



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

## VYUŽITÍ LED TECHNOLOGIE PRO OSVĚTLENÍ MĚSTSKÉHO MOBILIÁŘE

UTILIZATION OF LIGHT EMITTING DIODE FOR LIGHTING OF STREET FURNITURE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

LUBOŠ BARTOŇ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. DAVID PALOUŠEK, Ph.D.

BRNO 2011



Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav konstruování

Akademický rok: 2010/11

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Luboš Bartoň

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Využití LED technologie pro osvětlení městského mobiliáře**

v anglickém jazyce:

### **Utilization of light emitting diode for lighting of street furniture**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem bakalářské práce je konstrukční návrh a realizace prototypu pouličního osvětlení s těmito parametry: bude využito vysoce svítivých LED diod, bude navržen a vyroben funkční kryt lampy, bude řešena elektrovýzbroj svítidla, konstrukce bude navržena s ohledem na chlazení LED diod a umístění svítidla.

Cíle bakalářské práce:

Bakalářská práce musí obsahovat (odpovídá názvům jednotlivých kapitol v práci):

- 1.Úvod
- 2.Přehled současného stavu poznání
- 3.Formulaci řešeného problému a jeho technickou a vývojovou analýzu
- 4.Vymezení cílů práce
- 5.Návrh metodického přístupu k řešení
- 6.Návrh variant řešení a výběr optimální varianty
- 7.Konstrukční řešení
- 8.Závěr (Konstrukční, technologický a ekonomický rozbor řešení)

Forma bakalářské práce: průvodní zpráva, technická dokumentace

Typ práce: konstrukční

Účel práce:pro potřeby průmyslu

Seznam odborné literatury:

LED for Lighting Applications, Patrick Mottier, 304 pages, Wiley-ISTE (June 9, 2009), ISBN-10: 1848211457. ISBN-13: 978-1848211452.

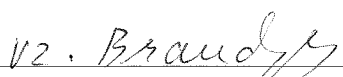
Power Supplies for LED Driving, Steve Winder, 248 pages  
Publisher: Newnes (April 1, 2008), ISBN-10: 0750683414. ISBN-13: 978-0750683418.

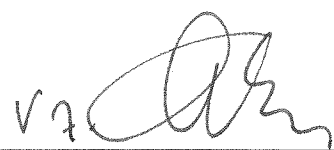
Vedoucí bakalářské práce: Ing. David Paloušek, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/11.

V Brně, dne 8.11.2010



  
\_\_\_\_\_  
prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.  
Ředitel ústavu

  
\_\_\_\_\_  
prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan

## **ABSTRAKT**

---

Tato bakalářská práce se zabývá konstrukčním návrhem svítidla pro exteriérová schodiště. V konstrukci budou použity vysoce svítivé LED diody. Bakalářská práce dále zahrnuje rešerši z oblasti využití LED diod, konstrukční řešení mého návrhu, počítačovou simulaci osvětlení schodiště a výkresovou dokumentaci.

Klíčová slova: LED dioda, LED modul, svítidlo, schodiště

## **ABSTRACT**

---

This bachelor's thesis deals with the construction design of the exterior lighting for the stairs. The construction will use High-brightness LEDs. This bachelor thesis also includes a search of the use of LEDs, construction design my proposal, computer simulation of stair lighting and technical documentation.

Key words: LED diode, LED module, lamp, stair

Bibliografická citace: BARTOŇ, L. *Využití LED technologie pro osvětlení městského mobiliáře*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 43 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. David Paloušek, Ph.D..

---



## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

---

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval zcela samostatně, pod vedením vedoucího bakalářské práce Ing. Davida Palouška, Ph.D. Současně prohlašuji, že jsem v příloženém seznamu uvedl všechny použité zdroje.

V Brně dne 26. května 2011

.....  
Luboš Bartoň

---





## PODĚKOVÁNÍ

---

Tímto bych chtěl poděkovat Ing. Davidu Palouškovi, Ph.D. za jeho odborné připomínky a cenné rady při zpracování bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval své přítelkyni a rodině za porozumění a trpělivost a také všem ostatním, kterých se psaní práce jakkoliv dotklo.

---



**OBSAH**

<b>ÚVOD</b>	<b>12</b>
<b>1 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ</b>	<b>13</b>
1.1 Co je to LED dioda	13
1.2 Co je to LED modul	13
1.3 LED světelné moduly	14
1.3.1 OSRAM DRAGONeye®	14
1.3.2 SEOUL SEMICONDUCTOR Acriche AN2214	14
1.3.3 SAMSUNG 5050 SMD	14
1.4 LED osvětlení v domácnostech	15
1.5 LED diody ve veřejném osvětlení	16
1.5.1 Design LED svítidel pro veřejné osvětlení	16
<b>2 FORMULACE ŘEŠENÉHO PROBLÉMU A TECHNICKÁ A VÝVOJOVÁ ANALÝZA</b>	<b>17</b>
2.1 Technická analýza	17
2.2 Vývojová analýza	18
<b>3 VYMEZENÍ CÍLŮ PRÁCE</b>	<b>19</b>
<b>4 NÁVRH METODICKÉHO PŘÍSTUPU K ŘEŠENÍ</b>	<b>20</b>
<b>5 NÁVRH VARIANT ŘEŠENÍ A VÝBĚR OPTIMÁLNÍ VARIANTY</b>	<b>21</b>
5.1 Volba intenzity osvětlení	21
5.1.1 Výběr příslušné skupiny světelných situací	21
5.1.2 Výběr třídy osvětlení	21
5.1.3 Osvětlenost schodů	22
5.2 Návrh vhodného svítidla	23
5.3 Konečné návrhy svítidel a výběr vhodné varianty	24
5.3.1 Varianta A	24
5.3.2 Varianta B	25
5.4 Vyhodnocení osvětlení	25
5.5 Výběr konečného řešení	26
<b>6 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ</b>	<b>27</b>
6.1 Model sestavy svítidla	27
6.2 LED modul	28
6.3 Upínka LED modulu	28
6.4 Objímka	29
6.5 Nosná konstrukce svítidla	29
6.6 Ochranná konstrukce	30
6.6.1 Ochranné víko	31
6.6.2 Utahovací šroub	31
6.7 Elektrovýzbroj	32
<b>7 ZÁVĚR (KONSTRUKČNÍ, TECHNOLOGICKÝ A EKONOMICKÝ ROZBOR ŘEŠENÍ)</b>	<b>33</b>
<b>8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ</b>	<b>34</b>
<b>9 SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ</b>	<b>36</b>
<b>10 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ</b>	<b>37</b>
<b>11 SEZNAM TABULEK</b>	<b>38</b>
<b>12 SEZNAM PŘÍLOH</b>	<b>39</b>

## ÚVOD

Když se řekne slovo žárovka, každému se jistě vybaví jméno známého amerického vynálezce, jímž byl Thomas Alva Edison. Ačkoliv byla první vláknová žárovka vynalezena už roku 1854 Henrichem Göeblem, je 21. říjen roku 1879 oficiálně pokládán za den, kdy svět spatřila první žárovka, neboť Edison u soudu předvedl její výrobu a patent byl přisouzen právě jemu [6].

První Edisonovy žárovky fungovaly na principu rozžhavení zuhelnatělého bambusového vlákna a jejich životnost se pohybovala řádově kolem desítek hodin. Velkou nevýhodou tohoto světelného zdroje bylo teplo, které žárovky produkovaly, a jen zlomek z celkové energie tvořilo právě světlo. Od této doby uplynulo již mnoho let a podoba a princip žárovky, tak jak ji dnes známe, se takřka od původního provedení nezměnily.

Na počátku 20. století žárovky rozsvítily téměř celý svět. Daly předmětům tvar i v noci, lidé měli možnost se rozhodnout, kdy být aktivní a noc již nebyla částí dne, kdy byl nejvyšší čas jít do postele. Lidé začali dělat činnosti, které do té doby bylo možné vykonávat pouze ve dne. Současně byl kladen stále větší důraz na kvalitní osvětlení. To si vyžádalo i nové světelné zdroje, a tak se postupem času k žárovce přidaly Fluorescenční zářivky, vysokotlaké rtuťové výbojky, nízkotlaké sodíkové výbojky, halogenové žárovky a v neposlední řadě také LED diody.

LED osvětlení zažívá v současné době nebývalý rozmach. Svítivost bílých LED je již dnes srovnatelná s dosavadními světelnými zdroji a lze očekávat, že se v následujících letech bude stále zvyšovat. LED technologie prodělala v poslední době obrovský pokrok ve vývoji a člověk se s jejich využitím začíná setkávat čím dál častěji. Ať už jde o jednoduché signální LED kontrolky, prosvětlení displejů spotřebičů nebo osvětlení domácnosti či venkovních prostorů.

Osvětlovací technikou se dnes zabývá mnoho firem. Návrh vhodného svítidla, dle požadavků zákazníka, vyžaduje odborné znalosti o principu a chování světla. I když byly navrženy různé programy simulující intenzitu a rozložení světla, často v praxi dochází k úpravě světelného zdroje po jeho realizaci na určené místo.

Tato bakalářská práce se zabývá konstrukčním návrhem svítidla pro osvětlení schodů. Jako světelný zdroj budou použité LED moduly s výkonnými High Power LED diodami. Při návrzích bude brán ohled na dostatečné osvětlení schodiště s důrazem na minimální osvětlení oblasti mimo schody.

V současnosti jsou vláknové žárovky stále jedním z nejvíce používaných světelných zdrojů na světě, ale zanedlouho budeme žít v době, kdy nám na cestu bude svítit světlo z moderních LED diod a klasické žárovky budou již zcela minulostí.

# 1 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

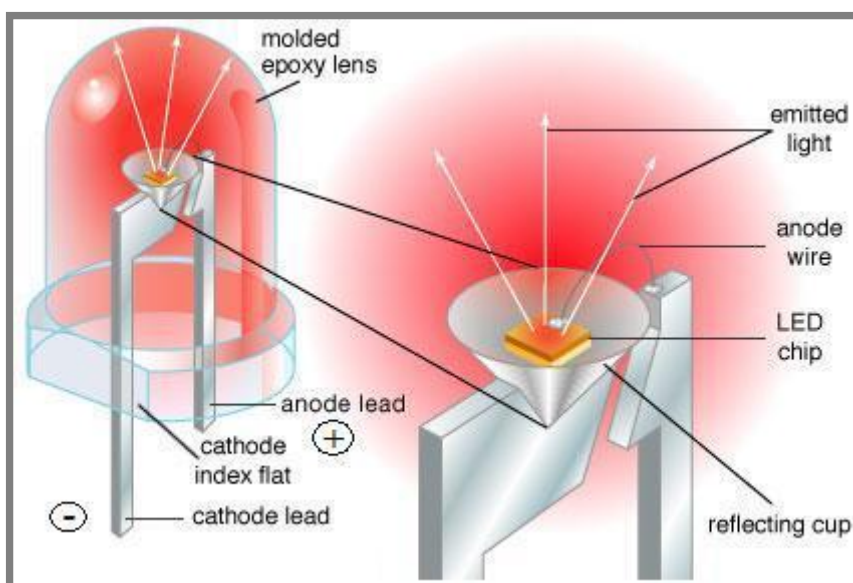
1

## 1.1 Co je to LED dioda

1.1

Doslovně citováno: “**LED** (z anglického *Light-Emitting Diode* - dioda emitující světlo) je elektronická polovodičová součástka obsahující přechod P-N. Prochází-li přechodem elektrický proud v propustném směru, přechod vyzařuje (emituje) nekoherentní světlo s úzkým spektrem. Může emitovat i jiné druhy záření. Tento jev je způsoben elektroluminiscencí.“ [7].

O podrobnějším fungování diod se lze dočíst ve 3. kapitole Nitride High-Brightness Light-Emitting Diodes v knize “LEDs for Lighting Applications“ [1].



Obr. 1.1 Schéma LED diody [8]

## 1.2 Co je to LED modul

1.2

Základem LED modulu je deska plošných spojů, na které je připevněno několik výkonných světelných LED diod (LED čipů). Aby nedocházelo ke snižování životnosti LED diod, je důležitý správný odvod tepla.

Konstrukce chlazení je jednou z nejdůležitějších částí celého modulu. To bývá realizováno pomocí pasivního chladiče (žebrované hliníkové profily), nebo pro ještě větší účinnost chlazení je možné k pasivnímu chladiči připevnit chladič aktivní (ventilátor). Zpravidla je modul od výrobce opatřen tepelnou pojistkou, která zabrání přehřívání modulu. Při překročení maximální teploty začne modul automaticky snižovat světelný tok, nebo se přehřívání projeví blikáním LED diody.

Další konstrukční částí LED modulu může být reflektor. Ten upravuje úhel vyzařovaného světla a umožňuje tak přesně osvětlit požadovanou plochu. U některých typů LED modulů bývají úhly vyzařovaného světla ostré, což je dáno použitými LED diodami, popřípadě osazením integrované optiky od výrobce a použitím reflektorů je tedy zbytečné. Pro ostatní případy jsou reflektory řešeny jako doplňkové příslušenství ke konkrétním modulům, nebo je reflektor zvlášť navržen konstruktérem svítidla.

## 1.3 LED světelné moduly

### 1.3.1 OSRAM DRAGONeye®

Je malý kompaktní zdroj světla osazený High-Flux-LED Golden DRAGON®. Pro optimální chlazení je zdroj světla vložen do kovového pláště, na jehož konci je vyroben závit M10x1,5 pro snadnou montáž. Ochranu proti povětrnostním podmínkám zaručuje stupeň krytí IP65 - prachotěsné a odolné vůči vodě směřované z trysky. Díky pulzní modulaci je možné modul využít ke stmívání. Příkon modulu činí 1,2W, světelný tok 53(lm), úhel vyzařovaného světla je 15°, teplota chromatičnosti 3500-5400K a cena cca 600,- CZK. Pokyny k montáži a další informace jsou uvedeny na stránkách výrobce [9].



Obr. 1.2 OSRAM DRAGONeye® [9]

### 1.3.2 SEOUL SEMICONDUCTOR Acriche AN2214

Šestihřanný 2W modul je osazený výkonnou LED diodou o světelném toku 65(lm), který je připájen na podkladové plotně. Rozsah provozních teplot pohybujících se v rozmezí od -30°C do +85°C zaručuje široké spektrum použití. Světlo je z LED diody vyzařováno pod úhlem 110° s teplotou chromatičnosti 3000K a cena jednoho modulu je přibližně 250,- CZK. Pro změnu vyřazovaného úhlu světla je možné použít samolepicí reflektory s úhlem 9°, 19° a 34°. Provozní podmínky a další technické informace jsou uvedeny na stránkách výrobce [10].



Obr. 1.3 Modul Acriche AN2214 [10]

### 1.3.3 SAMSUNG 5050 SMD

Malý obdélníkový modul, o tloušťce pouhých čtyř milimetrů, je osazený třemi výkonnými LED diodami o výkonu 0,72W a světelném toku 60(lm). Moduly jsou spolu zapojeny do série a díky stupni krytí IP67 (ochrana proti ponoření při stanovené době a tlaku) jsou ideálním použitím pro osvětlování venkovních prostorů. Jsou napájeny napětím 12V a světlo je vyzařováno pod úhlem 150°. Modul je dodáván v provedení bílého a barevného světla. Životnost modulu je stanovena na 50000 hodin a cena modulu je přibližně 100,- CZK. Další technické specifikace jsou uvedeny na stránkách dodavatele [11].



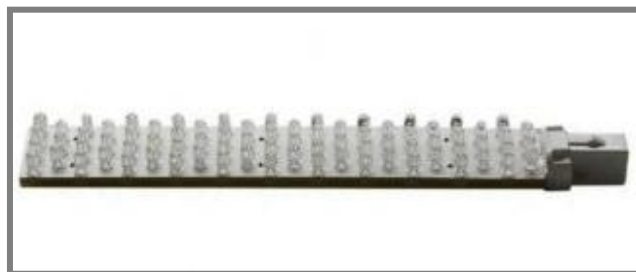
Obr. 1.4 Modul SAMSUNG 5050 SMD [11]

### 1.4 LED osvětlení v domácnostech

Žárovky s wolframovým vláknem bývají nahrazovány LED žárovkami podobného tvaru. Pro zajištění správné funkce LED diod jsou konstrukce žárovek opatřeny robustním chlazením, jak je patrné z obr. 1.5. Úsporné kompaktní zářivky mohou být taktéž nahrazeny úspornou variantou s LED diodami (obr. 1.6).



Obr. 1.5 LED diodová žárovka HPIW3 (vlevo) a LB-W20 (vpravo) s patičí E27 [12]



Obr. 1.6 LED diodová žárovka BS-W77 s patičí G23 [12]

Další velmi zajímavé řešení je osvětlení schodiště pomocí LED pásku (obr. 1.7). Malé rozměry dovolují LED pásek připevnit na spodní hranu schodu, čímž se dosáhne přesného a kvalitního osvětlení, které dodá schodišti elegantní vzhled. Maximálním využitím výhod LED světelných zdrojů je možné docílit netradičního osvětlení interiéru (obr. 1.8).



Obr. 1.7 Osvětlení schodiště [13]



Obr. 1.8 Ukázka osvětlení bytu pomocí LED technologie [14]



## 1.5 LED diody ve veřejném osvětlení

LED diody jsou instalovány i ve veřejném osvětlení. Stávající sodíkové výbojky neposkytují dostatečně kvalitní osvětlení a barvou vyzařovaného světla často zkreslují osvětlovanou oblast. S vývojem vysoce svítivých High Power LED diod je možné nahradit stávající sodíkové osvětlení.

Jak je zřejmé na obrázku 1.9, veřejné osvětlení vybavené LED diodami oproti osvětlení sodíkovými výbojkami poskytuje daleko lepší viditelnost a ostrost pozorované oblasti. Navíc barevné provedení vyzařovaného světla z LED svítidel je mnohem příjemnější pro lidské vnímání a méně namáhá zrakový orgán.



Obr. 1.9 Porovnání osvětlení sodíkové výbojky a LED zdroje [15]

### 1.5.1 Design LED svítidel pro veřejné osvětlení

Ukázky moderních lamp od společnosti Siteco Lighting s.r.o. využívajících LED technologie [16].

Díky malým rozměrům LED modulů, příp. LED pásků je možné vytvořit velmi zajímavý a netradiční design lamp.



Obr. 1.10 DL®20 LED

Obr. 1.11 LANTERN

Obr. 1.12 SM 300

Obr. 1.13 SWDISC®



## 2 FORMULACE ŘEŠENÉHO PROBLÉMU A TECHNICKÁ A VÝVOJOVÁ ANALÝZA

2

Schodiště jsou součástí každé obce. Slouží nám k překonání výškových rozdílů způsobených členitostí terénu mezi pěšími komunikacemi.

Schody jistě patří mezi místa, kde hrozí velká pravděpodobnost úrazu. O to více je toto místo nebezpečné v noci. Proto jsou kladeny velké požadavky na dostatečné osvětlení schodů, které by zajistilo bezpečný pohyb chodců.

Ve většině měst je osvětlení schodů realizováno pomocí stožárových lamp, jež jsou součástí městského veřejného osvětlení. Schody umístěné mimo centrum, popřípadě v parcích, bývají osvětleny pouze bodovými světly, nebo osvětlení zcela postrádají.

Světlo vyzařované mimo požadovanou oblast je nežádoucí. Tento jev je nazýván jako “světelné znečištění“. Nadbytečné svícení narušuje biorytmus rostlin, znamená plýtvání energie a má negativní dopady na lidské zdraví. Zdrojem “světelného znečištění“ je v drtivé míře způsobeno nevhodným, zbytečně silným a zastaralým osvětlením. Vhodným typem lampy lze “světelnému znečištění“ předcházet, případně jej úplně eliminovat tak, jak je patrné z obrázku 2.1 [17]. Z ekologického hlediska tedy musí svítidlo splňovat určitá kritéria týkající se rozložení svitu.

Konstrukce svítidla by měla být navrhována s ohledem na minimální osvětlení prostoru mimo schody a zároveň musí být odolná vůči nepřízní počasí i vandalismu.



Obr. 2.1 Volba konstrukce lamp [17]

### 2.1 Technická analýza

2.1

Pouliční osvětlení je posuzováno podle umístění lampy a účelu, kterému bude sloužit. Na základě tohoto zhodnocení je dle souboru norem ČSN 13 201 [4,5] přiřazena doporučená velikost osvětlení. Pouliční osvětlení je možné dále rozdělit podle použitého materiálu a na typ osazeného světelného zdroje.

Mezi materiály používané pro výrobu osvětlení patří ocel, slitiny lehkých kovů, pro složité a dekorativní části lamp také litina a pro nenamáhané části a kryty elektroinstalace výrobky z plastu. Ochranu proti korozi zabezpečují různé nátěry nebo povrchová úprava kovů. Na výrobu čirých dílů se používají různá skla a plexiskla.

Jako zdroje světla jsou sodíkové výbojky nahrazovány moderními výkonnými LED diodami. V dnešní době je na trhu velký výběr od samotných LED čipů až po hotové světelné zdroje. Pro veřejná osvětlení je výhodné použít bílého vyzařovaného světla (kap. 2.5). Jak tohoto světla dosáhnout pojednává kapitola 1.3.1 (White light production from LEDs) v knize “LEDs for Lighting Applications“ [1].

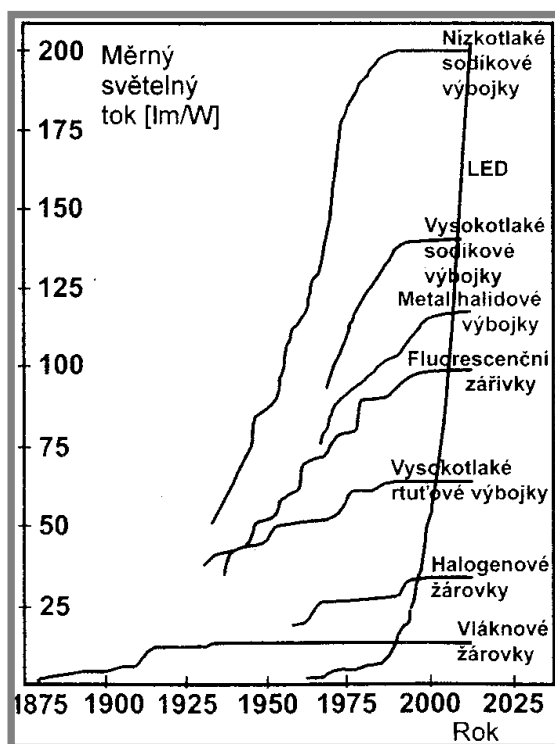
Napájení LED lamp se provádí podle typu použitých diod pomocí napětového nebo proudového zdroje. Do zdrojů mohou být dále integrovány ochranné prvky chránící LED diody před jejich zničením. O této rozsáhlé problematice je možné se více dočíst v knize “Power Supplies for LED Driving“ [2].

## 2.2 Vývojová analýza

S výzkumem nových materiálů a rozvojem technologií jejich zpracování se konstruktérům otevírají nové možnosti při navrhování svítidel. Vznikají jednoduché, ale i velmi složité světelné zdroje, při kterých jsou využity nejnovější poznatky z oblastí zpracování kovů a plastů a osvětlovací techniky.

Využití LED diod pro osvětlení má hned několik výhod. Mezi ty nejdůležitější patří nízká spotřeba elektrické energie a vysoký měrný výkon. Měrný výkon udává podíl výkonu vyzářeného viditelného světla daným zdrojem a příkonu spotřebovaného ve zdroji. Vývoj účinnosti světelných zdrojů uvádí obrázek 2.2.

Z důvodu stále rostoucích cen energií jsou pro svoji nízkou spotřebu světelné zdroje s LED diodami v budoucím uplatnění tím pravým řešením.



Obr. 2.2 Vývoj účinnosti světelných zdrojů [3]

### 3 VYMEZENÍ CÍLŮ PRÁCE

Primárním cílem této bakalářské práce je konstrukční návrh exteriérového svítidla, které bude sloužit k osvětlení schodů o šířce 2 až 4m. Svítidlo bude využívat moderních LED osvětlovacích modulů a nepřesáhne svojí výškou 600mm.

Sekundární cíle práce:

- vytvoření návrhů designů svítidel a výběr vhodné varianty
- výběr vhodného typu LED modulu
- návrh uložení LED modulu s ohledem na jeho dostatečné chlazení
- vytvoření 3D modelu vybrané varianty
- vytvoření 3D simulace osvětlení
- technická dokumentace vybrané varianty

Při návrhu konstrukčního řešení svítidla je přihlíženo na jednoduchost výroby, částečnou univerzálnost, odolnost vůči vandalismu a povětrnostním podmínkám, rychlou opravu poškozené součásti a v neposlední řadě také na cenu celého svítidla.

## 4 NÁVRH METODICKÉHO PŘÍSTUPU K ŘEŠENÍ

### a) STUDIUM ODBORNÉ LITERATURY

Dříve než bude přistoupeno k řešení konstrukce svítidla, je třeba studium odborné literatury zabývající se problematikou osvětlování a pochopení základních principů. Obor zabývající se tímto problémem se nazývá Fotometrie a zkoumá, jak světlo působí na zrakový orgán.

### b) VOLBA INTENZITY OSVĚTLENÍ A VÝBĚR LED MODULU

Velmi důležitý je správný výběr intenzity osvětlení, které zaručí dostatečné osvětlení schodů. To je dáno evropskou normou ČSN CEN/TR 13201-1 a ČSN EN 13201-2, která určuje velikost minimální a průměrné vodorovné osvětlenosti zkoumané oblasti. Z důvodu větší bezpečnosti pohybujících se chodců, bude také přihlédnuto na velikost intenzity osvětlení svislých ploch.

Na základě takto přiřazených velikostí osvětlení bude proveden výběr vhodného typu LED modulu, jejich počet a uspořádání ve svítidle.

### c) KONSTRUKČNÍ NÁVRH SVÍTIDLA

V této části práce již bude navržen design svítidla. Návrh tvaru a velikost svítidla se bude odvíjet od vybraného typu LED modulu. V případě většího počtu LED modulů bude svítidlo koncipováno s ohledem na dostatečný odvod vznikajícího tepla.

Konstrukce svítidla musí splňovat požadavky jako je jednoduchost výroby, snadná montáž, rychlá výměna poškozeného dílu atd. Dále bude vyřešena elektrovýzbroj svítidla a nakonec se provede výběr materiálu, z něhož budou jednotlivé části vyrobeny.

Bude navrženo několik variant řešení. Dvě nejvhodnější varianty se poté vyhodnotí z hlediska rozložení osvětlení a bude vybráno konečné řešení.

### d) VYPRACOVÁNÍ TECHNICKÉ DOKUMENTACE

Vytvoření 3D digitálního modelu konečného návrhu a vypracování výkresu sestavy a výrobních výkresů.

### e) ZPRACOVÁNÍ PRÁCE

Práce napsána v:	Microsoft Word 2007
Simulace osvětlení provedena v:	DIALux 4.9
Vytvoření 3D modelu v:	Autodesk Inventor Professional 2011
Vypracování 2D dokumentace v:	AutoCAD Mechanical 2011

### f) NÁKUP MATERIÁLU A UVEDENÍ DO PROVOZU

Realizace konečného návrhu a posouzení funkčnosti.

## 5 NÁVRH VARIANT ŘEŠENÍ A VÝBĚR OPTIMÁLNÍ VARIANTY

5

### 5.1 Volba intenzity osvětlení

5.1

Pro správný návrh vhodného svítidla je důležitá volba intenzity osvětlení. Ta byla provedena dle ČSN CEN/TR 13201-1 [4] a ČSN EN 13201-2 [5].

#### 5.1.1 Výběr příslušné skupiny světelných situací

5.1.1

Z tabulky 5.1 je patrné, že pro osvětlení schodů připadá modelová situace E1, kde typická rychlost hlavního uživatele, tj. chodce, je velmi nízká. Nepovoleným uživatelem je zde řidič pomalých a motorových vozidel a řidič jízdních kol.

Typická rychlost hlavního uživatele	Uživatelé v těžce uvažované oblasti			Skupiny světelných situací
	Hlavní uživatel	Další povolený uživatel	Nepovolený uživatel	
vysoká > 60 km h <sup>-1</sup>	M	-	S C P	A1
		S	C P	A2
		C P	-	A3
střední 30 až 60 km h <sup>-1</sup>	M S	C P	-	B1
	M S C	P	-	B2
nízká 5 až 30 km h <sup>-1</sup>	C	P	M S	C1
	M P	-	S C	D1
	M C	S P	-	D3
	M S C P	-	-	D4
<b>velmi nízká</b> (rychlost chůze)	<b>P</b>	-	<b>M S C</b>	<b>E1</b>
		M S C	-	E2
Vysvětlivky (druh uživatele)	M – motorová doprava S – velmi pomalá vozidla		C – cyklisté P – chodci	

Tab. 5.1 Tabulka skupiny světelných situací [4]

#### 5.1.2 Výběr třídy osvětlení

5.1.2

Volba třídy osvětlení byla provedena z tabulky 5.2 na základě přiřazené modelové situace E1 (tab. 5.1). Tomu pro všeobecné použití, běžnou intenzitu pěšího provozu a středního jasů okolí odpovídají třídy osvětlení S2 –S5.

Riziko kriminality	Rozpoznání obličeje	Intenzita pěšího provozu					
		Běžná			Velká		
		←	o	→	←	o	→
Běžné	Není potřebné	S6	<b>S5</b>	S4	S5	S4	S3
	Potřebné	S5	<b>S4</b>	S3	S4	S3	S2
Větší než běžné		S3	<b>S2</b>	S1	S2	S1	CE2

Tab. 5.2 Tabulka výběru třídy osvětlení [4]

Jas okolí		
Malý	Střední	Velký
←	o	→

Tab. 5.3 Doporučení pro výběr z rozsahu tříd osvětlení [4]

Za účelem zajistit dobrou viditelnost svislých ploch a tím zvýšit pocit bezpečí osob, pohybujících se po schodech, je vhodné použít doplňkovou třídu osvětlení (tab. 5.4).

Referenční třída	CE0	CE1	CE2	CE3 S1	CE4 <b>S2</b>	CE5 <b>S3</b>	<b>S4</b>	<b>S5</b>	S6
Doplňková třída	ES1	ES2 EV3	ES3 EV4	ES4 EV5	ES5	ES6	ES7	ES8	ES9

Tab. 5.4 Tabulka přiřazení doplňkové třídy [4]

Vybrané třídy osvětlení v rozsahu S2 – S5 neodpovídá žádná doplňková třída. Je tedy možné uvažovat doplňkovou třídu EV6, která předpokládá nejmenší svislou osvětlenost.

### 5.1.3 Osvětlenost schodů

Výsledná osvětlenost schodů byla posuzována ze dvou hledisek, a to z vodorovné a svislé osvětlenosti.

Třída vodorovné osvětlenosti je určena průměrnou ( $\bar{E}$ ) a minimální ( $E_{\min}$ ) intenzitou osvětlení. Svislá osvětlenost z hlediska minimální svislé osvětlenosti ( $E_{v,\min}$ ), což je nejmenší hodnota svislé osvětlenosti v dané výšce nad úsekem posuzované komunikace.

Intenzita osvětlení je veličina, která udává, kolik lm světelného toku dopadá na  $1\text{m}^2$ . Jednotkou osvětlení je 1lux [lx].

Třída	Vodorovná osvětlenost	
	$\bar{E}$ [lx]	$E_{\min}$ [lx]
S1	$\geq 15$	$\geq 5$
<b>S2</b>	$\geq 10$	$\geq 3$
<b>S3</b>	$\geq 7,5$	$\geq 1,5$
<b>S4</b>	$\geq 5$	$\geq 1$
<b>S5</b>	$\geq 3$	$\geq 0,6$
S6	$\geq 2$	$\geq 0,6$
S7	neurčeno	neurčeno

Tab. 5.5 Tabulka třídy osvětlení S [5]

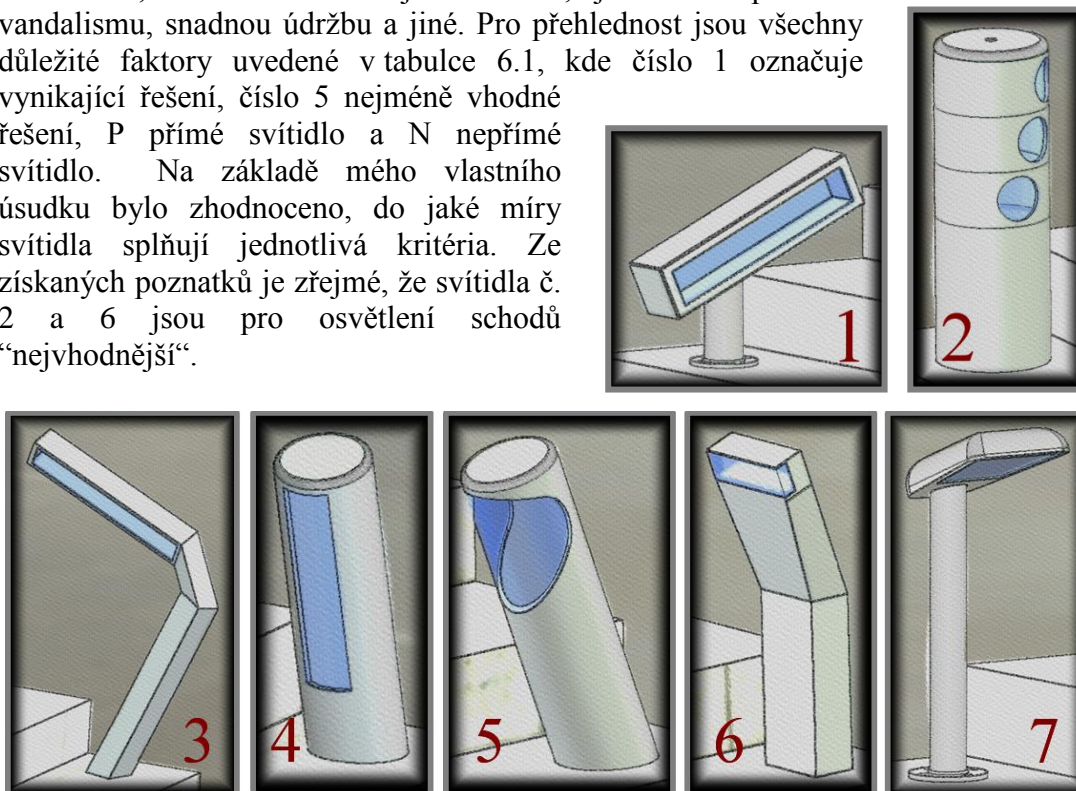
Třída	Svislá osvětlenost
	$E_{v,\min}$ [lx]
EV1	$\geq 50$
EV2	$\geq 30$
EV3	$\geq 10$
EV4	$\geq 7,5$
EV5	$\geq 5$
<b>EV6</b>	$\geq 0,5$

Tab. 5.6 Tabulka třídy osvětlení EV [5]

Dle přiřazené třídy osvětlení S2 – S5, odpovídá průměrná hodnota intenzity osvětlení ( $\bar{E}$ ) v rozmezí 3 lx až 10 lx a minimální hodnota osvětlení v rozmezí 0,6 lx až 3 lx. Minimální svislé osvětlenosti dle vybrané třídy EV6 připadá hodnota  $E_{v,\min} \geq 0,5$  lx.

## 5.2 Návrh vhodného svítidla

Při prvních návrzích svítidel byl brán ohled pouze na efektivní osvětlení schodů a design, který nikterak nenarušuje celkové prostředí. Bylo navrženo 7 svítidel, které se liší tvarem, použitým materiálem, velikostí osvětlené plochy, použitým LED modulem atd. Nejvhodnější varianty musí splňovat především jednoduchost konstrukce, odolnost vůči vnějším vlivům, tj. změnám počasí a vandalismu, snadnou údržbu a jiné. Pro přehlednost jsou všechny důležité faktory uvedené v tabulce 6.1, kde číslo 1 označuje vynikající řešení, číslo 5 nejméně vhodné řešení, P přímé svítidlo a N nepřímé svítidlo. Na základě mého vlastního úsudku bylo zhodnoceno, do jaké míry svítidla splňují jednotlivá kritéria. Ze získaných poznatků je zřejmé, že svítidla č. 2 a 6 jsou pro osvětlení schodů „nejvhodnější“.



Obr. 5.1-5.7 Ukázky návrhu vhodného svítidla

Svítidlo	1.	2.	3.	4.	5.	4.	7.
Typ svítidla	P	P	P	N	N	P	P
Jednoduchost konstrukce	3	1	4	1	3	2	5
Odolnost konstrukce	3	1	4	1	1	1	2
Odolnost čirého krytu	2	1	2	3	4	2	2
Náročnost výroby krytu	1	3	1	2	5	1	1
Možnost oslnění	2	2	3	3	3	2	1
Design	3	1	2	2	1	1	2
Údržba	3	2	3	2	2	1	1
<b>Suma</b>	17	<b>11</b>	19	14	19	<b>10</b>	14

Tab. 5.7 Vyhodnocení svítidel s ovlivňujícími faktory



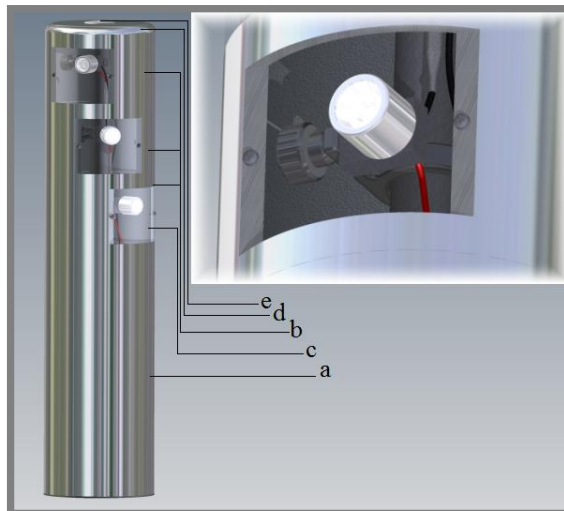
### 5.3 Konečné návrhy svítidel a výběr vhodné varianty

V této části práce již jsou svítidla testována, jak dostatečně splňují požadavky na osvětlení a také byly vybrány konkrétní typy LED modulů. LED moduly byly do svítidel umístěny tak, aby splňovaly provozní požadavky udávané výrobcem a zároveň bylo dosaženo osvětlení schodů dle vybraných tříd S5-S2 a EV6. Při výpočtech byl brán ohled na minimální osvětlení krajních míst schodů o šířce dvou metrů a také na celkovém rozložení světla na schodech. Velikost intenzity osvětlení bylo počítáno v programu DIALux 4.9.

Program DIALux 4.9 je volně stažitelný software, který je určen pro návrh venkovního a vnitřního osvětlení. Je používán profesionálními firmami, které se zabývají návrhy svítidel. Program obsahuje databázi výrobců světelných zdrojů a odkazy ke stažení vybraného světelného zdroje. Dále umožňuje vkládat jednoduché 3D objekty a import souborů ze softwarů jako jsou např. Autodesk Inventor nebo AutoCAD. Pomocí vkládání objektů se vytvoří scéna, kterou lze libovolně zabarvit, nebo obalit texturou tak, aby co nejdříve znázorňovala modelovou situaci. Po vložení požadovaných světelných zdrojů je proveden výpočet a simulace osvětlení s vyhodnocením.

#### 5.3.1 Varianta A

Základem prvního svítidla je ocelová trubka o průměru 25mm a délky 570mm. Trubka je na vrchní straně opatřena víkem s vnitřním závitem a na spodní straně přírubou se čtyřmi děrami umožňující přichycení na schody. Na ocelovou trubku je nasazena hliníková trubka o větším průměru (a), která je přibližně v polovině výšky svítidla rozdělena na tři stejně vysoké kroužky (b). Ty mají na vnitřním průměru vysoustruženy zámky umožňující rotaci kolem své osy. Ochranu proti povětrnostním podmínkám zajišťuje pevný transparentní kryt (c) umístěný



Obr. 5.8 Obrázek Varianty A

v každém kroužku. Takto sestavené svítidlo je zakrytované víkem (d). Aby nedošlo k axiálnímu posuvu částí světla je vše pomocí šroubu (e) na vrchní straně víka staženo pevně do sebe.

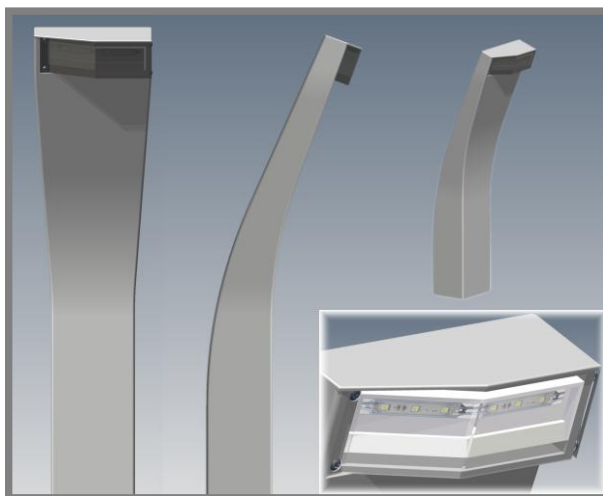
Jako světelný zdroj je použit modul od výrobce OSRAM s označením DRAGONeye<sup>®</sup> DE1-W3F-854. Modul je díky dostatečnému odvádění tepla okamžitě připraven k použití a světelné paprsky vyzařuje pod úhlem 15°. Cena jednoho modulu je přibližně 600,- CZK, příkon 1.2W, světelný tok 53 lm a teplota chromatičnosti 5400K [9].

LED modul je umístěn na otočném mechanismu, který je nasazen na vnitřní trubku a zajištěn šroubem. Natočením tohoto mechanismu je dosaženo přesného osvětlení požadované oblasti.



### 5.3.2 Varianta B

Nosná konstrukce druhého svítidla je z ohýbaných ocelových tyčí obdélníkového průřezu, které jsou svařeny do požadovaného tvaru. Na spodní části je přivařena ocelová deska se čtyřmi otvory, která slouží pro připevnění svítidla na schody. V horní části svítidla je nainstalován jednoduchý otočný mechanismus, do kterého je vložen reflektor. Tímto mechanismem je možné podélně otáčet reflektorem a tím měnit oblast osvětlení. Reflektor upravuje směry



Obr. 5.9 Obrázek Varianty B

vyzařovaného světla tak, aby byly schody dostatečně osvětleny a nedocházelo k osvětlení okolí. Je vyroben z termoplastu a opatřen stříbrnou reflexní fólií pro zlepšení odrazivosti.

Jako světelný zdroj je použitý LED modul od výrobce Samsung s výrobním označením RFT7813-3W5050. Specifikace jednoho modulu: celkový příkon 0,72W, světelný tok 60(lm), teplota chromatičnosti 3500~13000K, úhel vyzařovaného světla 150°, vstupní napětí 12V a cena kolem 120,- CZK. Modul je přidělán na reflektor pomocí lepicí pěnové pásky opatřené na zadní straně modulu [11].

### 5.4 Vyhodnocení osvětlení

Intenzita osvětlení byla hodnocena z hlediska minimální vodorovné ( $E_{\min}$  [lx]) a svislé ( $E_{v,\min}$  [lx]) osvětlenosti ve vzdálenosti dvou metrů od svítidla. V místě největšího předpokládaného pohybu chodců, tj. 1m od svítidla, byla měřena průměrná osvětlenost ( $\bar{E}$  [lx]).

V programu DIALux 4.9 byly naměřeny tyto hodnoty osvětlení:

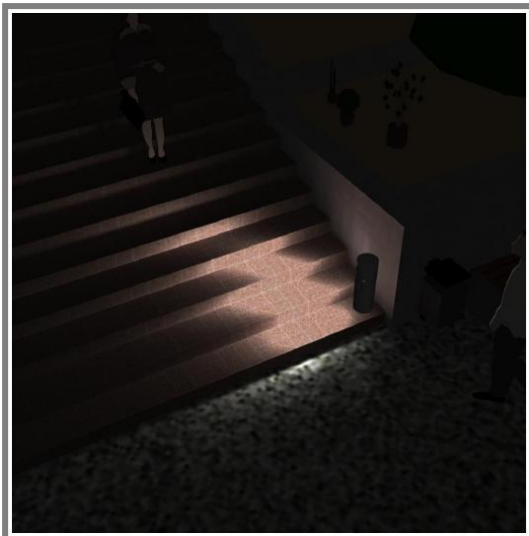
Varianta A	$E_{\min}$ [lx]	$E_{v,\min}$ [lx]	$\bar{E}$ [lx]
1. schod	1,18	6,47	49,83
2. schod	0,94	8,08	55,33
3. schod	0,68	6,99	29,67
4. schod	0,24	6,52	5,39

Tab. 5.8 Naměřené hodnoty – Varianta A

Varianta B	$E_{\min}$ [lx]	$E_{v,\min}$ [lx]	$\bar{E}$ [lx]
1. schod	1,26	3,80	9,11
2. schod	1,10	3,82	9,05
3. schod	0,58	3,39	4,01
4. schod	0,15	2,49	0,77

Tab. 5.9 Naměřené hodnoty – Varianta B

### Simulace osvětlení schodů

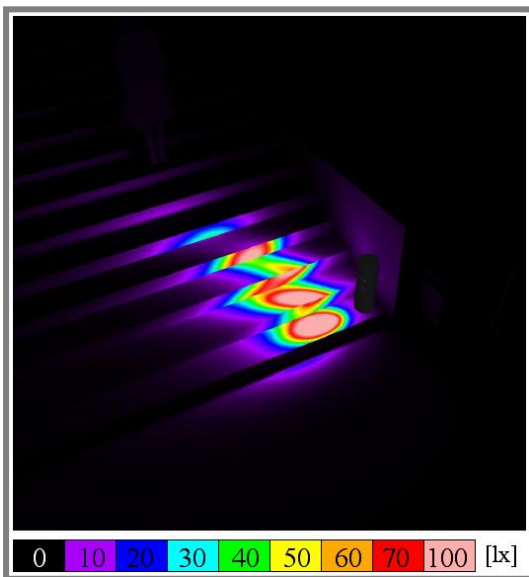


Obr. 5.10 Varianta A - simulace osvětlení

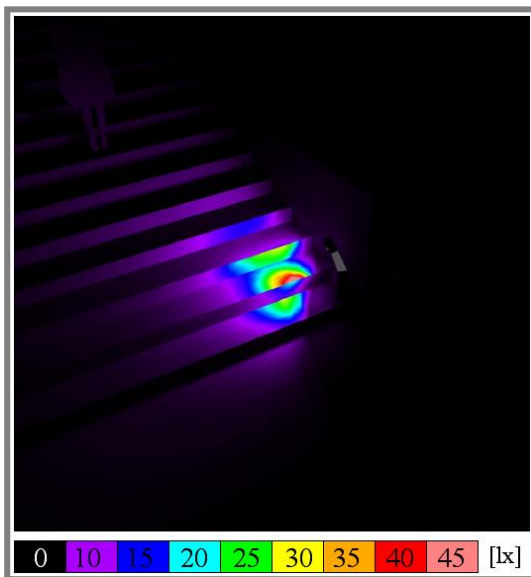


Obr. 5.11 Varianta B - simulace osvětlení

### Zobrazení v nepravých barvách



Obr. 5.12 Varianta A – nepravé barvy



Obr. 5.13 Varianta B - nepravé barvy

## 5.5 Výběr konečného řešení

Výběr vhodnější varianty byl proveden na základě vyhodnocení naměřených hodnot v softwaru DIALux.

U varianty A je minimální osvětlenost zaručená do výšky třetího schodu. U Varianty B byla na třetím schodě naměřená hodnota těsně pod hranicí minimální osvětlenosti. Ze simulace rozložení světla na schodech je zřejmé, že u varianty B je také nedostatečně osvětleno místo pod lampou. To je způsobeno nesprávně navrženým tvarem reflektoru.

Z důvodu lepšího rozložení světla na schodech a větších možností měnit výšku a natočení světelného zdroje, volím jako konečné řešení variantu A.

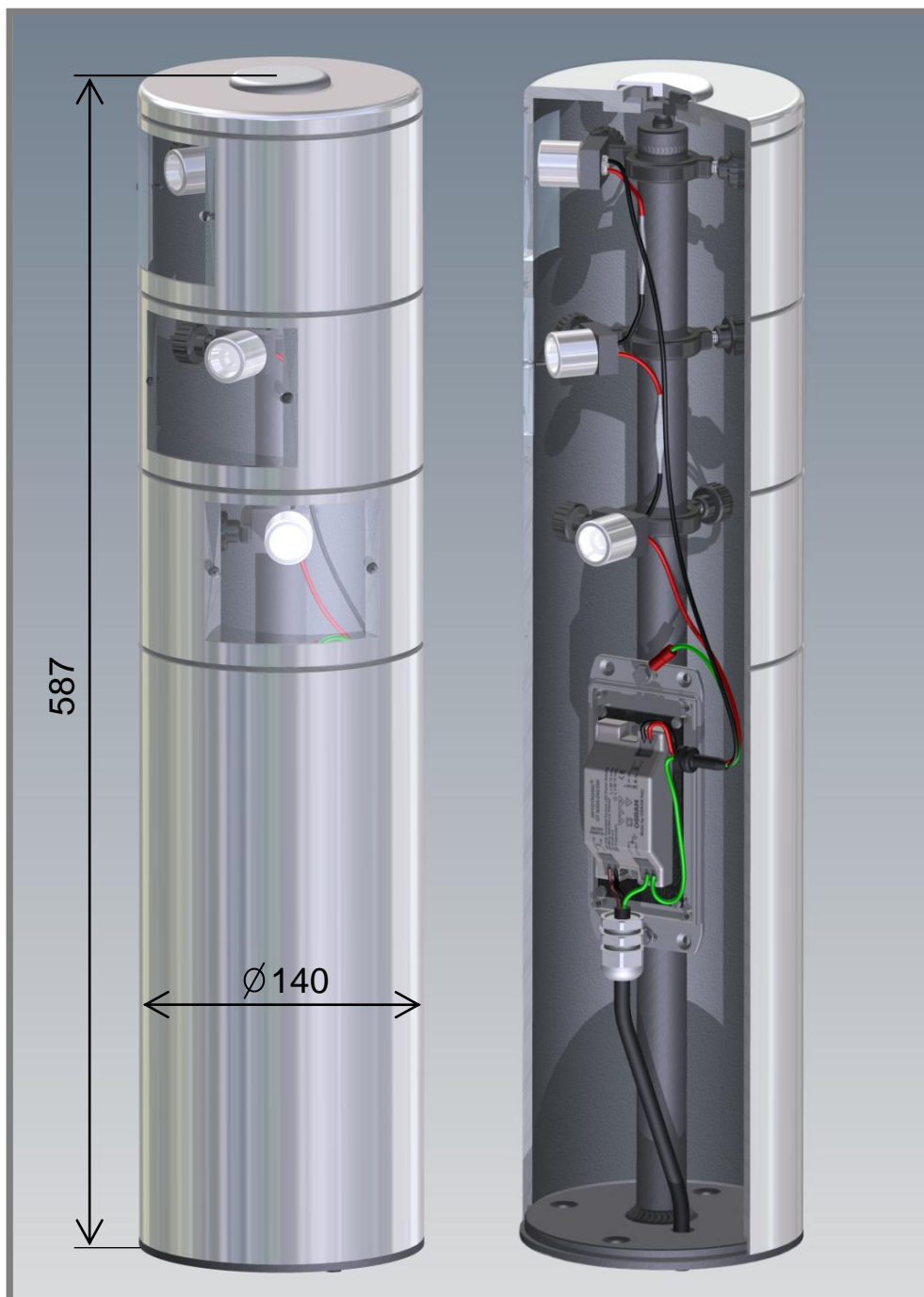
## 6 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

6

### 6.1 Model sestavy svítidla

6.1

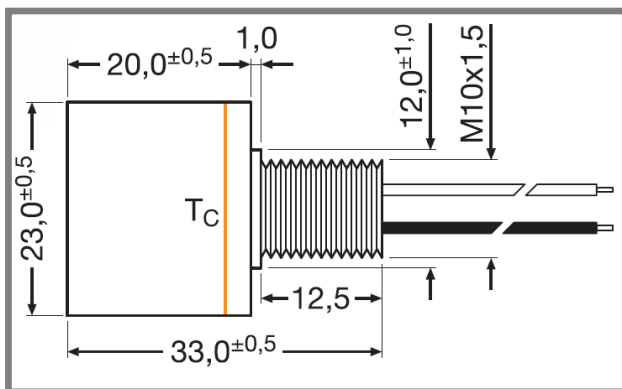
Celková sestava schodišťového svítidla se skládá ze svařované nosné konstrukce, objímek s držáky pro LED moduly, ochranného krytu a elektrických komponentů.



Obr. 6.1 Obrázek sestavy svítidla (vpravo částečný řez)

## 6.2 LED modul

Jako světelný zdroj je použitý LED modul od výrobce OSRAM. Jedná se o LED modul DRAGONeye<sup>®</sup> s označením DE1-W4F-854, který je osazený vysoce svítivou High-Flux-LED diodou. Byla vybrána varianta s teplotou chromatičnosti 5400K, jež odpovídá vnímání lidskému oka jako bílá, popř. bílá přecházející v modrou. Konstrukce je od výrobce přizpůsobená pro dostatečný odvod tepla. Další technické informace: Modul vyzařuje světelné paprsky pod úhlem 15°, příkon 1.2W a světelný tok 53(lm). Cena modulu je kolem 600,- CZK. Rozměry a tvar modulu jsou patrné z obrázku 7.1. Modul je na konstrukci zašroubován pomocí závitu M10 [9].



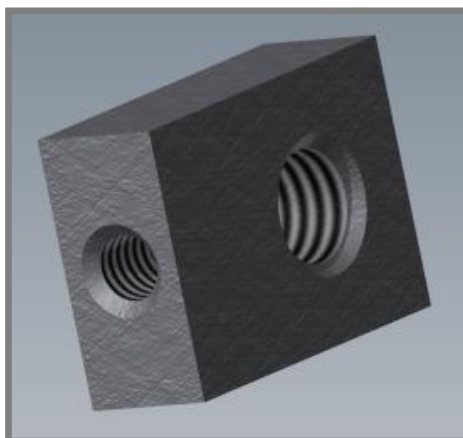
Obr. 6.2 Obrázek rozměrů LED modulu [9]



Obr. 6.3 Obrázek LED modulu [9]

## 6.3 Upínka LED modulu

Upínka zastává funkci nosné části světelného zdroje. Je vyrobena z tyčové oceli šířky 20mm, tloušťky 10mm a délky 28mm. Na přední straně je vyroben závit velikosti M10, do kterého bude zašroubován LED modul. Boční strana upínky je opatřena závitěm M6, který bude sloužit pro zašroubování ručního utahovacího šroubu s kolečkem.



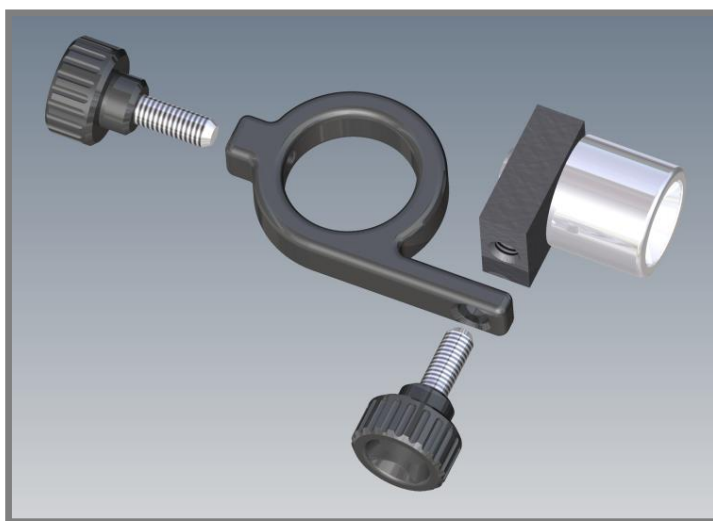
Obr. 6.4 Upínka LED modulu

## 6.4 Objímka

Objímka, s vnitřním průměrem 26mm, je vyrobena vstříkáním z plastu ABS. Levá strana objímky je opatřena nálitkem, ve kterém je pouzdro se závitem M6. Nálitek je zde zhotoven kvůli větší nosné délce závitu, aby nedošlo k jeho poškození při nadměrném utahování.

Pomocí ručního utahovacího kolečka výrobce ELASA+GANTER [18] je k objímce připevněna upínka s osazeným LED modulem. Před samotným dotažením kolečka lze ovlivnit směr vyzařovaného světla.

Takto sestavená objímka je nasazena na nosnou konstrukci svítidla, nastavena v požadované poloze a zajištěna ručním kolečkem.



Obr. 6.5 Obrázek otočného mechanismu

## 6.5 Nosná konstrukce svítidla

Ocelový svařenec se skládá ze tří dílů. Prvním dílcem je příruba s vysoustruženým osazením po obvodě. Do osazení příruby je nasunut ochranný hliníkový kryt se vzájemným uložením H8/e8. To představuje točné uložení s větší vůlí bez zvláštních požadavků na přesnost. Příruba je dále opatřena čtyřmi děrami pro šrouby M10 sloužící k upevnění svítidla ke schodům a otvor o průměru 11mm pro přívodní kabel. Na přírubu je přivařena trubka o vnějším průměru 25mm s tloušťkou stěny 4mm. Přibližně v jedné třetině výšky trubky jsou vyrobeny dva závity M5. Pomocí těchto závitů je k nosné konstrukci připevněna krabice elektrického zařízení dvěma šrouby M5x12. Trubka je zakončena přivařeným kroužkem s vnitřním závitem M10 pro zašroubování speciálního utahovacího šroubu.



Obr. 6.6 Obrázek nosné konstrukce

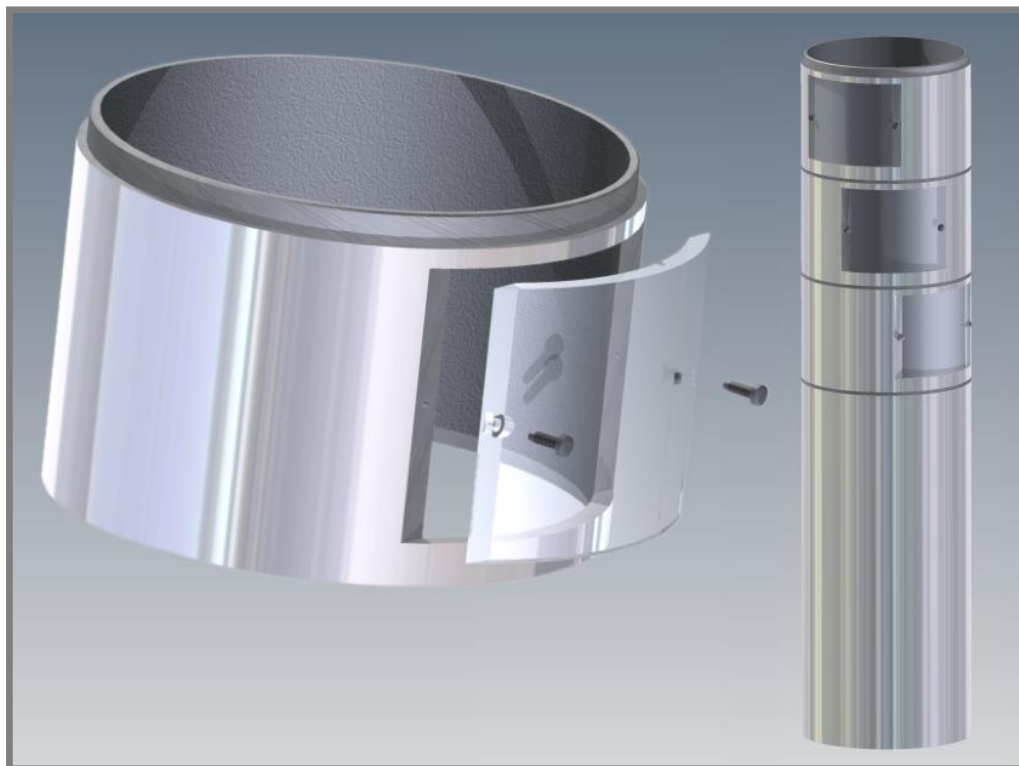
## 6.6 Ochranná konstrukce

Konstrukce ochranného krytu se skládá ze tří hlavních dílců - tří kroužků s čirým krytem, podstavce a víka. Pro výrobu kroužků a podstavce byl zvolen jako výchozí polotovar hliníková trubka o průměru 140mm s tloušťkou stěny 5mm.

Odolnost proti atmosférické korozi je zvýšena eloxováním. Na upravovaných dílech se elektrochemickým procesem vytvoří tvrdý a stabilní oxid. Tloušťka oxidické vrstvy se pohybuje standardně kolem 5 $\mu$ m až 20 $\mu$ m. Pro součástky umístěné ve venkovním prostředí zajišťuje spolehlivou ochranu povlak o tloušťce 20 $\mu$ m. Eloxovaná součástka získá také dekorativní vzhled [19].

Kroužky mají na čelech vysoustružené lícované osazení H8/e8, jež umožňuje kroužky libovolně otáčet a zároveň slouží jako těsnící tvarová plocha. Do vyfrézovaného obdélníkového otvoru je vsazen čirý kryt, který je nejprve po obvodě namazán lepícím a těsnícím tmelem. Čirý kryt byl vyroben metodou vakuového tváření plastu z transparentního termoplastu a následným obráběním upraven do požadovaného tvaru. Termoplast, který není oproti sklu křehký, byl zvolen z důvodu možného vandalizmu. Proti vypadnutí je kryt zajištěn dvěma samořeznými šrouby.

Podstavec je na horním čele opatřen osazením pro otáčení kroužků a na spodním čele je taktéž vyroben s osazením pro umístění do ocelové příruby nosné konstrukce. Jednotlivé kroužky se poté nasunou na podstavec.

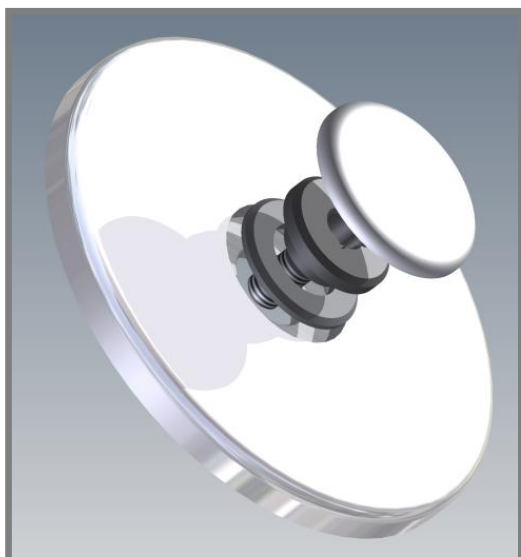


Obr. 6.7 Obrázek otočného kroužku a ochranného krytu

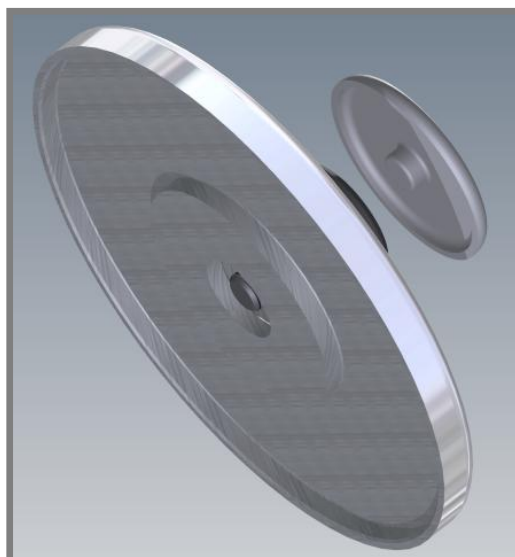


### 6.6.1 Ochranné víko

Víko je na požadovaný tvar vysoustružené z hliníkové tyče o průměru 140mm. V ose víka je obrobena osazení o průměru 40mm a průchozí dírou o průměru 22mm pro speciální utahovací šroub s podložkou (obr. 6.8). Pomocí tohoto šroubu je přes víko a ochrannou konstrukci svítidlo pevně přitaženo k nosné konstrukci. Z dekorativních důvodů a negativního působení atmosféry je šroub chráněn plastovým víčkem.



Obr. 6.8 Ochranné víko (horní pohled)



Obr. 6.9 Ochranné víko (spodní pohled)

### 6.6.2 Utahovací šroub

Speciální utahovací šroub byl navržen k zajištění konstrukce svítidla proti otevření a dále šroub plní funkci stažení ochranné konstrukce svítidla. Před dotažením šroubu se nastaví kroužky s čirým krytem do požadovaného směru, šroub se dotáhne, čímž dojde ke stažení kroužků a tím se znemožní nechtěného otočení. Šroub je vysoustružen z tyčového polotovaru z materiálu 17022. Hlava šroubu je zapuštěna do vybrání víka a spolu s vyfrézovaným netypickým tvarem pro utahování (obr. 6.11) je tak zabráněno demontování nepovolanou osobou.



Obr. 6.10 Speciální utahovací šroub



Obr. 6.11 Hlavy utahovacího šroubu

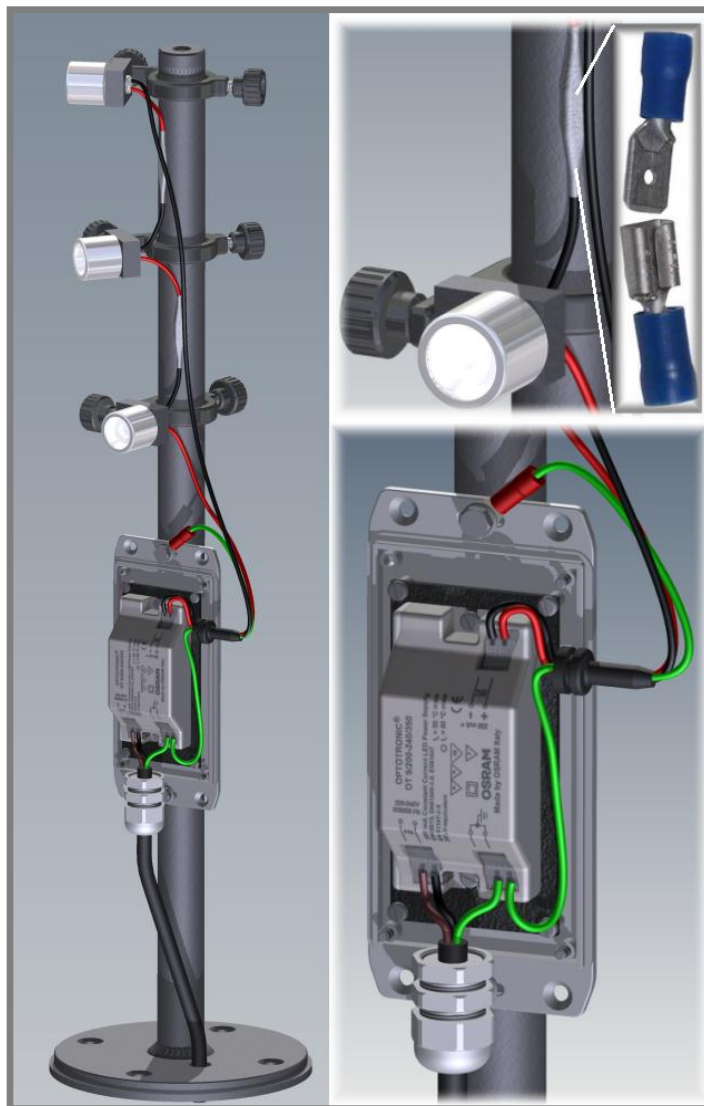
## 6.7 Elektrovýzbroj

Napájení svítidla je zajištěno přívodním kabelem z chráněné městské elektrické sítě o velikosti 230V. Kabel je dále veden přes kabelovou vývodku do plastové krabičky s těsností IP54 (prachotěsné krytí a odolné proti stříkající vodě).

Uvnitř krabičky je na dvou šroubcích připevněn provozní přístroj OPTRONIC<sup>®</sup> OT 9/200-240/350 od výrobce OSRAM, který je koncipován pro tyto výkonné LED moduly. Přístroj dodává elektricky stabilizovaný konstantní stejnosměrný proud 350mA, který je nezávislý na okolní teplotě a výkyvech v elektrické síti. Součástí zařízení jsou i mechanismy chránící před zkratem, přehřátím a přetížením. Přístroj není vodotěsný, a proto musí být umístěn uvnitř plastové krabičky [9].

Světelný zdroj svítidla je tvořen třemi LED moduly DRAGONeye<sup>®</sup>, které jsou spolu zapojeny v sérii a kabely propojeny Faston konektory (pravý horní výřez obr. 6.12) [20]. Před spojením konektoru se na vodič nasune bužírka, která se po spojení konektoru do sebe, vlivem působení tepla smrští a učiní tak spoj voděodolný. Uzemnění přístroje svítidla je realizováno jedním vodičem připojeným přes konektor na držák krabičky. Kabely LED modulů a zemního vodiče jsou do krabičky protaženy přes pryžovou kabelovou vývodku.

V případě poruchy některé elektrické součásti se svítidlo odpojí ze sítě, čímž se zajistí jeho bezpečná oprava.



Obr. 6.12 Obrázek zapojení elektrosoučástek svítidla



## 7 ZÁVĚR (KONSTRUKČNÍ, TECHNOLOGICKÝ A EKONOMICKÝ ROZBOR ŘEŠENÍ)

Bakalářská práce byla zaměřena na osvětlení veřejného schodiště s využitím moderní LED technologie. V průběhu práce byl nastíněn princip fungování LED diod, které jsou základním stavebním prvkem pro tzv. LED moduly. Dále byl vytvořen stručný přehled v současnosti vyráběných LED modulů a jejich možnost použití v domácnostech a ve veřejném osvětlení, kde nacházejí stále častější uplatnění, což je také dáno spotřebou elektrické energie, která je v porovnání s ostatními typy používaných světelných zdrojů výrazně nižší. Pro osvětlování veřejných míst, kde je potřeba dobrá viditelnost, ať už je to na silnicích, chodnících, nebo přechodech, je nejvýhodnější použití vysoce svítivých High Power LED diod. Tyto diody poskytují velmi vysoký světelný výkon, který je ale vykoupen vznikajícím teplem. Proto je potřeba v konstrukci svítidla tento faktor brát na vědomí, aby nedocházelo ke snižování účinnosti LED diod či v horším případě k jejich poškození.

V konstrukční části bylo navrženo několik typů svítidel, které byly posuzovány z několika hledisek. Pro tento účel byla vytvořena tabulka ovlivňujících faktorů, z níž se pak vybrala dvě svítidla, která těmto požadavkům nejvíce vyhovovala. Obě varianty byly vymodelovány v programu Autodesk Inventor Professional. Následně byly modely umístěny do programu DIALux 4.9, osazeny světelnými zdroji a vytvořeny jejich světelné simulace. Při výběru konečné varianty bylo přihlíženo k rozložení a intenzitě světla na základě normy ČSN EN 13201.

Z technologického hlediska bylo v konstrukci použito běžně dostupných materiálů. Světlo je tvořeno hliníkovým krytem, svařovanou ocelovou konstrukcí a plastovými prvky nesoucí LED moduly a napájecí zdroj. Kovové části svítidla byly navrženy tak, aby je bylo možné vyrobít standardními obráběcími stroji, jako je soustruh či frézka a plastové díly technologií zpracování plastů. Z technologického hlediska je výroba navrženého svítidla nenáročná.

V dnešní době rostoucích cen elektrické energie je výhodné používat světelné zdroje s LED technologií. Ovšem pořizovací cena takového LED zdroje je stále vysoká. To se pak odráží na ceně celé lampy, která díky těmto světelným zdrojům, může být až dvojnásobná s porovnáním klasického způsobu osvětlení. V příloze 1 je uvedena cenová tabulka vybraného řešení, ze které je patrné nárůst ceny lampy s použitím LED modulů a potřebného napájecího zdroje.

Při konstrukci svítidla byl brán ohled také na částečnou univerzálnost svítidla. Ta je možná dosáhnout změnou délky trubky nosné konstrukce a tím i osazením většího počtu LED modulů, příp. jiných výkonnějších LED modulů. Svítidlo je také možné použít k osvětlení chodníků, příjezdových cest, nakloněných rovin pro vozíčkáře atd. Všechny vytyčené cíle práce byly tedy splněny.

I když se LED osvětlením zabývá stále více firem, jedná se spíše o výrobu prototypů, které jsou cenově nákladné. LED technologie stále směřuje kupředu a s klesající cenou LED zdrojů je jen otázkou času, kdy nahradí dnešní používané a méně ekonomicky výhodné světelné zdroje.

## 8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] MOTTIER, Patrick. *LEDs for Lighting Applications*. Great Britain : Wiley- ISTE, 2009. 304 p. ISBN 978- 1- 84821- 145- 2.
- [2] WINDER, Steve. *Power Supplies for LED Driving*. Publisher : Newnes, 2008. 248 p. ISBN 978- 0- 7506- 8341- 8.
- [3] Zajímavá a praktická zapojení : Elektronika v domácnosti. *Konstrukční elektronika A Radio*. 2010, roč. 15, č. 5, s. 3.
- [4] ČSN CEN/TR 13201-1. *Osvětlení pozemních komunikací - Část 1: Výběr tříd osvětlení*. Praha : Český normalizační institut, 1.3.2007. 36 s.
- [5] ČSN EN 13201-2. *Osvětlení pozemních komunikací - Část 2: Požadavky*. Praha : Český normalizační institut, 1. 5. 2005. 16 s.
- [6] MIKEŠ, Jan; EFMERTO VÁ, Marcela. Cesta žárovky historií. *Světlo : časopis pro světelnou techniku a osvětlování* [online]. 2005, 4, [cit. 2011-04-23]. Dostupný z WWW: <[http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id\\_document=34969](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=34969)>.
- [7] WIKIPEDIA.org. *LED* [online] [cit. 2011-02-01]. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/LED>>.
- [8] MOSKAU DESING. *LED* [online] [cit. 2011-02-01]. Dostupné z WWW: < [http://nd04.jxs.cz/741/606/1fbd92879f\\_71769147\\_o2.jpg](http://nd04.jxs.cz/741/606/1fbd92879f_71769147_o2.jpg)>.
- [9] OSRAM. *LED Product Catalog* [online]. February 2011 [cit. 2011-03-02].. Dostupné z WWW: <[http://www.osram.cz/osram\\_cz/KATALOG/OSRAM\\_katalog\\_LED.pdf](http://www.osram.cz/osram_cz/KATALOG/OSRAM_katalog_LED.pdf)>.
- [10] FARNELL. *Seoul Semiconductor - AN2214. - 2W ACRICHE SERIES STAR 110V* [online] [cit. 2011-03-10]. Dostupné z WWW: < [http://uk.farnell.com/seoul-semiconductor/an2214/2w-acriche-series-star-110v/dp/1734728?crosssellid=1734728&crosssell=true&in\\_merch=true&](http://uk.farnell.com/seoul-semiconductor/an2214/2w-acriche-series-star-110v/dp/1734728?crosssellid=1734728&crosssell=true&in_merch=true&)>.
- [11] RIGHTLEDS. *5050 SMD Waterproof LED module* [online] [cit. 2011-03-10]. Dostupné z WWW: < <http://www.rightleds.com/china/LED-Module/RFT7813-3X5050.asp>>.
- [12] LED-TECH.cz. *LED žárovky do domácnosti 220/230V* [online] [cit. 2011-04-8]. Dostupné z WWW: < <http://www.led-tech.cz/61-led-zarovky-do-domacnosti>>.
- [13] LED-TECH.cz. *led diody – diodové osvětlení schodiště – na schody* [online] [cit. 2011-04-8]. Dostupné z WWW: < <http://www.led-tech.cz/led-osvetleni-do-domacnosti/77-led-diody-diodove-osvetleni-schodiste-na-schody.html>>.

- [14] EUTRONIC. *Interiérové LED diodové osvětlení* [online]. c2010 [cit.2011-04-8]. INSPIRACE. Dostupné z WWW:  
< <http://www.osvetleni-interieru.eu/gal-inspirace/sadrok.jpg>>.
- [15] VEŘEJNÉ-OSVĚTLENÍ.cz. *Novinka LED veřejné osvětlení* [online]. [cit. 2011-04-8]. Dostupné z WWW:  
< <http://www.verejne-osvetleni.cz/novinka-led-verejne-osvetleni/>>.
- [16] SITECO LIGHTING, s.r.o. *Venkovní svítidla : Down and park luminaires* [online]. [cit. 2011-04-8]. Dostupné z WWW:  
< <http://www.siteco.cz/cz/produkty/venkovni-svitidla-eng/chapter/1546.html/>>.
- [17] SVĚTELNÉ ZNEČIŠTĚNÍ.cz. [online]. [cit. 2011-04-20]. Dostupné z WWW: < <http://www.svetelneznecisteni.cz/>>.
- [18] ELASA+GANTER. *Utahovací kolečka : BT.p-ESD* [online]. c2011 [cit. 2011-02-25]. Dostupné z WWW:  
< <http://www.elesa-ganter.com/cz/32/sp/7977/4/76/ovladaci-kolecka-s-r%C3%BDhovan%C3%BDm-okrajem/bt.p-esd/eg/>>.
- [19] CHROMTech : *Povrchová úprava kovů* [online]. [cit. 2011-02-27]. ELOXOVÁNÍ. Dostupné z WWW: < <http://www.chromtech.cz/cz/elox.htm>>.
- [20] GES-ELECTRONICS : *Internetový obchod s elektronickými součástkami* [online]. c2011 [cit. 2011-02-28]. FAST-ON konektory. Dostupné z WWW:  
< [http://www.ges.cz/cz/konektory/fast-on/XBM.html?listType=LIST\\_ROWS](http://www.ges.cz/cz/konektory/fast-on/XBM.html?listType=LIST_ROWS)>.

## 9 SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

---

$M$	[-]	- motorová doprava
$S$	[-]	- velmi pomalá vozidla
$C$	[-]	- cyklisté
$P$	[-]	- chodci
$Ax, Bx, Cx,$ $Dx, Ex$	[-]	- skupiny světelných situací
$Sx$	[-]	- třída osvětlení
$EV$	[-]	- doplňková třída
$\bar{E}$	[lx]	- průměrná intenzita osvětlení
$E_{min}$	[lx]	- minimální intenzita osvětlení
$E_{v,min}$	[lx]	- minimální svislá intenzita osvětlení

**10 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ**

<b>Obr. 1.1</b>	Schéma LED diody	13
<b>Obr. 1.2</b>	OSRAM DRAGONeye®	14
<b>Obr. 1.3</b>	Modul Acriche AN2214	14
<b>Obr. 1.4</b>	Modul SAMSUNG 5050 SMD	14
<b>Obr. 1.5</b>	LED diodová žárovka HPIW3 a LB-W20 s patičí E27	15
<b>Obr. 1.6</b>	LED diodová žárovka BS-W77 s patičí G23	15
<b>Obr. 1.7</b>	Osvětlení schodiště	15
<b>Obr. 1.8</b>	Ukázka osvětlení bytu pomocí LED technologie	15
<b>Obr. 1.9</b>	Porovnání osvětlení sodíkové výbojky a LED zdroje	16
<b>Obr. 1.10</b>	DL®20 LED	16
<b>Obr. 1.11</b>	LANTERN	16
<b>Obr. 1.12</b>	SM 300	16
<b>Obr. 1.13</b>	SWDISC®	16
<b>Obr. 2.1</b>	Volba konstrukce lamp	17
<b>Obr. 2.2</b>	Vývoj účinnosti světelných zdrojů	18
<b>Obr. 5.1-5.7</b>	Ukázky návrhu vhodného svítidla	23
<b>Obr. 5.8</b>	Obrázek Varianty A	24
<b>Obr. 5.9</b>	Obrázek Varianty B	25
<b>Obr. 5.10</b>	Varianta A - simulace osvětlení	26
<b>Obr. 5.11</b>	Varianta B - simulace osvětlení	26
<b>Obr. 5.12</b>	Varianta A - nepravé barvy	26
<b>Obr. 5.13</b>	Varianta B - nepravé barvy	26
<b>Obr. 6.1</b>	Obrázek sestavy svítidla	27
<b>Obr. 6.2</b>	Obrázek rozměrů LED modulu	28
<b>Obr. 6.3</b>	Obrázek LED modulu	28
<b>Obr. 6.4</b>	Upínka LED modulu	28
<b>Obr. 6.5</b>	Obrázek otočného mechanismu	29
<b>Obr. 6.6</b>	Obrázek nosné konstrukce	29
<b>Obr. 6.7</b>	Obrázek otočného kroužku a ochranného krytu	30
<b>Obr. 6.8</b>	Ochranné víko (horní pohled)	31
<b>Obr. 6.9</b>	Ochranné víko (spodní pohled)	31
<b>Obr. 6.10</b>	Speciální utahovací šroub	31
<b>Obr. 6.11</b>	Hlava utahovacího šroubu	31
<b>Obr. 6.12</b>	Obrázek zapojení elektrosoučástí svítidla	32

## **11 SEZNAM TABULEK**

---

<b>Tab. 5.1</b> Tabulka skupiny světelných situací	21
<b>Tab. 5.2</b> Tabulka výběru třídy osvětlení	21
<b>Tab. 5.3</b> Doporučení pro výběr z rozsahu tříd osvětlení	22
<b>Tab. 5.4</b> Tabulka přiřazení doplňkové třídy	22
<b>Tab. 5.5</b> Tabulka třídy osvětlení S	22
<b>Tab. 5.6</b> Tabulka třídy osvětlení EV	22
<b>Tab. 5.7</b> Vyhodnocení svítidel s ovlivňujícími faktory	23
<b>Tab. 5.8</b> Naměřené hodnoty - Varianta A	25
<b>Tab. 5.9</b> Naměřené hodnoty - Varianta B	25

## **11 SEZNAM PŘÍLOH**

**11**

---

Příloha 1 - MATERIÁLOVÉ VÝROBNÍ NÁKLADY

Příloha 2 - SIMULACE OSVĚTLENÍ

Příloha 3 - OBRAZOVÁ DOKUMENTACE VÝROBY

Samostatná příloha - KOMPLETNÍ OBRAZOVÁ DOKUMENTACE VÝROBY

Samostatná příloha - SESTAVA SVÍTIDLA výkresy

**MATERIÁLOVÉ VÝROBNÍ NÁKLADY**

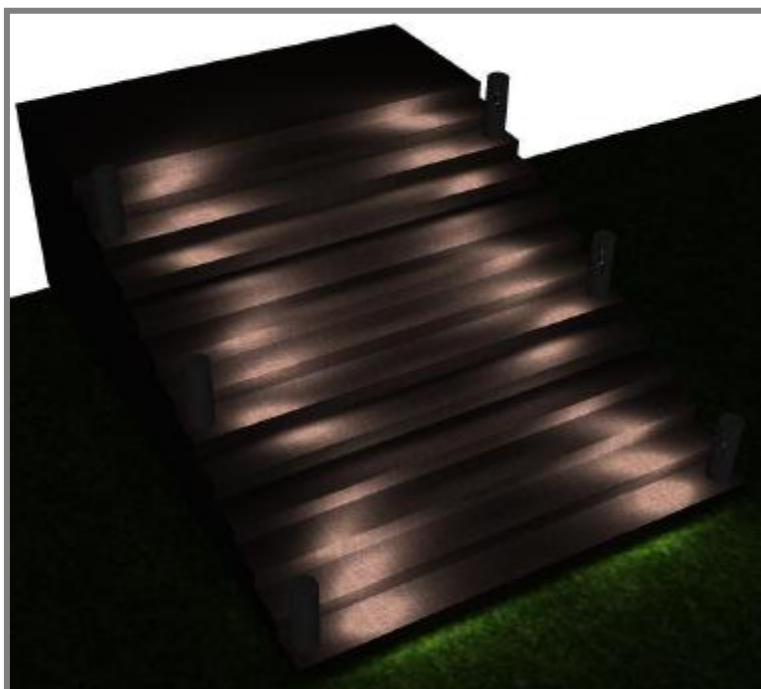
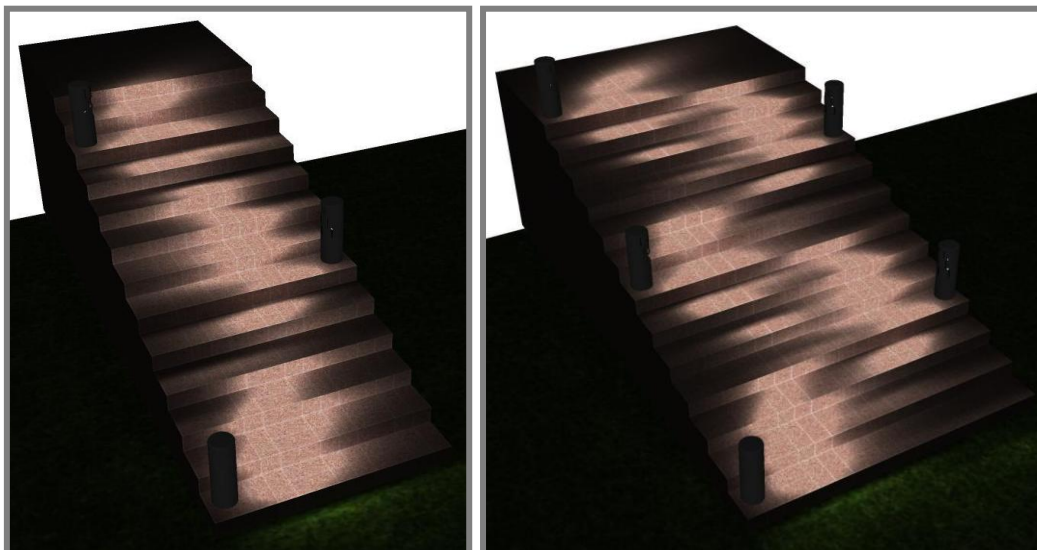
Do celkové ceny svítidla není zahrnuto DPH, poštovné a výroba svítidla.

<b>Součástka</b>	<b>Ks</b>	<b>Cena v CZK</b>
Hutní materiál		1442,-
Výrobky z plastu		120,-
LED modul Osram DRAGONeye DE1-W3F-854	3	1616,-
Zdroj Osram OPTOTRONIC OT 9/200-240/350	1	508,-
Krabička ABS 120x65x40mm IP54	1	120,-
Utahovací kolečko BT.20 p-M6x16	6	127,-
Ostatní elektrosoučástky a spojovací materiál		57,-
<b>CELKEM</b>		<b>3990,-</b>



## SIMULACE OSVĚTLENÍ

Simulace osvětlení 2m, 3m a 4m schodiště. Všechny typy splňují minimální požadavky na osvětlení. V reálném provozu lze díky otočné konstrukci směr vyzařovaného světla upravit a dosáhnout tak rozdílných světelných podmínek než je prezentováno v simulaci.



### **OBRAZOVÁ DOKUMENTACE VÝROBY**

Obrazová dokumentace zachycuje počátek výroby prototypu svítidla, tj. soustružení hliníkové trubky a hliníkového víka. Kompletní dokumentace je na samostatné příloze spolu s výrobními výkresy.





