

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky



***METODICKÉ POKYNY
PRO
OBNOVU, PROVOZ A ÚDRŽBU
VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ***

Karel Sokanský a kolektiv

Tato příručka byla připravena v rámci programu EFEKT (Státní program na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie)



OSTRAVA 2008

Publikace je určena pro poradenskou činnost a je zpracována v rámci Státního programu (program EFEKT) na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2008 – odstavec G2 – publikace, příručky a informační materiály v oblasti úspor energie.

Pod vedením prof. Ing. Karla Sokanského, CSc. z VŠB-TU Ostrava, Fakulty elektrotechniky a informatiky vypracoval tým autorů:

Ing. Tomáš Novák, Ph.D.

Ing. Tomáš Maixner

Ing. František Dostál

ÚVOD

Příručka je zaměřená na popis veřejného osvětlení a je koncipována tak, aby hloubkou svých sdělení dala návod správcům veřejného osvětlení (zástupcům měst a obcí) jak se k veřejnému osvětlení chovat a jak posuzovat nabídky na jeho obnovu a údržbu.

Na následujících kapitolách budou uvedeny zdroje možných úspor investičních i provozních prostředků a možnosti snížení spotřeby elektrické energie v osvětlovacích soustavách veřejného osvětlení.

1. VÝZNAM VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ

Provoz veřejného osvětlení (dále VO) patří mezi povinné služby obyvatelům. Mnohé vsi nemají doposud veřejný vodovod nebo kanalizaci, avšak VO mají snad všechny. Z toho je zřejmý význam VO pro život obce.

Z historického hlediska došlo k největšímu rozvoji (kvantitativnímu) VO v šedesátých letech minulého století. Stejně jako tehdy, tak i dnes je kvalita VO závislá na možnostech technického pokroku a finančních možnostech zřizovatele. Ani dnes, kdy jsou k dispozici vysoce účinná svítidla a stejně výkonné světelné zdroje, ještě není stav VO z hlediska bezpečného provozu optimální. Například se na základě mnoha světových výzkumů došlo ke zjištění, že optimální, přesněji minimální jas vozovky je 4 cd.m^{-2} , to je dvojnásobek současných normativních požadavků na nejvýznamnější, tedy nejvíce osvětlených komunikace.

VO má tu smůlu, že musí splňovat několik (někdy i protichůdných) požadavků.

Především je to funkce **bezpečnostní** – kvalitní osvětlení významně snižuje nehodovost a s tím spojené škody na zdraví, majetku i životech. Má také vliv na snížení kriminality, jak v oblasti vloupání do objektů, tak třeba i v oblasti násilných činů. Zločin se vždy snaží ukrýt pod roušku tmy.



Obr. 1.1 – I estetické svítidlo může mít také dokonalé optické vlastnosti

Druhou hlavní funkcí VO je zajištění **orientace** v prostoru. A to jak chodců na vozovce, chodníku, parku či náměstí, tak i řidičů projíždějících obcí nebo krajinou.

Neméně významné je **estetické** působení VO. Z tohoto pohledu působí VO nejen v noci, ale zejména ve dne. Nevzhledná osvětlovací soustava může ovlivnit celkový dojem, kterým obec působí na návštěvníky, ale i na domácí. Například některá města mají prvky osvětlovací soustavy VO (stožáry, svítidla) v heraldických barvách. V současnosti je k dispozici velký výběr svítidel, která jsou nejen na vysoké technické úrovni, ale také odpovídají estetickým požadavkům provozovatelů (viz. obr. 1.1).

V poslední době se ve všech pádech skloňuje termín „**světelné znečištění**“. Většina požadavků a tvrzení, která jsou šířena ekologickými aktivisty, ale také mnohými výrobci svítidel, má daleko k realitě. Protože je tato problematika „na pořadu dne“, je jí věnována jedna část této příručky.

Poznámka ke vztahu mezi osvětlením a bezpečností v dopravě:

Ze studií CIE (Mezinárodní organizace pro osvětlování) vyplývá, že při zlepšení osvětlení se snížil počet dopravních nehod s úrazy chodců na 55%, u ostatních účastníků dopravního provozu dokonce o 77% – celkově o 70%. Smrtelné úrazy klesly na 55%, těžké na 77% a lehké na 73%. To vše při zvýšené frekvenci vozidel i jejich průměrné rychlosti. Jiná studie provedená na deseti úsecích komunikací v šesti městech Německa (1994) ukázala, že při dvojnásobném osvětlení vozovky klesl počet dopravních nehod o 28% a počet nehod za účasti chodců nebo cyklistů klesl o 68%. Podobné výsledky potvrzují i další studie (např. Schreuder – kvalitní osvětlení bylo důvodem snížení nehod v noci až o 30%).

Poznámka ke vztahu mezi osvětlením a kriminalitou:

Podle statistik v USA je doloženo, že po zavedení moderního osvětlení klesl počet zločinů spáchaných na veřejných prostranstvích Clevelandu o 19%. Ve Velké Británii v Presonu byl po redukci VO na 50% původní úrovně nárůst kriminality a vandalismu o 55%, počet loupeží v obchodech vzrostl o 66%, v domácnostech, provozovnách služeb shodně o 65%, počet krádeží ve vozidlech o 13% a počet okradených chodců o 25%. I v Lyonu ve Francii sledovali závislost podílu spáchaných zločinů na osvětlení. Při osvětlenostech pod 5 lx bylo zločinů 41%, při zvýšených osvětlenostech na 5÷10 lx pak došlo k poklesu na 32%. Na 19% klesla zločinnost při hladinách osvětlenosti mezi 10 a 15 luxy a při osvětlenosti nad 15 luxů se snížila kriminalita pouze na 8%.

Poznámka ke vztahu mezi osvětlením a orientací:

Podle různých zdrojů člověk přijímá 80÷90% všech informací prostřednictvím zraku. Z toho je zřejmé, že osvětlení nutně podporuje informovanost a tedy i schopnost se orientovat. Umožní vnímání celku ale i detailu, což je u VO zejména zdůraznění důležitých míst jako jsou přechody, křižovatky atd. Orientaci lze vylepšit vhodnými svítidly (optické vlastnosti i vzhled), jejich správným umístěním (jak ve vztahu k okolí, tak i způsobem umístění – např. na sloup nebo stěnu)



Obr. 1.2 Estetické působení osvětlení (zámek Mikulov)

Poznámka k estetickému působení VO:

Přitažlivost města lze umocnit v nočních hodinách kvalitním VO. To není jen osvětlení komunikací, ale také nasvětlení architektonicky zajímavých objektů, ať již historických, tak i moderních s výjimečným vzhledem. Osvětlený hrad, stejně jako venkovský kostelík, přiláká turisty náhodně projíždějící noční krajinou. Zvýší turistickou atraktivitu a tedy i příjmy města. Investice do slavnostního nebo architektonického osvětlení je investice návratná.

Poznámka ke „světelnému znečištění“:

Některé účinky světla jsou skutečně nežádoucí a ty je nutné potlačit. Je to svícení v nevhodný čas a na nevhodná místa. Nežádoucí je oslnění řidičů i chodců, nežádoucí je svícení do oken – lidem i pánu bohu.

Na druhou stranu je nutné zdůraznit, že světlo pochopitelně nic neznečišťuje. Jedná se ve skutečnosti o rušivé účinky světla. Zde pouze poznámka – nelze nadřazovat zájmy úzké skupiny, zájmům celé společnosti.

2. VEŘEJNÉ OSVĚTLENÍ Z POHLEDU ZÁKONŮ A PŘEDPISŮ

Protože se VO dotýká veřejného života, je na veřejných prostranstvích, a také proto, že VO souvisí i s dopravou, je zřejmé, že při řešení jeho problematiky se nelze vyhnout ani mnohým zákonům a předpisům právního nebo technického zaměření.

Přestože, jak již bylo v úvodu naznačeno, se VO významně podílí na bezpečnosti v nočních hodinách, přece je v zákonech zcela nedostatečně podpořen jeho význam. Zákon č.128/2000 Sb., o obcích, §35 odst. 2, stanovuje, že ... *„Obec v samostatné působnosti ve svém územním obvodu dále pečuje v souladu s místními předpoklady a s místními zvyklostmi o vytváření podmínek pro rozvoj sociální péče a pro uspokojování potřeb svých občanů. Jde především o uspokojování potřeby bydlení, ochrany a rozvoje zdraví, dopravy a spojů, potřeby informací, výchovy a vzdělání, celkového kulturního rozvoje a ochrany veřejného pořádku.“*

Protože, jak již bylo výše popsáno, má VO vliv na bezpečnost a kriminalitu (ochranu zdraví, veřejného pořádku) a samozřejmě i na dopravu, tak podle uvedeného paragrafu je obec povinna VO zřídit a provozovat. S tím souvisí další povinnosti obce, jako je pečování o soustavu VO (jde o majetek obce) a vedení jeho evidence – tzv. pasport VO (vyplývá to z uvedeného zákona, §38, odst. 1). V zákoně se hovoří i o zachování majetku, z čehož vyplývá nutnost VO udržovat a v případě nutnosti i rekonstruovat. Zmínka je i o rozvoji majetku, tedy rozšiřování VO v souladu s potřebami (a rozšiřováním) obce.

Občanským zákoníkem 40/1964Sb v platném znění (§127, odst. 1) jsou také „řešeny“ rušivé účinky světla: *„Vlastník věci....nesmí nad míru přiměřenou poměrům obtěžovat sousedy...světlem, stíněním...“*. Ani návrh novely nepřináší lepší alternativu (§910): *„Vlastník se zdrží všeho, co působí, že ... světlo, stín, ... vnikají na pozemek jiného vlastníka (sousedy) v míře nepřiměřené místním poměrům a podstatně omezují obvyklé užívání pozemku.“* Je to stejná formulace jako ta současně platná otevírající cestu k perzekuování vlastníků světla či stínu.

Dále je na rušivé světlo ještě pamatováno ve vyhlášce 137/1998Sb (Vyhláška o obecných technických požadavcích na výstavbu), kde se praví (§60): *„Svým provedením a*

umístěním nesmějí stavby a zařízení pro informace, reklamu a propagaci nad přípustnou míru obtěžovat okolí, zejména obytné prostředí, hlukem nebo světlem, obzvláště přerušovaným...“. Je to stejně zneužívané nařízení jako zmíněný paragraf Občanského zákoníku. Přitom neexistuje žádný předpis, který by upravoval intenzitu nebo frekvenci blikajícího světla.

Nejvýznamnější předpisy a normy související s VO

Zákony a vyhlášky:

Zákon č. 128/2000 Sb., O obcích (obecní zřízení)

Zákon 40/1964Sb. Občanský zákoník

Zákon č. 86/2002 Sb., O ochraně ovzduší (a mnoho novelizací)

Zákon č. 185/2001 Sb., O odpadech a změně některých dalších zákonů

Zákon č. 22/1997 Sb., O technických požadavcích na výrobky

Vyhláška 137/1998Sb. Vyhláška o obecných technických požadavcích na výstavbu

Nařízení vlády:

Nařízení vlády č.168/1997 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na elektrická zařízení nízkého napětí (nahrazeno nařízením NV 17/2003 Sb.)

Nařízení vlády č. 169/1997 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na výrobky z hlediska elektromagnetické kompatibility (nahrazeno nařízením NV 18/2003 Sb.)

Normy:

ČSN EN 13 201 – 1 Osvětlení pozemních komunikací – Část 1: Výběr třídy osvětlení

ČSN EN 13 201 – 2 Osvětlení pozemních komunikací – Část 2: Výkonnostní požadavky

ČSN EN 13 201 – 3 Osvětlení pozemních komunikací – Část 3: Výpočet výkonnostních parametrů

ČSN EN 13 201 – 4 Osvětlení pozemních komunikací – část 4: Metody měření výkonnostních parametrů

ČSN EN 12464-2 Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů – Část 2: Venkovní pracovní prostory

ČSN EN 12193 Světlo a osvětlení – Osvětlení sportovišť.

3. PRVKY OSVĚTLOVACÍCH SOUSTAV

Osvětlovací soustava VO se skládá především ze svítidel a světelných zdrojů. Obsahuje i další součásti jako jsou nosné prvky (výložníky, stožáry, převěsy atd.), napájecí kabely atd. Jejich popis není pro tuto příručku důležitý, proto se o nich nebude příručka dále zmiňovat.

3.1. Svítidla

3.1.1. Účinnost a činitel využití

V reklamních materiálech výrobců jsou obvykle uváděny údaje o účinnosti svítidla. Tato informace naznačuje, jak je se světlem ve svítidle „nakládáno“, nicméně to není postačující informace. Rozhodující je to, kam je světlo ze svítidla směřováno. Bude-li světlo ze

světelného zdroje směřováno patřičným směrem, tak může méně účinné svítidlo zajistit kvalitnější a ekonomičtější osvětlení než jiné, účinnější, avšak s méně výhodnou distribucí světla. Názorný je příklad svítidla s kulovým difuzorem (tzv. koule).

Na obr. 3.1 je takové svítidlo v provedení prakticky bez jakékoli úpravy směřování světelného toku. Světlo se šíří všemi směry. Celková účinnost tohoto svítidla je velice slušná a dosahuje hodnoty 79%. Je však rozdělena tak, že do dolního poloprostoru je směřována přesně polovina světla. Pro jednoduchost předpokládejme, že se veškerý světelný tok zpracuje užitečně. Potom by z 1000 lm světelného toku světelného zdroje bylo využito 395 lm ($= 79/100/2 \times 1000$). V reálu to může být samozřejmě ještě horší, protože všechno světlo se nevyužije a část dopadne mimo osvětlovaný prostor – např. na trávník mimo stezku.

Poznámka:

Vztah mezi světelným tokem (Φ) dopadajícím na nějakou plochu o velikosti (S) a osvětleností (E) je $E = \Phi / S$. Dopadne-li tedy světelný tok 395 lm na plochu (například) 10 m², pak tato plocha bude osvětlena průměrně na hodnotu 39,5 luxů.

Na dalším obrázku (obr. 3.2) je „klasická koule“ opatřena refraktorem, který usměrní větší část světelného toku do dolního poloprostoru (přitom zůstává zachován vzhled svítidla, takže je možné respektovat požadavek architekta nebo památkáře na tvarové řešení nějaké lokality). Celková účinnost svítidla klesá na 61% (matný nebo prismatický difuzor zásadně účinnost neovlivní). Přitom do dolního poloprostoru jsou směřovány cca 2/3 světla. Ač tedy v tomto případě klesla účinnost přibližně o 23%, tak do dolního poloprostoru dopadne, za stejných podmínek jako v předešlém případě, 406 lm ($61/100 \times 2/3 \times 1000$). Tedy svítidlo s nižší účinností (cca 3/4 prvého) zajišťuje mírně vyšší osvětlenost ($406/395 \times 100 = 103\%$ prvého) než svítidlo první.

Na obr. 3.3 je varianta „koule“ s refraktorem, která je navíc doplněná clonou napařenou přímo na kulový difuzor. Vrchlík koule je vysoce odrazný a prakticky veškeré světlo přeměruje do dolního poloprostoru. Celková účinnost svítidla však opět klesá na 47%. Nicméně směrem k terénu je směřováno 45,1%, což je 96% celkového světelného toku emitovaného svítidlem. Na osvětlovanou plochu tedy dopadne 451 lm z každých 1000 lm světelného zdroje. Ve srovnání se základním provedením bez clony a refraktoru klesla účinnost svítidla na cca 60% ($47/79 \times 100$), ale využitelný světelný tok vzrostl na 114% (451 lm oproti 395 lm prvního svítidla).

Popsaný příklad ukazuje, že snížení účinnosti svítidla nemusí mít za následek nižší osvětlenost plochy určené k osvětlení, ale že tomu může být právě naopak. Rozhodující je podíl využitého světla ke světlu vyprodukovanému světelným zdrojem, tedy velikost **činitele využití**.

Uvedené platí zejména pro taková místa, kde se pro osvětlování použijí svítidla „dekorativní“, tedy ta, kde je na prvním místě estetický vzhled a až na dalších místech se objevují technické parametry (parky, náměstí, ulice v obchodních nebo historických čtvrtích měst). Tam, kde již není kladena priorita pouze na vzhled osvětlovacích soustav, tam se používají svítidla techničtějšího ražení. Jedná se především o svítidla pro osvětlování komunikací (to ovšem neznamená, jak již bylo dříve řečeno, že není možné použít svítidlo, které je vyhovující po optické i po estetické stránce).

U technických svítidel je již mezi účinností svítidla a činitelem využití daleko užší vazba. Pro svítidla stejného konstrukčního principu lze předpokládat, že jejich činitel využití bude v konkrétní situaci podobný, a úměrný účinnosti svítidla. Rozhodující pro energeticky šetrné osvětlovací soustavy VO je volba charakteru svítidla – tedy volba směru vyzařování světelného toku, který je rozhodující pro velikost činitele využití a samozřejmě v druhé řadě účinnost svítidla.

Je-li správně zvolen charakter svítidla (z hlediska tvaru křivky svítivosti – distribuce světelného toku), **pak již je rozhodující posouzení účinnosti svítidla**. Samozřejmě pokud je se světelným tokem nakládáno správným způsobem. V zásadě lze předpokládat, že u svítidel pro osvětlování komunikací se nejlepších účinností (činitelů využití) dosáhne pro produkty které budou mít vlastnosti popsané v následujícím textu. Jiná svítidla obecně dosahují účinností nižších. Tak jako jinde, i v tomto případě se vyplatí sázet na kvalitu, protože je rychle návratná.

3.1.2. Konstrukční prvky svítidla

Svítidla používaná pro osvětlování venkovních prostorů se skládají z optické, mechanické a elektrické části. Optická část rozhoduje o tom, kolik světla bude kam směřováno, zatímco mechanická část je zásadní z pohledu zachování zmíněných optických vlastností svítidla po celou dobu jeho životnosti a zachování vlastního svítidla po co nejdelší dobu. Elektrická část svítidla (předřadník) má podstatný vliv na celkovou spotřebu elektrické energie.

Optickou část obvykle tvoří reflektor, který primárně usměrňuje světlo vycházející ze světelného zdroje. Světlo ze svítidla vychází průhlednou či průsvitnou částí – mísou svítidla (difuzorem, refraktorem). Otevřená svítidla se prakticky nevyskytují, protože jejich životnost je vlivem působení okolního prostředí velice nízká.

Reflektor

Optické vlastnosti reflektoru jsou závislé na **materiálu** (jeho povrchové vrstvě) a způsobu jeho **zpracování**.

- Lakované (smaltované) reflektory jsou v případě technických svítidel takřka nepoužívané.
- Používá se běžný matovaný hliník, který má odraznost světla 55÷60%.
- O něco kvalitnější je leštěný hliník s odrazností 60÷72%.
- Nejlepší je plátovaný hliník, kde mikroskopická vrstva téměř čistého hliníku (99,9%) zaručuje odraznost 72÷90%.

Neméně významný je též tvar reflektoru. U méně kvalitních svítidel se používají, tvarově jednoduché výlisky, které nezaručují dostatečně kvalitní zpracování přeměrování světelného toku. Pokud jsou navíc matné, pak jejich odraz je spíše difusní, takže světlo opouští dutinu svítidla po několika odrazech, což významně snižuje účinnost svítidla.

Kvalitnější svítidla již mají složitější reflektor a používají i kvalitnější, zrcadlově odrážející materiály. Jejich účinnost je vyšší než je tomu u svítidel předešlých.

Svítidla nejvyšší kvality již používají složitě tvarované reflektory – tzv. radiálně fasetované (Obr. 3.5), které jsou buď z plátovaného hliníku, nebo se používají plastové výlisky vysoké přesnosti na kterých je napařena vysoce odrazná (a odolná) vrstva. Taková svítidla dosahují velmi vysokých účinností.

Na účinnost svítidel má samozřejmě vliv celková kvalita nejen provedení, ale i návrhu svítidla. Zejména tvar jednotlivých prvků (reflektor, mísa) ale i jejich pozice především vůči světelnému zdroji.

Mísa – difuzor svítidla

Druhým optickým prvkem majícím rozhodující vliv na vlastnosti svítidla, tedy jeho účinnost a rozložení světelného toku je difuzor. U technických svítidel se prakticky bez výjimky používají průhledné materiály:

- Tvrzené sklo – barevně stabilní, odolává teplotě (jsou podmínkou pro použití některých světelných zdrojů), obtížněji se tvaruje, takže se používá jako ploché nebo mírně vypouklé, vyšší váha ztěžuje manipulaci. Svítidla s plochými skly mají nižší účinnost, menší vyzařovací úhel a horší schopnost optického vedení než svítidla s klasickými vypouklými mísami (viz. kap. 6). K zajištění kvalitního osvětlení stejné kvantity je zapotřebí o cca 5÷35% větší počet svítidel s plochým sklem nebo je nutné je osadit světelným zdrojem o světelném toku (a tedy i příkonu) až o třetinu vyšším ve srovnání s „klasickým“ svítidlem. Svítidla s plochým sklem jsou obecně dražší (cena materiálu, složitější technologie výroby).
- Antireflexní tvrzené sklo. Vylepšuje do určité míry nepříznivé vlastnosti svítidel s plochým sklem. Avšak za ještě vyšší cenu než u svítidel s tvrzeným sklem.
- PC (polykarbonát) – pro svítidla v tzv. antivandal provedení – materiál je běžnými prostředky nerozbitný, avšak stárne a po cca 3÷6 letech se zakalí – zažloutne a je nutné jej vyměnit za nový.
- PMMA (polymethylmetakrylát) – je barevně stálý, není však odolný násilí.
- žádný materiál – zdánlivě absurdní, ale pro úplnost je uveden. Je tím míněno neuzavřené svítidlo. Je samozřejmě nejlevnější, avšak neposkytuje žádné krytí optické části svítidla před vlivem atmosféry (ani před vlivem vandalů). Reflektor takového svítidla stárne a poměrně rychle ztrácí své vlastnosti. Svítidla bez krytí jsou pro venkovní osvětlovací soustavy naprosto nevhodná. Z hlediska účinnosti jsou samozřejmě v novém stavu neúčinnější, protože odpadají ztráty průchodem difuzorem, avšak v krátké době dochází ke zmíněnému znehodnocení.

Účinnost svítidla ovlivňuje do značné míry **tvar difuzoru**.

- plastový **vypouklý difuzor** (Obr. 3.4) je nejběžnější. Jeho tvar nelze volit libovolně, tedy pouze z estetického hlediska, protože ovlivňuje ztráty průchodem paprsku. Čím více se směr průchozího paprsku blíží normále, tím menší jsou ztráty. Svítidla s vypouklým difuzorem mají nejlepší poměr cena/výkon.
- jinou variantou předešlého je **refraktor** (Obr. 3.6), což je vypouklý difuzor, který je však tvarován tak, že tvoří tzv. Fresnelovu čočku. Jedná se v podstatě o hranoly, které lámou světlo a přeměrují tak paprsky vycházející ze svítidla žádoucím směrem. Svítidla s takovými difuzory jsou neúčinnější. Žel jsou také technologicky náročná na výrobu a tedy i dražší. Nejsou ani běžnou produkcí výrobců.
- **ploché sklo** – (Obr. 3.7) světlo odražené od reflektoru dopadá na ochranné sklo v normálovém směru jen výjimečně. Jakmile dopadá pod větším úhlem od normály (kolmice na rovinu skla), tak se zvětšují ztráty průchodem (světlo prochází silnější vrstvou skla) a větší část (než při kolmém průchodu) se odrazí zpět do svítidla, takže dojde k dalším ztrátám odrazem. Tím se svítidlo odlišuje od ideálního stavu, kdy dochází pouze k jednomu odrazu. Ztráty odrazem a větším pohlcením dosahují pro větší úhly až 80%. Proto jsou svítidla s tvrzeným sklem méně účinná než svítidla s „klasickým“ (vypouklým) difuzorem a také vyzařují světlo pod menším úhlem než

„klasická“ svítidla, takže pro dosažení vyhovující rovnoměrnosti na komunikaci se musí umisťovat v menších roztečích nebo na vyšší stožáry – potom se ovšem musí osadit světelný zdroj s vyšším světelným tokem (a tedy i příkonem). Toto navýšení počtu je podle typu komunikace 5 % - 35 %. To znamená vyšší investiční i provozní náklady. V konečném důsledku mohou dokonce zvyšovat i ekologickou zátěž životního prostředí (viz kapitola 6). Tato svítidla lze jednoznačně doporučit pouze tam, kde se používají samostatně (přechody pro chodce, zastávky MHD apod.) nebo v přesně daném počtu (malá parkoviště, vjezdy do objektů apod.). Všude jinde je nutné posoudit jejich vliv na životní prostředí porovnáním s „klasickou“ soustavou (viz kapitola 6). Na druhou stranu jsou opticky stabilní a odolávají vyšším teplotám, což je podmínka pro použití některých typů světelných zdrojů.

- **ploché sklo – antireflexní** – díky této úpravě procházejí sklem světelné paprsky s menšími ztrátami. Nevýhoda tohoto materiálu je v jeho ceně.
- **mírně vypouklé sklo** – (obr. 3.8) je varianta svítidla s plochým sklem, avšak alespoň částečně snižující nevýhody zcela plochých (tvrzených) skel. Svítidla mají účinnost lepší než s tvrzeným plochým sklem, ale horší než s „klasickým“ difuzorem.
- **žádný** - Jak již bylo uvedeno v předešlé části, přináší takové řešení nejvyšší účinnost, avšak jen krátkodobě. Je to nepřijatelné řešení.

3.1.3. Další vlastnosti svítidel

Aby svítidlo vyhovovalo moderním požadavkům a svojí kvalitou zajišťovalo i minimalizaci nákladů na provoz, tak musí mít následující vlastnosti:

- Vysoké krytí IP pro celé svítidlo,
- možnost měnit polohu svítidla a refraktoru,
- systémy umožňující dýchání, resp. výdech svítidel, tj. membrány jednosměrně (ven ze svítidla) umožňující výstup vodních par.

Poznámka ke krytí IP svítidel:

V normách a doporučeních jsou uvedeny závislosti mezi krytím svítidla IP a jeho znečištěním. Svítidla s nižším krytím se znečišťují mnohem rychleji. Důsledkem toho je, že buď není zaručena dostatečná osvětlenost nebo je třeba osadit silnější světelné zdroje nebo větší počet svítidel. Pro soustavu v běžném prostředí je tento nárůst (svítidel, příkonu) asi 1,3÷1,4 krát větší než kdyby se použila kvalitní svítidla. Při obvyklých cenách elektrické energie, nákladech na zařízení osvětlovací soustavy (svítidlo tvoří jen část investice, dražší je stožár se základem a připojení svítidla) a ceně práce (čištění svítidel – u méně kvalitních až 4× častější) se může stát, že méně kvalitní svítidlo (dejme tomu za 1500 Kč) je vlastně dražší než investičně nákladnější kvalitní svítidlo (za 3500 Kč). Vyšší cena svítidla se zaplatí buď okamžitě díky snížení počtu prvků soustavy – méně dražších je méně nákladné než více levnějších – nebo během krátké doby (obvykle do tří až šesti let). **Jednoznačně se vyplatí vyšší investice do kvalitních svítidel s vysokým krytím IP!**

Poznámka k možnosti změny polohy reflektoru a světelného zdroje:

Účinnost svítidla je závislá na geometrických parametrech. Je možné najít takový tvar reflektoru a difuzoru a jejich vzájemné polohy vůči sobě i vůči zdroji, kdy bude účinnost svítidla maximální. V konkrétní situaci však maximální účinnost nemusí zajistit nejlepší využití světelného toku. To závisí na činiteli využití, tedy na podílu skutečně využitého světla pro osvětlení a celkového množství světla vyzářeného světelným zdrojem. Špičková svítidla umožňují různé nastavení reflektoru i světelného zdroje (difuzor by bylo možné posunovat jen obtížně a nemělo by to téměř žádný efekt). Pak je možné nastavit optimálně svítidlo pro konkrétní situaci (viz obr. 3.9 a obr. 3.10).

Poznámka k dýchání svítidel:

Špičková svítidla jsou vybavena nejen dokonalým krytím, ale těsnění částí, které se při údržbě otevírají, jsou provedena z materiálů jednosměrně propouštějící vlhkost (viz obr. 3.11). Pokud se svítidlo otevře za deště, mlhy nebo vlhčího ovzduší, pak po jeho uzavření zůstane vlhký vzduch uvnitř svítidla. Pokud je svítidlo dokonale těsné, pak se nemůže vlhkost ze svítidla odpařit a kondenzuje na vnitřních optických površích a tak snižuje účinnost svítidla. Jednostranně propustná membrána umožní aby vlhkost ze svítidla vystoupila a naopak žádná nepronikla dovnitř.

Všechny popsané parametry svítidla je ještě třeba zúročit kvalitním návrhem osvětlení. Ani neúčinnější svítidlo s nevhodnější charakteristikou svítivosti nezaručí jeho úsporné ekonomické a energetické využití. **Podmínkou pro realizaci jakékoliv osvětlovací soustavy je kvalifikovaný světelně-technický návrh zpracovaný světelným technikem.**

3.1.4. Svítidla – volba optimální varianty

V předešlých odstavcích bylo ukázáno, že účinnost svítidla není jednoznačný ani rozhodující parametr, který by určoval míru energetických úspor osvětlovací soustavy. Mnohem významnější je činitel využití svítidla, resp. osvětlovací soustavy. Ten je dán množstvím světla emitovaným ze svítidla směrem k osvětlovanému objektu (komunikace, náměstí, parkoviště atd.).

Vzhledem k různorodosti osvětlovaných objektů (velikost a tvar – relativně úzká komunikace nebo náměstí nepravidelných tvarů) nelze určit jaký činitel využití má to či ono svítidlo. Svítidlo osvětlující velkou otevřenou plochu (teoreticky nekonečnou – kdy se veškeré světlo využije) má činitel využití prakticky roven účinnosti svítidla. V případě relativně úzké silnice je činitel využití nižší.

Například svítidlo podle obr. 3.12 má v případě osvětlení velké otevřené plochy činitel využití blízký účinnosti do dolního poloprostoru – cca 0,78. Totéž svítidlo osvětlující běžnou dvouproudovou komunikaci o celkové šířce 6,5 metru má činitel využití méně než poloviční – 0,34. Stejně svítidlo, avšak s plochým sklem má uvedené hodnoty 0,64 a 0,29. Pro svítidlo z příkladu lze tedy říct, že v provedení s klasickým difuzorem je energeticky úspornější v poměru $0,34/0,29 = 1,17$ krát. To znamená, že je v daném případě o 17% energeticky výhodnější (i jinak, tedy např. investičně nebo provozně). Popsaný příklad nelze zobecnit.

Několik příkladů volby optické charakteristiky svítidla:

- Pro osvětlování běžných komunikací se použijí svítidla se širokou charakteristikou rozložení svítivosti ve směru podélném s osou komunikace a úzkou ve směru příčném – běžná svítidla pro osvětlování komunikací (obr. 3.4).
- Pro rozsáhlá prostranství (náměstí) jsou vhodná svítidla s rovnoměrnou, rotačně symetrickou charakteristikou rozložení svítivosti – například svítidla s difuzorem ve tvaru koule s refraktorem a pokoveným vrchlíkem (obr. 3.3). Pro případ, že bude žádoucí osvětlit např. fasády přilehlých budov je vhodné nechat část světelného toku směřovat i do horního poloprostoru (obr. 3.1 nebo obr. 3.2).
- Pro přechody pro chodce je žádoucí použít speciální svítidla, která mají výrazně asymetrickou charakteristiku.
- Pro cyklistické stezky nabízejí přední výrobci svítidla s extrémně širokou charakteristikou rozložení svítivosti ve směru jízdní dráhy a extrémně úzkou ve směru

příčném. U špičkových svítidel lze dosáhnout roztečí mezi svítidly rovné až desetinásobku jejich výšky nad terénem (60 m pro svítidla ve výšce 6 metrů).

Pro svítidla stejného konstrukčního principu lze předpokládat, že jejich činitel využití bude v konkrétní situaci podobný, úměrný účinnosti svítidla. **Rozhodující pro energeticky úsporné osvětlovací soustavy je volba charakteru svítidla** – směru vyzařování světelného toku, který rozhoduje o velikosti činitele využití.

Je-li správně zvolena distribuce světelného toku svítidla, pak již je rozhodující účinnost svítidla. V zásadě lze předpokládat, že u svítidel pro osvětlování komunikací se nejlepší účinností (činitelů využití) dosáhne pro produkty s vlastnostmi, které již byly obecně popsány. Zde jsou znovu uvedeny pro přehled:

Reflektor

- radiálně fasetovaný opatřený povrchem s vysokou odrazností světla (plátovaný hliník nebo jiný materiál podobných optických vlastností).

Mísa (difuzor)

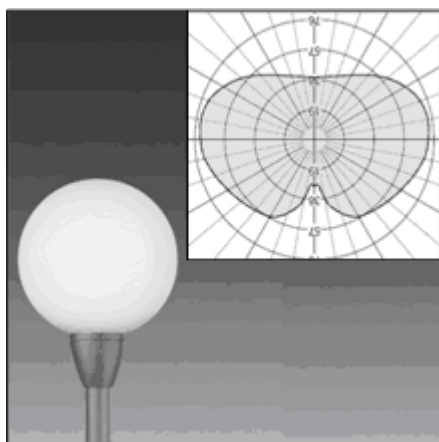
- refraktor – nevýhoda – není běžně ve výrobních programech
- vypouklý („klasický“) difuzor z PMMA (stálost) nebo PC (odolnost)
- plochá skla z antireflexního skla – drahé – běžná tvrzená skla vykazují nižší účinnost a menší vyzařovací úhel než refraktory nebo klasické difuzory, jsou vhodná jen za určitých podmínek (více v části o rušivém světle).

Mechanické prvky

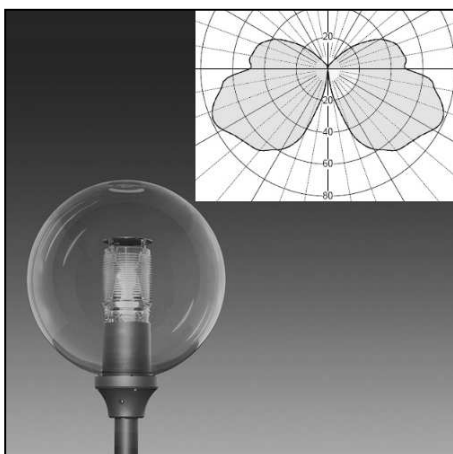
- vysoké krytí IP pro celé svítidlo
- systémy umožňující dýchání, resp. výstup vodních par
- možnost měnit polohu svítidla a refraktoru.

Všechny popsané parametry svítidla je ještě třeba zúročit kvalitním návrhem osvětlení. Ani nejúčinnější svítidlo s nevhodnější charakteristikou svítivosti nezaručí ekonomické a energetické využití. Podmínkou pro realizaci jakékoliv osvětlovací soustavy by měl být **kvalifikovaný světelně-technický návrh vypracovaný světelným technikem.**

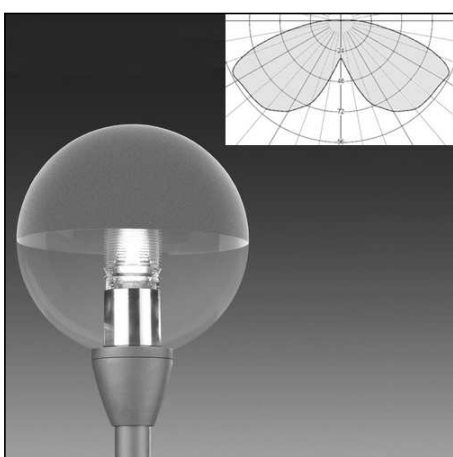
Obrázky



Obr. 3.1 – Klasická „koule“ – účinnost 79%, do dolního poloprostoru 39,5% světelného toku



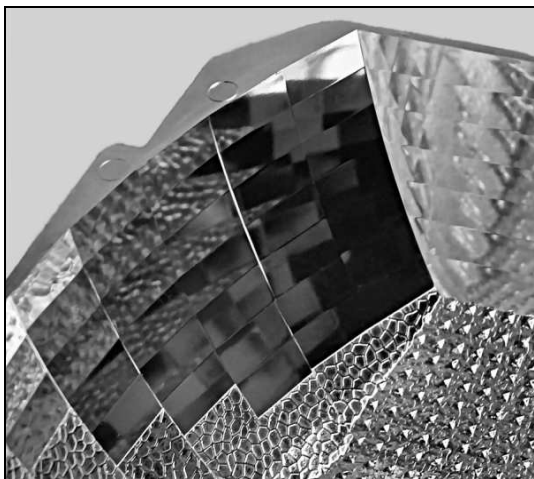
Obr. 3.2 – Klasická „koule“ refraktorem – účinnost 61% do dolního poloprostoru 40,6% světelného toku



Obr. 3.3 – Klasická „koule“ s refraktorem doplněným clonou napařenou přímo na kulový difuzor – účinnost 47% do dolního poloprostoru 45,1% světelného toku



Obr. 3.4 – Svítidlo s „klasickým“ vypouklým difuzorem (mísou) účinnost 80%



Obr. 3.5 – Fasetový reflektor



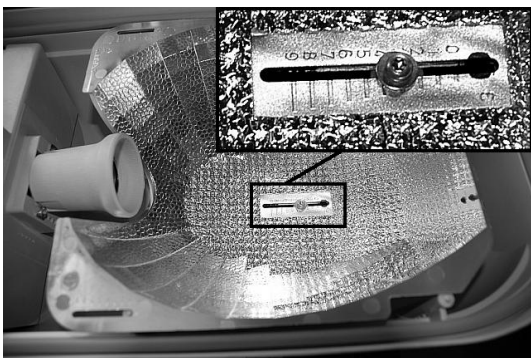
Obr. 3.6 – Refraktor (účinnost 82%)



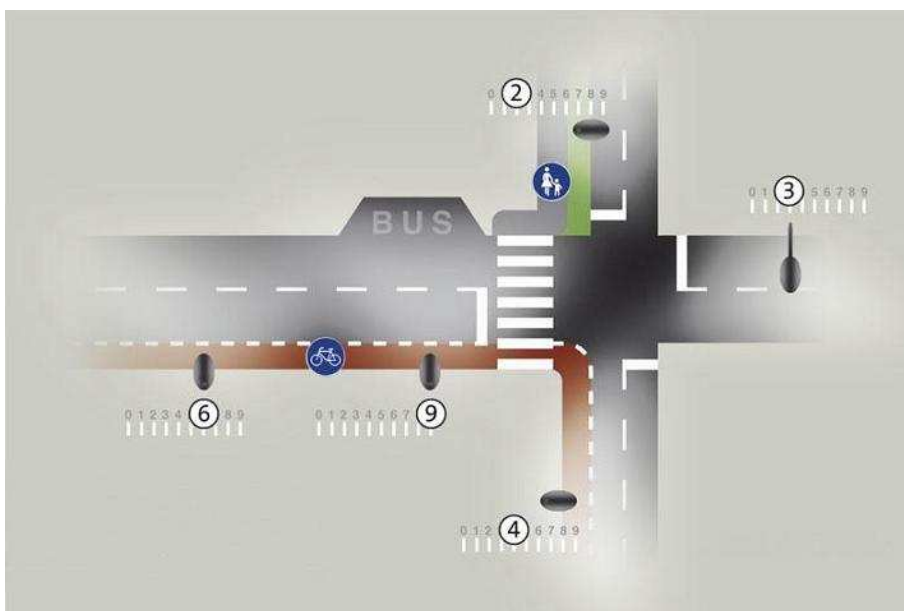
Obr. 3.7 – Ploché sklo (účinnost 76%)



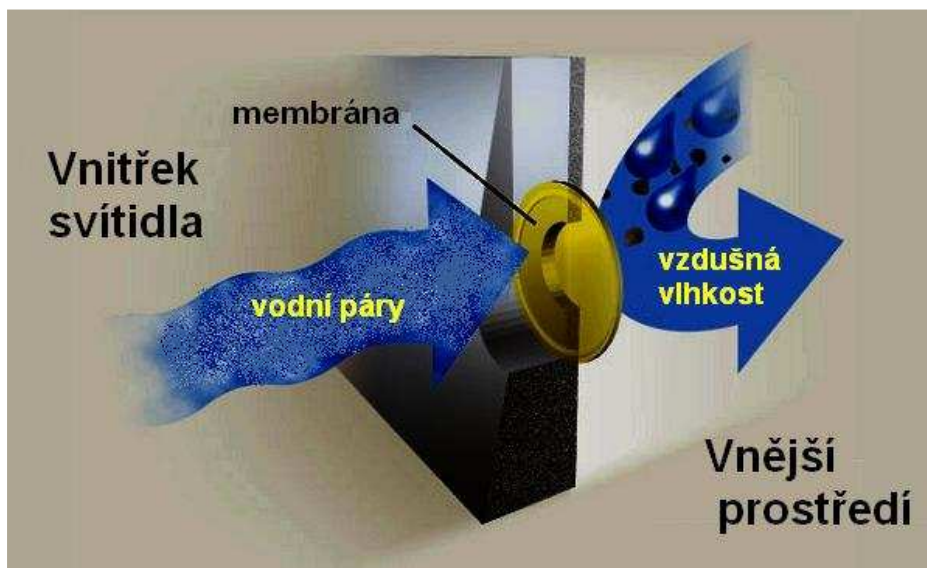
Obr. 3.8 – Mírně vypouklé sklo (účinnost 78%)



Obr 3.9 – Nastavení (posun) reflektoru (důsledek – viz obr. 3.10)



Obr 3.10 – Nastavení reflektoru – z obr. je patrné použití různých nastavení podle potřeby osvětlení určitých partií (vozovka, chodník, zastávka...)



Obr. 3.11 Funkce jednostranně propustné membrány



Obr. 3.12 – Svítidlo z příkladu

3.2. Světelné zdroje

Druhým základním prvkem osvětlovací soustavy je samozřejmě světelný zdroj.

3.2.1. Základní vlastnosti světelných zdrojů

Nejběžnějším světelným zdrojem je obyčejná **žárovka**. Její předností je jednoduchost a nízká cena, nevýhodou krátká doba technického života (1000 hodin) a malá účinnost přeměny elektrické energie na světlo. Ve VO se již prakticky nepoužívá. Má ještě opodstatnění v reklamním osvětlení, případně osvětlení architektonickém. Zde je však nahrazována halogenovými žárovkami, kompaktními zářivkami, výbojkami malých příkonů nebo světelnými (LED) diodami.

Halogenové žárovky mají oproti obyčejným žárovkám výhodu delšího asi dvojnásobného technického života i vyššího světelného toku. Použití mají však opět omezené, podobné jako klasické žárovky. I halogenové žárovky jsou nahrazovány obdobně jako obyčejné žárovky.

Kompaktní zářivky se závitem E27 nebo speciálními paticemi jsou náhradou za předešlé dva typy světelných zdrojů. Vhodné jsou pro nenáročné aplikace, osvětlení pěších komunikací, zastávek apod. Jejich použití pro osvětlení důležitějších komunikací je zcela nevhodné. Tam nemohou zajistit dostatečně kvalitní osvětlení. Problém u nich nastává v zimě, kdy jejich velká závislost světelného toku na teplotě způsobí, že je tento velice nízký.

Lineární zářivky se ve venkovním osvětlení objevují na méně důležitých místech, někdy v menších obcích nebo na podřadných komunikacích. Problém u nich opět nastává v zimě, kdy jejich velká závislost světelného toku na teplotě způsobí, že světelný tok při teplotách pod bodem mrazu je velmi nízký. Existují zářivky v provedení do chladu, které uvedenou závislost nevykazují. I pak se však lineární zářivky hodí spíše k venkovnímu pracovnímu osvětlení než k osvětlování komunikací. Použitelné jsou v případě venkovních nákladových ramp, krytých nástupišť, zastávek MHD apod. Důležitější komunikace nejsou schopné ekonomicky osvětlit.

Nejpoužívanějšími světelnými zdroji ve VO jsou výbojky. Co do počtu bezpečně vedou **vysokotlaké sodíkové výbojky**. Jejich zavedení do osvětlovací praxe přináší významné úspory elektrické energie. Uplatnění naleznou prakticky ve všech oblastech veřejného a venkovního osvětlení. Uplatnění nacházejí i při osvětlování architektonicky nebo památkově zajímavých objektů. Jsou charakteristické svou žlutou až oranžovou barvou.

V osvětlování se používají i **nízkotlaké sodíkové výbojky**. Jsou to zdroje s nejvyšší účinností přeměny elektrické energie na světelnou (nejvyšším měrným výkonem). Jejich použití je však velice problematické. Dochází u nich k rychlejšímu úbytku světelného toku během jejich technického života než u vysokotlakých sodíkových výbojek. K tomu přispívá i obtížné zpracování světelného toku díky rozměrům zdroje. Ve výsledku je pak celková účinnost kombinace svítidlo – světelný zdroj nižší než u téže dvojice s fyzicky vhodnějším zdrojem jako je například vysokotlaká sodíková výbojka. Dalším závažným nedostatkem je jejich monochromatické vyzařování – v jejich světle nelze rozlišovat barvy. V místech, kde jsou použity se musí zajistit osvětlení dopravních značek jiným zdrojem světla, protože jinak by byly značky barevně nerozlišitelné. Jejich využití je tedy velmi sporné. Oprávněnost použití je nutné doložit kvalitním návrhem osvětlovací soustavy a korektním ekonomickým rozbořem. Obecně nelze tyto zdroje pro VO doporučit.

Další typ světelného zdroje – **vysokotlaké rtuťové výbojky** – se díky nízkému měrnému výkonu přestávají ve VO používat. Přestože podíl těchto výbojek ve spotřebě postupně stále klesá a jsou nahrazovány účinnějšími halogenidovými a zejména vysokotlakými sodíkovými výbojkami, lze očekávat jejich používání i v nejbližší budoucnosti pro poměrně nízkou cenu. Pro barevné odlišení se používají v rámci osvětlování v pěších zón, parků, nákupních pasáží, veřejných prostor a parkovacích a příjezdových ploch obchodních center. Z energetického hlediska nemají tyto světelné zdroje žádný potenciál využití do budoucnosti.

Výbojky, které mají dobré barevné podání, jsou **vysokotlaké halogenidové výbojky**. Mají vysoký měrný výkon, díky čemuž jsou zdrojem velmi vhodným pro osvětlování venkovních prostor a komunikací. Vyšší účinnost mají jen vysokotlaké a nízkotlaké sodíkové výbojky. Halogenidové výbojky jsou vhodné tam, kde je důležité dobré barevné podání, třeba ve společenských centrech měst. Jiné použití je na místech, kde je žádoucí odlišit barevně nějaký kritický úsek komunikace. Často se toho využívá na přechodech pro chodce, případně vjezdech, křižovatkách apod. Uplatnění nacházejí i při osvětlování architektonicky a

památkově významných objektů. Jejich nevýhodou ve srovnání s vysokotlakými sodíkovými výbojkami je jejich nižší doba života a vyšší pořizovací náklady.

Posledním v řadě, nejmladším co do existence jsou **světelné diody** (LED diody). Stále je v jejich vývoji dosahováno značných pokroků. Postupně se zvyšuje jejich světelný tok. Přesto pro vážné ekonomické a energeticky účinné osvětlení zatím není jejich měrný světelný výkon dostatečný. Předpokládá, že v blízké budoucnosti budou přeměňovat elektrickou energii na světlo stejně účinně jako výbojky. Ač jsou nazývány také studenými zdroji, tak paradoxně je největším problémem odvod tepla. Výhodou jsou malé rozměry, což umožňuje konstrukci rozměrově malých svítidel a též dobré předpoklady pro návrh přesných optických systémů. V současnosti je využití světelných diod pro venkovní osvětlení posunuto spíše do roviny dekorativní (Obr. 3.13).

3.2.2. Světelné zdroje – volba optimální varianty

Volba světelného zdroje je poměrně jednodušší než volba svítidla. Nejeekonomičtějším světelným zdrojem je v současnosti samozřejmě **vysokotlaká sodíková výbojka**.

Tam, kde však záleží na barevném podání (kvalitní rozpoznávání jednotlivých barev), tedy například ve společenských zónách nebo nákupních centrech, je místo pro **vysokotlaké halogenidové výbojky**.

U spíše dekorativního charakteru osvětlení míst nenáročných na množství světla, avšak náročných na jeho kvalitu, tam je možné použít i svítidla s **kompaktními zářivkami**.

Světelné (LED) diody mají v současnosti hlavně dekorativní uplatnění a jejich doba teprve přijde. První svítidla osazená světelnými diodami se objevují zejména v oblasti architektonického zvýraznění fasád důležitých objektů.

Obrázky



Obr. 3.13 – Svítidlo využívající technologii světelných diod (LED)

4. REGULACE VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ

Světlo má (obrazně řečeno) jednu negativní vlastnost - je vidět. Je tedy okamžitě středem kritiky. Ať už svítí kam nemá, nebo v případě, že má někdo pocit, že svítí moc. Známa jsou tvrzení, že tam a tam je „přesvětleno“. To je důsledkem další, světlu škodlivé okolnosti, a totiž té, že oko je schopno adaptace v širokých mezích.

Maximální hodnota jasu, na kterou se navrhuje osvětlovací soustavy, je 2 cd.m^{-2} . Ani v novém stavu (kdy jsou osazeny nové a čisté světelné zdroje a svítidla) není tato hodnota vyšší než 3 cd.m^{-2} . Přitom optimální by byl stav, kdy by jas komunikace byl vyšší než 4 cd.m^{-2} . Takový jas se ukázal jako optimální. Zrakové funkce (rychlost reakce, rozlišení překážek apod.) za tohoto jasu odpovídají požadavkům kladeným na bezpečnost silničního provozu. Tato hodnota je zatím nedosažitelná. Poloviční hodnota (a nižší) je kompromisem mezi zajištěním podmínek pro vidění a technicko-ekonomickými možnostmi společnosti.

Regulovat veřejné osvětlení (VO) tedy znamená vždy další zhoršování již tak špatného stavu. Ovšem zmíněná technicko-ekonomická omezení nelze přehlížet. Regulovat VO lze v principu dvěma způsoby – vypínáním nebo snížením světelného toku snížením napětí (sekundárně tedy příkonu).

4.1. Vypínání veřejného osvětlení

Vypínat VO lze prakticky třemi způsoby – vypnout vše nebo vypnout polovinu světél, případně provozovat osvětlení pouze na kritických místech.

Nejméně nebezpečná, z hlediska dopravy, a současně i nejušpornější je metoda první, tedy **vypnout vše**. Je to způsob, který je k vidění v malých vesnicích. Tento způsob je nejbezpečnější z pohledu dopravy proto, že oko se přizpůsobí tmě (adaptuje se na tmu) ozářené toliko světlomety automobilu. O nebezpečí vypnutí na polovinu je napsáno dále. Nežádoucí důsledek tohoto způsobu šetření náklady je to, že odpadne bezpečnostní funkce osvětlení. V místech bez osvětlení významně stoupá kriminalita (viz kasoitola 1). Nelze tedy tento způsob regulace provozu VO doporučit.

Druhým způsobem je **vypínání osvětlení s výjimkou kritických míst**, jako jsou přechody pro chodce, křižovatky a podobně. Tento způsob je opět velmi nebezpečný, protože řidič se rychle dostane z neosvětleného úseku na osvětlený a opět přejíždí do neosvětleného úseku. To znamená, že oko se musí rychle adaptovat na odlišné jasové podmínky. Toho není schopno. Řidič vjíždějící do osvětleného prostoru je oslněn, řidič tento prostor opouštějící jede chvíli v podstatě naslepo. Jediné řešení by bylo pozvolna zvyšovat intenzitu osvětlení a pak ji opět zvolna snižovat. To znamená, vytvořit tzv. adaptační pásma. To je dost dobře nemožné. Tomu by musela být uzpůsobena osvětlovací soustava a u několika svítidel před a za úsekem regulovat jejich světelný výkon (takovýto způsob funguje pouze u dlouhých osvětlených tunelů).

Poslední způsob vypínání „**ob stožár**“, tedy vypnutí každého druhého svítidla je ještě horší řešení, než předchozí způsob. Oko se musí neustále adaptovat na světlo a okamžitě na tmu. Existují zprávy z období, kdy se tímto způsobem řešila energetická krize sedmdesátých let minulého století. Následkem takového svícení vzrostla dopravní nehodovost o desítky procent – a to i přes to, že se současně snížila povolená rychlost (ve dne se díky tomuto snížení rychlosti nehodovost snížila).

4.2. Regulace snížením světelného výkonu

Regulovat osvětlovací soustavu snížením světelného výkonu, tedy elektrického příkonu, je cesta, která nepřináší bezpečnostní rizika tak vysoká jako předešlé způsoby regulace. Osvětlení se sníží rovnoměrně, takže zrak řidiče není namáhán neustálým adaptováním na různé jasové podmínky.

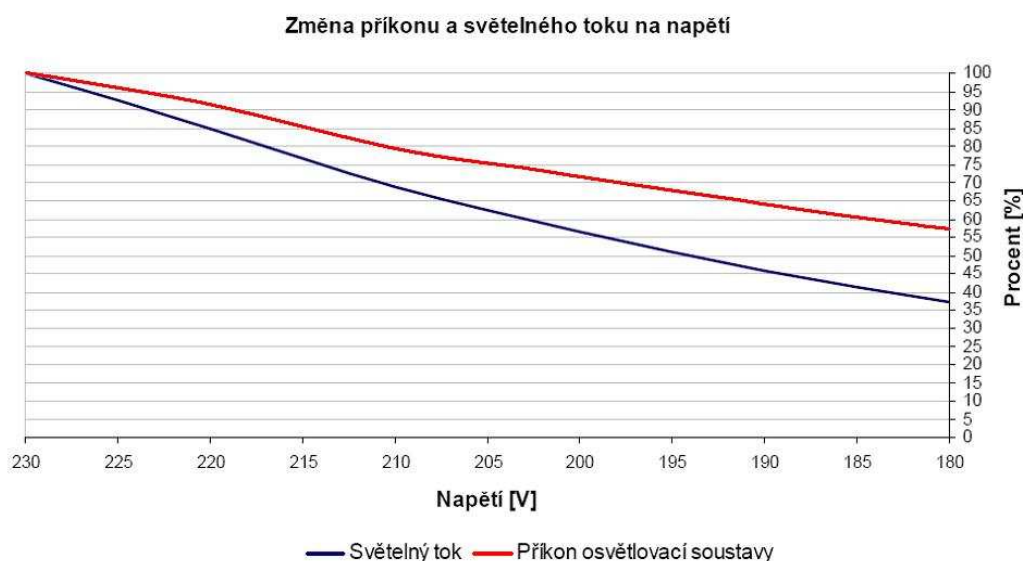
V principu jsou možné dva způsoby regulace – buď centrální, nebo individuální. Tím je míněno to, že v prvním případě jsou v soustavě svítidla s běžnou elektrickou výzbrojí a mění se parametry (napětí) napájecí sítě, což vyvolává změny světelného toku u zdrojů. Použití tohoto způsobu regulace je do určité míry problematické. Svítidla jsou schválena pro určité parametry napájecí sítě, které se centrální regulací nutně mění a neměla by se tedy takto provozovat (viz Vyhláška 137/1998Sb. Vyhláška o obecných technických požadavcích na výstavbu).

Ve druhém případě je regulační prvek osazen přímo ve svítidle a ovládá se buď pevným programem, který se individuálně nastaví v každém svítidle, nebo různými způsoby dálkového ovládání. Tento způsob je součástí svítidla, které je pro tento účel homologováno a použití regulace je možné.

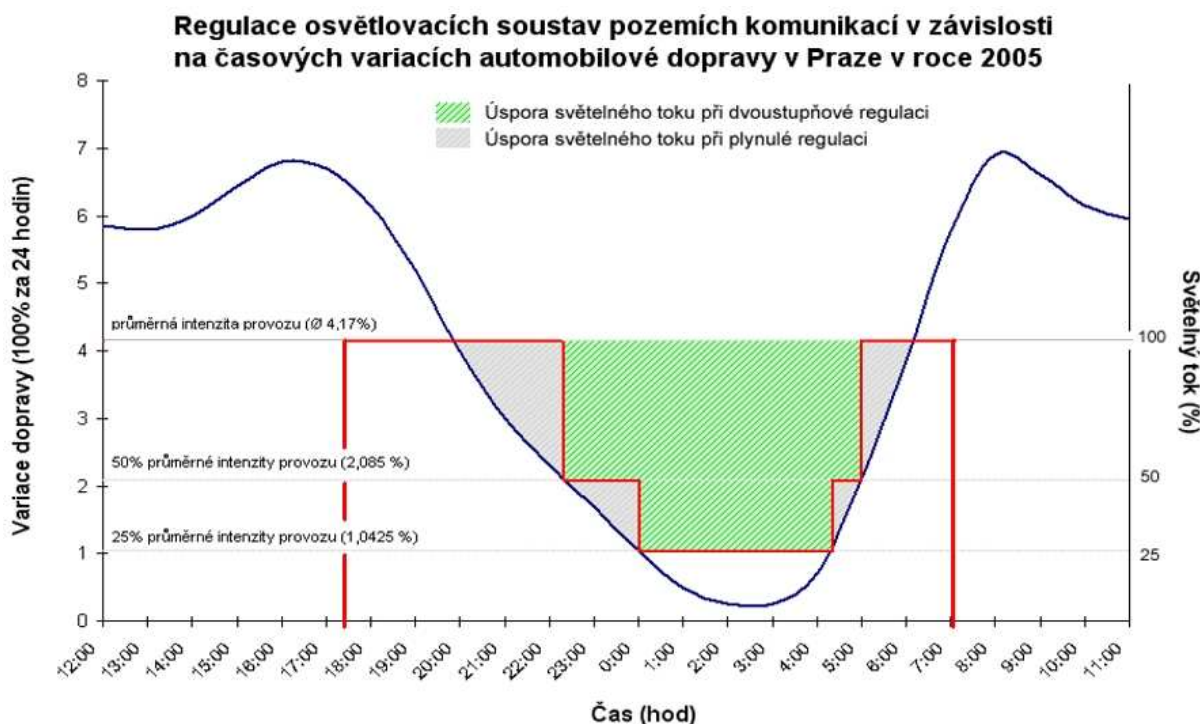
U výbojek (a obecně u všech světelných zdrojů) klesá světelný tok rychleji než příkon. Při poklesu příkonu na cca 55% klesne světelný tok přibližně na třetinu (viz obr. 4.1). To znamená, že procento úspor elektrické energie je menší než procento poklesu světelného toku. Na obrázku 4.2 jsou naznačeny možné úspory elektrické energie v závislosti na hustotě dopravy.

4.3. Regulace – volba optimální varianty

Přes zmíněnou nelinearitu mezi světelným tokem a elektrickým příkonem je možné pomocí regulace osvětlení dosáhnout značných úspor (30% - 40%). Zařízení pro regulaci světelného toku jsou však poměrně drahá a investice do jejich pořízení se nemusí u menších soustav vždy vrátit. Proto je vždy nutné rozhodnout kvalifikovaně na základě technicko-ekonomického rozboru.



Obr. 4.1 – Závislost světelného toku a elektrického příkonu na napětí



Obr. 4.2 – Snížení spotřeby elektrické energie regulací na základě hustoty dopravy

5. REKONSTRUKCE OSVĚTLOVACÍCH SOUSTAV VO – VOLBA OPTIMÁLNÍ VARIANTY

Na mnohých místech, zejména v menších obcích, jsou osvětlovací soustavy zastaralé – na konci svého morálního i fyzického života. Zvolit vhodný způsob provedení rekonstrukce (obnovy) vyžaduje zpracování kvalifikovaného projektu, který posoudí všechny aspekty.

V praxi se dle dlouhodobých zkušeností považují za optimální následující doby života:

- Svítidla 8 – 10 let
- Rozvaděče 15 let
- Kabely 50 let
- Stožáry cca 30 let v závislosti na typu stožáru
 - Sadové 25 let
 - Výložníkové 30 – 45 let

5.1. Úplná rekonstrukce

Úplná rekonstrukce připadá v úvahu v případě, že stávající soustava je nevyhovující - daleko za svým účetním a morálním životem. V takovém případě je často vhodnější „zapomenout“ na existující soustavu.

Moderní svítidla totiž umožňují realizovat soustavy s většími vzdálenostmi mezi stožáry. Pak se ušetří investiční, ale i provozní náklady. Není vyloučeno, že zvýšené náklady na odstranění původní soustavy se během krátké (ekonomicky výhodné) doby vrátí.

Pokud se provádí úplná rekonstrukce VO, tak zvětšení vzdálenosti mezi svítidly má pouze jeden negativní dopad. A to pouze tehdy, je-li původní kabeláž ve vyhovujícím stavu. Změna

rozteče vyžaduje nutnost úprav těchto kabelových rozvodů. Ale i tato investice „navíc“ se obvykle vyplatí díky nižšímu počtu světelných míst (tj. betonových základů, stožárů, jejich patek a případných výložníků, svítidel a světelných zdrojů). V jednom z mnoha konkrétních případů byla rekonstrukce se změnou počtu světelných míst investičně levnější o pětinu a provozně o desetinu než by byla rekonstrukce zachovávající původní počty. Šlo o investici s „nulovou“, tedy okamžitou, návratností.

5.2. Rekonstrukce s výměnou svítidel a stožárů

Poměrně běžná je situace, kdy jsou v pořádku kabelové rozvody, ale stožáry a svítidla jsou na konci svého života. I v takovém případě je někdy výhodné provést úplnou rekonstrukci, tedy změnu počtu světelných bodů. I za cenu položení nových kabelů. Vzrostou investiční náklady o novou kabeláž, které však klesnou díky snížení počtu světelných bodů. Také klesnou provozní náklady. Ve zmíněném případě by k návratnosti investic došlo asi za šest let. To je doba přijatelná a provedení úplné rekonstrukce i v takovém případě je vhodné.

5.3. Rekonstrukce s výměnou svítidel

Tento případ nastává když jsou v pořádku kabelové rozvody i stožáry. Je tedy nutné provést pouhou výměnu svítidel. Zde je poměrně vzácné, aby se vyšší investice zaplatily nižšími provozními náklady, ke kterým by došlo v případě, že by se provedla celková rekonstrukce se snížením počtu světelných míst. Ale i takový případ může nastat pokud byla stávající soustava navržena nekvalifikovaně s malými rozestupy mezi světelnými místy.

I v takovém případě lze dosáhnout při rekonstrukci budoucích provozních úspor. Při použití kvalitních svítidel je možné snížit příkon, protože lepší využití světelných zdrojů umožní dosáhnout kvalitativních a kvantitativních potřeb i s nižším příkonem světelných zdrojů.

Cestou k úsporám však není způsob, který je vidět v mnoha malých obcích. A to záměna někdejších výbojkových svítidel novými svítidly s kompaktními nebo lineárními zářivkami. Jak bylo zmíněno v kapitole 3, taková svítidla mají nízký činitel využití, není zajištěno ani množství, ani kvalita osvětlení. Jde o hazardování se zdravím obyvatel i jejich majetkem. V neposlední řadě tato svítidla obvykle vyzařují světlo do nežádoucích směrů a zvyšují zátěž kladenou na noční prostředí (Obr 5.1).

5.4. Dílčí závěr

Při provádění kompletní rekonstrukce osvětlovací soustavy dochází ke zvětšování vzdáleností stožárů, což vede k investičním i provozním úsporám. Podmínkou je použití kvalitních svítidel. K uvedeným úsporám může dojít i v případě, že by zůstala zachována stávající kabeláž. Může k nim dojít i v případě, že se vymění pouze svítidla. Jistě by se dospělo k zajímavým závěrům i v případě, kdy jsou svítidla umístěna na převěsech nebo výložnicích zakotvených do objektů zástavby lemující komunikaci. Je velmi pravděpodobné, že by pak byly úspory ještě vyšší a případy, kdy se vyplatí zvětšit rozteče světelných míst, mnohem častější.

Jako v jiných případech, tak i zde je třeba opakovaně zdůraznit, že podmínkou pro kvalitní realizaci osvětlovací soustavy je kvalifikovaný návrh zpracovaný světelným technikem.

Obrázky



Obr. 5.1 – Svítidlo pro kompaktní zářivky – z detailu jejich umístění je zřejmé, že o nějakém optickém systému nemůže být ani řeč

6. RUŠIVÉ SVĚTLO („SVĚTELNÉ ZNEČIŠTĚNÍ“)

V poslední době se stále více hovoří o „světelném znečištění“. Prakticky jsou však slyšet pouze aktivisté, jejichž požadavky někdy nočnímu prostředí dokonce škodí. Přesto je jim nasloucháno. Odborníci jsou nezajímaví: Nepřinášejí senzační katastrofické scénáře jako ti první.

Samozřejmě, že světlo má kromě pozitivních vlastností i negativní účinky. Rozptýlené v ovzduší může rušit hvězdáře v jejich bádání, ale oblohu neumaže. Pronikající do příbytku může rušit spící; okna ani peřinu neznečistí. Dopadá-li do míst, kde ho není zapotřebí, může rušit lidi, faunu, flóru. Ovšem trávník nezašpiní. A konečně – oslňující světlo narušuje vidění. Oči pozorovatele však zůstávají čisté. Světlo nešpiní, světlo ruší. Pojmenování nežádoucích účinků osvětlení je – rušivé světlo.

6.1. Návrh osvětlovací soustavy šetrné k okolí

Aby bylo možné navrhnout korektně osvětlovací soustavu co nejšetrnější k nočnímu prostředí, je třeba porovnat míru rušivých účinků soustav s různými typy svítidel. Porovnávané soustavy musí samozřejmě zajišťovat splnění všech kvalitativních i kvantitativních ukazatelů pro daný účel (osvětlení komunikace, pěší zóny, pracovní plochy....). Obě soustavy (klasický difuzor i ploché sklo) musí být tvořeny svítidly stejné kvalitativní (cenové) třídy - nejlépe od téhož výrobce a téže typové řady.

Porovnání soustav ukáže jaké řešení je nejšetrnější. Pro korektní porovnání ekologicky nejšetrnější osvětlovací soustavy VO, je kromě jiného ještě nutné zahrnutí ekologického přínosu nevyrobených produktů. Osvětlovací soustava VO šetrná k okolí nemusí být šetrná ke kapse investora ani provozovatele.

V případě, že se například ukáže, že je vůči okolí nejšetrnější osvětlovací soustava s plochými skly, pak to v naprosté většině případů znamená, že svítidel bude větší počet než u soustavy „klasické“. To znamená, že bude investičně i provozně náročnější. Pak je na místě rozhodnout, zda ekologický přínos vyváží tyto vyšší náklady.

Existují ale místa, kde nelze nadřazovat ekonomická hlediska hlediskům ekologickým. Patrně tak tomu bude v **bezprostřední blízkosti** (tj. do 1 km) **významných** přírodních rezervací nebo **významných** astronomických observatoří (V ČR je to Ondřejov a Klet’).

6.2. Zásady řešení osvětlovacích soustav z pohledu minimalizace rušivého světla

V případě venkovního osvětlení komunikací a veřejných prostranství **lze snížit světelný tok jdoucí do horního poloprostoru (tedy k obloze) pomocí následujících kroků:**

1. **použitím vodorovně nainstalovaných svítidel uzavřených plochým sklem na místech, kde jsou svítidla použita jednotlivě nebo v několika kusech a je pevně dána jejich poloha.** Tedy například vjezdy do objektů, přechody pro chodce, zastávky autobusů či tramvají, malá nádvoří nebo malé osvětlované plochy (osvětlené početně omezeným množstvím svítidel – např. čtyřmi), atd. Jiné případy je třeba hodnotit individuálně ve spolupráci s kvalifikovaným světelným technikem.

2. **použitím regulace osvětlení.** Je tím míněna regulace stupňovitá nebo plynulá. V žádném případě nelze regulovat příkon osvětlovací soustavy tak, že se bude zapínat „obstožár“ – takové osvětlení podstatně zhorší podmínky pro vidění a to může být příčinou dopravní nehody. Pokud bude soustava provozována po polovinu noci s polovičním světelným výkonem, tak se sníží zatížení nočního prostředí o čtvrtinu. To je významně víc než třeba záměnou „klasických“ svítidel pro veřejné osvětlení svítidly s plochým sklem (tato záměna může mít dokonce opačný efekt – pokud nejde o skla s chemicky změněným lomem světla).

3. **náhradou svítidel, která vyzařují světlo v enormních množstvích do horního poloprostoru.** Do této skupiny nepatří běžná svítidla pro osvětlování komunikací, která jsou uzavřena vydutou mísou. Typickým představitelem však jsou tzv. koule. Pokud však taková svítidla nejsou v citlivé lokalitě (přírodní rezervace nebo blízká astronomická observatoř), tak je žádoucí posoudit i estetické působení takových svítidel.

4. **rekonstrukcí osvětlení.** Typ svítidel musí určit **kvalifikovaný světelný technik**. Je třeba porovnat míru rušivých účinků jednotlivých typů svítidel, protože mohou nastat případy, kdy množství světla vyzařeného k obloze je vyšší u (plně) cloněných svítidel než u svítidel méně cloněných, tedy u svítidel s obvyklými vydutými mísami.

Snížení emisí při osvětlování památek, architektury, reklamním nebo informativním osvětlení lze

5. ve všech uvedených příkladech **preferováním svícení směrem k zemi.** To samozřejmě v některých případech nelze. Třeba kostelní věž. Pak je nutné zajistit aby jen minimum světla bylo vyzařeno mimo osvětlovaný objekt, případně světlo doplnit vhodnými clonami. I zde platí, že návrh osvětlení musí provést světelný technik.

Obecně potom platí, že je nepřijatelné:

1. provádět záměnu svítidel s vydutými mísami za svítidla s plochým sklem některým z těchto způsobů:

a. **postupnou záměnou** – to znamená vyměnit jedno svítidlo v řadě. To je jeden z laických návodů jak s minimálními náklady vyměnit svítidla – vyměnit svítidlo v okamžiku kdy je nepoužitelné. Taková záměna může znamenat, že se poruší hladina i rovnoměrnost osvětlení a soustava již nezajistí dobré vidění. Nekvalitní osvětlení může být v důsledku příčinou ztráty na zdraví, životě nebo majetku. Přípustný je pouze způsob popsáný v bodě 4.

b. **vyměnit celou soustavu bez odborného posouzení (samozřejmě světelným technikem)**. Pokud totiž byla původní soustava dobře navržena, pak záměna svítidel a jejich ponechání na původních místech nemusí zajistit splnění kvantitativních a kvantitativních požadavků na osvětlení. Platí stejný závěr jako v předešlém bodě.

2. **odstranění vydutých mís ze svítidel bez náhrady nebo jejich náhrada plochými skly vyrobenými svépomocí**. Obojí je zásah do konstrukce svítidla, čímž se poruší jeho vlastnosti. Tím ztrácí svítidlo homologaci a nesmí být provozováno. A nejen to - změní se jeho optické vlastnosti, takže může dojít k tomu, že nebude komunikace správně osvětlena a následkem toho dojde k úrazu nebo dopravní nehodě. Navíc ztratí svítidlo své krytí a vlivem okolního prostředí pak rychleji dojde k jeho znehodnocení.

3. **doplnit svítidlo svépomocně vyrobenými clonami nebo nátěry omezujícími vyzařování světla** například pro zamezení dopadu světla do přilehlých oken. Takové úpravy lze provázet pouze pomocí prvků, které jsou pro dané svítidlo homologovány (viz předešlý bod).

4. **vypínání poloviny svítidel** – tzv. „svícení ob stožár“. Dojde ke střídání osvětlených a tmavých míst, oko se musí neustále adaptovat na změnu jasu v zorném poli. Důsledkem je značně zhoršené vnímání a významně zvýšené riziko vzniku nehody. Než takové svícení, tak je bezpečnější osvětlení zcela vypnout.

5. **svícení pouze na kritických místech**, to znamená například tak, že se osvětlení v celé obci vypne a svítí pouze svítidla na křižovatkách nebo přechodech. Řidič se ze tmy musí rychle adaptovat na vysoký jas a následně na naprostou tmu. Zejména při přechodu ze světla do tmy se nestačí oko adaptovat, takže není schopno zaregistrovat tmavší překážky. Možné důsledky jsou zřejmé.

7. PŘEHLED DOPORUČENÍ PRO PROVOZ, ÚDRŽBU A OBNOVU VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ

7.1. Provoz veřejného osvětlení

Provoz osvětlovací soustavy veřejného osvětlení neznamená pouze zapínání a vypínání. Především je nutné udržovat VO v dobrém stavu. Nejen proto, že je to povinností vlastníka, ale především proto, aby se zajistila jeho správná funkce.

Přesto pár slov k zapínání a vypínání. Existuje několik způsobů - pomocí spínacích hodin (dokonce existují i tzv. astronomické, které „ví“, kdy Slunce vychází a kdy zapadá), pomocí světelného čidla, nebo docela obyčejně, pomocí běžného vypínače.

Spínání ruční, třeba ovládané signálem z mobilního telefonu nebo z internetu, je velice primitivní a má smysl jedině ve velmi malých soustavách.

Ani zapínání pomocí časového spínače není nejlepší řešení. Tento fakt nevylepší ani astronomický program. Vyskytují se totiž případy, kdy je nutné rozsvítit i během dne. Například při nepřízni počasí.

Nejvhodnější je tedy použití světelného čidla nastaveného tak, aby za soumraku osvětlení zapnul a za svítání opět vypnul. S ohledem na pomalý náběh světelného toku výbojek je vhodné večerní spínání ovládat při vyšší osvětlenosti než ranní vypínání.

Kromě spínání, u soustav vybavených regulací, vyvstává otázka kdy snížit a naopak zase zvýšit hladinu osvětlení. Tzv. policejní hodina, nebo čas nočního klidu u nás není definován. Ostatně i kdyby byl, neznamenalo by to, že v daném časovém období je třeba regulovat veřejné osvětlení. Snad tam, kde to předepisují (doporučené, nikoliv závazné) normy či jiné předpisy (viz kap. 2 a 6). V jiných případech je regulace možná v čase, kdy to neohrozí ani bezpečnost, ale ani majetek obyvatel. Na průtahu městem, který je zatížený po celou noc, je snížení osvětlení poměrně riskantní krok. V tiché vesničce je to např. možné půl hodiny po příjezdu posledního autobusu nebo zavření hospody.

Shrnutí – regulaci je třeba používat s citem. Nic nevyváží lidský život nebo zdraví.

Ještě jeden důvod pro provozování regulace. Existence hvězdárny v katastru obce. Je možné učinit dohodu, že se sníží osvětlení v obci v době, kdy by rušilo astronomická pozorování. V případě, že se ukáže potřeba regulovat osvětlení, pak by na tuto skutečnost měli být upozorněni účastníci dopravy – například proměnlivou značkou omezující rychlost v obci. Popsané řešení je možné a dokonce jsou i místa kde se již praktikuje.

Další činnosti související s provozem soustav veřejného osvětlení jsou popsány v následujících odstavcích.

7.2. Údržba osvětlovacích soustav veřejného osvětlení (VO)

Veřejné osvětlení jako každé složitější technické zařízení musí být udržováno. Tím spíše, že se jedná o vyhrazené technické zařízení. Od roku 1995 platí technická norma ČSN 33 2000-1 a článek 13N6.2 kde se praví, že: „*Elektrická zařízení musí být pravidelně kontrolována a udržována v takovém stavu, aby byla zajištěna jejich správná činnost a byly dodrženy požadavky elektrické a mechanické bezpečnosti a požadavky ostatních předpisů a norem*“.

Údržbu VO lze rozdělit do pěti činností:

- Běžná údržba
- Preventivní údržba
- Odstraňování následků škod a vandalismu
- Zajištění centrálního dispečinku a pohotovostní poruchové služby
- Zajištění pravidelných elektrovevíd

7.2.1. Běžná údržba

Zahrnuje všechny nezbytné úkony k zajištění plynulého provozu zařízení VO prováděné podle platných předpisů. S výkonem běžné údržby je také spojena kontrolní činnost pracovníků údržby, kteří při pohybu v terénu zjišťují a zaznamenávají veškeré informace o poškozeních, o zvláštních stavech na zařízení, případně nepovoleném využívání stožárů apod. Do kontrolní činnosti také patří pravidelné noční kontroly spravovaného území za účelem

ověření funkčnosti celé soustavy, zjištění problematických míst, kde je nutné přijmout určitá dlouhodobá koncepční opatření, zjištění dílčích ojedinělých výpadků, aniž by bylo nutné čekat na nahlášení ze strany obyvatel nebo jiných účastníků silničního provozu (MHD, policie, záchranný sbor).

7.2.2. Preventivní údržba

Je neekonomičtější formou údržby zařízení a také rozhodující činností, která v případě řádného plánování a provádění pozitivně ovlivňuje délku života zařízení. Podceňování preventivní údržby vede k hromadění problému se zajištěním provozu VO (zejména v zimních měsících), prodražuje se běžná údržba, zhoršuje se účinnost osvětlovací soustavy a tím hospodárnost provozu. Šetření finančních prostředků na úkor preventivní údržby má ve svých důsledcích za následek značné ekonomické ztráty v podobě zvýšených nákladů běžné údržby, mnohdy to vede i k předčasné potřebě celkové rekonstrukce zařízení pro jeho havarijní stav.

7.2.3. Odstraňování následků škod a vandalismu

Poměrně častým úkolem údržby je také oprava škod na zařízení VO způsobené vnějším vlivem (často jsou to vandalové). Rozbité kryty svítidel a odcizené plastové patice osvětlovacích stožárů nejen ohrozí správnou funkci zařízení, ale mohou též zapříčinit zranění nebo dokonce ztrátu života. Proto je důležitá pravidelná kontrola, zejména ve vytipovaných kritických oblastech města.

7.2.4. Zajištění centrálního dispečinku a pohotovostní poruchové služby

S problémem popsáním v předešlém odstavci souvisí potřeba zřízení a provozu nepřetržité pohotovosti a centrálního řízení provozu VO.

7.2.5. Zajištění pravidelných elektrorevizí

Je už jen běžnou součástí údržby, resp. zajištění provozu, osvětlovacích soustav veřejného osvětlení.

7.3. Výměna světelných zdrojů a čištění svítidel

Jak vyplývá z předcházejícího textu je potřeba postupně přecházet od nahodilých, operativních výměn světelných zdrojů na základě zjištěných nebo nahlášených výpadků k plánovaným plošným výměnám v rámci preventivní údržby VO. Jednotlivá oprava na různých a od sebe vzdálených světelných místech je tou nejdražší formou údržby. Je nutné si uvědomit stoupající cenu hodinové práce pracovníků a stejně tak stoupající náklady ne nezbytný montážní mechanismus.

Totéž platí o individuálním čištění svítidel. Je proto nutné v rámci preventivní údržby a obnovy používat svítidla s vysokým krytím světelně činné části a takovým provedením světelných krytů, které mají jistou míru samočistící schopnosti.

Čištění svítidla musí být součástí každého úkonu údržby na svítidle (při výměně zdroje, opravě předradníku), tedy vždy kdy musí být k výkonu použita montážní plošina.

Pravidelnému nákladnému čištění svítidel se nevyhneme ani u speciálních historizujících svítidel (zejména lucerny, opletené koule apod.). Rozsah nasazení je však v každém městě či obci omezen, nejčastěji na centrum nebo vymezené památkové zóny.

7.4. Obnova veřejného osvětlení

Zásady obnovy soustav veřejného osvětlení byly podrobně probrány v kapitole 5. Zde je na místě jen připomenout základní zásady přístupu k rekonstrukci.

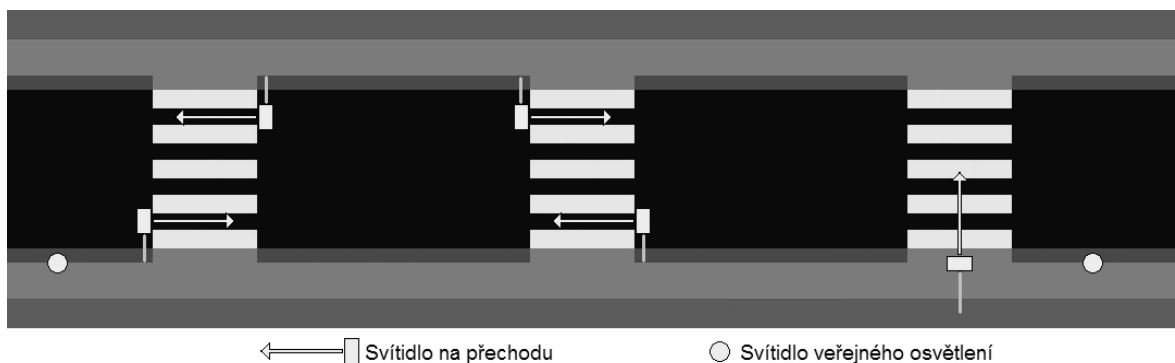
I když jsou normy související s veřejným osvětlením nezávazné, přesto je na místě se jimi řídit. Nejen proto, že se tak zajistí bezpečný provoz na komunikacích či bezpečnost obyvatel, ale třeba jen proto, že v případě kdy dojde k nějaké dopravní nehodě, újmě na zdraví či majetku, pak případně přizvaný soudní znalec bude osvětlení hodnotit právě podle zmíněných norem. Pokud nebudou podmínky norem splněny, tak rozhodne v neprospěch provozovatele VO.

Druhou oblastí, kterou je třeba zvažovat při obnově VO, je vliv osvětlení na noční prostředí, tedy problematiku rušivého osvětlení. Zásady „jak ano a jak ne“ jsou v závěru kapitoly 6. Při návrhu je třeba porovnat míru rušivých účinků soustav s různými typy svítidel, které musí samozřejmě zajišťovat splnění všech kvalitativních i kvantitativních ukazatelů pro daný účel. Takový přístup jednoznačně zaručí, že bude vybrána soustava šetrná k nočnímu prostředí. Obě soustavy musí být samozřejmě tvořeny svítidly stejné kvalitativní (cenové) třídy. Opět je třeba připomenout, že se musí přihlídnout i k ekonomickým dopadům.

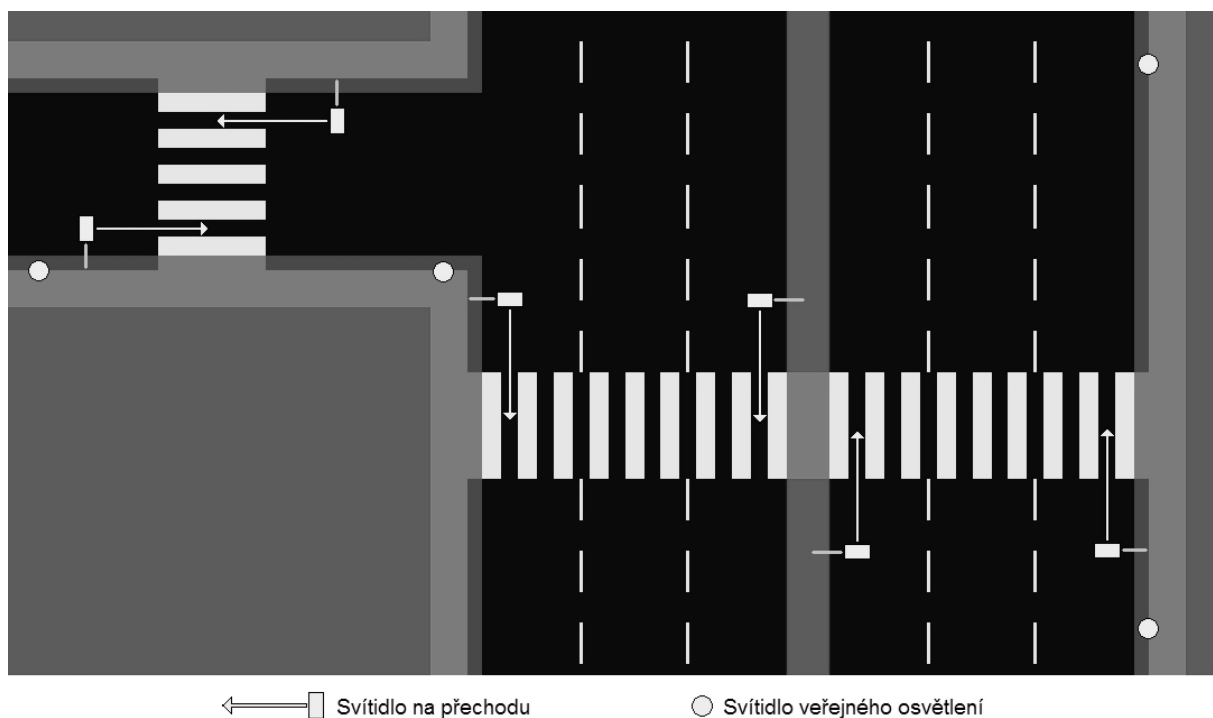
Zcela nejdůležitější zásada při obnově osvětlení. Zadat řešení renomovanému odborníkovi. Investice do kvalifikovaného návrhu osvětlení je totiž velice rychle návratná.

Kvalifikovaného odborníka poznáte jediným pohledem do projektové dokumentace. Podívejte se na návrh osvětlení přechodu pro pěší (pokud v daném úseku není, tak si ho v zadání vymyslete). Pokud bude řešení odpovídat situaci na obr. 7.1, tak máte co do činění s člověkem nedostatečně obeznámeným s problematikou osvětlování. Pokud jsou svítidla na hraně přechodu, tak nedostatečně osvětlují chodce. Jsou-li dokonce za ním, pak jej samozřejmě neosvětlují vůbec. Totéž platí i pro svítidla, která svítí napříč přes přechod. Všechna řešení na obr. 7.1 zajišťují zdůraznění přechodu vyšší hladinou osvětlenosti, případně i odlišnou barvou (použijí se jiné světelné zdroje než na osvětlení průběžné komunikace). Ani jedno z řešení však nezajišťuje vyšší osvětlení samotného chodce přímou složkou světelného toku jdoucího ze svítidla z pohledu přijíždějícího řidiče. Světlo na něj dopadá zhora. Při optimálnější řešení (viz obr. 7.2.) je chodec osvětlován ze strany přijíždějícího vozidla, takže je mnohem jasnější a je mnohem lépe vidět než v předešlých případech. Přechod by tedy měl být nasvětlen svítidly umístěnými před přechodem ve směru pohledu přijíždějícího řidiče (obvykle asi ve vzdálenosti 1/3 své výšky). Svítidla by měla dominantně vyzářovat ve směru jízdy přijíždějícího řidiče. Nesmí však oslňovat řidiče přijíždějící z opačného směru.

Obrázky:



Obr. 7.1 Příklady osvětlení přechodu, které málo osvětlují chodce z pohledu přijíždějícího řidiče



Obr. 7.2 Příklady optimálního osvětlení přechodu

8. ZÁVĚR

Hlavním přínosem této příručky je její orientace na zpracování metodických pokynů pro obnovu, provoz a údržbu veřejného osvětlení. Příručka je orientována na méně zasvěcené pracovníky v problematice osvětlovací techniky, kteří pracují v komunální sféře. Tito pracovníci by v příručce měli nalézt informace, které jim pomohou se v této problematice orientovat.

Doufáme, že cíle, které si autorský kolektiv stanovil byly splněny, a že tato příručka přispěje ke zkvalitnění stavu veřejného osvětlení v rámci ČR a samozřejmě i ke snížení jeho energetické náročnosti.

9. PŘÍKLADY SVĚTELNÝCH VÝPOČTŮ PRO NEJVÍCE POUŽÍVANÉ TŘÍDY KOMUNIKACÍ

V elektronické příloze (CD) jsou k dispozici k nahlédnutí příklady návrhů nejrozšířenějších komunikací. Tyto příklady návrhů připravili světelní technici renomovaných firem zabývajících se výrobou svítidel pro veřejné osvětlování.

9.1. Vzorové výpočty 1

Příklady výpočtů s velmi podrobným výstupem jsou uvedeny v elektronické příloze č.1.

- Cyklostezka
- Chodník

- Propojovací komunikace
- Průjezdni komunikace 1
- Průjezdni komunikace 2
- Komunikace v zástavbě

9.2. Vzorové výpočty 2

Příklady výpočtů se stručným výstupním protokolem jsou uvedeny v elektronické příloze č.2.

- Cyklostezka souběžně s chodníkem (verze 1)
- Cyklostezka souběžně s chodníkem (verze 2)
- Průjezdni komunikace 1
- Průjezdni komunikace 2
- Komunikace v zástavbě

10.LITERATURA

- [1] *Plch, J.:* Světelná technika v praxi. IN-EL spol. s.r.o., Praha 1999,
- [2] *Habel, J.:* Světelná technika a osvětlování. FCC Public, Praha 1995,
- [3] *Sokanský, K., a kol.:* Úspory elektrické energie na veřejném osvětlení. Česká společnost pro osvětlování, Ostrava 2002,
- [4] *Šesták F.:* Provoz a údržba osvětlení. ČKAIT, Praha 2000,
- [5] ČSN EN 12665. Světlo a osvětlení – Základní termíny a kritéria pro stanovení požadavků na osvětlení. 2003,
- [6] *Sokanský, K, a kol.:* Úspory elektrické energie na veřejné osvětlení, Publikace ČEA, Ostrava 2002,
- [7] *Sokanský, K., a kol.:* Racionalizace v osvětlování venkovních prostor, Publikace ČEA, Ostrava 2005,
- [8] CIE – 26TH SESSION OF THE CIE , Sborník, China, Beijing 2007,

11.OBSAH

ÚVOD	3
1. Význam veřejného osvětlení	3
2. Veřejné osvětlení z pohledu zákonů a předpisů.....	5
3. Prvky osvětlovacích soustav	6
3.1. Svítidla.....	6
3.1.1. Účinnost a činitel využití.....	6
3.1.2. Konstrukční prvky svítidla	8
3.1.3. Další vlastnosti svítidel.....	10
3.1.4. Svítidla – volba optimální varianty	11
3.2. Světelné zdroje	16
3.2.1. Základní vlastnosti světelných zdrojů	16
3.2.2. Světelné zdroje – volba optimální varianty	18
Obrázky	18
4. Regulace veřejného osvětlení.....	19
4.1. Vypínání veřejného osvětlení	19
4.2. Regulace snížením světelného výkonu.....	20
4.3. Regulace – volba optimální varianty	20
5. Rekonstrukce osvětlovacích soustav VO – volba optimální varianty	21
5.1. Úplná rekonstrukce.....	21
5.2. Rekonstrukce s výměnou svítidel a stožárů.....	22
5.3. Rekonstrukce s výměnou svítidel	22
5.4. Dílčí závěr.....	22
6. Rušivé světlo („Světelné znečištění“)	23
6.1. Návrh osvětlovací soustavy šetrné k okolí	23
6.2. Zásady řešení osvětlovacích soustav z pohledu minimalizace rušivého světla.....	24
7. Přehled doporučení pro provoz, údržbu a obnovu veřejného osvětlení.....	25
7.1. Provoz veřejného osvětlení.....	25
7.2. Údržba osvětlovacích soustav veřejného osvětlení (VO).....	26
7.2.1. Běžná údržba	26
7.2.2. Preventivní údržba.....	27
7.2.3. Odstraňování následků škod a vandalismu.....	27
7.2.4. Zajištění centrálního dispečinku a pohotovostní poruchové služby	27
7.2.5. Zajištění pravidelných elektrovevizí	27
7.3. Výměna světelných zdrojů a čištění svítidel	27
7.4. Obnova veřejného osvětlení	28
8. závěr.....	29
9. Příklady světelných výpočtů pro nejvíce používané třídy komunikací.....	29
9.1. Vzorové výpočty 1	29
9.2. Vzorové výpočty 2	30
10. Literatura	30
11. Obsah	31