předdefinovaného harmonogramu. Svítidlo by mělo být možné vybavit dodatečnými senzorickými prvky, například pro radarový monitoring parkovacích míst, Wi-Fi komunikací, čidly stavu ovzduší apod.

Chytrá svítidla také z principu minimalizují či zcela eliminují oslnění a rušivé světlo pomocí speciálních řešení distribuce světelného toku. Současně musí být zajištěna vysoká rovnoměrnost distribuce světla na daný povrch s distribuční charakteristikou odpovídající typu komunikace. Předpokladem je speciální řešení pro cyklostezky, dvouproudé a směrově rozdělené komunikace, svítidla pro přechody pro chodce apod.

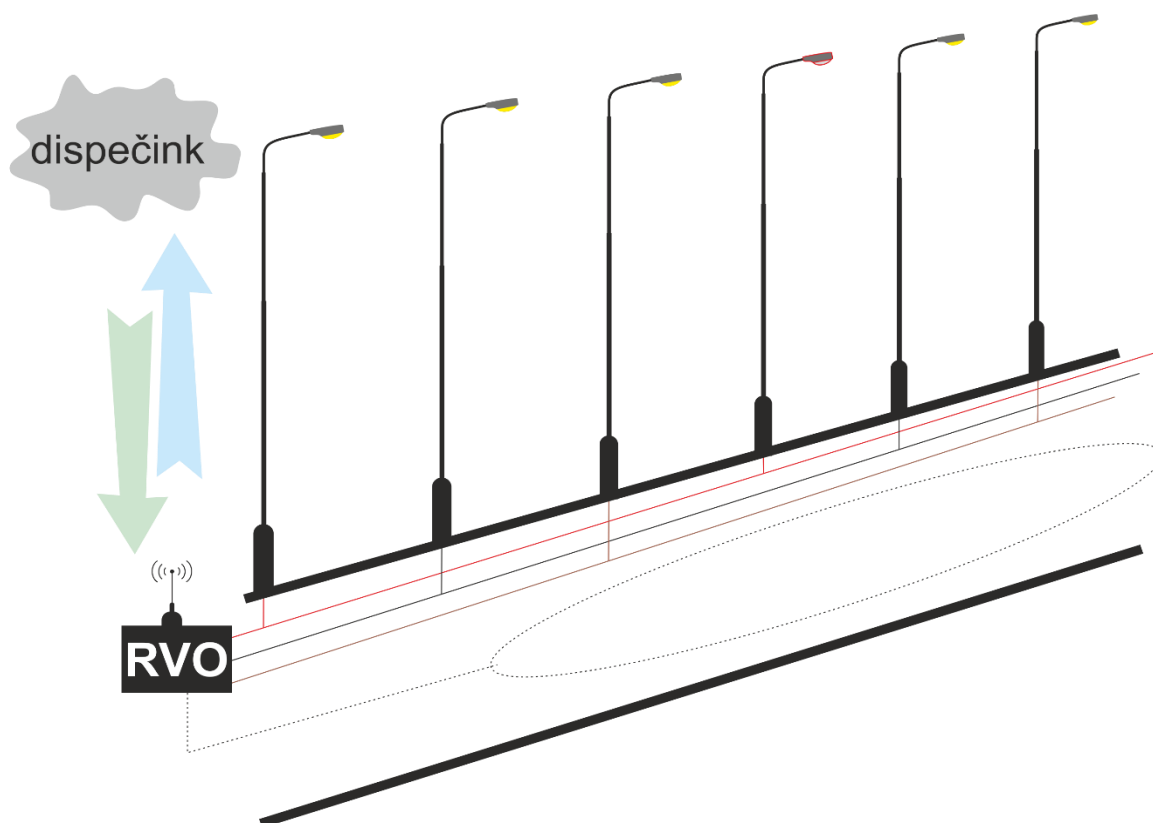
▪ Komunikační systém

Řídicí systémy chytrého VO bezdrátově propojují jednotlivá svítidla rádiovým signálem (vlastního komunikačního systému, nebo internetu věcí – IoT). Některé komunikační sítě používají například internetový protokol standardu IPV6.

Informace jsou přenášeny od svítidla ke svítidlu a dále prostřednictvím internetu pomocí routeru do centrálního řídicího bodu. Systém může být natolik flexibilní a naprogramovaný, aby nacházel novou cestu v případě, že dojde k selhání určité jednotky.

Bezdrátová síť pro zcela nový smart city servis – tzn. monitoring parkovacích míst, měření intenzity dopravy, Wi-Fi distribuce, přenášení informací v reálném čase (dopravní či marketingová data), apod.

Obrázek 41 Chytré veřejné osvětlení komunikuje prostřednictvím rozvaděče s dohledovým pracovištěm, odesílá informace o činnosti nebo poruchách (zdroj: vlastní)



4.6. Dynamické veřejné osvětlení

Dynamické VO je logickou a technologickou nadstavbou chytrého VO, kdy regulace světelného toku neprobíhá dle předem daného časového schématu bez ohledu na okolní dění. Dynamické VO reaguje na podměty zvenčí, bezprostředně v blízkosti osvětlovací soustavy a přizpůsobuje hladinu jasu požadavkům v reálném čase.

Často je v souvislosti s dynamickým VO hovořeno o tzv. inteligentním VO. Je třeba si ujasnit, že řídicí systém dynamického VO chytrý není, neboť (zatím) nepracuje s umělou inteligencí. Všechna shromážděná vstupní data jsou pouze vyhodnocována pomocí předem nastavených algoritmů, které jsou na základě číslicové logiky provázány a ošetřeny proti výjimečným nebo chybovým stavům.

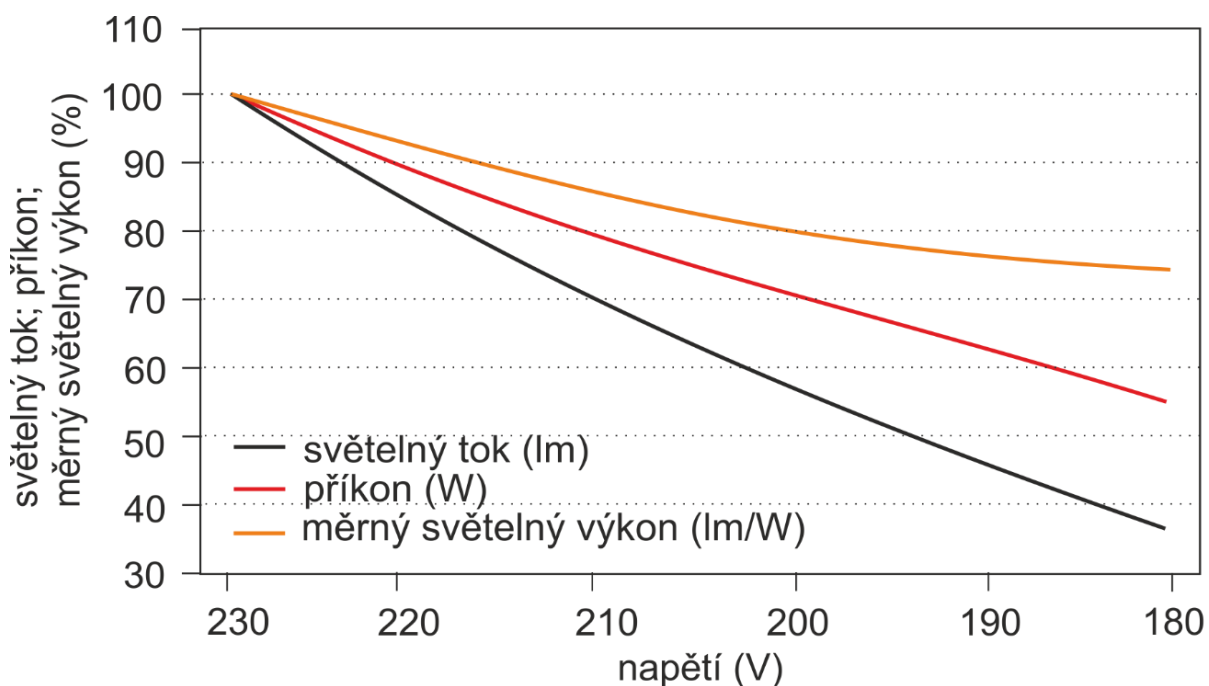
VO musí zajistit především bezpečnost pohybu a orientace, proto při dynamickém řízení nesmí nastat situace, kdy by bylo VO zcela vypnuto. Spolu se systémem dynamického řízení je spuštěn (záložní) časový harmonogram stmívání, který systému udává, na jaké výchozí hodnoty regulace se má celý systém vrátit v případě nenadálého stavu.



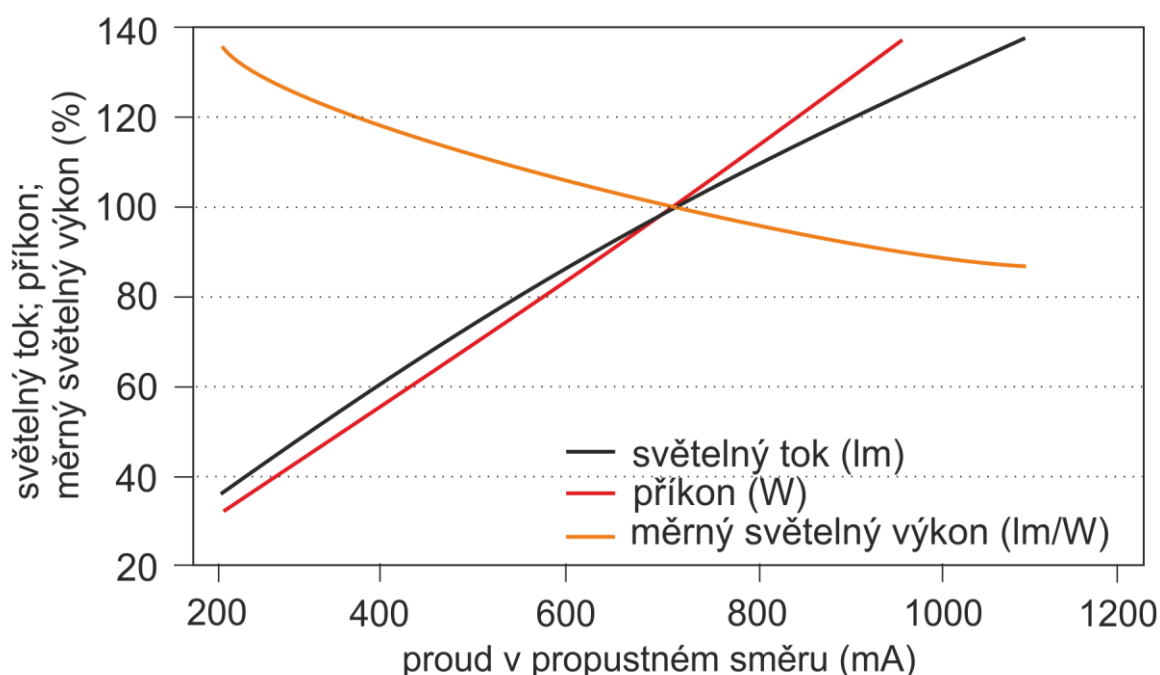
Dynamické VO se téměř výlučně pojí s užitím LED svítidel. LED světelné zdroje jsou regulovatelné v neomezeném rozsahu a vztah mezi světelným tokem a příkonem lze prohlásit za lineární s tím, že pokles příkonu je o něco strmější než pokles světelného toku.

Stmívání vysokotlakých sodíkových výbojek (HPS) je možné a pro dynamické řízení jsou tyto světelné zdroje použitelné, avšak v omezeném rozsahu. Úspory plynoucí z regulace soustavy VO nebudou v případě spojení s HPS dosahovat zdaleka srovnatelné výše, jako v případě dynamického řízení LED. Souvislost mezi poklesem světelného toku a poklesem příkonu HPS je nelineární, viz grafy níže.

Obrázek 42 Závislost světelného toku, příkonu a měrného světelného výkonu na napětí u vysokotlaké sodíkové výbojky (zdroj: vlastní)



Obrázek 43 Závislost světelného toku, příkonu a měrného světelného výkonu na budícím proudu výkonového LED světelného zdroje 700mA (zdroj: vlastní)



Interpretace grafů

- Minimální zápalné napětí HPS výbojky je 180 V, při této hodnotě vykazuje obloukový výboj známky nestability – míhání světla
- Světelný tok HPS se reguluje na minimální hodnotu 50 % jmenovitého světelného toku. Po započítání ztrát na tlumivce je maximální snížení příkonu HPS na 70 % jmenovité hodnoty.
- V případě LED světelných zdrojů světelný tok v podbuzeném stavu klesá o něco pomaleji než příkon. V přebuzeném stavu je tomu naopak. Proto je výhodné provozovat LED zdroje v podbuzeném stavu, s čímž již výrobci obvykle počítají.

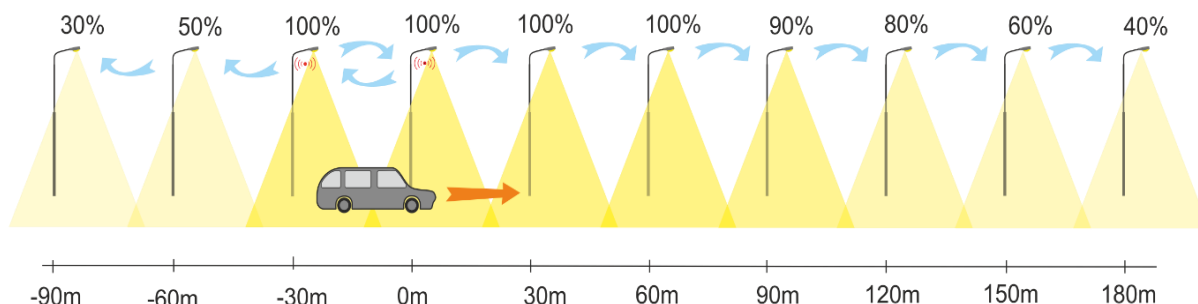
4.6.1. Přínos systému a možnosti využití

Celé řízení osvětlovací soustavy probíhá dynamicky na základě vyhodnocování okolních podmínek v předem definovaných limitních hodnotách. Systém řízení sbírá informace z různých snímačů a vzájemně jsou tyto informace předávány okolním světelným bodům nebo celé další řídicí skupině.

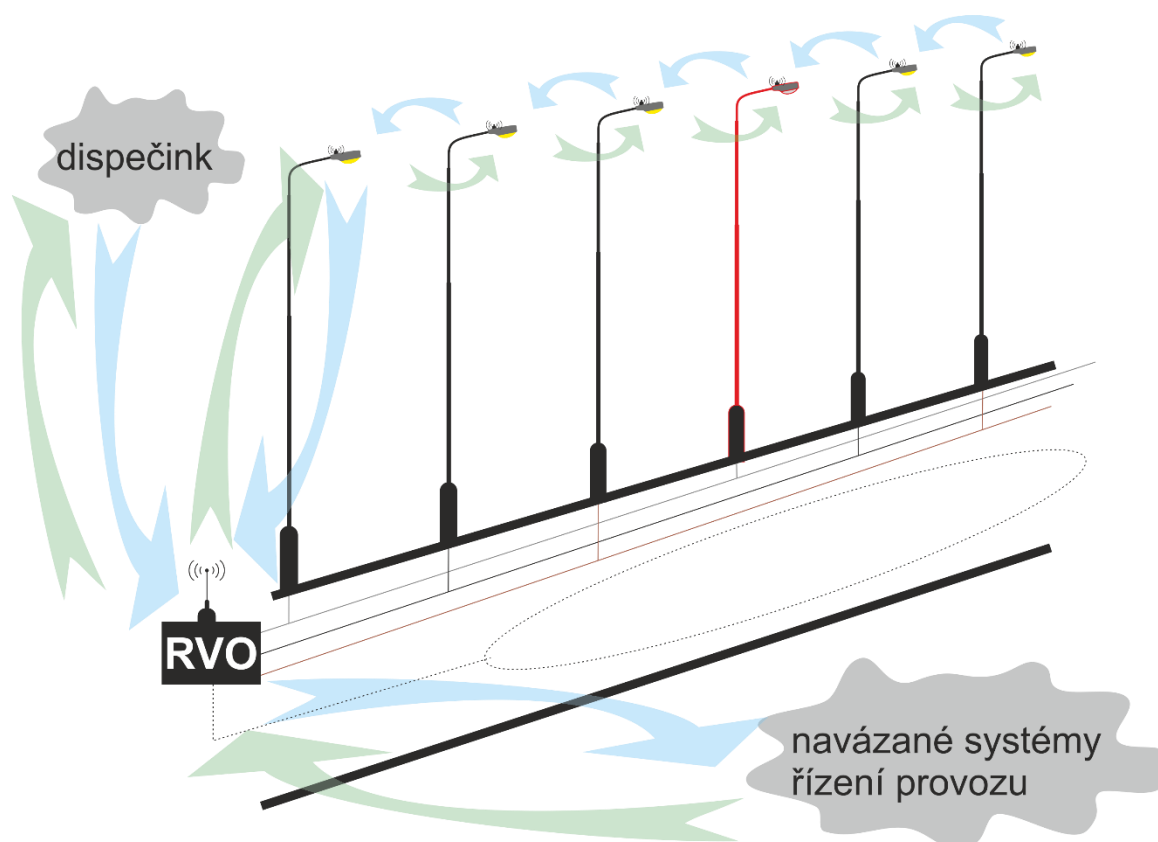
Tabulka 16 Stupně řízení soustav VO

Základní stupeň řízení	Tato úroveň umožňuje skupinovou regulaci světelného toku (statickou) v omezené míře. Řídicí obvod je většinou umístěn v rozvaděči VO a hromadně ovládá svítidla daného vývodu po silovém vedení. Taková regulace umožňuje řízení VO ve dvou hladinách stmívání 100% neb 50% světelného toku.
Pokročilý stupeň statického řízení	pracuje s programovatelnými předřadníky, které jsou umístěny v jednotlivých svítidlech. V předřadníku jsou naprogramovány časové harmonogramy stmívání světelného toku ve více hladinách.
Autonomní řízení s otevřeným přístupem	Další úroveň řízení je systém s otevřeným přístupem pro připojení řídicích prvků, které zajistí určitý stupeň dynamiky v řízení světelného toku. Většinou se jedná o skupinové řízení několika světelných bodů s možností vzdáleného přístupu a s možností zasahovat do systému a pozměňovat tak režim řízení světelného toku. Pokud je systém řízení doplněn o určitý druh senzoru (čidlo osvětlenosti okolí, detekce deště, indukční smyčka v pozemní komunikaci), lze soustavu řídit dynamicky v reálném čase, dle aktuálních potřeb.
Nejvyšší stupeň dynamického řízení	O dynamickém řízení osvětlovací soustavy lze hovořit také jako o inteligentním řízení. V tomto stupni řízení jsou jednotlivá svítidla vybavena autonomním prvkem regulující světelný tok svítidla. Svítidla jsou poté řízena na základě signálů z centrální řídicí jednotky. Centrální řídicí jednotka může svítidla ovládat samostatně nebo v libovolných skupinách dle naprogramování. Senzory zajišťující dynamické řízení mohou být rozprostřeny po celé soustavě VO. Komunikace mezi centrální řídicí jednotkou, senzory, svítidly a dispečinkem probíhá takřka u všech předních výrobců těchto prvků bezdrátově.

Obrázek 44 Příklad osvětlovací soustavy s dynamickou regulací světelného toku během doby s výrazným poklesem intenzity dopravy (zdroj: vlastní)



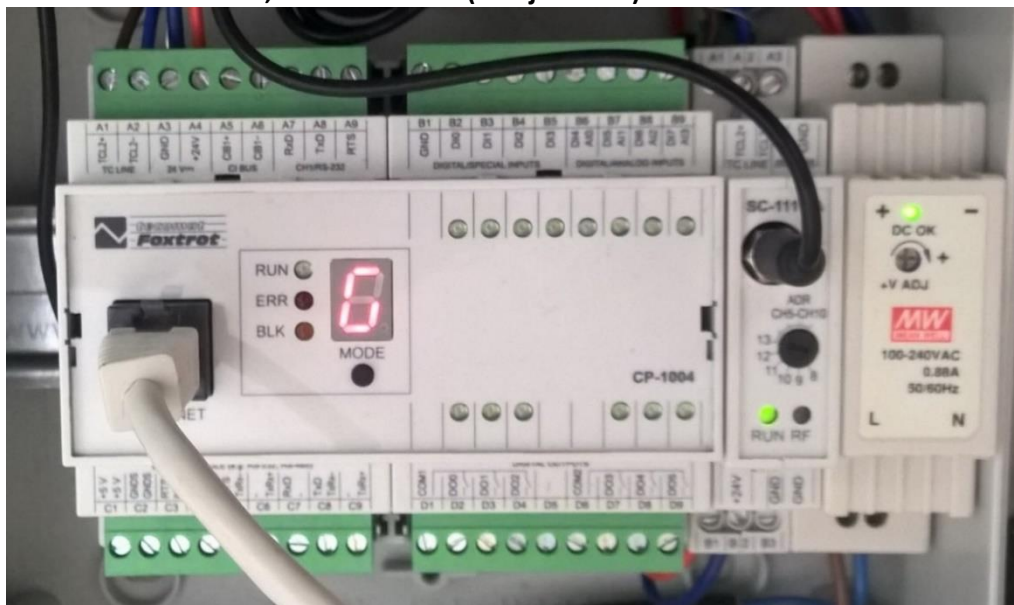
Obrázek 45 Chytré veřejné osvětlení s inteligentními řídicími prvky je schopno sbírat informace z jednotlivých světelných míst a komunikovat s celou osvětlovací soustavou (zdroj: Vlastní)



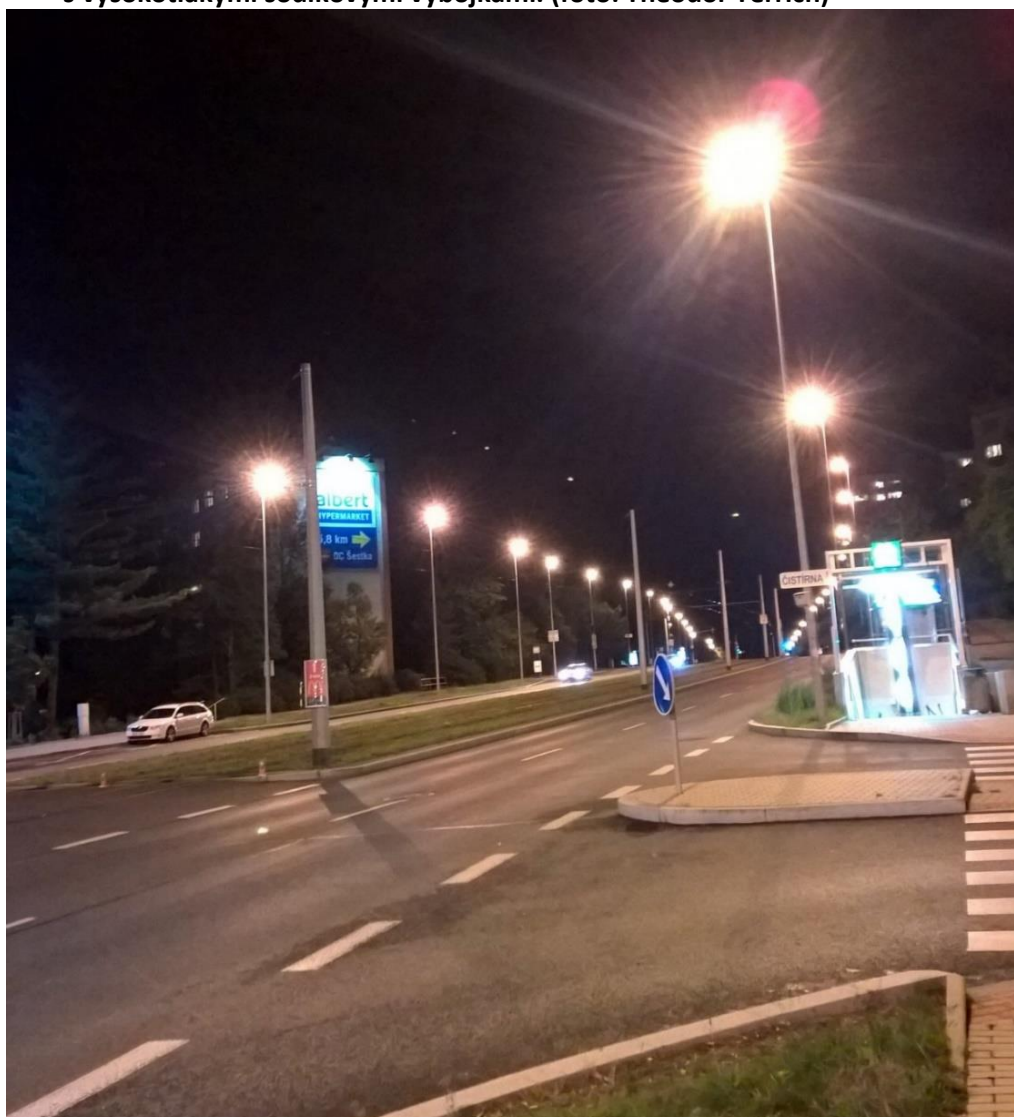
Tabulka 17 Možnosti regulace hladiny jasu, resp. regulace světelného toku VO

autonomní řízení jednotlivých světelných míst	a) systém řízení je přímo ve svítidle, součást driveru LED b) svítidlo nepřijímá řídicí signál po zvláštním kabelovém rozvodu c) různé způsoby řízení hladiny a doby stmívání ▪ fixně naprogramované ve svítidle ▪ dynamický režim na základě integrovaného senzoru nebo bezdrátový příjem z nadřazeného systému
řízení jednotlivých světelných míst z jednoho nadřazeného systému	d) inteligentní řízení ▪ příjem informací z centrálního řídicího systému, bezdrátový přenos ▪ dynamický režim na základě údajů externích senzorů e) možnost vzdáleného přístupu a řízení jednotlivých světelných míst
skupinové řízení z nadřazeného systému	f) řízení z rozvaděče VO na základě snižování napájecího napětí ▪ statický režim – časové schéma regulace ▪ dynamický režim na základě údajů externích senzorů, bezdrátový přenos ▪ komunikace mezi řízenými skupinami g) možnost vzdáleného přístupu a řízení

Obrázek 46 Bezdrátové řízení světelného toku svítidel VO pomocí centrální řídicí jednotky, zde Tecomat Foxtrot, v rozvaděči VO (zdroj: vlastní)



Obrázek 47 Městské průjezdní úseky nabízejí vysokou míru využití regulace světelného toku během noci, kdy je motorová doprava na minimální hladině. Na obrázku je soustava VO s vysokotlakými sodíkovými výbojkami. (foto: Theodor Terrich)



4.7. Podmínky využití dynamického VO

Plošné rozšíření dynamického veřejného osvětlení je omezeno několika faktory, popsány v přehledu níže.

Racionální	Systémy dynamického osvětlení jsou sofistikované řídicí algoritmy, a tudíž i nákladné. Sice provozovateli VO zajistí snížení energetické náročnosti a výdajů na provoz, ale jejich aplikace do míst, kde je nutné zajistit menší úroveň jasu s minimální proměnlivostí dopravy (klidné ulice v bytové zástavbě), by byl jejich provoz nerentabilní.
Legislativní	Dynamické řízení VO není dosud zakotveno v technických normách. U jednotlivých tříd osvětlení není vytvořen nástroj, kterým by bylo možné stanovit mezní hodnoty regulace světelného toku.
Technické	I sebe více odladěná soustava dynamického řízení nemůže pokrýt všechny oblasti aplikace VO. Z hlediska zajištění světelně technických podmínek na komunikaci, není vhodné dynamické VO aplikovat na vytížená úseky silnic s vysokou intenzitou dopravy po většinu doby provozu VO. Z pohledu bezpečnosti, nelze dynamické VO použít na osvětlené úseky dálnic.
Ekonomické	Vybudování propracované soustavy se všemi prvky zajišťující spolehlivé a bezpečné řízení dynamiky provozu VO, je nákladné. Plošné vybudování dynamických soustav VO na většině území obce nebo města, tak není reálné.

Dynamické řízení VO má smysl pouze na úsecích silnic a částí měst, kde svým provozem nesníží bezpečnost pohybu a schopnost orientace. A zároveň dynamické řízení přispěje k snížení energetické náročnosti provozu osvětlovacích soustav měst a obcí.

Přehled hlavních prvků (senzorů) pro činnost DVO	▪ Soumrakový senzor ▪ Senzor pohybu ▪ Senzor stanovení rychlosti a směru pohybu ▪ Senzor obsazenosti (parkovacího stání) ▪ Senzor přiblížení ▪ Indukční smyčky ▪ IP kamerový systém
---	---

Rozvoj dynamického veřejného osvětlení je pouze částečně limitován legislativou, jejíž budoucí změny zcela jistě přinesou i nové možnosti jeho uplatnění. Zásadní podmínkou je výše popsaný koncepční přístup k rozvoji VO ve městech a obcích. Dílčí aplikace „per partes“ bez komplexní strategie se může výrazně projevit na provozních nákladech celé soustavy VO. Kromě celostní strategie a dobře zvládnutých rozhodovacích procesů (plánování) je další podmínkou dobrý stav infrastruktury, resp. dlouhodobý plán obnovy tak, aby i dynamické řízení bylo možné postupně zavádět a vyhodnocovat dosažené provozní efekty.

4.8. Příklad porovnání technologického řešení

V následujícím modelovém příkladu je provedeno porovnání 4 typů svítidel, resp. zdrojů světla v odpovídajících svítidlech pro stejný úsek komunikace z pohledu technických vlastností.

4.8.1. Výchozí podmínky návrhu soustavy VO

Osvětlovací soustava navržena pro modelovou průtažnou směrově nerozdělenou komunikaci o šířce 8 m, povrch tvoří tmavý asfalt. Osvětlovací soustava je jednostranná se stožáry o jmenovité výšce $H = 8\text{ m}$ bez výložníků. Vzdálenost stožárů od krajnice 1 m. Rozteč stožárů je závislá na fotometrických vlastnostech zvolených svítidel, dále typu a příkonu světelných zdrojů instalovaných ve svítidlech.

Osvětlovací soustava je plánována do městské zástavby (vysoký jas okolí) s hustotou provozu více než 7 000 automobilů denně a rychlostí omezenou na $50\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Těmito podmínkám vyhovuje třída osvětlení M4.

Výpočty a návrh osvětlovací soustavy byly provedeny se svítidly jednoho výrobce z důvodu objektivního posouzení. Vybraný výrobce nabízí svítidla shodné modelové řady jak pro výbojové světelné zdroje, tak i pro LED moduly. Svítidla opatřena krytem optické části svítidla z rovného skla dosahují oproti svítidlům s vypouklým difuzorem menšího činitele oslnění TI, což je v zastavěných oblastech přínosné. Mají však menší vyzařovací úhel, což má za následek zkrácení rozteče mezi stožáry a následné prodražení výstavby z důvodu nárůstu počtu světelných míst.

Vybraná svítidla jsou určena jak pro montáž na výložník, tak pro montáž na dřík stožáru a jsou vybavena polohovacím mechanismem v rozmezí sklonu $\pm 15^\circ$. Krytí optické části IP66 a vysoká optická účinnost umožňuje v návrhu počítat s vyšším udržovacím činitelem MF (maintenance factor). Pro komunikaci daných parametrů a třídy osvětlení se doposud obvykle používaly vysokotlaké sodíkové výbojky (HPS) s příkonem 100 Wd. V současné době se stále častěji instalují LED svítidla. Výjimkou u vybraného charakteru místní komunikace nejsou ani kompaktní halogenidové výbojky s keramickými hořáky (CMH).

Srovnávací výpočty byly provedeny se svítidly osazenými vysokotlakými sodíkovými výbojkami (HPS) 100, kompaktními halogenidovými výbojkami s keramickými hořáky (CMH) 100 W. Svítidla s LED jsou ve srovnávacích výpočtech osazena moduly 85 W a 61 W s konstantním světelným tokem po dobu života (CLO – Constant Light Output).

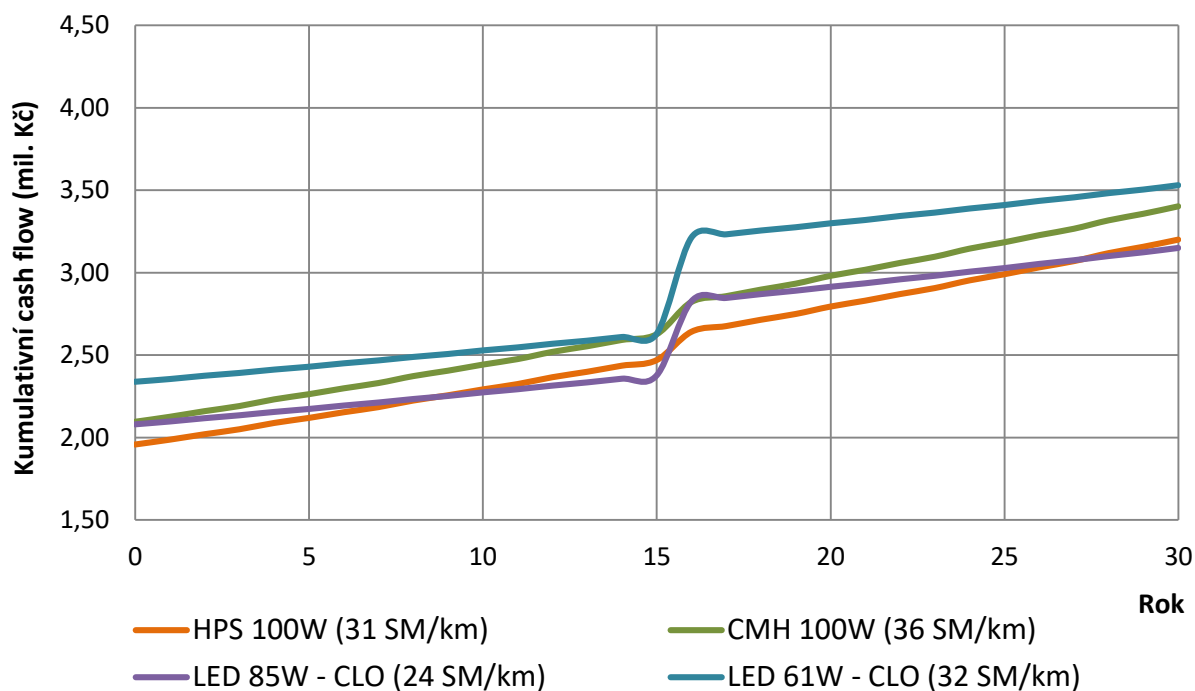
U svítidel s LED s dobou života 70 000 h až 100 000 h (asi 17 - 25 roků provozování při průměrné době ročního provozu 4 000 h) se s výměnou samostatného LED modulu neuvažuje. Celé svítidlo je po této době zastaralé a opotřebované, proto se počítá s výměnou celého svítidla (poznámka: většina výrobců výměnu LED modulu ovšem umožňuje). Doba života svítidel pro výbojové zdroje je optimální 10 – 20 let.

V návrhu je počítáno s výměnou svítidel po 15 letech. Ve skladbě výdajů na provoz soustavy VO je zahrnuto kromě výdajů na elektrickou energii také periodické čištění svítidel každé 2 roky (stanoveno na základě stupně krytí svítidel a užitých světelných zdrojů dle standardů CIE). V případě výbojových světelných zdrojů je uvažována plošná výměna po 4 letech. Celková doba provozování osvětlovací soustavy je uvažována 30 let. Jako hodnotící parametr pro výběr vhodné varianty osvětlovací soustavy bylo využito výdajové NPV.

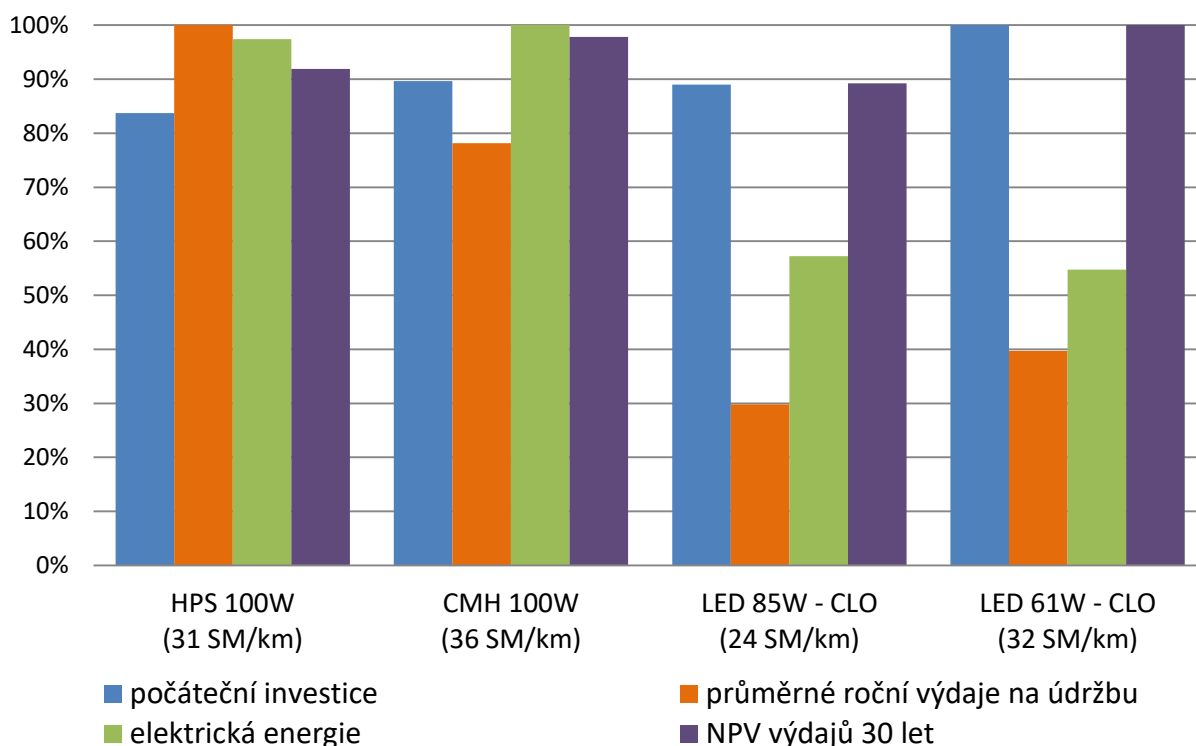
4.8.2. Závěry z modelového příkladu

V následujících grafech jsou shrnuty hlavní výsledky modelového příkladu – průběh kumulativního součtu výdajů na provoz a údržbu modelové soustavy VO a poměrové srovnání vybraných nákladových kategorií.

Obrázek 48 Součet NPV výdajů po dobu 30 let srovnávaných variant



Obrázek 49 Porovnání vybraných kategorií nákladů jednotlivých srovnávaných soustav VO



Interpretace výsledků modelového příkladu

- nejvhodnějším technickoekonomické řešení pro zajištění normou stanovených parametrů na modelové pozemní komunikaci se v tomto případě jeví použití svítidel osazených LED moduly 85 W s technologií udržování konstantního světelného toku během doby života;
- varianta s vysokotlakými sodíkovými výbojkami 100 W má oproti variantě s LED nižší pořizovací výdaje přibližně o 5 % přesto, že soustava s HPS 100 W má na 1 km osvětlované komunikace o 7 světelných míst více;
- výdaje na údržbu a spotřebovanou elektrickou energii jsou u varianty s výbojkami HPS 100 W přibližně o 30 % vyšší vůči svítidlům s LED. Prostá návratnost varianty s LED zdroji 85 W je 7 let ve srovnání s variantou s výbojkami HPS 100 W.

Výhodou LED oproti sodíkovým výbojkám je vyšší index podání barev a možnost volby náhradní teploty chromatičnosti. Vyšší index podání barev je vhodný především do městských oblastí, center, kde přispívá spolu s vhodnou teplotou chromatičnosti k lepší zrakové pohodě účastníků silničního provozu. Zlepšení komfortu účastníků silničního provozu vlivem vyššího indexu podání barev v oblastech s převažujícím výskytem chodců je okamžitým přínosem osvětlovací soustavy s LED světelnými zdroji.

- místo pro poznámky -

Příloha 4 Přehled základních legislativních předpisů

V této příloze je uveden přehled technických norem a právních předpisů z oblastí souvisejících s veřejným osvětlením. Předpisy **jsou uvažovány v aktuálním platném znění**, tzn. ve znění pozdějších předpisů.

Tabulka 18 Stěžejní normy pro veřejné osvětlení

norma	název
ČSN CEN/TR 13201-1	Osvětlení pozemních komunikací. Část 1: Výběr tříd osvětlení
ČSN EN 13201-2	Osvětlení pozemních komunikací. Část 2: Požadavky
ČSN EN 13201-3	Osvětlení pozemních komunikací. Část 3: Výpočet
ČSN EN 13201-4	Osvětlení pozemních komunikací. Část 4: Metody měření
ČSN EN 13201-5	Osvětlení pozemních komunikací. Část 5: Ukazatelé energetické náročnosti
ČSN P 36 04 55	Osvětlení pozemních komunikací – Doplnující informace
ČSN EN 16276	Nouzové osvětlení v tunelech pozemních komunikací

Tabulka 19 Normy pro pozemní komunikace

norma	název
ČSN 73 6101	Projektování silnic a dálnic
ČSN 73 6102	Projektování křižovatek na pozemních komunikacích
ČSN 73 6110	Projektování místních komunikací
ČSN 73 7507	Projektování tunelů pozemních komunikací

Tabulka 20 Doplnující normy k veřejnému osvětlení

norma	název
ČSN EN 60598-2-3 ed. 2	Svítlidla. Část 2-3: Zvláštní požadavky - Svítidla pro osvětlení pozemních komunikací
ČSN EN 60598-2-5 ed. 2	Svítlidla - Část 2-5: Zvláštní požadavky - Širokoúhlé světlometry
ČSN EN 62722-2-1	Vlastnosti svítidel - Část 2-1: Zvláštní požadavky pro LED svítidla
ČSN EN 60570 ed. 2	Elektrické přípojnicové systémy pro svítidla
ČSN EN 62031	Moduly LED pro všeobecné osvětlování - Požadavky na bezpečnost
ČSN EN 62504	Všeobecné osvětlování - LED světelné zdroje a jejich příslušenství - Termíny a definice
ČSN EN 61167 ed. 2	Halogenidové výbojky - Požadavky na provedení
ČSN EN 60662	Vysokotlakové sodíkové výbojky - Požadavky na provedení

norma	název
ČSN EN 40-1 až 7	Osvětlovací stožáry - Část 1 až 7
ČSN EN ISO 8501-1	Příprava ocelových povrchů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků - Vizuální vyhodnocení čistoty povrchu - Část 1: Stupně zarezavění a stupně přípravy ocelového podkladu bez povlaku a ocelového podkladu po úplném odstranění předchozích povlaků
ČSN EN ISO 8501-3	Příprava ocelových povrchů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků - Vizuální vyhodnocení čistoty povrchu - Část 3: Stupně přípravy svarů, hran a ostatních ploch s povrchovými vadami
ČSN 73 6005	Prostorové uspořádání sítí technického vybavení
ČSN 33 3320 ed. 2	Elektrotechnické předpisy - Elektrické přípojky
ČSN EN 62305-1 ed. 2	Ochrana před bleskem - Část 1: Obecné principy
ČSN 33 1500	Elektrotechnické předpisy. Revize elektrických zařízení
ČSN 33 2000-6 ed. 2	Elektrické instalace nízkého napětí - Část 6: Revize
ČSN EN 62493 ed. 2	Hodnocení osvětlovacích zařízení z hlediska vystavení člověka elektromagnetickým polím
ČSN 33 2000-7-714 ed. 2	Elektrické instalace nízkého napětí - Část 7-714: Zařízení jednoúčelová a ve zvláštních objektech - Venkovní světelné instalace

Tabulka 21 Zákony a vyhlášky se vztahem k veřejnému osvětlení

předpis	upřesnění
Zákon 13/1997 Sb. Zákon o pozemních komunikacích	§13, §14, §26, §27, §35
vyhláška 104/1997 Sb., kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích	§14, §25, §32,
Zákon 128/2000 Sb. Obecní zřízení	§50
Zákon 183/2006 sb. Stavební zákon	§86, §88, §96, §103, §105, §110, §117, §119, §152, §169, §170, §194
408/2015 Sb. Vyhláška o Pravidlech trhu s elektřinou	Příloha 6
233/2010 Sb. Vyhláška o základním obsahu technické mapy obce	Prvky základního obsahu technické mapy

Literatura a zdroje

- [1] HABEL, Jiří a kolektiv. Světlo a osvětlování. 1. Praha : FCC Public, 2013. str. 624. ISBN 978-80-86534-21-3.
- [2] HABEL, Jiří. Osvětlování. Praha : ČVUT, 1998. str. 330. ISBN 80-01-01770-2.
- [3] HABEL, Jiří a kolektiv. Světelná technika a osvětlování. Praha : FCC Public, 1995. ISBN 80-901985-0-3.
- [4] MIŠKAŘÍK, Stanislav. Moderní zdroje světla. Praha: SNTL, 1979. str. 256. 04-509-79.
- [5] SOKANSKÝ, Karel, NOVÁK, T., BÁLSKÝ, M., BLÁHA, Z., CARBOL, Z., DIVIŠ, D., SOCHA, B., ŠNOBL, J., ŠUMPICH, J., ZÁVADA, P. Světelná technika. Praha: ČVUT, 2011. str. 256. ISBN 978-80-01-04941-9.
- [6] Katalog firmy Osram. OSRAM GmbH, 2017. http://www.osram.de/osram_de/suche/
- [7] Katalog firmy Philips. Koninklijke Philips Electronics N.V., 2017. <http://www.ecat.lighting.philips.cz/l/svetelne-zdroje-profesionalni/>
- [8] Halogen-Metalllampen - Hinweise für den Gebrauch und die Anwendung. www.osram.de.
- [9] Cree First to Break 300 Lumens-Per-Watt Barrier. CREE. <http://www.cree.com/News-and-Events/Cree-News/Press-Releases/2014/March/300LPW-LED-barrier>.
- [10] The difference between LED COB and MCOB package. LED NEWS.org. <http://www.lednews.org/difference-led-cob-mcob-package>.
- [11] LED Lighting: Newest COB LED technology explained. LED Lights Reviews. <http://ledlights-reviews.com/led-lighting-evolution>.
- [12] MAIXNER, Tomáš a SKÁLA, Jiří. Svítidla LED ve veřejném osvětlení - mýty a skutečnosti. Světlo - časopis pro světelnou techniku a osvětlování. FCC Public, 2009, Sv. 5, ročník 12.
- [13] SOKANSKÝ, Karel a kolektiv. Metodické pokyny pro obnovu, provoz a údržbu veřejného osvětlení. Ostrava: VŠB-TU, 2008.
- [14] TESAŘ, Jiří. Manuál provozu a údržby VO obce. Sdružení obcí Libereckého kraje. [Online] www.solk.cz.
- [15] ŽÁK, Petr. Terminologie VO v nových dokumentech. Společnost pro rozvoj veřejného osvětlení. [Online] 2008. www.srvo.cz/zpravodaj.
- [16] NOVOTNÝ, Jan, ŽÁK, P., SKÁLA, J., NOVÁK, T., TESAŘ, J. Doporučené teploty chromatičnosti veřejného osvětlení ve vztahu k druhu osvětlované komunikace. Společnost pro rozvoj veřejného osvětlení. www.srvo.cz
- [17] SKÁLA, Jiří. Závaznost norem pro veřejné osvětlení. Společnost pro rozvoj veřejného osvětlení. www.srvo.cz
- [18] NARENDHAN, N., GU, Y., HOSSEIN-ZADEH, R. Estimating junction temperature of high-flux white LEDs in lighting emitting diodes. Research, manufacturing and applications. In: VIII. proceedings of SPIE 5366, 2004
- [19] U.S. Department of Energy. LED Color Characteristics. 2017
- [20] CIE 158:2004 Ocular lighting effects on human physiology and behaviour, Vienna, 2004.

- [21] Matriál organizace Společnost pro rozvoj veřejného osvětlení. Doporučené teploty chromatičnosti veřejného osvětlení ve vztahu k druhu osvětlované komunikace
- [22] Cree Lamps Data Sheet: Cree Lamps XM-L LEDs, 2010
- [23] CIE 34:1997 Road lighting lantern and instalation data-photometrics,classification and performance. Paris 1997
- [24] CIE 115:1995 Recomendations for the light of roads for motor and pedestrian traffic. Viena 1995
- [25] 16. Prospekt firmy Etna. LED svítidla - Nová éra ve veřejném osvětlení. online: etna.cz, 2012.
- [26] Luminaire Classification Systém for Outdoor Luminaires. IESNA TM-15-07. 2007
- [27] CIE 126:1997 Guidelines for minimalizing sky glos.
- [28] " HODŽIOSMANOVIČ, Mirza. a HOCHMAN, Jiří. Svítidla pro veřejné osvětlení a jejich použití. Světlo - časopis pro světelnou techniku a osvětlování. FCC Public, 2017, Sv. 2, ročník 20.
- [29] JANIGA, Peter a GAŠPAROVSKÝ, Dionýz. Využitie smart technológií pri analýze porúch v sieťach verejného osvetlenia. Světlo - časopis pro světelnou techniku a osvětlování. FCC Public, 2017, Sv. 4, ročník 20.
- [30] NOVÁK, T., SOKANSKÝ, K., KOUDELKA, P., MARTÍNEK, R., Zavedení smart technologií do měst a obcí využitím prvků veřejného osvětlení. Světlo - časopis pro světelnou techniku a osvětlování. FCC Public, 2017, Sv. 5, ročník 20.
- [31] ŽÁK, Petr. Terminologie VO v nových dokumentech. Společnost pro rozvoj veřejného osvětlení. [Online] 2008. www.srvo.cz/zpravodaj.
- [32] Prospekt firmy Philips. CityTouch - Smart lighting, 2017
- [33] Prospekt firmy Schröder. Smart control for efficient lighting - Owlet, 2017.
- [34] Prospekt firmy GE Lighting. Wireless intelligence, 2017.
- [35] Prospekt firmy Thorn. Telea - Outdoor Lighting Controls, 2017.
- [36] online katalog firmy iGuzzini. <http://streetware.iguzzini.com>
- [37] Prospekt firmy Osram. Street Light Control: Innovative Light Control, 2017.
- [38] Prospekt firmy Siemens. Control cabinets for intelligent street lighting, 2017.
- [39] Prospekt firmy Siemens. Intelligent street lighting, 2017.
- [40] Prospekt firmy Vossloh-Schwabe - Lighting Solutions. Intelligent Light Control Systems, 2017.
- [41] Prospekt firmy Tridonic. Efficient light for streets, bridges and public spaces, 2017.
- [42] Prospekt firmy ABB. ABB solutions to manage the lighting circuits, according to a precise value of ambient light, 2017.
- [43] Prospekt firmy e.on. Veřejné osvětlení v kostce, 2017.
- [44] POTŮČEK, Milan, KOPPITZ, David, Strategické plánování a řízení pro města, obce a regiony, 2012.
- [45] ČSN EN ISO 50001 Systémy managementu hospodaření s energií – Požadavky s návodem k použití
- [46] U.S. Department of Energy. Solid-State Lighting - R&D Plan, 2016.

Zkratky a jednotky

CF	Cash Flow - tok financí v rámci projektu
CIE	Mezinárodní komise pro osvětlování
CLO	Zkratka z anglického Constant Light Output Český překlad: Konstantní světelný tok zdroje
CMH	Zkratka z anglického Ceramic Metal Halide Halogenidová výbojka s keramickým hořákem
COB	Typ LED světelného zdroje (Chip on board)
ČIŽP	Česká inspekce životního prostředí
ČSN (EN)	Česká technická norma (harmonizovaná s evropskou normou)
EA	Energetický audit
EIA	Zkratka z anglického Environmental Impact Assessment Český překlad: Vyhodnocení vlivů na životní prostředí
EKIS	Energetické konzultační a informační středisko pod záštitou MPO
EM	energetický management
EnMS	Zkratka z anglického Energy Management Systém Český překlad: Systém managementu hospodaření s energií (dle ISO 50001)
EnPI	Zkratka z anglického Energy Performance Indicator Český překlad: Ukazatel energetické náročnosti
EP	Energetický posudek
EPC	Zkratka z anglického Energy Performance Contracting Český překlad: Financování z dosažených energetických úspor
ERÚ	Energetický regulační úřad
GJ	Giga Joule (jednotka energie)
HPS	Zkratka z anglického High Pressure Sodium Český překlad: Vysokotlaká sodíková výbojka
IoT	Zkratka z anglického Internet of things Český překlad: Internet věcí
IP	Stupeň krytí (proti vniku pevných částic a vodě)
IRR	Zkratka z anglického Internal Rate of Return Český překlad: vnitřní výnosová míra
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci
LED	Zkratka z anglického Light-Emitting Diode Český překlad: Světelná dioda
M2M	typ komunikace „machine to machine“, součást internetu věcí
MH	Zkratka z anglického Metal Halide Halogenidová výbojka (s hořákem z křemenného skla)
MMR	Ministerstvo pro místní rozvoj

MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR
MŽP	Ministerstvo životního prostředí ČR
NN	Nízké napětí
NPV	Zkratka z anglického Net present value; Český překlad: Čistá současná hodnota
NT	Nízký tarif (používáno při odběru elektrické energie)
OM	Odběrné místo
OPPIK	Operační program podnikání a inovace pro konkurenceschopnost
OPŽP	Operační program Životní prostředí
RVO	Rozvaděč veřejného osvětlení
SEI	Státní energetická inspekce
SFŽP	Státní fond životního prostředí
SM	Světelné místo
SW	Počítačový software
TNI	Technická normalizační informace
VO	Veřejné osvětlení
VT	Vysoký tarif (používáno při odběru elektrické energie)
E (lx)	Osvětlenost, jednotka: Lux
K (lm · W ⁻¹)	Měrný světelný tok zdroje nebo zažítý název „měrný výkon“, jednotka: Lumen na Watt
L (cd · m ⁻²)	Jas, jednotka: Kandela na metr čtvereční
LLMF	Zkratka z anglického Lamp lumen maintenance factor Český překlad: Činitel poklesu světelného toku zdroje
P (W)	Příkon, jednotka: Watt
Q (J)	Teplo, jednotka: Joule
Ra (–) nebo CRI (–)	Všeobecný index podání barev (anglicky Color Rendering Index), bezrozměrná veličina
T (h)	Doba života, jednotka: Hodina
TC (K)	Teplota chromatičnosti, jednotka: Kelvin
Tn (K)	Náhradní teplota chromatičnosti, jednotka: Kelvin
W (kWh)	Energie, jednotka: Kilowatthodina
η (–)	Účinnost, bezrozměrná veličina
Θ nebo T (°C)	Teplota, jednotka: stupeň Celsia
Φ (lm)	Světelný tok, jednotka: Lumen

Obsah

1.	Východiska a technické aspekty VO	3
1.1.	Úloha VO v urbanismu a dotváření veřejného prostoru	3
1.2.	Světelné zdroje a svítidla ve VO	5
1.2.1.	Základní parametry světelných zdrojů	5
1.3.	Výbojové zdroje světla	7
1.4.	Nízkotlaké rtuťové výbojky	7
1.5.	Nízkotlaké sodíkové výbojky	9
1.6.	Vysokotlaké rtuťové výbojky	10
1.7.	Halogenidové výbojky	11
1.8.	Vysokotlaké sodíkové výbojky	12
1.9.	LED světelné zdroje	14
1.9.1.	Vlastnosti svítidel pro VO	23
1.9.2.	Optické systémy LED svítidla	24
1.9.3.	Doba života svítidel	27
1.9.4.	Stupeň krytí IP	27
1.9.5.	Stupně ochrany IK	28
2.	Koncepce veřejného osvětlení	29
2.1.	Zatřídění komunikací	30
2.1.1.	Dělení silnic a místních komunikací	31
2.2.	Geometrie osvětlovacích soustav	33
2.3.	Rozdělení typů osvětlovacích soustav	35
2.4.	Dokumentace a pasport VO	36
2.4.1.	Zásady řešení osvětlovacích soustav	38
2.5.	Generel VO	39
2.6.	Postup při renovaci VO	40
2.7.	Optimalizace osvětlovací soustavy	44
2.8.	Snížení činných ztrát	48
3.	Provoz a údržba	49
3.1.	Výměna světelných zdrojů	49
3.2.	Revize veřejného osvětlení	50
3.3.	Přenesená správa VO	51
3.4.	Monitoring veřejného osvětlení	53
3.4.1.	Měření spotřeby elektřiny	54

3.4.2.	Manuální odečty měřidel	55
3.4.3.	Technologie vzdáleného monitoringu.....	55
3.4.4.	Metodika vyhodnocování spotřeby	56
3.5.	Koncepční přístup k řešení veřejného osvětlení	58
3.5.1.	Úplná renovace soustavy VO	58
3.5.2.	Částečná renovace VO	58
3.5.3.	Regulace soustavy veřejného osvětlení	59
4.	Ekonomika a financování VO	62
4.1.	Struktura nákladů moderního VO	62
4.2.	Plánování údržby a provozních nákladů	63
4.2.1.	Provozní měrné roční výdaje.....	63
4.2.2.	Údržba osvětlovací soustavy	64
4.3.	Způsoby hodnocení efektivity projektů	65
4.3.1.	Ekonomické ukazatele.....	65
4.3.2.	Financování projektů ve veřejném osvětlení	68
4.3.3.	Využití metody EPC	68
4.4.	Jak připravit VZ v oblasti VO.....	69
4.4.1.	Zadávací dokumentace	69
4.4.2.	Nabídková spotřeba	70
4.4.3.	Nabídková cena	70
4.4.4.	Kvalita technického návrhu	70
4.4.5.	Vyhodnocování úspor.....	70
4.4.6.	Program EFEKT 2017 – 2021	72
4.4.7.	Národní program Životní prostředí	72
4.5.	Chytré veřejné osvětlení	73
4.5.1.	Renovace či výstavba chytré soustavy VO	74
4.6.	Dynamické veřejné osvětlení	77
4.6.1.	Přínos systému a možnosti využití	78
4.7.	Podmínky využití dynamického VO.....	82
4.8.	Příklad porovnání technologického řešení	83
4.8.1.	Výchozí podmínky návrhu soustavy VO	83
4.8.2.	Závěry z modelového příkladu	84
Příloha 4	Přehled základních legislativních předpisů	86



„Dílo bylo zpracováno za finanční podpory Státního programu na podporu úspor energie na období 2017-2021 - Program EFEKT 2 pro rok 2017“

Veřejné osvětlení pro 21. století

Příručka pro města a obce