

VŠB-Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra Elektroenergetiky

Energetické audity osvětlovacích soustav

Energy audits of lighting systems

2012

Bc. Roman Kulhánek

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Roman Kulhánek**

Studijní program: N2649 Elektrotechnika

Studijní obor: 3907T001 Elektroenergetika

Téma: **Energetické audity osvětlovacích soustav**
Energy audits of lighting systems

Zásady pro vypracování:

1. Popis vybraných osvětlovacích soustav VO.
2. Energetický audit
3. Aplikace energetického auditu do VO, návrh metodiky jeho vyhodnocování
4. Uplatnění součinitelů KPI, při energetických auditech
5. Vypracování energetického auditu pro vybranou osvětlovací soustavu v malé Obci

Seznam doporučené odborné literatury:


- [1] Habel, J.: Světelná technika a osvětlování. FCC Public, Praha 1995,
- [2] Sokanský, K., Potenciál energetických úspor Veřejného osvětlení v ČR
- [3] Sokanský, K., Racionalizace v osvětlování venkovních prostor 2005

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

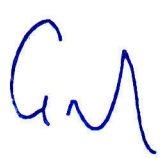
Vedoucí diplomové práce: **Ing. Tomáš Novák, Ph.D.**

Datum zadání: 30.11.2011

Datum odevzdání: 04.05.2012


prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.
vedoucí katedry



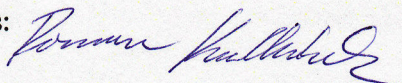

prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

4.5.2012

podpis:



Na tomto místě bych rád poděkoval pánům, prof. Ing. Karlu Sokanskému, CSc., Ing. Tomášovi Novákovi Ph.D. a Jiřímu Voráčkovi za cenné rady, připomínky a veškerý materiál, který mi poskytli v průběhu zpracování diplomové práce.

Abstrakt

Diplomová práce pojednává o energetických auditech osvětlovacích soustav se zaměřením na veřejné osvětlení. V úvodních kapitolách jsou popsány osvětlovací soustavy veřejného osvětlení spolu se základními pojmy a legislativou. V následujících kapitolách jsou rozebrány náležitosti energetického auditu a jejich aplikace na veřejné osvětlení spolu s výkonnostními ukazateli veřejného osvětlení. V praktické části je řešen energetický audit malé obce spolu s návrhem nové osvětlovací soustavy pro stávající rozteče stožárů a vyčíslením investičních a provozních nákladů. V poslední kapitole jsou popsány možnosti získávání dotací pro obnovu veřejného osvětlení.

Klíčová slova

Veřejné osvětlení, energetický audit, energetický štítek, světelný zdroj, svítidlo, LED diody, činitelé KPI, energetická náročnost, měření osvětlení, návrh osvětlení, dotace.

Abstract

Thesis deals power audits illuminating system with a view to street lighting. In opening chapter are circumscribed illuminating system street lighting together fundamental terms plus legislature. In the following chapters are description appurtenances power audit and their application to street lighting in conjunction with efficiency roadsing street lighting. In practical parts is buckthorn power audit small village in conjunction with project new illuminating system for current disperse poles, and numeration capital and operating costs. At last chapter are circumscribed possibilities obtaining grant for renewal public lighting.

Key words

Public lighting, energy audit, energy tablet, luminous source, luminary, LED diode, agents KPI, energy intensity, measuring lighting, proposal lighting, grant.

Seznam použitých symbolů a zkratek

Značka	Popis	Jednotka
E_m	udržovaná osvětlenost	lx
E_{min}	minimální osvětlenost	lx
E_p	průměrná osvětlenost	lx
L	jas	$\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$
η	měrný světelný výkon	$\text{lm}\cdot\text{W}^{-1}$
η_{sv}	účinnost svítidla	%
η_E	činitel využití	-
P	výkon světelného zdroje	W
R_a	index podání barev	-
SR	činitel osvětlení okolí	-
TI	prahový přírůstek	%
T_c	teplota chromatičnosti	K
U_0	celková rovnoměrnost	-
U_1	podélná rovnoměrnost	-
z	udržovací činitel	-

Zkratky	Popis
a.s.	akciová společnost
č.	číslo
čl.	článek
ČSN	česká technická norma
DPH	daň z přidané hodnoty
KPI	klíčový výkonnostní ukazatel
ks	kus
např.	například
nn	nízké napětí
odst.	odstavec
PC	polykarbonát
PMMA	polymethylakrylát
RVO	rozděč veřejného osvětlení
Sb.	sbírka
SM	světelné místo
s.r.o.	společnost s ručením omezeným
tj.	to je
tzv.	takzvaný
VO	veřejné osvětlení

Obsah

1	Úvod	1
2	Základní legislativa v oblasti energetického auditu a VO	2
3	Popis vybraných osvětlovacích soustav VO	3
3.1	Základní pojmy	3
3.2	Vysokotlaké sodíkové výbojky	4
3.3	Vysokotlaké halogenidové výbojky.....	5
3.4	Indukční výbojky	7
3.5	LED diody	7
3.6	Svítilna ve veřejném osvětlení	9
3.6.1	Svítilna pro vysokotlaké sodíkové výbojky	9
3.6.2	Svítilna se světelnými diodami	11
3.7	Stožáry ve veřejném osvětlení	12
3.8	Rozvody veřejného osvětlení	13
3.8.1	Podzemní kabelová vedení VO	14
3.8.2	Nadzemní vedení VO	14
4	Energetický audit	15
4.1	Základní pojmy	15
4.2	Obsah energetického auditu	15
4.3	Povinnost zpracování energetického auditu	16
4.4	Cíl energetického auditu.....	16
4.5	Požadavky investora od energetického auditu	16
5	Aplikace energetického auditu do VO, Návrh metodiky	17
5.1	Obsah energetické analýzy veřejného osvětlení	17
5.2	Popis stávajícího stavu VO	17
5.3	Zhodnocení výchozího stavu	17
5.4	Návrh opatření ke snížení spotřeby energie a provozu.....	18
5.5	Ekonomické vyhodnocení navržených variant	19
5.6	Vyhodnocení z hlediska ochrany životního prostředí	19
5.7	Výstup energetického auditu veřejného osvětlení	19
6	Uplatnění činitelů KPI při hodnocení VO	20

6.1	Aplikace klíčových ukazatelů do výpočtů	20
6.2	Tedas formule	21
6.3	Philips formule	22
6.4	Finská formule.....	22
7	<i>Energetický audit veřejného osvětlení v obci Metylovice.....</i>	24
7.1	Identifikační údaje	24
7.2	Popis výchozího stavu	24
7.2.1	Rozvaděče zapínacích míst.....	24
7.2.2	Podpěrný systém a rozvody	27
7.2.3	Svítlidla.....	27
7.2.4	Světelné zdroje	28
7.2.5	Posouzení údržby.....	28
7.3	Zhodnocení výchozího stavu	29
7.3.1	Energetická náročnost osvětlovací soustavy.....	29
7.3.2	Zatřídění komunikací v obci do třídy osvětlení	30
7.3.3	Kontrolní měření jasu pozemní komunikace III/48416	31
7.3.3.1	Vyhodnocení pozemní komunikace III/48416 (oblast u školy)	32
7.3.3.2	Vyhodnocení pozemní komunikace III/48416 (oblast Dvořaček)	33
7.4	Návrh opatření ke snížení spotřeby energie a provozu.....	34
7.4.1	Návrh osvětlení ulic a vedlejších cest.....	35
7.4.2	Návrh osvětlení pozemní komunikace III/48416.....	36
7.4.3	Přehled výsledků.....	37
7.5	Ekonomické vyhodnocení navržených variant.....	39
7.5.1	Porovnání spotřeby el. energie nových variant a stávající soustavy	39
7.5.2	Investiční náklady navržených variant	40
7.5.3	Náklady na el. energii.....	41
7.5.4	Celkové a provozní náklady na dobu 15 let.....	41
7.5.5	Investiční náklady na výměnu stávajícího rozvodu závěsným kabelem AES	43
7.6	Hodnocení předběžně navržených osvětlovacích soustav dle KPI.....	44
7.7	Environmentální vyhodnocení	45
7.8	Závěrečné posouzení	46
8	<i>Možnosti získávání dotací na obnovu VO</i>	47
9	<i>Závěr</i>	48
	<i>Literatura</i>	50
	<i>Seznam příloh</i>	52

1 Úvod

V současné době jsou kladeny vysoké nároky na snižování energetické náročnosti v odvětvích energetiky a elektrotechniky. To samozřejmě platí i pro osvětlovací soustavy. Za účelem vyhodnocení osvětlovacích soustav jsou zpracovávány energetické audity, které navrhnou opatření ke snížení energetické náročnosti. V mé diplomové práci rozebírám po teoretické stránce osvětlovací soustavy veřejného osvětlení, energetický audit s aplikací na veřejné osvětlení, spolu s hodnocením dle výkonnostních ukazatelů. Dále se v praktické části zabývám vypracováním energetického auditu veřejného osvětlení v malé obci. Součástí tohoto dokumentu je vyhodnocení stávajícího stavu po stránce energetické náročnosti a splnění požadavků norem pro osvětlení komunikací. Za tímto účelem byly provedeny měření světelných parametrů na komunikaci v obci. Dále byla navržena obnova veřejného osvětlení ve dvou variantách a ekonomické vyhodnocení navržených variant. Závěrem auditu je doporučení pro realizaci jedné z variant a k provozování osvětlovací soustavy veřejného osvětlení.

2 Základní legislativa v oblasti energetického auditu a VO

Přehled základních zákonů, vyhlášek a norem v oblasti vyhodnocování energetického auditu a návrhu, provozu a údržby veřejného osvětlení.

Zákony a vyhlášky v oblasti energetického auditu

zákon č. 458/2000 Sb. energetický zákon

zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií

vyhláška č. 213/2001 Sb. o podrobnostech náležitostí energetického auditu

Zákony a vyhlášky v oblasti veřejného osvětlení

zákon č. 128/2000 Sb. o obcích (obecní zřízení)

zákon č. 13/1997 Sb. o pozemních komunikacích

zákon č. 183/2006 Sb. stavební zákon

zákon č. 22/1997 Sb. o technických požadavcích na výrobky

nařízení vlády č. 163/2002 Sb. technické požadavky na vybrané stavební výrobky

nařízení vlády č. 17/2003 Sb. technické požadavky na el. zařízení nízkého napětí

Základní technické normy pro VO

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

3 Popis vybraných osvětlovacích soustav VO

3.1 Základní pojmy [2]

Veřejné osvětlení - je venkovní osvětlení veřejných prostorů měst a obcí zahrnující osvětlení pozemních komunikací, architekturní osvětlení a dekorativní osvětlení. Úkolem je především zajištění bezpečnosti dopravy, osob a majetku.

Osvětlovací soustava - soubor prvků tvořící zařízení, splňující požadavky na úroveň osvětlení prostoru. Zahrnuje svítidla, podpěrné a nosné konstrukční prvky, elektrický rozvod, rozvaděče, ovládací systém.

Světelné místo - každý stavební prvek v osvětlovací soustavě (stožár, osvětlovací výložník) vybavený jedním nebo více svítdly.

Svítidlo - zařízení sloužící k osvětlování. Skládá se z optické části, usměrňující světelný tok zdrojů, dále z elektrotechnické části a konstrukční části.

Světelný zdroj - umělý zdroj viditelného elektromagnetického záření.

Rozvaděč zapínacího místa - dálkově nebo místně ovládaný rozvaděč s vlastním přívodem elektrické energie a zpravidla samostatným měřením spotřeby el. energie.

Osvětlovací stožár - nosná konstrukce, jejíž hlavním účelem je nést jedno nebo několik svítidel

Závěsná výška svítidla - výška světelného středu svítidla nad osvětlovanou plochou.

Výložník - část stožáru, která nese svítidlo v určité vzdálenosti od osy dřívku stožáru nebo samostatná upevňovací konstrukce pro svítidla upevněná na stavební objekt.

Světelný tok - představuje množství světla vyzářeného světelným zdrojem do okolí.

Měrný výkon - ukazuje účinnost přeměny el. energie na světlo. Je to podíl světelného toku a příkonu světelného zdroje.

Teplota chromatičnosti - vystihuje barevné vlastnosti světelných zdrojů, je tak označována ekvivalentní teplota černého zářiče, při které je spektrální složení dvou zdrojů blízké.

Index podání barev - hodnota indexu podání barev určuje, do jaké míry je spektrum záření daného světelného zdroje schopné věrně podat barvy.

Doba života světelného zdroje - je to doba života světelného zdroje do doby, kdy přestane splňovat stanovené požadavky. Udává se v hodinách.

Průměrný jas povrchu komunikace - jas povrchu pozemní komunikace v rozsahu jízdniho pásu

Podélná rovnoměrnost - nejnížší z hodnot podélné rovnoměrnosti v jízdniích pruzích jízdniho pásu

Prahový přírůstek - měřítko ztráty viditelnosti způsobené omezujícím oslněním svítdly osvětlovací soustavy pozemní komunikace

Činitel osvětlení okolí - poměr průměrné osvětlenosti pruhů mimo vozovku přiléhajících bezprostředně k okrajům jízdniho pásu a průměrné osvětlenosti pruhů vozovky bezprostředně s nimi sousedících

Průměrná osvětlenost - průměrná vodorovná osvětlenost v oblasti pozemní komunikace

Minimální osvětlenost - nejmenší hodnota osvětlenosti v oblasti pozemní komunikace

Udržovaná osvětlenost - průměrná osvětlenost snižená udržovacím činitelem

Udržovací činitel - udržovací činitel zohledňuje pokles osvětlenosti způsobený znečištěním svítdel a pokles světelného toku světelných zdrojů

3.2 Vysokotlaké sodíkové výbojky [4]

Vysokotlakými sodíkovými výbojkami je světlo vyzařováno hlavně sodíkovými parami s pracovním tlakem 3 až 60kPa. Záření vyzářené vysokotlakým sodíkovým výbojem je rozloženo v širokém pásmu vlnových délek, což má za následek zvýšení podání barev, oproti nízkotlaké sodíkové výbojce, která vyzařuje monochromatické záření. Optimální tlak par sodíku se dosahuje při vysoké teplotě. Z toho plyne požadavek na teplotně stabilnější a sodíkovým parám odolnější materiály při konstrukci. Používá se polykrystalický korund.

Hořák je tedy zhotoven z průsvitného korundu do tvaru trubice. Na obou koncích jsou připájeny niobové průchodky, na nichž jsou přivařeny wolframové elektrody pokryty emisní vrstvou. Pájka použitá při spojení korundové trubice a niobové průchodky ovlivňuje dobu života výbojky, protože musí odolávat vysokým teplotám a agresivitě sodíku. Do hořáku se dává rtuť se sodíkem v podobě amalgámu a plní se interním plynem pro usnadnění zápalu výboje. Pro zajištění vysokého měrného výkonu je nevhodnější xenon. Hořák je pak vložen do baňky, uvnitř které je vakuum snižující teplotní ztráty hořáku a chránící niobové průchodky před oxidací. Výbojka je opatřena běžnou závitovou patičí.

Pro zapálení výboje je nutný vysokonapěťový impulz (4,5kV). Výbojku provozujeme v obvodu s tlumivkou a zapalovacím zařízením nebo elektronickým předřadníkem.

Přednosti a vlastnosti vysokotlaké sodíkové výbojky:

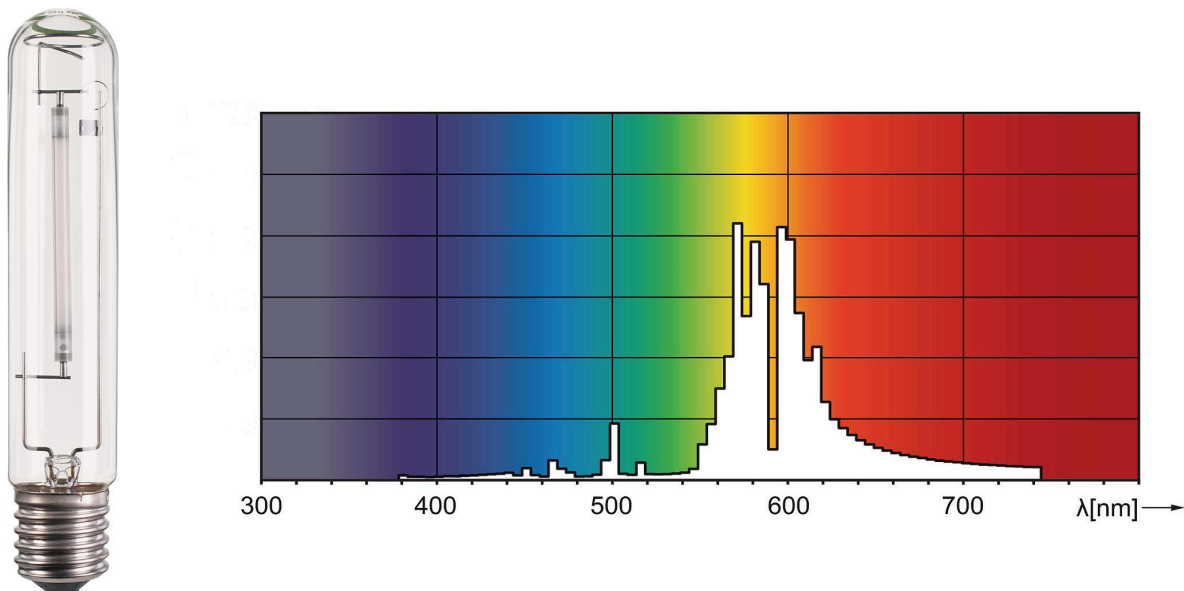
- Měrný výkon až 150 lm/W
- Index podání barev 20 až 25, což můžeme považovat za určitou nevýhodu
- Teplota chromatičnosti 2000-2500K
- Doba života 16000-32000 hodin
- Možnost stmívání až do 50% jmenovitého světelného toku
- Snadná údržba
- Spolehlivý provoz
- Přijatelná cena
- Rozměry výbojky umožňující konstruovat účinná svítidla s malým množstvím použitého materiálu
- Standardní typy se vyrábějí ve výkonových řadách od 50W až do 1000W

Vyráběné typy sodíkových výbojek:

- Výbojky pro přímou náhradu za rtuťové výbojky s vyšším měrným výkonem a nižším příkonem než rtuťové
- Výbojky se zvýšeným podáním barev a s vyšší teplotou chromatičnosti
- Výbojky s integrovaným zapalovačem
- Speciální výbojky – se dvěma hořáky pro okamžité znovu-zapálení výboje nebo s oboustrannými vývody v baňce
- Z ekologického hlediska se dnes vyrábějí výbojky neobsahující rtuť, které nemusíme likvidovat jako nebezpečný odpad

Použití ve VO:

Uplatňují se zejména v oblastech veřejného a venkovního osvětlení. V České republice mají vysokotlaké sodíkové výbojky ve veřejném osvětlení největší podíl využití. Jsou levné, úsporné a dají se stmívat.



Obrázek 1 Příklad vysokotlaké sodíkové výbojky Philips Master SON-T Plus [24]

3.3 Vysokotlaké halogenidové výbojky [5]

Ve vysokotlakých halogenidových výbojkách vzniká světlo zářením rtuti a produktu halogenidů. Většinou jodidy s prvky vzácných zemin, např. galium indium, lithium nebo sodík. Je to proto, že prvky vzácných zemin mají při maximálně dovolených teplotách materiálu trubice nízký tlak par. Tímto vnášením prvků do hořáku výbojek se zvýšil měrný výkon a index podání barev.

Výboj se zapaluje vysokonapětovým impulzem, pomocí vnějšího zapalovacího zařízení či elektronického předřadníku. Ve výbojce vzniká cyklus podobný jako u halogenové žárovky, akorát tento cyklus je opačný. Prvky se usazují na stěně hořáku. Při tomto procesu se světelný tok ustálí během 5-ti až 10-ti minut.

Vysokotlaké halogenidové výbojky můžeme rozdělit podle konstrukce hořáku:

- výbojky s křemenným hořákem
- výbojky s keramickým hořákem

Zavedením keramického hořáku se nabídla možnost vyrábět výbojky od příkonu 20W. Současně se zvýšil měrný výkon i při malých příkonech při vynikajícím podání barev. Došlo ke stabilizaci teploty chromatičnosti během života výbojky a zmenšení rozptylu kolorimetrických

parametrů při změně polohy svícení výbojky. Také se zmenšila velikost hořáku, což je výhodné u konstrukce svítidel.

Vlastnosti halogenidové výbojky:

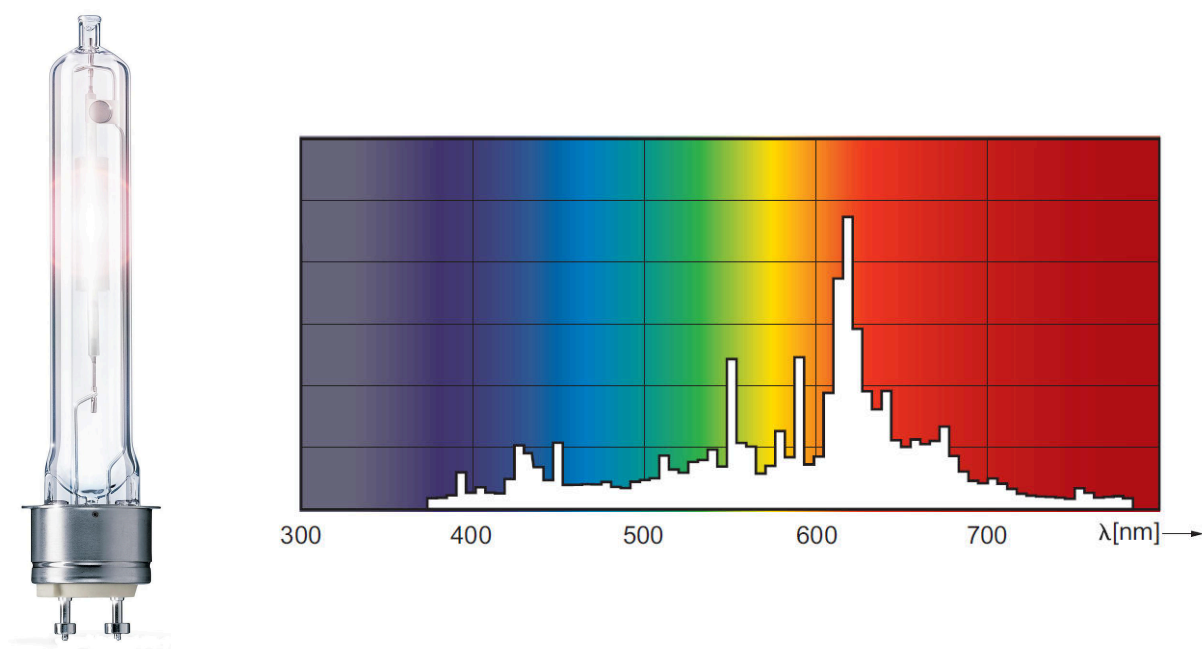
- měrný výkon až 130lm/W
- vysoký index podání barev až 90
- teplota chromatičnosti 3000-5600K
- střední doba života až 18000 hodin

Nevýhody:

- běžné typy nelze stmívat
- vyšší pořizovací cena než u vysokotlaké sodíkové výbojky
- nelze okamžitě znovu-zapálit teplou výbojku
- ustálení světelných parametrů trvá 5-10 minut

Použití ve VO:

Využívají se k osvětlení venkovních prostor a komunikací. Jsou vhodné tam, kde je kladen důraz na barevné podání barev. Zejména osvětlení historických center měst, osvětlení sportovišť, architektonické osvětlení. Používá se i k osvětlování přechodů pro chodce.



Obrázek 2 Příklad halogenidové výbojky Philips Master CosmoWhite [24]

3.4 Indukční výbojky [6]

Jedná se vlastně o nízkotlakou výbojku, která nemá elektrody. Výboj je buzen indukční cívkou napájenou proudem o vysoké frekvenci pomocí vysokofrekvenčního generátoru a probíhá v parách rtuti a argonu. Toto záření je pak transformováno pomocí luminoforu na vnitřní stěně baňky do viditelné oblasti spektra. Vlivem elektrodové konstrukce se dosahuje dlouhého života výbojky při poměrně stabilním světelném toku v průběhu svícení.

Přednosti a vlastnosti indukční výbojky:

- střední doba života až 60 000 hodin, což snižuje náklady na údržbu
- měrný výkon v rozmezí 65-90 lm/W
- index podání barev $R_a > 80$
- okamžitý start a znovu-zápal

Nevýhodou je, že až na výjimky není možné je stmívat, a pořizovací cena i se svítidlem je vysoká.

Použití ve VO

Dlouhý život výbojky je výhodný pro provoz s obtížným obměňováním světelných zdrojů nebo v provozech s nežádoucím přerušením. V současné době nemají ve veřejném osvětlení uplatnění.



Obrázek 3 Příklad indukční výbojky Philips QL [24]

3.5 LED diody [7]

Záření světelných diod vzniká při průchodu elektrického proudu polovodičovým prvkem. Přiložením stejnosměrného napětí správné polaroty na přechod PN dojde ke vzájemnému přiblížování elektronů a děr k místu spojení přechodu, kde dochází k rekombinaci. Při rekombinaci elektron-díra se uvolní energie, která se vyzáří mimo krystal. Na výrobu polovodičových prvků jsou použity

materiály na bázi fosfidů india, galia a hliníku nebo nitridů galia a india. Polovodičový přechod PN vyzařuje velmi úzké spektrum, záření je v podstatě monochromatické. V současnosti jsou k dispozici diody různých barev a to např. červené, zelené, oranžové, žluté a modré. Mícháním záření těchto diod lze získat jakoukoliv barvu.

Pro získání bílé barvy ze světelných diod existují dva způsoby:

- Klasickým mícháním světla červené, zelené a modré diody. Tato varianta má vysokou hodnotu podání barev za cenu snížení měrného výkonu.
- Druhý způsob převádí záření na jiné vlnové délky viditelného spektra, pomocí speciálního luminoforu uvnitř pouzdra diody. Například transformace modré diody na bílé světlo. Tato varianta má vyšší měrný výkon avšak horší podání barev.

Vlastní polovodičový čip je rozměrově malý, několik milimetrů čtverečních. Příkon jednoho čipu dosahuje až 10-ti wattů v laboratorních podmínkách. Světlo se usměrní pomocí optických prvků a krytu z epoxidové pryskyřice. K získání většího světelného toku se krystaly zapojí do série. K napájení světelných diod se používají měniče.

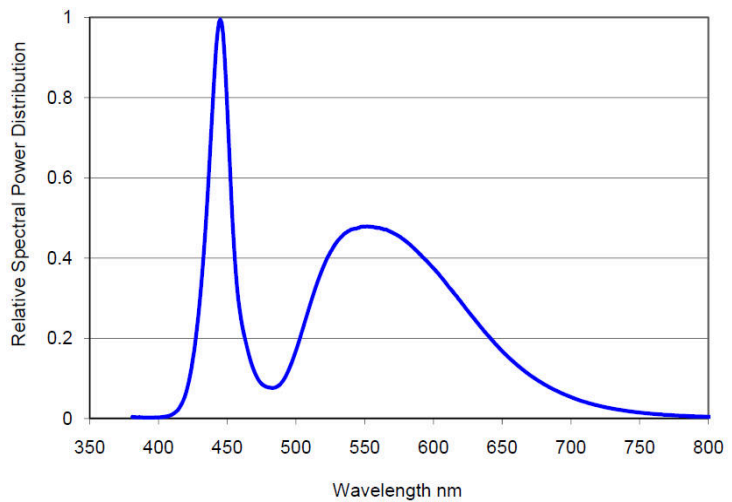
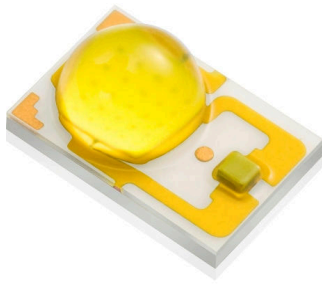
Výraznou nevýhodou těchto zdrojů je jejich teplotní závislost. S rostoucí teplotou klesá jejich světelný tok a tím i měrný výkon, proto se musejí chladit. Provozují se při teplotách 85-100°C. Další nevýhodou je jejich vysoká cena.

Přednosti světelných diod

- v současné době se měrný výkon pohybuje v rozmezí 50-100 lm/W, do budoucna se spekuluje o měrném výkonu až 200 lm/W
- extrémně dlouhá doba života 60 000-100 000 hodin při snížení světelného toku o 30 až 40% (závisí na teplotních podmínkách)
- bílé diody s vysokým indexem podání barev, v široké stupnici teplot chromatičnosti v rozmezí 2500 - 10 000K
- teoreticky lze namíchat jakoukoli barvu
- možnost stmívání od 0% do 100%
- okamžitý náběh, lze je bez problému zapínat a vypínat.

Použití ve VO

Jsou vhodné pro osvětlovací soustavy umístěné nízko nad vozovkou. Jsou součástí osvětlovacích soustav v tunelech. Uplatňují se i v architektonickém osvětlení, osvětlení pěších zón a uličním osvětlení. Takové osvětlovací soustavy jsou vybaveny svítidly obsahující až několik desítek LED diod.



Obrázek 4 Příklad výkonové diody Luxeon rebel ES $T_c=5640K$ [24]

3.6 Svítidla ve veřejném osvětlení [1, 3]

3.6.1 Svítidla pro vysokotlaké sodíkové výbojky

U svítidel pro veřejné osvětlení je důležité, aby světelný tok vycházející ze svítidla dopadal na místo, které má být osvětleno. Pak je důležitá i účinnost svítidla.

- Stanovení účinnosti svítidla

$$\eta_{SV} = \frac{\Phi_s}{\Phi_{zs}} (-;lm;lm) \quad (1)$$

Φ_s - světelný tok vycházející ze svítidla (lm)

Φ_{zs} - světelný tok světelného zdroje (lm)

- Stanovení činitele využití

$$\eta_E = \frac{\Phi_u}{\Phi_s} (-;lm;lm) \quad (2)$$

Φ_u - světelný tok využitý pro osvětlení (lm)

Φ_s - světelný tok vycházející ze svítidla (lm)

Účinnost svítidel závisí hlavně na odrazných vlastnostech reflektoru a na provedení a prostupnosti difuzoru. Důležité je taky, aby světelný tok vycházející ze svítidla dopadal, jen tam kde je potřeba. To závisí na tvaru reflektoru i difuzoru a taky na vzájemném postavení světelného zdroje a reflektoru nebo difuzoru. Pro energeticky úsporné osvětlovací soustavy je rozhodující volba charakteru svítidla, aby velikost činitele využití byla co nejvyšší. Po vhodném zvolení charakteru svítidla, je rozhodující účinnost svítidla. Pro dosažení největší účinnosti svítidel používáme ke konstrukci ty nevhodnější materiály.

Reflektor svítidla

Optické vlastnosti závisí na povrchové vrstvě reflektoru a taktéž na tvaru reflektoru.

Používané materiály

- matovaný hliník s odrazivostí 55÷60%
- leštěný hliník s odrazivostí 60÷72%
- plátovaný hliník s odrazivostí 72÷90%

Nejkvalitnější reflektory dosahující vysokých účinností, jsou radiálně fasetované reflektory z plátovaného hliníku, nebo plastové výlisky s napařenou odraznou vrstvou.

Difuzor svítidla

Technická svítidla používají přednostně průhledné materiály. Účinnost svítidla taky ovlivňuje tvar difuzoru z hlediska ztrát průchodem paprsku.

Používané difuzory

- Vypouklý difuzor z PMMA, který je barevně stálý
- Difuzor z PC je odolný násilí, ale materiálově nestálý
- Ploché tvrzené sklo
 - barevně stabilní odolávající teplotě, ale jsou méně účinná a mají menší vyzařovací úhel než vypouklý difuzor.
- Ploché antireflexní sklo
 - paprsky vycházejí ze svítidla s minimálními ztrátami, nevýhoda je ovšem v jeho ceně.

Moderní svítidla dnes používají skla se samočisticím efektem. Sklo je opatřeno speciálním nátěrem, který způsobí, že dešťové kapky vytvoří na skle vodní film a tím oddělí nečistoty od skla. Ty jsou pak přirozeně rozloženy UV zářením.

Mechanické prvky svítidla

Ovlivňují dobu života svítidel a jejich správnou funkci.

- je výhodné volit vysoké krytí IP celého svítidla z hlediska údržby
- membrána umožňující výstup vodních par
- nastavitelný reflektor vůči světelnému zdroji
- přepážka tepelně oddělující optickou svítidla část od předřadníku, což prodlužuje jeho životnost
- možnost nastavení náklonu svítidla



Obrázek 5 příklad svítidla Schröder Atos pro vysokotlakou sodíkovou výbojku [22]

3.6.2 Svítidla se světelnými diodami [8]

Svítidla se světelnými diodami je důležité konstruovat taková, aby byl zajištěn účinný odvod tepla, protože doba života světelné diody závisí na podmínkách uvnitř svítidla. Používá se speciální hliník s vysokou tepelnou vodivostí, který má až o 90% větší vodivost než běžně používaný hliník ve svítidlech. Optická část a světelný zdroj jsou od sebe tepelně izolovány.

V současné době existují dvě základní konstrukční řešení. Světelné diody tvoří modul, který se chová jako běžný světelný zdroj a pro usměrnění světelného toku do požadovaných směrů se používá fasetovaný reflektor. Oslnění je minimalizováno, jelikož diody jsou pro běžné pohledy dobře cloněny, není tak nutné používat neprůhledné sklo, které zvyšuje ztráty. Výhodou je, že světelný modul je možné vyměnit v případě poruchy.



Obrázek 6 příklad svítidla Siteco SL10Midi s reflektorem [20]

V druhém případě se vyzařování diod upraví přídatnou optikou-čočkou. Kombinací čoček lze vyladit křivku svítivosti, tak aby osvětlovala co nejučinněji dané prostranství. Směrový účinek lze ještě umocnit umístěním diod na vytvarovanou plochu. Toto řešení je jednoduché, avšak svítidlo může oslňovat.



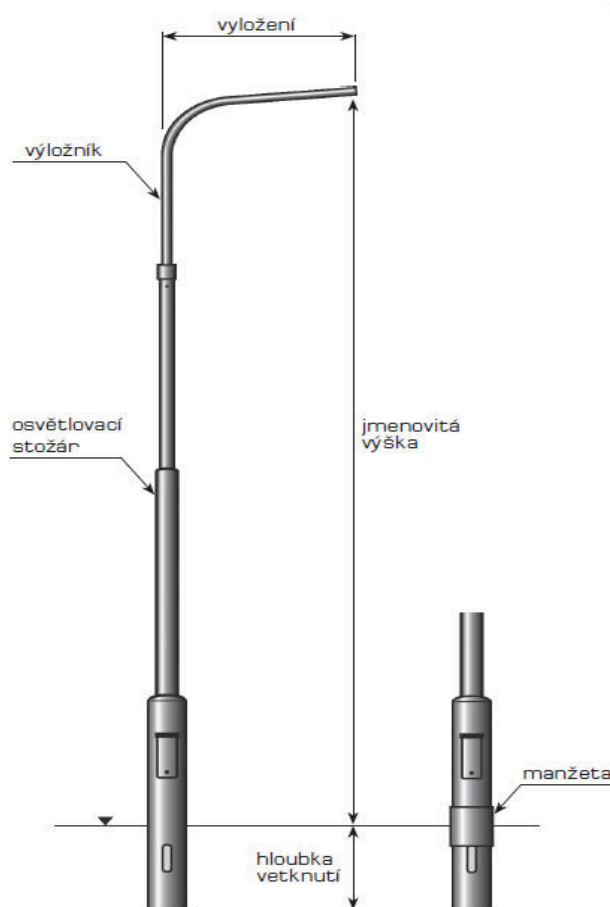
Obrázek 7 příklad svítidla Siteco DL10 LED s přídatnou optikou [20]

3.7 Stožáry ve veřejném osvětlení [19]

Pro veřejné osvětlení se používají stožáry ocelové, hliníkové, z povrchovou úpravou z plastu, betonové a dřevěné. Betonové a dřevěné stožáry jsou využity k nesení svítidla hlavně v menších městech a obcích spolu s vedením nn. Svítidla jsou vynesena na ramínku a to je pomocí nosiče svítidel připevněno k betonovému stožáru. Ve větších městech a velkoměstech jsou nejčastěji používány ocelové stožáry, a to buď odstupňované nebo kónické. V některých případech se používají stožáry atypické, u nichž je kladen důraz na estetický vzhled.

Ocelové stožáry se vesměs používají v provedení bez patice, ve spodní části stožáru jsou pak dvířka pro stožárovou rozvodnici. Při vetknutí stožáru do země se používá ochranná manžeta. Svítidla se umísťují na stožár s výložníkem a nebo přímo na dřík stožáru. Výložník slouží k vynesení svítidla. Vyrábějí se buď jednoramenné nebo víceramenné s různou délkou vynesení.

U ocelových stožárů je důležitá povrchová úprava, jelikož stožáry musejí odolávat agresivním vlivům okolí. Na stožáry se nanáší zinkový povlak ponořením stožáru do zinkovací lázně. Aplikuje se na celý stožár. Novou metodou v povrchové úpravě stožárů je tzv. termoplastická povrchová úprava. Jedná se o povrchovou úpravu nanesením termoplastického práškového povlaku tloušťky 0,35 - 0,4 mm, který se vlivem vysoké teploty spojí. Povlak proniká do struktury materiálu podkladu. Tuto úpravu není třeba průběžně obnovovat. Z technicko-ekonomického hlediska je nejvhodnější aplikovat na část vetknutou do země až po spodní část dvířek od rozvodnice.



Obrázek 8 technický popis stožáru [19]

3.8 Rozvody veřejného osvětlení

Nedílnou součástí osvětlovací soustavy je elektrický rozvod, který zajišťuje přenos el. energie od místa připojení ke svítidlům, spínání a vypínání osvětlovací soustavy a ovládání vybraných parametrů. Pro napájení VO používáme podzemní a nadzemní vedení.

3.8.1 Podzemní kabelová vedení VO [2]

Podzemní vedení se používá především ve větších obcích a městech, k napájení svítidel na vlastních stožárech připojených přes rozvodnici ve stožáru. Kabelové vedení se standardně provádějí měděnými kabely o min. průřezu $4 \times 10 \text{ mm}^2$. Kladení kabelu se provádí dle normy ČSN 33-2000-5-52. Do výkopu se kabely kladou na vrstvu písku a po položení jsou stejnou vrstvou zasypány. Kabely se musí pokrývat cihlami nebo příklopy. Tam kde není předpoklad mechanického poškození (např. těžkými vozidly) se mohou kabely klást do země bez mechanické ochrany s ochrannou fólií položenou nad kabely. Při kladení kabelu do půdy obsahující soli a kyseliny se doporučuje uložit kabely do ochranných trub nebo jinak vhodně chránit proti chemickému působení.

Tabulka 1 hloubka uložení kabelu v zemi do 1kV

	terén	chodník	vozovka, krajnice vozovky
hloubka uložení (cm)	35, 70*	35	100
*hloubka uložení $h=70$ se použije v terénu při pokládce kabelů bez mechanické ochrany			

3.8.2 Nadzemní vedení VO [2, 21]

Nadzemní vedení se používá především v obcích kde je možné osvětlovací soustavu umístit na podpěrných bodech distribučního rozvodu nn a to se souhlasem jejich majitele. Svítidla se umísťují pod vodiče distribuční sítě nn nebo nad vodiči rozvodu nn a to na výložnicích s délkou umožňující údržbové práce v bezpečné vzdálenosti od těchto vodičů.

Nadzemní vedení bylo v 80. letech prováděno holými vodiči AlFe. Tyto jsou v mnoha osvětlovacích soustavách provozovány dodnes. Vzhledem ke zvýšeným výpadkům napájení při zvýšených povětrnostních podmínkách, jsou holé vodiče AlFe nahrazovány samonosnými izolovanými kabely AES. Hlavní výhodou je vyšší přenosová schopnost a spolehlivost.

Pro VO se standardně používají průřezy $4 \times 25 \text{ mm}^2$ pro páteřní rozvod a $2 \times 25 \text{ mm}^2$ pro odbočky. Pro montáž tohoto vedení je zapotřebí množství přídatných prvků.

Příslušenství pro samonosné kabely AES

- Kotevní svorky - slouží k ukončení vedení na podpěrném bodu.
- Nosné svorky - slouží pro zavěšení izolovaného vedení na podpěrné body. Podle konstrukce se používají pro přímé úseky i pro různé úhly lomu vedení.
- Proudové svorky SLIP - slouží pro připojení odboček z hlavního napájecího vedení a pro připojení svítidel.
- Komponenty pro uchycení - k upevnění kotevních a nosných svorek na sloup (např. háky, oka, konzoly, svorníky apod.).

4 Energetický audit

4.1 Základní pojmy [9]

Energetický audit je soubor činností, prováděné energetickým auditorem. Výstupem energetického auditu je informační dokument o stavu budovy nebo energetického hospodářství, způsobu využívání energie a hospodaření z energií v budovách a energetickém hospodářství. Součástí energetického auditu je návrh opatření pro dosažení energetických úspor.

Energetický auditor je fyzická osoba zapsaná v seznamu energetických auditorů vedeného Ministerstvem průmyslu a obchodu.

Energetický audit slouží jako podklad pro rozhodování investorům a jako podklad projektantům, aby výsledný projekt rekonstrukce objektu nebo areálu byl optimalizován z hlediska energetické náročnosti.

4.2 Obsah energetického auditu [11]

Dle zákona č. 406/2000 Sb. §9 a vyhlášky č. 213/2001 Sb., která byla novelizována vyhláškou č. 425/2004 Sb., musí energetický audit obsahovat:

- Hodnocení současného stavu budovy a energetického hospodářství obsahující identifikační údaje, popis a zhodnocení výchozího stavu.
- Celkovou výši dosažitelných energetických úspor a návrh opatření ke snížení spotřeby elektrické energie.
- Návrh vybrané varianty doporučené k realizaci energetických úspor obsahující ekonomické vyhodnocení a vyhodnocení z hlediska ochrany životního prostředí.
- Závěrečný posudek energetického auditora včetně evidenčního listu.

Dle vyhlášky č. 213/2001 Sb. §4 odst.15 se u osvětlovacích soustav skutečný stav světelně technických parametrů, zejména intenzita osvětlení, rovnoměrnost osvětlení, jasové poměry, zjišťuje převážně na základě měření osvětlovaných prostorů. Na základě takto ověřené skutečnosti se provádí hodnocení provozu osvětlovací soustavy z hlediska hygienických požadavků, navrhnou se opatření k úspornému nakládání s energií pro osvětlování a posoudí se energetická náročnost osvětlovací soustavy. [12]

4.3 Povinnost zpracování energetického auditu [10]

Energetický audit se provádí především u objektů veřejné zprávy, komerčních objektů nebo s výměrou nad 1000m² podlahové plochy, kde je povinnost tento audit vypracovat k realizaci stanovení energetické náročnosti objektů.

Dle zákona č.406/2000 Sb. v § 9 odst.3, který je dán prováděcí vyhláškou č.213/2001 v § 10, jehož některá ustanovení byla novelizována vyhláškou č.425/2004 Sb., má povinnost zpracovat energetický audit:

- a) Každá právnická nebo fyzická osoba, která žádá o státní dotaci v rámci Programu, pokud instalovaný výkon energetického zdroje přesahuje 200 kW.
- b) Organizační složka státu, kraje a obce a příspěvkové organizace. Pro tyto instituce je dán limit celkové spotřeby energie 1 500 GJ/rok.
- c) Ostatní právnické a fyzické osoby nespádajících do bodu a) a b) jejichž limit celkové spotřeby energie přesahuje hodnotu 35 000 GJ/rok.

Organizace spadající do bodu b) a c) můžou vyjmout, z povinnosti zpracovat energetický audit, objekty, které mají samostatně měřené spotřeby energií a jejichž celková spotřeba nepřesáhne 700 GJ.

4.4 Cíl energetického auditu

Cílem je zhodnocení současného stavu, s výběrem řešení, které by mělo být vhodné nejen z hlediska okamžitých úspor energie, ale i z pohledu ekonomického (návratnost vložené investice). Také by měl být pečlivě zvážena vliv na životní prostředí.

4.5 Požadavky investora od energetického auditu

Energetický audit by měl být vypracován kvalitně, jelikož kvalitní energetický audit nalezne takřka ve sto procentech případů úspory, kterými lze snížit provozní náročnost objektu. Navržená opatření mohou být mnohdy i bez nákladová. Typickým příkladem může být správné nastavení již existující automatické regulace, nebo posouzení vhodnosti stávající sazby odběru elektrické energie. Podobná opatření mohou náklady na vypracování energetického auditu zaplatit již ve velmi krátké době.

Dalším přínosem energetického auditu je stanovení koncepce pro budoucí investice do energetického hospodářství, která je výsledkem posouzení několika variant. Tím je dán předpoklad, že vynaložené investice budou směřovány opravdu účelně. V neposlední řadě otevírá energetický audit cestu k některému z dotačních programů.

5 Aplikace energetického auditu do VO, Návrh metodiky

Jelikož, pro vyhodnocení energetické náročnosti veřejného osvětlení není stanovena norma ČSN. Pro zpracování energetického auditu tak vycházím z obecné legislativy a to z vyhlášky č.213/2001 Sb. o náležitostech energetického auditu.

5.1 Obsah energetické analýzy veřejného osvětlení [12]

- identifikační údaje
- popis výchozího stavu
- zhodnocení výchozího stavu
- návrh několika variant energeticky úsporného opatření a ekonomické vyhodnocení
- environmentální vyhodnocení
- závěr auditu, doporučení vybrané projektové volby

5.2 Popis stávajícího stavu VO [2, 12]

U popisu stávajícího stavu se vychází z příložené dokumentace a pasportu veřejného osvětlení. Zjištění výchozího stavu veřejného osvětlení, by mělo být provedeno i prohlídkou v terénu. Proveďte se vizuální kontrola rozvaděčů, stanoví jejich počet a rozdělení podle funkce. Zkontroluje se jestli jsou vedeny jejich revizní zprávy v pravidelných intervalech. Dále se uvede počet stožárů, výložníku podle typu a uvede se jejich stáří. Uvede se celková délka napájecího vedení a typ použitého kabelu. Popíší se typy používaných svítidel, jejich počet a příkon a celkový instalovaný příkon dané oblasti. Pokud je známá, uvádí se též roční provozní doba veřejného osvětlení. Důležitý je taky způsob provádění údržby veřejného osvětlení a zda-li je vypracován plán údržby.

Z tohoto stávajícího stavu osvětlovací soustavy veřejného osvětlení se popíší hlavní problémy a nedostatky včetně fotodokumentace. Taky se uvede způsob spínání osvětlovací soustavy, např. pomocí astronomických hodin nebo fotobuňkou a zda-li či nikoliv je osvětlovací soustava regulována, případně jak je tato regulace provedena.

5.3 Zhodnocení výchozího stavu [2, 12]

Z dodaných podkladů a faktur se stanoví roční energetická bilance spotřeby el. energie a nákladů na provoz veřejného osvětlení. Z celkové roční spotřeby el. energie pro danou oblast lze stanovit průměrný příkon světelného místa, nebo celkový příkon na 1 km vedení. Z normativního hlediska se také zkontroluje zařazení komunikací do jednotlivých tříd osvětlení a provede se kontrolní měření osvětlenosti či jasu. Naměřené hodnoty se porovnají s hodnotami normovanými a určí se zda osvětlovací soustava odpovídá normě.

Určení provozních ztrát

Nejvýznamnější provozní ztráty jsou jouleovy ztráty na vedení. Ztráty přechodovými odpory jsou závislé na stáří zařízení a nejsou stanovitelné žádným výpočtem. Pro účely výpočtu se uvažují ztráty 5% z celkových proměnných ztrát v sítích nn. Vedení se taky zkontroluje na úbytek napětí, který nesmí přesáhnout v krajním případě $\pm 10\%$.

Z předchozího popisu výchozího stavu lze posoudit celkový stav osvětlovací soustavy. Zda je soustava nadále schopná provozu s optimální energetickou náročností, a jednotlivé prvky osvětlovací soustavy jsou provozovány v souladu s předepsanou dobou života. Z tohoto zhodnocení a provedeného šetření se vyhodnotí možné úspory el. energie a nákladů na provoz veřejného osvětlení.

5.4 Návrh opatření ke snížení spotřeby energie a provozu [14]

Obsahuje konkrétní opatření a návrhy na úspory el. energie a provoz veřejného osvětlení.

Tyto opatření lze rozdělit na:

- levná cenová opatření
 - oprava tarifu
 - změna jističe před elektroměrem, jsou-li v soustavě stará svítidla nahrazena novými o nižším příkonu.
 - zpřesnění spínání veřejného osvětlení, např. přesným nastavením astronomických hodin, či použití soumrakového spínače.
- vyšší cenová opatření
 - celková rekonstrukce osvětlovací soustavy s kompletní výměnou stožárů a napájecího vedení.
 - výměna svítidel za moderní typy při stávajícím uspořádání stožárů.

Součástí každé nové rekonstrukce je i návrh spínání a ovládání a regulace veřejného osvětlení. Regulace je prováděna v noci při snížené intenzitě dopravy a to až na 50% jmenovitého světelného toku. Řízení je prováděno buďto skupinovým regulátorem, který je schopen redukovat a stabilizovat hladinu napětí v síti nn. Další možností je individuální regulace každého svítidla s kontrolními systémy, které zajišťují řízení a monitoring osvětlovací soustavy. Tímto lze výrazně snížit náklady na provoz veřejného osvětlení a to jak za platbu elektřiny, tak za náklady za údržbu soustavy.

Pro úspory nákladů na provoz je nutné ke snížení počtu oprav provádění pravidelné údržby. Pro tento účel se zpracovává plán údržby. Údržba je prováděna v pravidelných intervalech. Výměna světelných zdrojů se provede hromadně při současném čištění optické části svítidla a vizuální kontrole. Plánovanou údržbou lze předejít náhodným opravám a výměnám světelných zdrojů, což výrazně spoří náklady na provoz veřejného osvětlení.

5.5 Ekonomické vyhodnocení navržených variant [14]

Pro konkrétní navržené varianty se zpracuje vyhodnocení z hlediska nákladů na spotřebu el. energie a nákladů na provoz veřejného osvětlení a porovná se z bilancí pro výchozí stav. Stanoví se výše úspor na energii a provoz pro jednotlivé varianty. Z výši úspor pro jednotlivé varianty se pak stanoví návratnost vložené investice.

5.6 Vyhodnocení z hlediska ochrany životního prostředí [2, 12]

Posuzuje se snížení zátěže životního prostředí podle jednotlivých variant. Uvede se zde název znečišťující látky, její množství pro výchozí stav a stav po realizaci. V tomto případě se jedná o oxid uhličitý. Při provozu soustavy se při spotřebování 1 kWh energie uvolňuje 0,42 kg oxidu uhličitého. Snižováním příkonu osvětlovací soustavy při dodržení světelných parametrů se hodnota uvolněného množství oxidu uhličitého snižuje. V návrhu by se měly uplatňovat moderní světelné zdroje neobsahující rtuť.

Při návrhu by mělo být také posouzeno množství rušivého světla produkovaného svítidlem, i když dnešní moderní optika svítidel nám tento jev podstatně snižuje. V některých oblastech je třeba rušivé světlo minimalizovat, např. v obytných částech. Obvykle se místo vypouklého difuzoru použije difuzor z plochým sklem. Je třeba si ale uvědomit, že pro takovou variantu se zmenší rozteče sloupů a ve výsledku může být příkon osvětlovací soustavy vyšší což má za následek i vyšší spotřebu energie. Proto pro nasazování svítidel s plochým sklem je důležité posouzení konkrétního případu světelným technikem.

5.7 Výstup energetického auditu veřejného osvětlení [12]

- zhodnocení současného stavu veřejného osvětlení z hlediska nákladů na el. energii a provoz osvětlovací soustavy
- návrh několika variant vedoucí k úsporám nákladů za el. energii a provoz veřejného osvětlení
- celková výše dosažitelných úspor pro jednotlivých variant
- návratnost vložené investice jednotlivých variant
- zhodnocení a doporučení k realizaci navržené energeticky úsporné varianty

6 Uplatnění činitelů KPI při hodnocení VO [13]

Klíčové výkonnostní ukazatele (KPI), nám slouží k určení míry náročnosti a k posouzení správy soustavy veřejného osvětlení. Tyto ukazatele nám sledují hospodaření se soustavou veřejného osvětlení. Podle těchto ukazatelů můžeme rozhodovat o budoucích investicích do veřejného osvětlení. Výkonnostních ukazatelů může být libovolné množství. Je vhodné je zvolit tak, aby se daly vyhodnocovat za určité období, a aby nám o osvětlovací soustavě vypovídaly relevantní informace.

Rozdělení výkonnostních ukazatelů

- Technické
 - Kvantitativní
 - Základní - vypovídají o stavu soustavy veřejného osvětlení
 - počet světelných míst
 - počet rozvaděčů
 - délka napájecích kabelů
 - Provozní - sledují změny vlivem rekonstrukce, obnovy a výměny části soustavy VO
 - počet rekonstruovaných světelných míst
 - počet světelných míst opravených v rámci preventivní údržby
 - počet vyměněných světelných zdrojů
 - Kvalitativní
 - počet světelných míst za dobou životnosti
 - průměrné stáří prvků veřejného osvětlení
 - počet nesvítících světelných míst
 - zbytková životnost světelných míst
 - instalovaný příkon celkový, nebo na jedno světelné místo
- Ekonomické - ukazují efektivnost vynaložených finančních prostředků na provoz a investice
 - náklady na investice (rekonstrukce)
 - náklady na běžnou údržbu (nahodilé ošetření)
 - náklady na preventivní údržbu (plánované ošetření)
 - ostatní finanční náklady (výkon správy, revize)
 - náklady na elektrickou energii

6.1 Aplikace klíčových ukazatelů do výpočtů

Pro výpočet nákladů na osvětlovací soustavu se používají výpočtové formule. Tyto metody umožňují počítat počáteční investiční náklady, náklady na údržbu a náklady na energii, z toho pak celkové roční náklady. Pro výpočet musíme brát v úvahu všechny důležité parametry a jejich skutečné ceny. Při počítání nákladů na údržbu je důležité obsáhnout všechny důležité parametry ovlivňující výslednou cenu. Musíme brát také v úvahu časové hodnoty peněz, a to nejen pro výpočet nákladů na vybavení, ale také pro výpočet energie a náklady na údržbu. Pak můžeme získat přesnější výsledky.

V této kapitole jsou uvedeny tři výpočtové formule:

- Tedas formule
- Philips formule
- Finská formule

Seznam použitých zkratk ve vzorcích:

<i>pn</i>	počet stožárů
<i>pp</i>	jednotková cena stožáru (zahrnuje cenu instalace)
<i>cn</i>	počet konzolí
<i>cp</i>	cena konzole (zahrnuje cenu montáže)
<i>n</i>	počet svítidel
<i>lpr</i>	jednotková cena svítidla (zahrnuje cenu montáže)
<i>ln</i>	počet zdrojů
<i>lapr</i>	jednotková cena zdroje
<i>lampr</i>	jednotková cena montáže zdroje
<i>cl</i>	délka kabelu
<i>clp</i>	cena kabelu / metr (zahrnuje cenu montáže)
<i>Pi</i>	výkon svítidla (kW)
<i>He</i>	cena za 1 kWh elektrické energie
<i>bh</i>	denní doba provozu
<i>AF</i>	anuitní faktor = $[(p/100) \cdot (1 + (p/100)t)] / [(1 + (p/100)t) - 1]$
<i>mcl</i>	náklady na údržbu svítidla
<i>t</i>	doba amortizace-umoření (rok)
<i>p</i>	úroková sazba (%)
<i>rp</i>	perioda výměny zdroje (rok)

6.2 Tedas formule

Podle vzorce Tedas pro osvětlení silnic jsou celkové náklady na systém osvětlení silnic součtem počátečních investičních nákladů (*INC*), nákladů na energii (*EN*) a nákladů na údržbu (*MC*).

$$INC = pn \cdot pp + cn \cdot cp + n \cdot lpr + ln \cdot (lapr + lampr) + cl \cdot clp \quad (3)$$

$$EN = n \cdot Pi \cdot He \cdot 10^{-3} \cdot 365 \cdot bh \quad (4)$$

$$MC = ln \cdot (lapr + lampr) + ln \cdot mcl \quad (5)$$

Náklady na výměnu zdrojů a čištění se počítají s přihlédnutím na počet svítidel udržovaných za hodinu, denní pracovní dobu, denní mzdu dělníků a aktuální ceny paliva použitého ve vozidle.

$$TAC = INC + EN + MC \quad (6)$$

6.3 Philips formule

Výpočtová formule vyvinutá firmou Philips umožňuje vypočítat počáteční investice (*INC*) a celkové roční náklady (*TAC*) na km pro konkrétní svítidlo nebo kombinaci svítidel. Počáteční investice (*INC*) na km jsou dány náklady na svítidla a zdroje plus náklady na instalaci (stožáry, kabely).

$$INC = n \cdot lpr + ln \cdot lapr + pn \cdot pp + cn \cdot cp + cl \cdot clp \quad (7)$$

Celkové roční náklady na kilometr (*TAC*) jsou součtem úrokovanými splátkami počátečních investičních nákladů (*AM*) pro daný typ svítidla, nákladů na energii (*EN*), nákladů na údržbu (*MC*) včetně nákladů na náhradní zdroje.

$$AM = AF \cdot (n \cdot lpr + pn + pp + cl + clp) \quad (8)$$

$$EN = n \cdot Pi + He \cdot 10^{-3} \cdot 365 \cdot bh \quad (9)$$

$$MC = \frac{(ln \cdot lmal)}{rp} + \frac{(n \cdot mcl)}{rp} \quad (10)$$

$$TAC = AM + EN + MC \quad (11)$$

6.4 Finská formule

Podle finského vzorce se počítají náklady na životní cyklus. Z těchto nákladů se dělá ekonomická analýza instalace veřejného osvětlení. Podle této formule zjišťujeme náklady na rozteč mezi stožáry.

Počáteční investice (*INC*) na stožár

$$INC = \frac{[pn \cdot pp \cdot k1 + n \cdot (lpr + lapr) + S \cdot Hsv \cdot k2]}{S} \quad (12)$$

S rozteč stožárů (m)

Hsv cena hlavního přívodu elektrické energie (Kč /silniční metr)

k1 faktor umístění stožáru

k2 faktor umístění hlavního přívodu elektrické energie

Náklady na údržbu (*MC*) se skládají ze součtu nákladů na spotřebu energie, nákladů na výměnu zdroje a nákladů na údržbu stožáru:

$$MC = \left[n \cdot Pi \cdot He \cdot 10^{-3} \cdot 365 \cdot bh + \frac{(\ln \cdot H_1 \cdot k_3)}{If} + q \cdot \ln \cdot H_{ly} \cdot k_3 \right] + \frac{pn \cdot pm \cdot k_4}{S} \quad (13)$$

If doba života zdroje
k3 faktor umístění
k4 faktor skupinové údržby

Podle finských formulí, lze spočítat náklady životního cyklu veřejného osvětlení podle dvou metod.

Metoda současné hodnoty

Současná hodnota nákladů životního cyklu (*PV*) je dána jako součet počáteční investice (*INC*), údržba (*MC*) a zbytková hodnota (*J*) ve zkoumaném období.

$$PV = INC + AF \cdot MC + \frac{1}{(1 + p) \cdot t \cdot J} \quad (14)$$

Metoda průměrného ročního nákladu (*AV*) veřejného osvětlení

$$AV(t/2) = AF \cdot INC + \beta t \cdot MC \quad (15)$$

Zde βt definuje faktor růstu nákladů na provoz a údržbu.

Pro hodnocení veřejného osvětlení z dlouhodobého hlediska výkonnostními ukazateli, dostáváme aktuální stav obhospodařovaného majetku. Z tohoto předpokladu můžeme vycházet pro plánování budoucích investic do veřejného osvětlení. Výsledky můžeme taky porovnávat z dlouhodobého časového hlediska, a tak předpokládat vývoj ceny do budoucna.

7 Energetický audit veřejného osvětlení v obci Metylovice

7.1 Identifikační údaje

Zadavatel auditu VO: obec Metylovice 73949, okres Frýdek-Místek

Zpracovatel auditu VO: Bc. Roman Kulhánek

Předmět auditu VO: Popis a zhodnocení stávajícího stavu veřejného osvětlení v obci, ověření světelných parametrů na komunikaci dle norem a návrh možných řešení k optimalizaci provozu veřejného osvětlení.

Obec Metylovice je obcí Moravskoslezského kraje, leží v okrese Frýdek-Místek v těsném sousedství Frýdlantu nad Ostravicí. Správní území obce tvoří jedno katastrální území Metylovice. Celková rozloha katastrálního území je 1115 ha. Pozemní komunikaci tvoří silnice III/48416. Na tuto navazují místní a účelové komunikace obce.

Řešeným územím procházejí následující regionální cyklistické trasy:

6004 Palkovice – Frýdlant nad Ostravicí – Malenovice – Janovice – Skalice

6008 Metylovice – Lhotka – Kozlovice – Tichá – Kunčice pod Ondřejníkem – Čeladná

7.2 Popis výchozího stavu

Jelikož obec neměla v době vyhodnocování zpracován pasport veřejného osvětlení, byl tento dokument zpracován na základě konzultací a uskutečněných prohlídek v terénu viz. **příloha č.1 a č.2**. Z tohoto dokumentu získáváme přehled o movitém majetku veřejného osvětlení.

7.2.1 Rozvaděče zapínacích míst

Rozvaděče VO musí mít stupeň krytí min. IP43, musí být řádně označeny a na dveřích musí být výstražná značka. Plechové rozvaděče musejí být řádně ošetřovány antikoročním nátěrem. Hlavní jistič musí být rovnoměrně zatížen s odchylkou $\pm 10\%$. Revize rozvaděčů VO se provádějí pravidelně v intervalu 4 let.

Napájení veřejného osvětlení v obci Metylovice je provedeno ze dvou zapínacích rozvaděčů. RVO-1 a RVO-2. Rozvody jsou řešeny jednofázově, zatížení na hlavním jističi je nerovnoměrné. Rozvaděče taktéž nejsou pravidelně udržovány, chybějí aktuální zprávy o revizi.

Rozvaděč veřejného osvětlení RVO-1

Rozvaděč je plastový, řádně označený, umístěn na boční zdi budovy ve výšce 1,5m nad zemí v centru obce. Budova je majetkem obce. V rozvaděči je instalován třífázový elektroměr Enermet k měření spotřeby el.energie. Rozvaděč je vybaven novou elektrickou výzbrojí, spínání je provedeno soumrakovým spínačem a slouží jako řídicí zapínací místo pro oba rozvaděče. Chybí platná revizní zpráva dle ČSN 33 2000-6.



Obrázek 9 Fotodokumentace rozvaděče RVO-1

Popis vybavení RVO-1

Hlavní jistič : 3x80A

Napájecí síť : 3x400/230V 50Hz, TN-C

Jištění okruhů: větev1 - jistič B25A, větev2 - jistič B25A, větev3 - jistič B63A

Počet SM na RVO-1 : 130

Instalovaný příkon: 12 383 W

Krytí: IP 44

Rok výroby rozvaděče : 2007

Rozvaděč veřejného osvětlení RVO-2

Rozvaděč je plechový, umístěn na betonovém stožáru distribuční sítě nn. Pravidelná údržba rozvaděče není prováděna a vykazuje značné známky koroze. Důsledkem toho je elektrická výzbroj zastaralá a tudíž méně spolehlivá. Na dveřích chybí výstražná značka. Není vypracována platná revize dle normy ČSN 33 2000-6, tudíž zařízení není způsobilé bezpečného provozu.



Obrázek 10 Fotodokumentace rozvaděče RVO-2

Popis vybavení RVO-2

Hlavní jistič : 3x60A

Napájecí síť: 3x400/230V 50Hz, TN-C

Jištění okruhů : větev1- pojistka 50A, větev2 - pojistka 50A

Počet SM na RVO-2 : 73

Instalovaný příkon: 8065 W

Krytí : IP 40

Rok výroby rozvaděče : 1980

7.2.2 Podpěrný systém a rozvody

Slouží k nesení výložníků a svítidel. Převažují betonové stožáry nízkého napětí, ve vlastnictví ČEZ Distribuce a.s. V menší míře se vyskytuje umístění na vlastních dřevěných stožárech s betonovou patkou a ocelových stožárech. Z prohlídky a zpracovaného mapového pasportu, je rozdělení následující:

- SM na betonových stožárech (majetek ČEZ) 177ks
- SM na ocelových stožárech 11ks
- SM na dřevěných stožárech 15ks

Rozvod VO je většinou řešen holými AlFe vodiči. Za větrného počasí dochází k výpadkům osvětlení. Při částečné obnově, byly některé úseky nahrazeny samonosnými vodiči AES 2x 25mm². Těchto úseků je však malé procento. Vedení je řešeno jednofázově, to má za následek nerovnoměrné zatížení a vyšší hodnotu jističe před elektroměrem. Délky vedení byly určeny z katastrální mapy území a jsou následující:

- délka vedení k rozvaděči RVO-1 7332m
- délka vedení k rozvaděči RVO-2 4840m
- celková délka napájecího vedení 12172m

7.2.3 Svítidla

V osvětlovací soustavě jsou provozována svítidla nového typu (Philips Malaga, Empesort Zeus) a taktéž technicky zastaralá svítidla bez krytí světelné činné části za hranicí životnosti (Elektrosvit Svatobořice). Některé typy těchto svítidel jsou i technologicky nevhodně řešena, jelikož způsobují oslnění řidičů automobilu. Svítidla nejsou typově sjednocena a většinou jsou umístěna ob stožáry. K jedné větvi jsou připojeny světelné zdroje s odlišnou teplotou chromatičnosti a jsou prostřídány (např. sodíková výbojka s rtuťovou výbojkou), což může mít negativní vliv na zrakový systém a taky vzhledově na okolí. Při prohlídce v terénu bylo zjištěno, že svítidla jsou značně znečištěna, což má za následek snížení světelné účinnosti svítidla.



Obrázek 11 příklad zastaralých svítidel VO v obci Metylovice



Obrázek 12 příklad svítidla nového typu VO v obci Metylovice (Zeus, Philips Malaga)

7.2.4 Světelné zdroje

Ze zpracovaného pasportu a konzultací se servisním technikem, bylo zjištěno, že v soustavě převažují vysokotlaké sodíkové výbojky. Nemalý podíl také tvoří vysokotlaké rtuťové výbojky, které jsou z technicko-ekonomického hlediska nevhodné. V osvětlovací soustavě jsou v malém počtu instalovány svítidla s LED zdroji. Rozdělení je následující:

▪ Vysokotlaké sodíkové výbojky	136ks
▪ Vysokotlaké rtuťové výbojky	51ks
▪ Světelné diody (LED)	14ks
▪ Metalhalogenidová výbojka	2ks

Výměna světelných zdrojů není prováděna plošně, ale individuálně po dožití světelného zdroje. U světelných zdrojů nasazovaných do starých typů svítidel, je zvýšena poruchovost, vzhledem k neodpovídajícím parametrům původních předřadníků.

7.2.5 Posouzení údržby

Rozdělení údržby zařízení VO

- 1) Běžná údržba
- 2) Preventivní údržba
- 3) Odstraňování následků škod a vandalismu
- 4) Zajištění centrálního dispečinku a pohotovostní služby
- 5) Zajištění pravidelných revizí elektrických zařízení

Ze strany vlastníka VO je smluvně zajišťována jen běžná údržba, prováděna místním technikem. Na základě informací občanů o nefunkčnosti zařízení VO, dochází k výměnám světelných zdrojů. Výměna světelných zdrojů je prováděna při ukončení jejich fyzického života. Svítidla jsou vyměňována při přerušení funkčnosti svítidel, bez ohledu na dobu života svítidla.

Činnosti spojené s preventivní údržbou, jako hromadná výměna světelných zdrojů, prohlídka a čištění svítidel, nejsou prováděny. Pravidelné revize rozvaděčů nejsou prováděny. Doložena byla jen výchozí revize zrekonstruované části VO.

7.3 Zhodnocení výchozího stavu

Stávající osvětlovací soustava prošla částečnou obnovou, avšak svítidla nebyla vyměněna koncepčně. V soustavě jsou stále provozována svítidla překračující dobu života těchto svítidel. Procentní rozdělení je následující:

- Svítidla provozována od roku 2007 44,3%
- Svítidla za hranicí životnosti 55,6%

Nově provozována svítidla jsou Philips Malaga SGS 101 pro vysokotlakou sodíkovou výbojku o výkonu 70W. Svítidla jsou nasazována jednotlivě v rámci finančních možností obce, tudíž nejsou sjednocena a v osvětlovací soustavě působí neestetickým dojmem společně se zastaralými svítidly. Takovýto způsob obnovy je neúčelný a ve výsledku se značně prodraží.

Experimentálně bylo v osvětlovací soustavě nasazeno 14 LED svítidel Zeus o výkonu 58W. Tato realizace byla provedena firmou, bez předchozího předložení světelně-technického návrhu. Schází také kontrolní měření jasu komunikace po uvedení svítidel do provozu. Z předložených faktur je zřejmé, že svítidla jsou předražena oproti konkurenčním výrobkům. Tuto nejmenovanou firmu považují za nevěrohodnou v oblasti světelné techniky a do budoucna nedoporučují vzájemnou spolupráci.

7.3.1 Energetická náročnost osvětlovací soustavy

V osvětlovací soustavě veřejného osvětlení je v provozu 203 světelných míst. Rozdělení podle celkového příkonu svítidel je následující:

Tabulka 2 Rozdělení svítidel podle počtů a příkonů

Typ svítidla	Celkový příkon svítidla (W)	Počet svítidel (ks)
Svítidla pro sodíkovou výb.	82	133
	289	3
Svítidla pro rtuťovou výb.	135	51
Svítidla pro halogenidovou výb.	475	2
Svítidla s Led diodami	60	14

Celkový instalovaný příkon: 20 448 W

Celková spotřeba el. energie za rok : $20448 \cdot 11,24 \cdot 365 = 83890 \text{ kWh}$

Pro dobu provozu osvětlovací soustavy za den byla zvolena statistická hodnota 11,24 hodin.

7.3.2 Zatřídění komunikací v obci do třídy osvětlení [15, 16]

Abych mohl posoudit zda daná osvětlovací soustava vyhovuje normativním požadavkům, je potřeba zatřídít komunikace do příslušné třídy osvětlení. Je důležité správně zatřídít komunikace odpovídajícím jednotlivým třídám osvětlení z hlediska požadovaných hodnot. Musí postupovat důsledně v požadovaném sledu kroků.

Zatřídění pozemní komunikace III/48416 v obci

Stanovení parametrů dle ČSN CEN/TR 13201-1:

- Určení modelové situace
 - typická rychlost uživatele > 30 a < 60 km/h
 - hlavní uživatel motorový doprava, velmi pomalá vozidla, cyklisté
 - další povolený uživatel chodci

Z tohoto vyplývá zařazení do modelové situace **B2**

- Charakteristické parametry
 - směrově rozdělené komunikace ano
 - druhy křižovatek úroňové
 - hustota úroňových křižovatek < 3 křižovatky na km
 - kolizní oblast ne
 - geometrické opatření pro zklidnění dopravy ne

 - intenzita silničního provozu za den < 4000
 - intenzita cyklistického provozu normální
 - intenzita pěšího provozu normální
 - náročnost navigace normální
 - parkující vozidla nevyskytují se
 - rozeznání obličejů nepotřebné
 - riziko kriminality normální

 - složitost zorného pole normální
 - jas okolí venkovské prostředí
 - převažující počasí suché

Podle stanovené modelové situace a určených charakteristických parametrů jsem určil z tabulek pro doporučený rozsah tříd osvětlení a výběr z rozsahu tříd osvětlení **viz. příloha č.3**, doporučené zatřídění.

Doporučená třída osvětlení: ME5

Požadavky třídy osvětlení ME5 dle ČSN EN 13201-2:

Tabulka 3 Parametry třídy osvětlení ME5

třída osvětlení	L [cd/m²] (jas povrchu pozemní komunikace)	U0 (celková rovnoměrnost jasu)	U1 (podélná rovnoměrnost jasu)	TI [%] (omezující oslnění)	SR (činitel osvětlení okolí)
ME5	≥ 0,5	≥ 0,35	≥ 0,4	≤ 15	≥ 0,5

Zatřídění ulic, vedlejších a lesních cest v obci [16]

Jelikož ulice jsou rozsáhlé a hustota zalidnění není příliš vysoká, byla svítidla při realizaci v předešlých letech umístěna pouze v obytných částech a podle individuálních přání občanů. Osvětlení považujeme za orientační, a nemá smysl toto uspořádání měnit. Z hlediska těchto poznatků, jsem vybral třídu osvětlení S7 podle normy ČSN EN 13201-2.

Požadavky třídy osvětlení S7 dle ČSN EN 13201-2:

Tabulka 4 Parametry třídy osvětlení S7

třída osvětlení	\bar{E} [lx] (udržovaná hodnota)	E_{min} [lx] (udržovaná hodnota)
S7	velikost neurčena	velikost neurčena

7.3.3 Kontrolní měření jasu pozemní komunikace III/48416 [17, 18]

Měření jasu povrchu komunikace jsem provedl na dvou vybraných úsecích. Měření jsem provedl nepřímou metodou. Pomocí luxmetru jsem změřil osvětlenost $E(lx)$ komunikace a poté přepočítal na jas $L(cd \cdot m^{-2})$. V tomto odstavci uvedu důležité údaje a naměřené hodnoty. Kompletní protokoly o měření jsou zařazeny do **přílohy č.4 a č.5**.

Použité měřicí přístroje:

Luxmetr RadioLux 111

Rozsah: 0,001lx ÷ 360 klx ve 3 rozsazích

Výrobce: PRC Krochmann

Sériové číslo: No.100612

Přesnost: ± (2 % MH)

Kalibrace čidla V (λ) platná do: 04/2013

Měřil jsem v nočních hodinách při snížené intenzitě dopravy. Rozmístění kontrolních bodů pro měření jsem stanovil dle normy ČSN EN 13201-3, článku 7.1.4. Přepočet osvětlenosti E na jas L jsem provedl pomocí součinitele jasu povrchu komunikace $q(\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1})$. Podle doporučení pro tmavé povrchy komunikace jsem zvolil $q=0,07 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$.

Údaje ke komunikaci:

- počet jízdních pruhů : 2
- šířka jízdního pruhu : 3m
- komunikace je zařazena do třídy osvětlení ME5

7.3.3.1 Vyhodnocení pozemní komunikace III/48416 (oblast u školy)

- Svítidlo : Empesort Zeus 58/24-R
- Osazení : 1x24LED 58W
- Závěsná výška : 8m
- Rozteč SM : 69m (v tomto případě, jsou svítidla umístěná ob stožár)
- Osvětlovací soustava: jednostranná

Naměřené hodnoty

Tabulka 5 jízdní pruh 1 - u školy

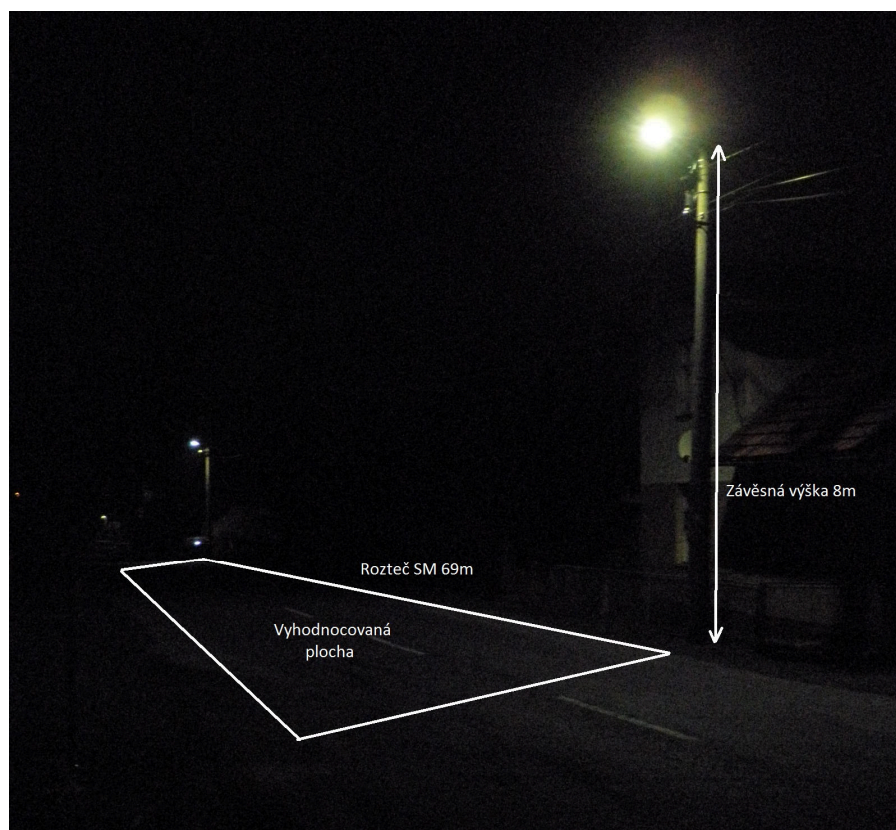
jízdní pruh 1	
Naměřená osvětlenost E_p (lx)	3,69
Udržovací činitel z	0,9
Udržovaná osvětlenost E_m (lx)	3,32
Minimální osvětlenost E_{min} (lx)	0,11
Rovnoměrnost r	0,03
Jas povrchu komunikace L (cd/m^2)	0,23

Tabulka 6 jízdní pruh 2 - u školy

jízdní pruh 2	
Naměřená osvětlenost E_p (lx)	2,41
Udržovací činitel z	0,9
Udržovaná osvětlenost E_m (lx)	2,17
Minimální osvětlenost E_{min} (lx)	0,14
Rovnoměrnost r	0,058
Jas povrchu komunikace L (cd/m^2)	0,15

Naměřené hodnoty jsem porovnal s normovanými pro třídu osvětlení ME5 a z výsledku je patrné, že měřená osvětlovací soustava neodpovídá požadavkům normy ČSN EN 13201-2.

Splnění požadavků normy : Osvětlovací soustava je nevyhovující



Obrázek 13 Fotodokumentace měřené komunikace, oblast u školy

7.3.3.2 Vyhodnocení pozemní komunikace III/48416 (oblast Dvořáček)

- Svítidlo : Svatobořice Ramínko
- Osazení : Philips Master SON 70W
- Závěsná výška : 7,5m
- Rozteč SM : 33m
- Osvětlovací soustava: jednostranná

Naměřené hodnoty

Tabulka 7 jízdní pruh 1 - Dvořáček

jízdní pruh 1	
Naměřená osvětlenost E_o (lx)	7,82
Udržovací činitel z	1
Udržovaná osvětlenost E_m (lx)	7,82
Minimální osvětlenost E_{min} (lx)	2,93
Rovnoměrnost r	0,37
Jas povrchu komunikace L (cd/m ²)	0,54

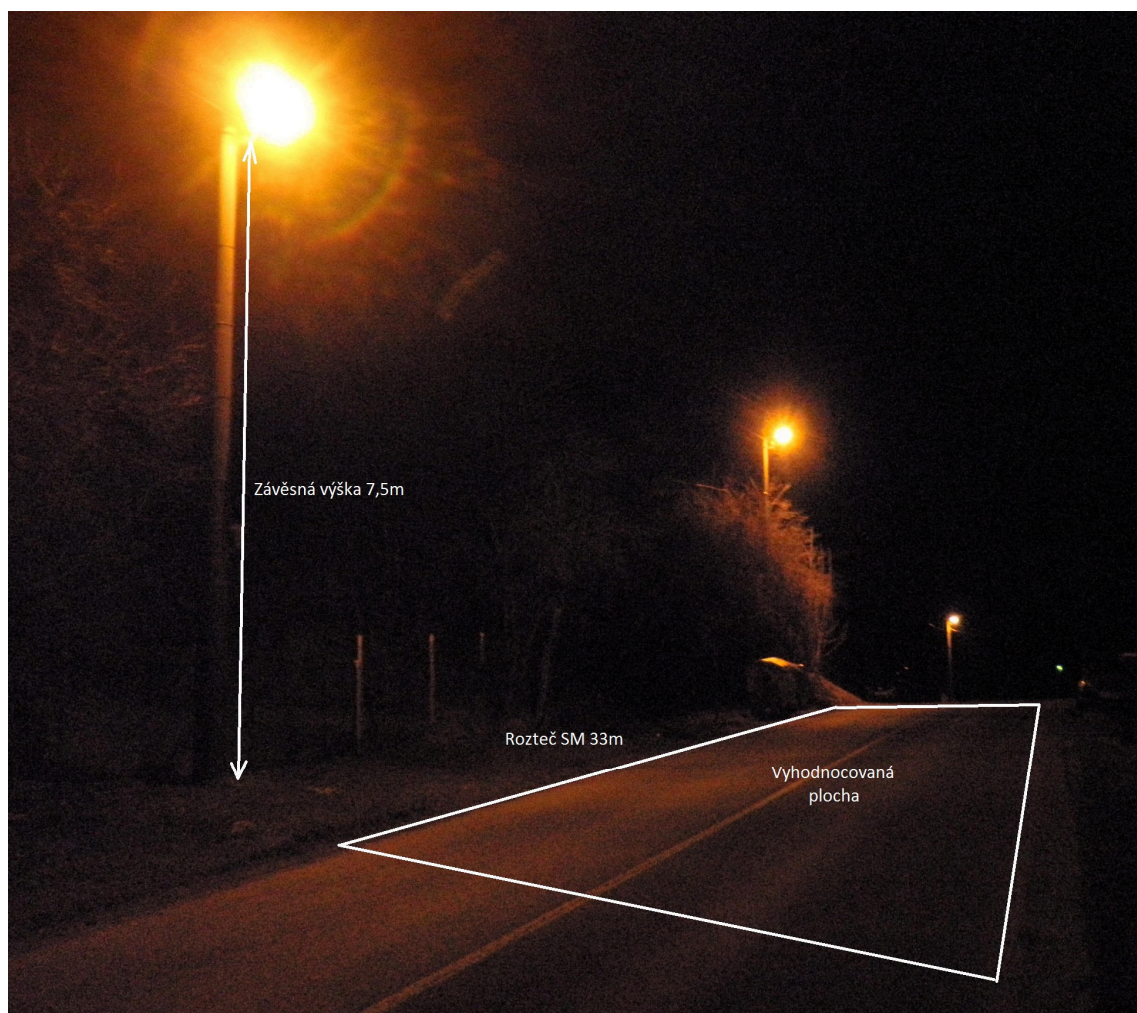
Tabulka 8 jízdní pruh 2 - Dvořáček

jízdní pruh 2	
Naměřená osvětlenost E_o (lx)	4,4
Udržovací činitel z	1
Udržovaná osvětlenost E_m (lx)	4,4
Minimální osvětlenost E_{min} (lx)	2,28
Rovnoměrnost r	0,52
Jas povrchu komunikace L (cd/m ²)	0,31

Naměřené hodnoty jsem porovnal s normovanými pro třídu osvětlení ME5. V jízdním pruhu 2 neodpovídá jas povrchu komunikace $L=0,31 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$ minimální požadované hodnotě $L=0,5 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$ dle normy ČSN EN 13201-2.

Splnění požadavků normy:

Osvětlovací soustava je nevyhovující



Obrázek 14 Fotodokumentace měřené komunikace, oblast Dvořáček

7.4 Návrh opatření ke snížení spotřeby energie a provozu

Vzhledem k vysokému procentu zastaralých svítidel a nedodržení požadavků normy na průtahové komunikace, je pro obec Metylovice vhodná celková rekonstrukce osvětlovací soustavy. Především kompletní výměna svítidel za moderní typy. Svítidla budou navrhována na stávající rozteče betonových stožárů nn. Investice do nových stožárů by byla pro obec velmi nákladná a ze stavebního hlediska nereálná.

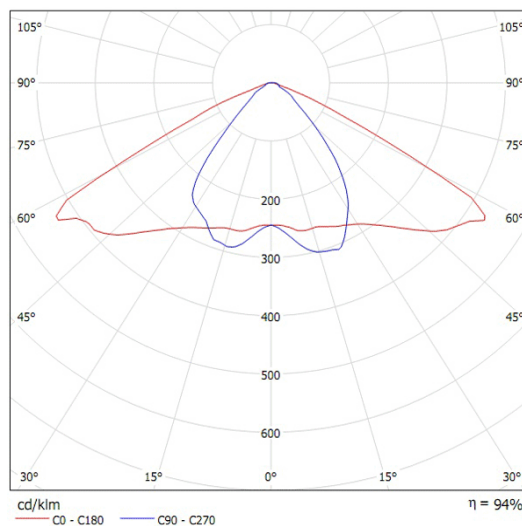
7.4.1 Návrh osvětlení ulic a vedlejších cest

Z hlediska zařídění do třídy osvětlení S7, kde požadavky na osvětlenost a rovnoměrnost nejsou určeny, osvětlení považujeme za orientační, lze zvolit svítidla s výrazně nižším příkonem než u stávajících svítidel, kde jsou převážně použity svítidla pro vysokotlaké sodíkové a rtuťové výbojky se příkonem 82W a 135W. V celkové výměře pak dosáhneme výrazného snížení příkonu osvětlovací soustavy v ulicích. Pro uliční svítidlo jsem zvolil svítidlo ALFA SL 1M od firmy Alfa Sp. z o.o.

Svítidlo ALFA SL 1M

Tabulka 9 Technické údaje ke svítidlu Alfa SL 1M [25]

typ svítidla		Alfa SL 1M
světelný zdroj		Philips Luxeon Rebel ES
světelný tok svítidla		2986 lm
celková spotřeba el. energie		36 W
krytí optické části		IP 65
odolnost vůči nárazu		IK 09
materiál	optický systém	PMMA
	tělo a kryt	hliník
rozměry d x š x v (mm)		310 x 110 x 100
váha		2,8 kg
rozsah pracovních teplot		-40 °C +60 °C
záruka		10 let
katalogový list		Příloha č.6



Obrázek 15 Svítidlo Alfa SL 1M s křivkou svítivosti [25]

7.4.2 Návrh osvětlení pozemní komunikace III/48416

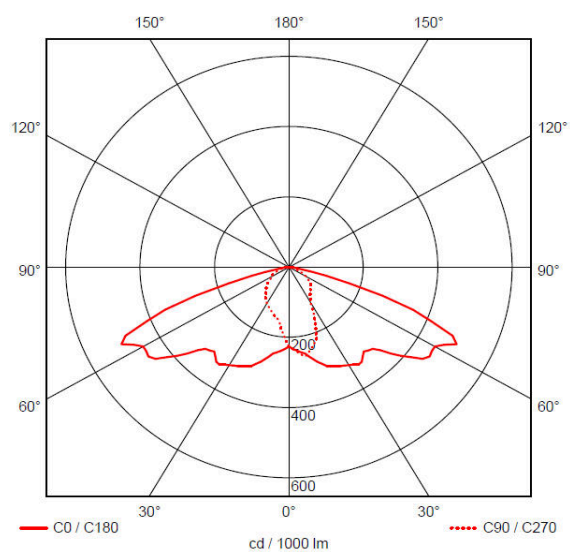
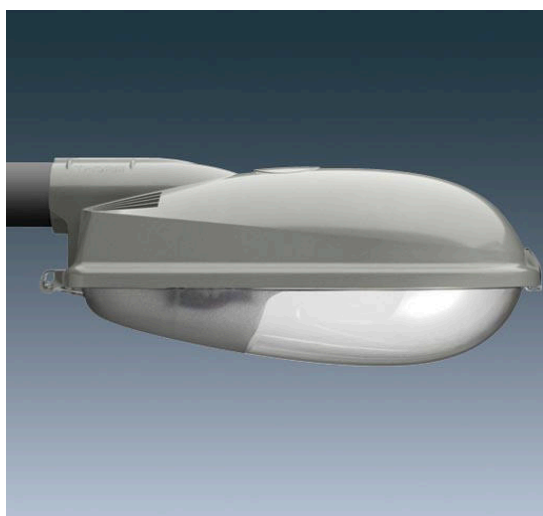
Návrh bude proveden v souladu s normou ČSN EN 13201-2, pro třídu osvětlení ME5. Z provedených měření je jasné, že stávající osvětlovací soustava neodpovídá požadavkům normy. Svítidla jsou umístěna ob stožár, při průměrné rozteči SM 70m a závěsné výšce 8m. Aby byly splněny požadavky normy pro třídu osvětlení ME5, uvažoval jsem umístění svítidel na každý stožár, což vede k navýšení počtu svítidel podél pozemní komunikace III/48416.

Jelikož rozteče stávajících betonových stožárů nejsou konstantní a pohybují se v rozmezí 30-40 m. V několika případech až 45m. Podle tohoto důsledku bude osvětlovací soustava navrhována na maximální rozteč stožárů. Návrh bude obsahovat dvě varianty, a to pro svítidla s vysokotlakými sodíkovými výbojkami, a svítidla s LED zdroji.

1.varianta - svítidlo Jet 2 od firmy Thorn Lighting CS, spol. s.r.o

Tabulka 10 Technické údaje ke svítidlu Jet2 Thorn [23]

typ svítidla	Jet 2 96252823	
světelný zdroj	Philips SON-T 70W E27	
celková spotřeba el. energie	84W	
krytí optické a elektronické části	IP 66	
odolnost vůči nárazu	IK 08	
materiál	optický systém	PMMA
	tělo a kryt	tlakově litý hliník
rozměry d x š x v (mm)	501 x 244 x 234	
váha	4,97 kg	
nastavitelná fotometrie	nastavitelná pozice výbojky	
třída ochrany	II	
katalogový list	příloha č. 7	



Obrázek 15 Svítidlo Jet2 Thorn s křivkou svítivosti [23]

2. varianta - svítidlo Claro 1 od firmy Artechnic - Schröder a.s.

Tabulka 11 Technické údaje ke svítidlu Claro1 Schreder [22]

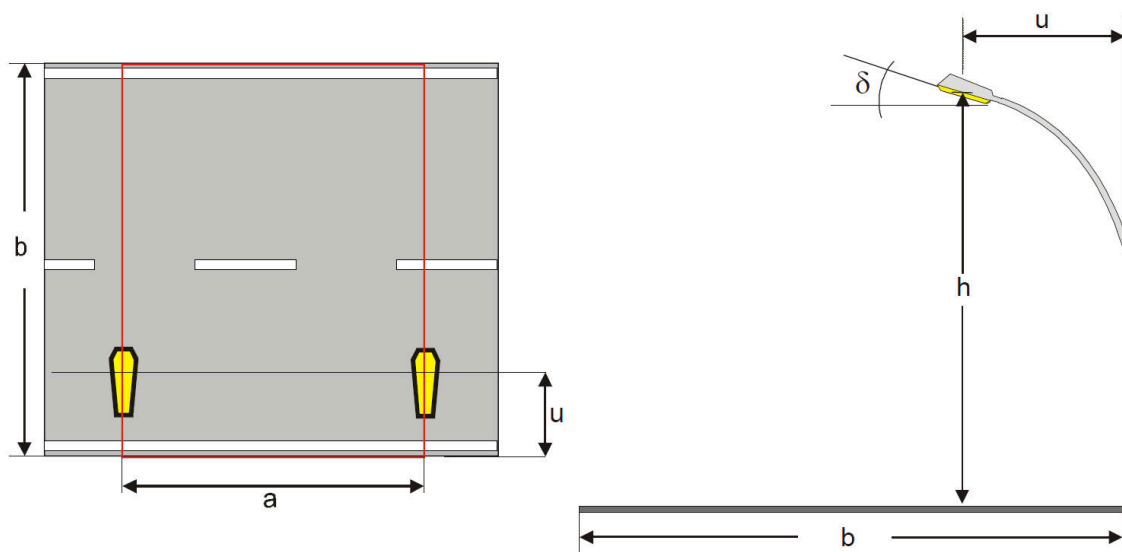
typ svítidla		CLARO 1 /42
světelný zdroj		Lumiled Rebel
světelný tok svítidla		5040 lm
celková spotřeba el. energie		51 W
krytí optické a elektronické části		IP 66
odolnost vůči nárazu		IK 08
materiál	optický systém	tvrzené sklo
	tělo a kryt	hliník
Rozměry d x š x v (mm)		537 x 230 x 112
Váha		5,7 kg
třída ochrany		I nebo II
katalogový list		Příloha č. 8



Obrázek 15 Svítidlo Claro1 Schreder s křivkou svítivosti [22]

7.4.3 Přehled výsledků

Návrh nové osvětlovací soustavy jsem provedl v programu Relux Professional pro výpočet osvětlení. Pro první variantu se svítidlem JET2 Thorn volím závěsnou výšku svítidla v 9m, jelikož pro rozteč 47m, což je největší rozteč mezi stožáry, vyhoví osvětlovací soustava svými parametry pro třídu osvětlení ME5. Svítidlo bude umístěno na hliníkovém výložníku V1/2000 a tento výložník bude upevněn na betonovém stožáru. U druhé varianty se svítidly Claro 1 Schröder jsem zvolil závěsnou výšku 7m, tj. na betonovém stožáru pod vedením nn. Tato varianta vyhoví na rozteč 42m. V místech, kde rozteč přesahuje 42m budou doplněny betonové stožáry s přidáním svítidla, abychom dodrželi požadované hodnoty třídy osvětlení ME5. Podle mapového pasportu jde o šest míst. Kompletní projekty návrhu nových osvětlovacích soustav jsou uvedeny v **příloze č.9 a č.10**



Obrázek 16 Uspořádání svítidel na komunikaci pro výpočet

Tabulka 12 Přehled vypočtených hodnot na komunikaci č. III/48416 v programu Relux

Název a výrobce svítidla	JET 2 Thorn	CLARO 1 Schröder
Profil komunikace	Bez odděleného provozu	
Šířka jízdního pruhu (b)	3m	
Počet jízdních pruhů	2	
Součinitel jasu povrchu vozovky	0,07 cd·m ⁻² ·lx ⁻¹	
Rozmístění svítidel	Jednostranná pravá	
Výška světelného bodu (h)	9m	7m
Rozteč světelných míst (a)	47m	42m
Přesah svítidel (u)	-1m	
Naklonění svítidel (δ)	0°	
Udržovací činitel	0,8	
	Jas	
	Poloha pozorovatele 1	
Průměrná hodnota L	0,5 cd·m ⁻²	0,5 cd·m ⁻²
Rovnoměrnost U0	0,6	0,59
Podélná rovnoměrnost U1	0,47	0,4
	Poloha pozorovatele 2	
Průměrná hodnota L	0,52 cd·m ⁻²	0,53 cd·m ⁻²
Rovnoměrnost U0	0,59	0,61
Podélná rovnoměrnost U1	0,55	0,49
Prahový přírůstek TI	11%	15%
Činitel osvětlení okolí	0,85	0,75

7.5 Ekonomické vyhodnocení navržených variant

7.5.1 Porovnání spotřeby el. energie nových variant a stávající soustavy

Z pasportu veřejného osvětlení obce Metylovice viz. příloha č.2, dostaneme potřebné údaje o počtu svítidel v ulicích a na průtahové komunikaci a jejich příkonu. Pro výpočet spotřeby el. energie, jsem uvažoval průměrnou denní dobu provozu 11,24 hodin. Do příkonu svítidel je zahrnut příkon světelného zdroje a příkon předřadníku.

Energetická bilance stávajícího stavu

Celkový počet SM	203
Počet SM v ulicích	150
Počet SM na průtahové komunikaci	53
Příkon svítidel v ulicích	13 440W
Příkon svítidel na průtahové komunikaci	7008W
Celkový příkon všech svítidel	20 448W

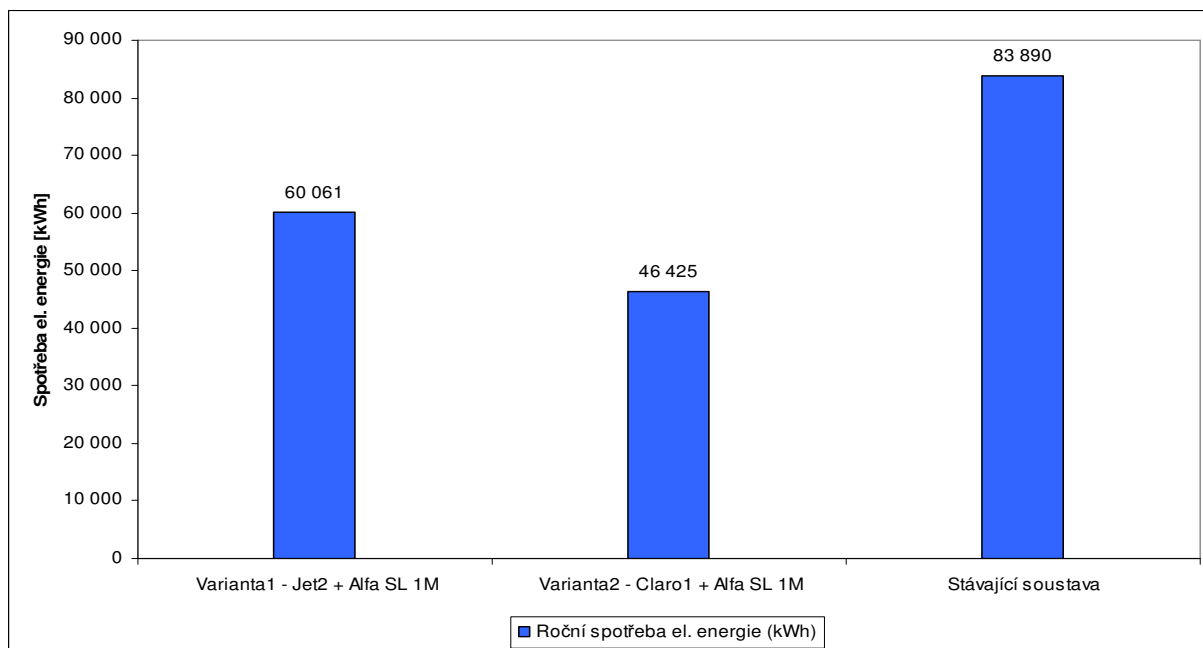
Stávající osvětlovací soustava podél pozemní komunikace III/48416 neodpovídá parametrům pro třídu osvětlení ME5 dle normy ČSN EN 13201-2. Svítidla jsou umístěna ob stožár. Pro dodržení parametrů třídy normy, budou svítidla umístěna na každý stožár. Celkový počet svítidel na pozemní komunikaci III/48416 se tak zdvojnásobí. Pro dosažení úspory el. energie jsou v ulicích uplatněna svítidla Alfa o nízkém příkonu, která podstatně sníží spotřebu el. energie. Uliční osvětlení je uvažováno pro obě varianty stejně.

Tabulka 13 Celkový příkon navržených osvětlovacích soustav

	1.varianta	2.varianta
Typ svítidla pro ulice	Alfa SL 1M	
Počet svítidel (ks)	150	
Příkon svítidla (W)	36	
Příkon svítidel v ulicích (ks)	5400	
Typ svítidla pro průtahovou komunikaci	Jet 2 Thorn	Claro 1 Schröder
Celkový příkon svítidla (W)	84	51
Počet svítidel (ks)	110	116
Příkon svítidel na pozemní komunikaci (W)	9240	5916
Celkový příkon osvětlovací soustavy (W)	14 640	11 316
*Pozn. Abychom splnili požadavky třídy osvětlení ME5, jsou pro 2.variantu přidány stožáry a svítidla v šesti místech osvětlovací soustavy. Jedná se o rozteče větší než 42m.		

Tabulka 14 Roční spotřeba el. energie navržených variant a stávajícího stavu

	1.varianta	2.varianta	stávající stav
Celkový příkon OS (W)	14640	11316	20448
Denní spotřeba el. energie (kWh)	164,55	127,19	229,84
Roční spotřeba el. energie (kWh)	60 061	46 425	83 890

**Graf 1** Roční spotřeba el. energie navržených variant a stávající soustavy

7.5.2 Investiční náklady navržených variant

Ceny pro výpočet investičních nákladů byly převzaty z katalogů firem Artechnic - Schröder, a.s. [21], Thorn Lighting CS, spol. s.r.o [22], katalog firmy Alfa Sp. z o.o. [24], ostatní ceny byly získány od správce veřejného osvětlení Ostravských komunikací a.s.. Ceny jsou bez DPH.

Tabulka 15 Investiční náklady Varianty 1 se svítidlem JET2 a Alfa SL 1M

	množství	Kč/J	Celkem Kč
Svítidlo Jet 2 96252823 (ks)	110	2650	291 500
Philips SON-T 70W E27 (ks)	110	128	14080
Svítidlo Alfa SL 1M (ks)	150	5950	892 500
Výložník V1/2000 hliníkový (ks)	110	1500	165 000
Držák svítidel-trubkový (ks)	150	249	37 350
Nosič svítidel-pozink (ks)	260	298	77 480
Demontáž původních svítidel včetně likvidace (ks)	203	106	21 518
Montáž svítidla včetně nosných prvků (ks)	260	370	96 200
Montážní plošina s obsluhou (h)	90	450	40 500
Celkové investiční náklady			1 636 128

Tabulka 16 Investiční náklady Varianty 2 se svítidlem Claro1 a Alfa SL 1M

	množství	Kč/J	Celkem Kč
Svítidlo Claro 1 (ks)	116	15735	1 825 260
Svítidlo Alfa SL 1M (ks)	150	5950	892 500
Držák svítidel-trubkový (ks)	266	249	66 234
Nosič svítidel-pozink (ks)	266	298	79 268
Demontáž původních svítidel včetně likvidace (ks)	203	106	21 518
Zemní práce, montáž a cena stožáru EPV 9/6	6	11940	71640
Montáž svítidla včetně nosných prvků (ks)	260	370	96 200
Montážní plošina (h)	90	450	40 500
Celkové investiční náklady			3 093 120
*Pozn. Abychom splnili požadavky třídy osvětlení ME5, jsou pro tuto variantu přidány stožáry a svítidla v šesti místech osvětlovací soustavy. Jedná se o rozteče větší než 42m.			

7.5.3 Náklady na el. energii

Pro výpočet nákladů na el. energii uvažuji cenu el. energie 2,45 Kč/kWh bez DPH pro rok 2013. Cenu el. energie jsem vypočetl z faktury za el. energii veřejného osvětlení v obci Metylovice. Průměrný meziroční nárůst el. energie pro daný cenový produkt jsem stanovil na 5,5%, spočtený z plateb za el. energii z předchozích období. Denní dobu provozu uvažuji 11,24 hodin, což je průměrná statistická hodnota.

Tabulka 17 Náklady na el. energii za jeden rok

	1.varianta	2.varianta	stávající
Roční spotřeba el. energie (kWh)	60 061	46 425	83 890
Náklady na el. energie za rok 2013 (Kč)	147 150	113 741	205 531

Náklady na el. energii pro rok 2013 lze snížit realizací jakékoliv z obou variant, i za cenu zvýšení počtu svítidel podél hlavní komunikace obcí. V případě varianty 1 dosáhneme snížení ceny el. energie o **28%**, tj. **58 381 Kč** oproti stávajícímu stavu. V případě varianty 2 dosáhneme snížení ceny el.energie o **45%**, tj. **94 864 Kč** oproti stávajícímu stavu.

7.5.4 Celkové a provozní náklady na dobu 15 let

Dobu života osvětlovací soustavy vzhledem k moderním světelným zdrojům jsem stanovil na 15 let. Za tuto dobu dojde čtyřikrát k výměně světelných zdrojů u svítidel pro sodíkové výbojky, tj. co 3 roky. Současně bude i provedena prohlídka a čištění svítidla. U svítidel s LED diodami, je ve výpočtu provozních nákladů uvažováno očištění svítidla a to dvakrát po dobu života osvětlovací soustavy, tj. co 5 let. Zda má toto čištění smysl, musí posoudit správce v průběhu provozování osvětlovací soustavy. Pro porovnání jsem předpokládal pravidelnou výměnu světelných zdrojů i u stávající soustavy. Ve skutečnosti však k preventivní údržbě u stávající soustavy v předešlých letech nedocházelo.

Pro výpočet nákladů na el. energii za 15 let jsem uvažoval průměrný meziroční nárůst ceny el. energie o 5,5%, spočtený z plateb za el. energii z předchozích období.

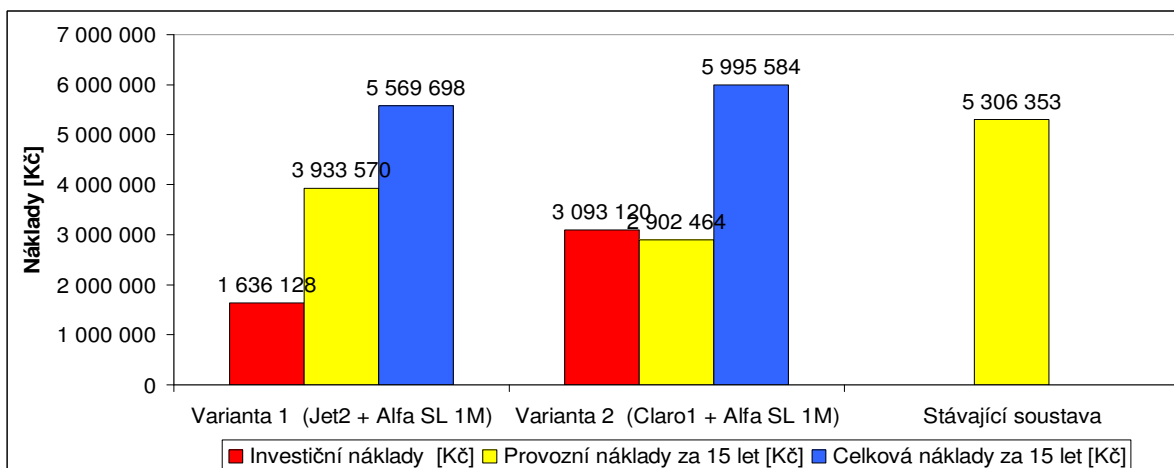
Tabulka 18 Provozní náklady na 15 let

	Varianta 1	Varianta 2	stávající
Náklady na el. energii za 15 let (Kč)	3 625 930	2 802 714	5 064 505
Náklady na jeden cyklus preventivní údržby klasických svítidel (Kč)	48 785	-	60 462
Náklady na jeden cyklus preventivní údržby LED svítidel (Kč)	28 125	49 875	-
Náklady na preventivní údržbu za 15let (Kč)	307 640	99 750	241 848
Provozní náklady za 15 let (Kč)	3 933 570	2 902 464	5 306 353

Náklady na preventivní údržbu zahrnují cenu světelných zdrojů a cenu montážní plošiny s obsluhou. Hodinová cena montážní plošiny s obsluhou činí 750 Kč. Údržba jednoho svítidla trvá asi 15 minut. Ceny jsou uváděny bez DPH. Ve skutečnosti budou provozní náklady samozřejmě jiné, jelikož růst ceny el. energie může být jiný a ceny za služby spojené s preventivní údržbou se mění.

Tabulka 19 Celkové náklady za 15 let

	Varianta 1	Varianta 2
Provozní náklady za 15 let (Kč)	3 933 570	2 902 464
Investiční náklady (Kč)	1 636 128	3 093 120
Celková náklady za 15 let (Kč)	5 569 698	5 995 584



Graf 2 Přehled nákladů navržených osvětlovacích soustav a stávající soustavy

7.5.5 Investiční náklady na výměnu stávajícího rozvodu závěsným kabelem AES

Stávající vedení provedené AlFe vodiči, je již za hranicí životnosti. V rámci obnovy VO v obci Metylovice se počítá i s výměnou stávajícího vedení za třífázový závěsný kabel AES 4x25. Kabel bude tvořit páteřní vedení pro rozvod VO. Průřez je zvolen s rezervou pro případné připojení dalších SM a taky podle zkušeností z provozování VO. Výhodou náhrady trojfázovým kabelem je rozfázování osvětlovací soustavy, čímž zajistíme rovnoměrné zatížení na jističi před elektroměrem a hodnota tohoto jističe může být nižší. Další výhodou je vyšší přenosová schopnost a spolehlivost. Při zhoršených povětrnostních podmínkách nedochází k výpadkům a obsluha tedy nemusí vyjíždět neustále měnit pojistky. Ceny pro rozpočet jsou uváděny bez DPH.

Tabulka 20 Investiční náklady na samonosný izolovaný kabel AES

Závěsný kabel AES včetně příslušenství a montáže	množství	Kč/J	Celkem Kč
kotevní svorka pro 4x25 (ks)	40	180	7 200
závěsná svorka pro 4x25 (ks)	86	275,3	22 128
odbočná svorka pro AES25 / CY1,5 (ks)	220	121	26 620
odbočná svorka pro AES25 / AYKY (ks)	100	133	13 300
hák pro závěsnou svorku (ks)	86	77	6 622
kotevní třmenová objímka (ks)	106	257,3	27 274
napínací šroub oko-hák (ks)	30	120	3 600
kabelová spojka pro kabely (ks)	5	1482	7 410
kabelová koncovka (ks)	24	126	3 024
Samonosný izolovaný vodič AES 4x25 (m)	3850	64,5	248 325
kabel AYKY 4Bx25 (m)	50	77	3 850
kabel CYKY-J 3x1,5 (m)	550	22,5	12 375
pořez			7 586
Uzemnění			
přízemnění PEN vč. bleskojistky, svodu, zemnicí tyče, svorek (ks)	13	4475	35 800
Demontáže			
Demontáž stávajícího vedení (m)	3715	13,5	50 153
Náklady spojené s instalací a uvedením do provozu			
připojení VO, provizorní provoz (hod)	15	300	4 500
výchozí revize, měření, vypracování zprávy (hod)	35	350	12 350
Provizorní dopravní značení			3 000
Celkové náklady (Kč)			512 981

7.6 Hodnocení předběžně navržených osvětlovacích soustav dle KPI

Porovnání předběžně navržených osvětlovacích soustav jsem provedl podle výpočtové formule Tedas. Podle této formule jsem spočetl investiční náklady (INC), náklady na energii (EN) a náklady na údržbu (MC). Výpočet je zaměřen na osvětlovací soustavu pro pozemní komunikaci III/48416 obcí Metylovice, a to v prvním případě pro svítidla s vysokotlakými sodíkovými výbojkami JET2 a v druhém případě pro svítidla s LED diodami Claro1. Tedas formuli jsem vhodně upravil pro řešenou osvětlovací soustavu.

cn	počet konzolí
cp	cena konzole (cena se vztahuje na nosič, držák nebo výložník svítidla včetně montáže)
n	počet svítidel
lpr	jednotková cena svítidla (zahrnuje cenu montáže)
ln	počet zdrojů
lapr	jednotková cena zdroje
lampr	jednotková cena montáže zdroje
cl	délka kabelu
clp	cena kabelu / metr (zahrnuje cenu montáže)
Pi	výkon svítidla (W)
He	cena za 1 kWh elektrické energie
bh	denní doba provozu
mcl	náklady na údržbu jednoho svítidla včetně montážní plošiny
rp	perioda preventivní údržby (rok)

Osvětlovací soustava se svítidly JET2

Tabulka 21 Ceny jednotlivých ukazatelů pro variantu se svítidly Jet2 Thorn

cn	cp	n	lpr	ln	lapr	cl	clp	Pi	He	bh	mcl	rp
ks	Kč	ks	Kč	ks	Kč	m	Kč/m	kW	Kč/kWh	hod	kč	rok
110	1956	110	2862	110	128	3715	135	0,084	2,45	11,24	187,5	3

Investiční náklady (INC)

$$INC = cn \cdot cp + n \cdot (lpr + lapr) + cl \cdot clp$$

$$INC = 110 \cdot 1956 + 110 \cdot (2862 + 128) + 3715 \cdot 135 = 1\,045\,585 \text{ Kč}$$

Náklady na energii (EN)

$$EN = n \cdot Pi \cdot He \cdot bh = 110 \cdot 0,084 \cdot 2,45 \cdot 365 \cdot 11,24 = 92875 \text{ Kč}$$

Náklady na údržbu (MC)

$$MC = \frac{ln \cdot lapr + n \cdot mcl}{rp} = \frac{110 \cdot 128 + 110 \cdot 187,5}{3} = 11\,568 \text{ Kč}$$

Osvětlovací soustava se svítidly CLARO1

Tabulka 22 Ceny jednotlivých ukazatelů pro variantu se svítidly Claro1 Schreder

cn	cp	n	lpr	cl	clp	Pi	He	bh	mcl	rp
ks	Kč	ks	Kč	m	Kč/m	kW	Kč/kWh	hod	kč	rok
116	705	116	15947	3715	135	0,051	2,45	11,24	187,5	5

Investiční náklady (INC)

$$INC = cn \cdot cp + n \cdot (lpr + lapr) + cl \cdot clp$$

$$INC = 116 \cdot 705 + 116 \cdot 15947 + 3715 \cdot 135 = 2\,433\,157 \text{ Kč}$$

Náklady na energii (EN)

$$EN = n \cdot Pi \cdot He \cdot 365 \cdot bh = 116 \cdot 0,051 \cdot 2,45 \cdot 365 \cdot 11,24 = 59\,463 \text{ Kč}$$

Náklady na údržbu (MC)

$$MC = \frac{ln \cdot mcl}{rp} = \frac{116 \cdot 187,5}{5} = 4350 \text{ Kč}$$

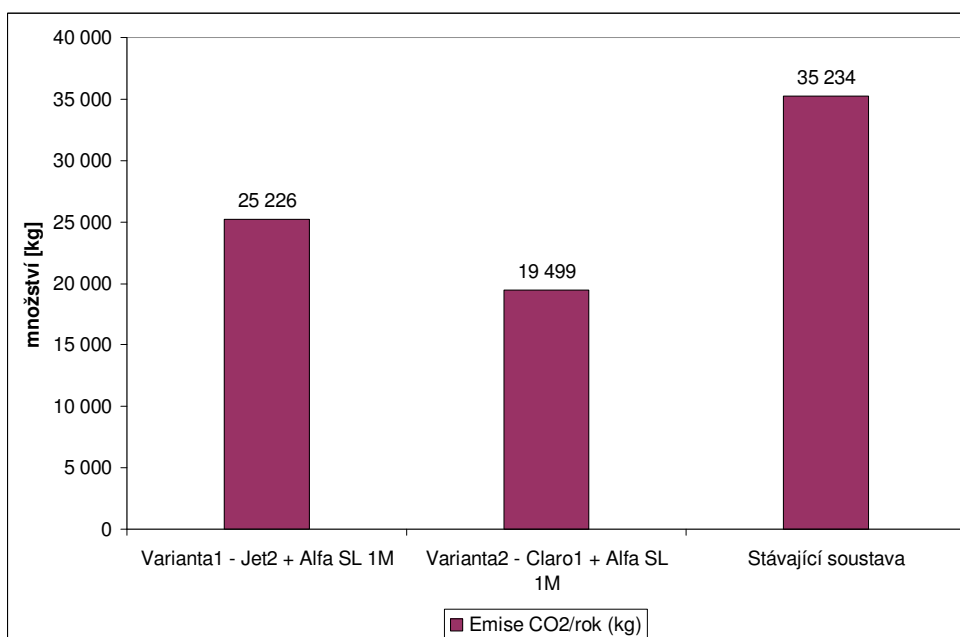
7.7 Environmentální vyhodnocení

Posouzení zátěže životního prostředí jsem provedl pro navržené varianty a stávající stav. V tomto případě se uplatňuje znečišťující látka oxid uhličitý. Provozováním osvětlovací soustavy se při spotřebě 1kWh uvolňuje 0,42 kg oxidu uhličitého. Tento údaj jsem získal z brožury pro osvětlení komunikací firmy Thorn Lighting.

Tabulka 23 Emise oxidu uhličitého za rok navržených variant a stávající soustavy

	1.varianta	2.varianta	stávající stav
Roční spotřeba el. energie (kWh)	60 061	46 425	83 890
Emise CO ₂ /rok (kg)	25 226	19 499	35 234

Z výsledku je patné, že ke snížení emisí CO₂ dojde u obou navržených variant. Nejvíce však u druhé varianty se svítidly s Led diodami Claro 1 a Alfa SL 1M. V tomto případě dojde ke snížení emisí oxidu uhličitého oproti stávajícímu stavu o 15 735 kg za rok, tj. o 45%. S ohledem na životní prostředí je výhodou svítidel s Led diodami i to, že neobsahují škodlivou rtuť.



Graf 3 Emise oxidu uhličitého za rok navržených variant a stávající soustavy

7.8 Závěrečné posouzení

Stávající osvětlovací soustava prošla částečnou výměnou svítidel. Tato výměna neproběhla koncepčně, a nebyly dodrženy normativní požadavky pro osvětlení komunikací. Dominantní část osvětlovací soustavy je stále za dobou životnosti a kromě toho, že nesplňuje požadované vlastnosti, tak neekonomicky spotřebovává elektrickou energii.

V auditu byly zpracovány dvě varianty řešení s cílem úspory el. energie a dodržení světelných parametrů daných normou ČSN EN 13201-2. U obou navržených variant došlo k výraznému snížení provozních nákladů za 15 let vzhledem ke stávajícímu stavu. U varianty 1 to je snížení o 1 372 783 Kč a u varianty 2 to je snížení o 2 902 464 Kč. Pokles nákladů na elektrickou energii je u varianty 1 o 28% a u varianty 2 o 46%. Investiční náklady pro variantu 1 činí 1 636 128 Kč a pro variantu 2 činí 3 093 120 Kč. Ačkoliv vyšších úspor dosáhneme v případě varianty 2, vzhledem k finančním možnostem obce Metylovice bych doporučil rekonstrukci podle varianty 1 se Svítidly Jet 2 Thorn pro pozemní komunikaci obcí č. III/48416 a se svítidly Alfa SL 1M pro ulice.

Do budoucna je vhodné nechat vypracovat generel, plán údržby a zavést digitální pasport VO pro obec Metylovice.

8 Možnosti získávání dotací na obnovu VO

V rámci obnovy veřejného osvětlení je dobré a účelové zažádat o dotaci z poskytovaných dotačních programů ministerstev a krajských úřadů.

Ministerstvo průmyslu a obchodu poskytuje dotace z programu Efekt podporující energetické úspory a obnovitelné zdroje energie. Konkrétněji se jedná o komplexní opatření ke snížení energetické náročnosti osvětlovacích soustav, určena pro obce a městské části. Ministerstvo se podílí na investičních nákladech z 40%, a maximální výše dotace je stanovena na 3 000 000 Kč. Podpora je určena pro osvětlovací tělesa a řídicí systémy. Nikoli pro konstrukční prvky a kabeláž. Realizaci musí být dosažena úspora minimálně 20%. Výběrovým kritériem je zejména výše úspory el. energie, a doba návratnosti investic. Součástí žádosti o dotaci je energetický audit s vyčíslením výše úspor el. energie, snížení emisí, a předpokládanou dobou návratnosti [26].

Další možností získání dotace na obnovu VO je z Krajského úřadu moravskoslezského kraje. Jedná se o program podpory obnovy a rozvoje venkova na rekonstrukci veřejného osvětlení. Dotace je určena pro obce s počtem obyvatel do 2500 a svazek obcí v území Moravskoslezského kraje, ne však pro městské části. Jelikož se jedná o veřejnou službu, kraj se podílí na investičních nákladech projektu z 65%, a maximální výše dotace je stanovena na 550 000 Kč. Součástí žádosti o dotaci je nákladový rozpočet projektu [27].

Výhledově se rýsuje i možnost získání dotace z Ministerstva životního prostředí. Ministerstvo chce žádat z evropských fondů dotace i na veřejné osvětlení. Jednání mezi Ministerstvem a Evropskou komisí jsou zatím na začátku [28].

9 Závěr

Cílem mé diplomové práce bylo seznámit se s osvětlovacími soustavami VO, energetickým auditem, zpracovat metodiku vyhodnocování energetického auditu VO a následně dle této metodiky vypracovat energetický audit obce Metylovice.

V úvodní kapitole jsem se zabýval osvětlovacími soustavami veřejného osvětlení po teoretické stránce. Popsal jsem světelné zdroje používané pro VO, jejich vývoj a použití v jednotlivých aplikacích. K používaným typům světelných zdrojů jsem popsal svítidla, jejich konstrukční prvky, používané materiály a technologie k usměrňování světelného toku do prostoru komunikace. Součástí každé osvětlovací soustavy VO je i podpěrný systém a rozvody. Následující podkapitoly řeší používané typy stožárů a vedení pro VO, jejich provedení a použití.

V další kapitole jsem se zabýval energetickým auditem, který řeší zákon č. 406/2000Sb. *o hospodaření energií* a jeho prováděcí vyhláška č. 213/2001Sb. *o podrobnostech náležitostí energetického auditu*. Popsal jsem obsah energetického auditu, povinnost jeho zpracování, požadavky od investora a výstupy energetického auditu.

Následující kapitola řeší aplikaci energetického auditu na VO. Jelikož k této problematice není zpracován žádný dokument nebo norma, vyšel jsem z obecně platné legislativy. Podle vyhlášky č. 213/2001Sb. a dostupných informací jsem zpracoval metodiku energetického auditu VO. Podle této metodiky jsem pak řešil praktickou část této práce.

Poslední kapitola teoretické části řeší hodnocení soustavy VO dle výkonnostních ukazatelů KPI. Výkonnostní ukazatele si volí správce VO a může jich být libovolné množství. Tyto námi zvolené ukazatele pak aplikujeme na výpočtové formule podle kterých můžeme porovnávat osvětlovací soustavy a plánovat budoucí investice. Uvedl jsem tři výpočtové formule a to Finskou, Philips a Tedas.

V praktické části této práce jsem řešil energetický audit VO v obci Metylovice. Jelikož obec nevedla evidenci majetku VO, zpracoval jsem po vzájemných konzultacích a prohlídkách v terénu datový a mapový pasport VO Metylovice. Na základě těchto dokumentů jsem vypracoval energetickou bilanci a popis stávajícího stavu. Dále jsem provedl zatřídění pozemní komunikace obcí č. III/48416 dle ČSN CEN/TR 13201-1 do třídy osvětlení ME5. Ulice a vedlejší komunikace byly zařazeny do třídy osvětlení S7, kde požadavky na osvětlení nejsou určeny a tato část osvětlovací soustavy slouží jako orientační osvětlení. Pro ověření splnění požadovaných parametrů dle třídy osvětlení ME5, jsem provedl měření pozemní komunikace obcí metodou nepřímou. Luxmetrem jsem změřil osvětlenost na vybraných úsecích a přepočtl na jas pomocí součinitele jasu povrchu komunikace. Výsledky z měření neodpovídají požadavkům třídy osvětlení ME5 a osvětlovací soustava je tak nevyhovující. Pro snížení energetické náročnosti a splnění požadavků normy, jsem navrhl dvě varianty řešení rekonstrukce VO. Nová osvětlovací soustava je řešena pro stávající stožáry, jejichž rozteče však nejsou jednotné. Návrh je tedy proveden na maximální rozteč stožárů. Pro 1.variantu jsem zvolil svítidlo Jet2 pro vysokotlakou sodíkovou výbojku od firmy Thorn lighting a pro 2.variantu jsem zvolil svítidlo Claro1 se světelnými diodami od firmy Artechnic - Schröder. Tyto svítidla zvolena pro pozemní komunikací obcí zařazenou do třídy osvětlení ME5. Pro ulice a vedlejší komunikace jsem zvolil pro obě varianty stejné svítidlo Alfa SL 1M se světelnými diodami. Vlivem jeho nízkého příkonu došlo k podstatnému snížení energetické náročnosti. U 1.varianty se svítidlem

Jet2 dojde ke snížení spotřeby el. energie o 28% vzhledem ke stávajícímu stavu. U 2.varianty se svítidlem Claro1 dojde ke snížení o 46% vzhledem ke stávajícímu stavu. Pro obě varianty jsem spočetl investiční náklady na realizaci a celkové provozní náklady na 15 let s meziročním růstem el. energie o 5,5% včetně započtení pravidelné preventivní údržby. Investiční náklady pro variantu1 činí 1 636 128 Kč a pro variantu2 činí 3 093 120 Kč. Provozní náklady na 15 let u varianty1 činí 3 933 570 Kč a u varianty2 činí 2 902 464 Kč. Pro předběžně navržené osvětlovací soustavy podél pozemní komunikaci, zařazenou do třídy ME5, jsem pro jejich vzájemné porovnání spočetl investiční náklady a náklady na energii a údržbu podle výpočtové formule Tedas. Dále jsem v rámci obnovy VO navrhl rozpočet na výměnu stávajícího rozvodu, provedeného holými vodiči AlFe, samonosným izolovaným kabelem AES. Důvodem je zvýšení spolehlivosti a přenosových schopností a taky to, že stávající rozvod je na konci své životnosti. Dalším částí bylo stanovení emisí oxidu uhličitého při provozování osvětlovacích soustav. U obou variant došlo ke snížení emisí oxidu uhličitého, vzhledem ke stávajícímu stavu. V závěrečném posouzení jsem vzhledem k finančním možnostem obce doporučil 1.variantu se svítidlem Jet2 podél pozemní komunikace obcí a se svítidlem Alfa SL 1M pro ulice a vedlejší komunikace.

V poslední kapitole jsem vypsál možnosti získání dotace na obnovu VO z dotačních programů.

Obec Metylovice si podala žádost na grant z dotačního programu pro obnovu a rozvoj venkova, který zprostředkovává Krajský úřad Moravskoslezského kraje. Pokud bude dotace obci schválena, obnova osvětlovací soustavy bude realizována. Jedna z mnou navržených variant bude pravděpodobně využita k realizaci. V návaznosti na tuto práci lze po realizaci navržené osvětlovací soustavy provést nová světelně-technická měření a porovnat s vypočtenými hodnotami v návrhu.

Literatura

- [1] Sokanský, Karel a kolektiv. *Potenciál energetických úspor veřejného osvětlení v ČR*. Ostrava, 2007. Dostupné z: <http://www.csorsostrava.cz/index_publikace.htm>
- [2] Doporučené standardy pro zařízení veřejného osvětlení. [on-line]. Dostupné z: <<http://www.srvo.cz/info-database>>
- [3] Habel, Jiří. *Světelná technika a osvětlování*. Praha: FCC Public spol. s. r. o., 1995. ISBN 80-901985-0-3
- [4] Dvořáček, V. Světelné zdroje - vysokotlaké sodíkové výbojky. *Světlo-časopis pro světelnou techniku a osvětlování* [on-line]. 2009/3. Dostupný z: <http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=39197>
- [5] Dvořáček, V. Světelné zdroje - vysokotlaké halogenidové výbojky. *Světlo-časopis pro světelnou techniku a osvětlování* [on-line]. 2009/1. Dostupný z: <http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=38556>
- [6] Dvořáček, V. Světelné zdroje - indukční výbojky. *Světlo-časopis pro světelnou techniku a osvětlování* [on-line]. 2009/1. Dostupný z: <http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=39389>
- [7] Dvořáček, V. Světelné zdroje - světelné diody. *Světlo-časopis pro světelnou techniku a osvětlování* [on-line]. 2011/2. Dostupný z: <http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=43461>
- [8] Maixner, T. Světelné diody ve veřejném osvětlení. *Světlo-časopis pro světelnou techniku a osvětlování* [on-line]. 2011/1. Dostupný z: <http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=43028>
- [9] Energetický audit [on-line]. Dostupný z: <<http://www.energeticke-prukazy.cz>>
- [10] Ekowatt, Centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie [on-line]. Dostupný z: <<http://www.ekowatt.cz>>
- [11] Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií. 2000.
- [12] Vyhláška č. 213/2001 Sb., o podrobnostech náležitostí energetického auditu. 2001.
- [13] VŠB – Technická univerzita Ostrava, *Kurz osvětlovací techniky XXVIII*, Hodnocení VO z pohledu výkonnostních parametrů. Sborník. Ostrava, 2009. [on-line]. Dostupný z: http://www.csorsostrava.cz/sborniky/Kurz_osvetlovaci_techiky_XXVII.pdf
- [14] Staša, M. Energy audit of street lighting. *Světlo 2011*. VŠB-TUO 1.vydání. 2011. ISBN 978-80-248-2480-2
- [15] ČSN CEN/TR 13201-1 *Osvětlení pozemních komunikací – Část 1: Výběr tříd osvětlení*
- [16] ČSN EN 13201-2 *Osvětlení pozemních komunikací – Část 2: Požadavky*
- [17] ČSN EN 13201-3 *Osvětlení pozemních komunikací – Část 3: Výpočet*
- [18] ČSN EN 13201-4 *Osvětlení pozemních komunikací – Část 4: Metody měření*
- [19] katalog firmy Ossto – Plus, s.r.o. Dostupný z: <<http://www.osstoplus.cz>>
- [20] katalog firmy Siteco Lighting, spol. s.r.o. Dostupný z: <<http://www.siteco.cz/cz/produkty.html>>
- [21] katalog firmy Ensto Czech, s.r.o Dostupný z: <<http://www.ensto.com/cz/podpora/katalogy>>

- [22] katalog firmy Artechnic - Schröder, a.s. Dostupný z: <<http://www.schreder.com>>
- [23] katalog firmy Thorn Lighting CS, spol. s.r.o. Dostupný z: <<http://www.thornlighting.cz/cz/cs>>
- [24] katalog firmy Philips Česká Republika, s.r.o., Lighting. Dostupný z: <<http://www.ecat.lighting.philips.cz/l>>
- [25] katalog firmy Alfa Sp. z o.o. Dostupný z : <<http://www.hbled.pl>>
- [26] URL: <<http://www.mpo.cz/>>
- [27] URL: <<http://www.kr-moravskoslezsky.cz/>>
- [28] URL: <<http://www.mzp.cz/>>

Seznam příloh

Příloha č.1	Datový pasport obce Metylovice RVO-1
Příloha č.2	Datový pasport obce Metylovice RVO-2
Příloha č.3	Výběr třídy osvětlení pro pozemní komunikaci obcí č. III/48416
Příloha č.4	Světelně technické měření pozemní komunikace obcí č. III/48416 (oblast u školy)
Příloha č.5	Světelně technické měření páteřní komunikace obcí č. III/48416 (oblast Dvořáček)
Příloha č.6	Katalogový list svítidla Alfa SL 1M
Příloha č.7	Katalogový list svítidla JET2
Příloha č.8	Katalogový list svítidla Claro1
Příloha č.9	Projekt veřejného osvětlení se svítidlem JET2, Thorn
Příloha č.10	Projekt veřejného osvětlení se svítidlem CLARO1, Schreder
Příloha č.11	Mapový pasport VO Metylovice