

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 DIODOVÉHO OSVĚTLENÍ PRO OSVĚTLENÍ CYKLOSTEZEK

UTILIZATION OF LIGHT EMITTING DIODE LIGHTING FOR CYCLE TRACKS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

MARTIN MIKULA

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. DAVID PALOUŠEK, Ph.D.

BRNO 2010

ZADÁNÍ ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Cílem bakalářské práce je řešerše z oblasti využití LED osvětlení. Práce se zaměří na využití LED v praxi, na technické parametry, na konstrukční řešení osvětlovacích modulů apod., doplněný vymezením trendu budoucího vývoje.

Cíle bakalářské práce:

Bakalářská práce musí obsahovat:

1. Úvod
2. Přehled současného stavu poznání
3. Formulaci řešeného problému a jeho technickou a vývojovou analýzu
4. Vymezení cílu 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

ANOTACE

Tato bakalářská práce se zabývá konstrukčním řešením osvětlovacích modulů cyklostezek. Výsledkem je návrh lampy pro osvětlení cyklostezek, opatřený LED diodami.

Součástí bakalářského projektu jsou:

- textová zpráva o vývoji a současném stavu svítidel
- vývoj LED diod ve světě
- řešení mého návrhu
- počítačová vizualizace konečného návrhu a výkresová dokumentace

Klíčová slova: osvětlovací modul, lampa, LED dioda

ANNOTATION

This bachelor's thesis deals with construction of the illuminational modules for cycle tracks. Result is design of lamp for lighting at cycle tracks, staffed by the LED diodes.

Single parts bachelor's thesis are:

- text report on the development and current state lighting
- development LED diodes in the world
- analysis my project
- computer visualizations of the final design and technical documentation

Key words: illuminant module, lamp ,LED diode

Bibliografická citace: MIKULA, M. *Využití LED diodového osvětlení pro osvětlení cyklostezek*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 40 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. David Paloušek, Ph.D.

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval všem, kteří se jakýmkoliv způsobem podíleli na vzniku této bakalářské práce. Zvláště bych chtěl poděkovat Ing. Davidu Palouškovi, Ph.D. za jeho odborné připomínky a pomoc při řešení technických problémů. Také bych rád poděkoval své přítelkyni a rodině za jejich trpělivost a porozumění ve dnech strávených psaním této bakalářské práce.

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 20. května 2010

.....
Mikula Martin

OBSAH

ÚVOD	12
1. PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ	13
1.1 LED dioda jako světelný zdroj	13
1.2 LED diody v domácnosti	13
1.3 LED diody ve veřejném osvětlení	14
1.3.1 Nejnovější designérské návrhy LED lamp	14
1.4 LED diodové světelné moduly	15
1.4.1 DRAGONtape® - DT6	15
1.4.2 COINlight Advanced 50 - CA50	15
1.5 Materiály používané na výrobu osvětlení	16
2. FORMULACE ŘEŠENÉHO PROBLÉMU A TECHNICKÁ A VÝVOJOVÁ ANALÝZA	17
2.1 Technická analýza	17
2.1.1 Používané materiály	17
2.1.2 Světelné zdroje	18
2.2 Vývojová analýza	18
3. VYMEZENÍ CÍLŮ PRÁCE	19
4. NÁVRH METODICKÉHO PŘÍSTUPU K ŘEŠENÍ	20
5. NÁVRH VARIANT ŘEŠENÍ A VÝBĚR OPTIMÁLNÍ VARIANTY	21
5.1 Volba intenzity osvětlení dle ČSN EN 13201	21
5.1.1 Přiřazení modelové situace	21
5.1.2 Volba třídy osvětlení	21
5.1.3 Osvětlenost cyklostezky	21
5.2 První designové návrhy lamp	22
5.3 Konečné návrhy lamp a výběr nejvhodnější varianty	23
5.3.1 Varianta A	23
5.3.2 Varianta B	24
5.3.3 Cenová relace 1km osvětlení	25
5.3.4 Výběr vhodnější varianty	26
6. KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ	27
6.1 Světelný zdroj	27
6.2 Model chladiče LED diod	27
6.3 Model transparentního krytu	28
6.4 Model vrchního krytu	28
6.5 Rameno sloupu	29
6.5.1 Volba sloupu	30
6.6 Model sestavy lampy	30
6.6.1 Uchycení spodního krytu	31
6.6.2 Optická parabola	31
7. ZÁVĚR A VYMEZENÍ TRENDŮ BUDOUCÍHO VÝVOJE	32
8. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	33
9. SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ	34
10. SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ	35
11. SEZNAM SAMOSTATNÝCH PŘÍLOH	36

ÚVOD

Světlo provází éru člověka již od nepaměti. Jeho prvním využívaným zdrojem byl oheň. Používání ohně ke svícení se zdokonalilo vynalezením pochodní. První světelné pochodně, které se používaly k osvětlení, spalovaly různé druhy smol ze stromů. Postupem času se začalo přecházet na účinnější, bezpečnější typy osvětlení. Začaly vznikat první svíce vyrobené z vosku, olejové lampy, petrolejové lampy, které měly větší účinnost a delší dobu svítivosti. S vývojem elektrické energie přichází nástup prvních "Křížkových žárovek" a upouští se od plamenného světla. První žárovky nedosahovaly takových světelných výkonů ani trvanlivosti jako dnešní světelné zdroje, ale byl to velký posun vpřed ve způsobu osvětlování vnitřních i venkovních prostor. Postupem času se podstata žárovky, jako takové, zásadně neliší, avšak obyčejné žárovky postupně mizí a na trh neustále přicházejí účinnější a dennímu světlu podobnější nové světelné zdroje. Příkladem mohou být různé typy zářivek, halogenových a sodíkových výbojek a v poslední době, s vývojem polovodičových součástek, také LED diody.

Veřejné osvětlení pozemních komunikací je nedílnou součástí každého města nebo vesnice. Každý typ komunikace, od velké několika proudové dálnice, přes užší silnice, chodníky, parky a v posledních letech stále častěji budované cyklostezky, vyžaduje specifický typ osvětlení, zahrnující volbu světelného zdroje, intenzitu a směr osvětlení, rozměry lamp atd.

Od konce dvacátého století se stále častěji potýkáme s novým pojmem, označovaným jako "světelný smog". Je to osvětlení nočního nebe a krajiny, způsobené rozptylem nadbytečného světla v ovzduší. Zdrojem "světelného smogu" v ovzduší je například osvětlování velkých reklamních ploch, reflektory aut, či velmi moderní nasvícení architektonických dominant, ale převážná většina tohoto nežádoucího světla vzniká nevhodným pouličním osvětlením měst, vesnic a komunikací. Toto světlo, unikající i na velké vzdálenosti, narušuje biorytmus rostlin, volně žijících živočichů, dravcům znemožňuje lov a dezorientuje je. U lidí navozuje nespavost. Vyspělé státy se touto problematikou vážně zabývají a vědí, že je třeba způsob osvětlení ulic a silnic řešit. Dříve se používala pouliční světla všesměrová, to znamenalo, že se světlo od zdroje šířilo do všech stran. Tedy nejenom dolů od zdroje k silnici, ale směrem do boků i nahoru, a tím nepříznivě ovlivňovalo své okolí. Tendencí nově budovaného osvětlení je, aby světlo směřovalo k vozovce. Tím je okolí mimo cesty méně zasažené.[10]

Tato práce se zabývá konstrukčním řešením LED osvětlovacích modulů pro použití na cyklostezkách. Osvětlení cyklostezek je velice důležité v místech, kde se kříží cyklostezka s ostatními komunikacemi, v místech dlouhých samostatných přejezdů a nepřehledných úseků, kde zvyšuje plynulost, ale především bezpečnost jízdy. Přínos této práce bude zejména ve zmapování stávajícího stavu řešení osvětlování a návrhu vlastního konstrukčního řešení LED modulu, ve snaze, aby nenarušoval okolní prostředí mimo cyklostezku a dále nepřispíval ke světelnému znečišťování noční krajiny.

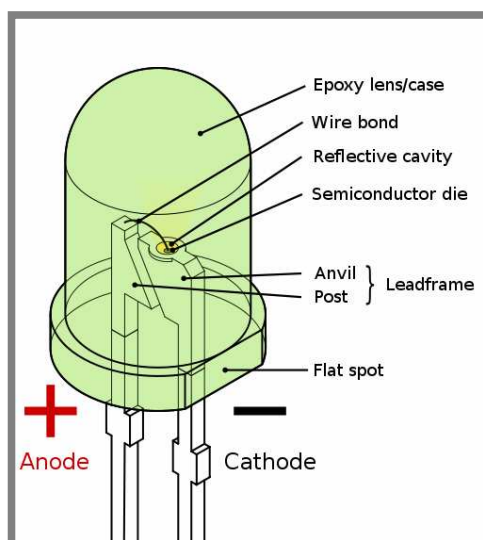
1. PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

1

1.1 LED dioda jako světelný zdroj

1.1

Doslovně citováno: “Zkratka *LED* vzniklo z anglického názvu “*light emitted diode*“ tedy do češtiny přeloženo “světlo vyzařující dioda“, je polovodičová součástka obsahující přechod PN, který emituje optické záření, je-li buzen průchodem elektrického proudu. “...více o diodách na :[9]



Obr. 1. 1 Schéma diody [11]

1.2 LED diody v domácnosti

1.2

Na začátku dvacátého prvního století se používají diody ve všech domácích spotřebičích a stále častěji jsou jimi nahrazovány i klasické žárovky. Velmi často se jimi prosvětlují displeje spotřebičů. Designéři pro ně nacházejí uplatnění i v nábytkářském průmyslu. Mohou být integrovány do hran plexiskla a lze je samostatně instalovat například do podlahy, na schodiště, do stěn či stropů.



Obr. 1.3 Obrázek diody v patici E27 [12]



Obr.1.2 Obrázek interiéru [12]

1.3 LED diody ve veřejném osvětlení

LED diody se používají i ve veřejném osvětlení. Např. lampa „Perla“ firmy Schröder [13] viz . obrázek 1.4. S vývojem vysoce svítivých High pover LED diod se dá i s malým počtem diod dosáhnout srovnatelného světelného výkonu jako u sodíkových lamp. Bílé světlo LED lamp je pro osvětlení příjemnější než žlutě svítící běžná lampa pouličního osvětlení. (obrázek 1.5)



Obr. 1.5 Srovnání LED a sodíkové lampy [14]



Obr. 1.4 Svítidlo Perla [13]

1.3.1 Nejnovější designérské návrhy LED lamp

Ukázka nejnovějších designérských návrhů světelných modulů z Pilotního projektu osvětlení společnosti ELTODO.

Příklady světél : [8]



Obr. 1.6 Světlo Kobra



Obr. 1.7 Světlo Archilede



Obr. 1.8 Světlo Stela

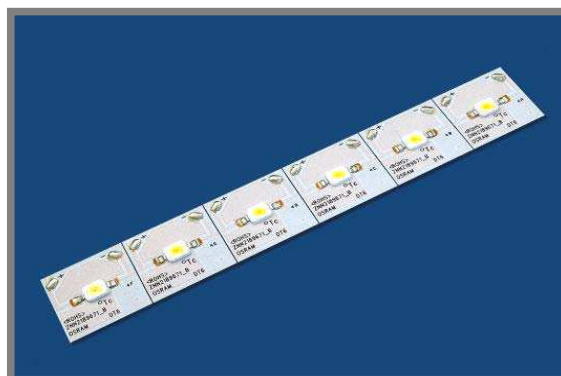
1.4 LED diodové světelné moduly

1.4

1.4.1 DRAGONtape® - DT6

1.4.1

Zdroj světla zajišťují moderní High power LED diody “High-Flux GoldenDRAGON®“ od výrobce OSRAM. LED diody se dodávají v páskách. V každé pásce je šest LED diod s tím, že každá LED dioda se dá použít samostatně. Požadavky na provoz a provozní podmínky udává výrobce v manuálu pro použití na svých internetových stránkách [6].



Obr. 1.9 LED modul Golden DRAGON [6]

Pro vylepšení světelných vlastností je možné samostatné LED diody doplnit optickými jednotkami s různým úhlem rozsvitu, které dodává výrobce.

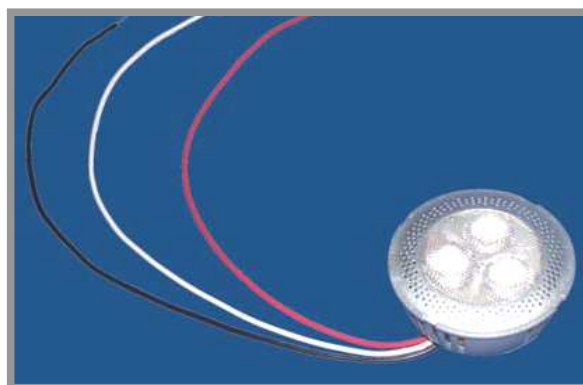


Obr. 1.10 Optické jednotky [6]

1.4.2 COINlight Advanced 50 - CA50

1.4.2

Světelný modul výrobce OSRAM je osazen třemi LED diodami Golden DRAGON® Plus, které tvoří spolu s optickou parabolou a spodním krytem kompaktní celek. Součástí modulu je ochrana proti případnému přehřátí LED diod. Provozní podmínky a možnosti použití jsou uvedeny v manuálu [6].



Obr. 1.11 LED modul COINlight Advanced [6]

1.5 Materiály používané na výrobu osvětlení

Nejrozšířenějším materiálem na výrobu sloupů je ocel s různými typy povrchových úprav. Typ úpravy většinou záleží na požadavcích odběratele. Nejčastější žárové zinkování je pro zvýšení dekorativního charakteru opatřeno různými povrchovými nátěry v různých vrstvách. Dříve používané betonové a litinové stožáry se vyskytují už jen ojediněle. V posledních letech narůstá zájem o hliníkové stožáry. Hliník je materiál lehčí než ocel a je tvárný i za studena. Ochrana proti korozi hliníku je eloxování (anodizace), která dokonale chrání proti nepříznivým povětrnostním vlivům a zároveň má vysoce dekorativní charakter. Při pevnostních zkouškách, například při nárazu automobilu do sloupu, má na rozdíl od oceli lepší deformační vlastnosti, čímž se zvyšuje bezpečnost cestujících. [7] Další materiály, které se objevují na trhu jsou různé druhy kompozitů. Dosahují vynikajících pevnostních a protikorozních parametrů.

Materiálů na výrobu osvětlovacích lamp je nepřehledné množství a záleží na výrobcích, které si vybere. Nejčastěji to jsou kombinace ocelových prvků s plasty doplněné o hliníkové komponenty. Ochranná skla a difuzory mohou být ze skla nebo pro zvýšení odolnosti z transparentního termoplastu (lexanu).

2 FORMULACE ŘEŠENÉHO PROBLÉMU A TECHNICKÁ A VÝVOJOVÁ ANALÝZA

2

Na silnicích se stále zvyšuje počet automobilů, čímž roste potřeba budování cyklostezek pro zajištění bezpečné jízdy cyklistů, sportovců na kolečkových bruslích apod. Nové trasy cyklostezek musí splňovat určitá předepsaná kritéria, jedním z nich je i správné osvětlení.

V případech, kde jsou cyklostezky vybudovány souběžně s veřejnými komunikacemi, je využíváno pouličního osvětlení. Avšak v místech dlouhých samostatných přejezdů a odlehlých úseků, vedoucích mimo komunikace, osvětlení většinou chybí.

Zde je potřeba použít samostatné moduly pro jejich osvětlení. U těchto modulů není vhodné, aby svítily stále stejnou intenzitou, ale aby se s průjezdem cyklisty postupně rozsvěcovaly a po chvíli buď částečně setměly nebo úplně zhasly.

Je důležité zvolit vhodné umístění osvětlovacích modulů tak, aby neohrožovaly účastníky provozu, ale aby zároveň zajišťovaly požadovanou intenzitu svitu.

Po ekologické stránce by lampy neměly svým svitem zasahovat do okolního prostředí a narušovat tak noční život mimo cyklostezku. Měly by osvětlovat dlouhé, ale úzké pásy komunikací.

Navrhovaná konstrukce osvětlovacího modulu, spolu se zvolenými materiály jednotlivých částí, by měla být schopna odolávat, jak nepřízní počasí, tak i dalším vlivům, např. vandalizmu.

2.1 Technická analýza

2.1

Pouliční osvětlení je možné rozdělovat podle velkého množství parametrů, dle volby materiálu na výrobu (2.1.1), světelného zdroje (2.1.2) a v neposlední řadě účelu a umístění lampy. Velikost a intenzitu svitu v závislosti na daném prostředí, do kterého je lampa umístována, určuje soubor norem ČSN EN 13 201 [4].

2.1.1 Používané materiály

2.1.1

Jednotlivé části lamp veřejného osvětlení se vyrábí z odlišných materiálů. V současnosti se nejčastěji používají různé druhy kovů. Jedním z nich je ocel, která je vždy ještě povrchově upravena (žárově zinkována, chromována a opatřena různými druhy povrchových nátěrů). Dalším stále více využívaným kovem pro konstrukce je hliník, upravený eloxováním. Dříve hojně používaná litina se dnes využívá většinou u dekorativních lamp a složitějších odlévaných tvarů.

Mnohé části lamp (chrániče elektroinstalací, ochranné kryty světelných tělísek, apod.), jsou stále častěji osazovány výrobky z plastu. Pro výrobu difusorů se používají různé druhy skel, plexiskel, barevných PVC apod.

2.1.2 Světelné zdroje

Jako zdroj světla budou použity LED diody. V dnešní době je na trhu celá řada typů a druhů těchto diod. Klasické LED diody jsou nahrazovány novějšími vysoce výkonnými High-Power LED diodami. V použití pro veřejné osvětlení našly uplatnění bíle vyzařující LED diody. O jejich vlastnostech a možnostech použití je možné se více dočíst v knize “LEDs for Lighting Applications [1], 7. kapitola quality of White Light from LEDs.

2.2 Vývojová analýza

Z hlediska designu vývoj svítidel z velké části ovlivňuje doba, kdy vznikají. Rozvoj technologií a výzkum nových materiálů, jak v oblasti plastů tak i kovů, otevírají nové možnosti designérů při navrhování tvaru i charakteru svítidel. Dle oblasti použití se vytvářejí svítidla jednoduchých, minimalistických vzhledů nebo naopak designérsky zpracovaných tvarů. Při každém návrhu svítidla však musí být vždy kladen důraz na bezpečnost, stabilitu a světelné parametry.

3 VYMEZENÍ CÍLŮ PRÁCE

3

Primárním cílem bakalářské práce je konstrukční návrh LED osvětlovacích modulů cyklostezek s využitím digitálních technologií.

Další cíle práce:

- výběr typu LED diod
- dosažení správného chlazení LED diod
- návrh designu lampy a volba materiálu na výrobu modulu
- vytvoření 3D modelu vybrané varianty
- vytvoření technické dokumentace

Při návrhu osvětlovacího modulu by měl být kladen důraz na jednoduchost, pevnost, bezúdržbový provoz a cenovou dostupnost lampy.

4 NÁVRH METODICKÉHO PŘÍSTUPU K ŘEŠENÍ

- STUDIUM ODBORNÉ LITERATURY

Před samotným návrhem osvětlení je nutné studium odborné literatury o veřejném osvětlení, LED diodách, konstrukčních materiálech atd. a na základě takto získaných poznatků bude vytvářen samotný návrh osvětlovacího modulu.

Z hlediska přístupu k řešení se dá zadaný problém rozdělit na dvě základní části. První část se zaměří na volbu vhodného světelného zdroje (LED diod) a druhá se bude zabývat návrhem samotného osvětlovacího modulu v závislosti na diodách (počtu, velikosti a rozmístění).

- VÝBĚR LED DIOD

Při výběru LED diod je třeba se zaměřit na volbu třídy osvětlení dle evropských norem ČSN EN 13201-1 a ČSN EN 13201-2 [4], které určují rozložení svitu, minimální a maximální osvětlení, zohledňují vlivy tohoto světla na životní prostředí mimo danou komunikaci atd.

Na základě zvolené třídy vybrat vhodné LED diody dle vlastností, které udávají výrobci jednotlivých typů. Navrhnout jejich počet a optimální uspořádání s cílem dodržení požadované třídy a splnění fotometrických vlastností osvětlovacího modulu.

- KONSTRUKČNÍ NÁVRH MODULU

Tato část se zaměří na návrh designu lampy. Navržené uspořádání LED diod zpracovat do tvaru svítidla.

Při konstrukčním řešení modulu bude nutné dodržet provozní podmínky LED diod, zejména zajištění jejich požadovaného chlazení. Dále bude pokračovat konstrukční návrh celé lampy, včetně upevnění osvětlovacího modulu. Nakonec následuje volba materiálů, ze kterých se vyrobí jednotlivé části.

Budou vypracovány dvě varianty z nichž bude vybráno vhodnější řešení.

- ZPRACOVÁNÍ TECHNICKÉ DOKUMENTACE

Vypracování 3D digitálního modelu a výkresů sestav, příp. podsestav konečného návrhu.

- SOFTWARE

Psaní práce v:	Microsoft Office Word 2003
Technická práce zpracována:	Autodesk Inventor 2008
Světelná simulace:	DIALux 4.7

5 NÁVRH VARIANT ŘEŠENÍ A VÝBĚR OPTIMÁLNÍ VARIANTY

5

5.1 Volba intenzity osvětlení dle ČSN EN 13201 [4]

5.1

5.1.1 Přiřazení modelové situace

5.1.1

Cyklostezkám, kde jsou hlavní uživatelé cyklisté, jiní uživatelé chodci a nepovolení uživatelé motorová doprava a pomalá vozidla, nejvíce odpovídá modelová situace C1.

Typická rychlost hlavního uživatele	Uživatelé v těze uvažované oblasti			Modelová situace
	Hlavní uživatel	Jiný uživatel (povolený)	Nepovolený uživatel	
střední 30 až 60 km.h ⁻¹	MS	CP	-	B1
	MSC	P	-	B2
	C	P	MS	C1
různá 5 až 30 km.h ⁻¹				
	MP	-	SC	D1
		SC	-	D2
	MC	SP	-	D3
	MSCP			D4

Použité termíny, druh uživatele:

(M) - motorová doprava

(S) - velmi pomalá vozidla

(C) - cyklisté

(P) - chodci

Obr. 5.1 Tabulka pro přiřazení parametrů osvětlení [4]

5.1.2 Volba třídy osvětlení

5.1.2

Na základě modelové situace C1, dle Tab.Obr.5.1, se volila třída osvětlení Sx.

Opatření ke zklidnění dopravy	Riziko kriminálního deliktu	Rozpoznání tváře	Hustota dopravy	
			Běžná	Vysoká
Ne	Běžné	Není nutné	S 5	S 4
		Je nutné	S 4	S 3
	Vyšší než běžné		S 3	S 2
Ano (platí jen v oblasti zklidnění dopravy)			S 2	

Obr. 5.2 Tabulka pro přiřazení třídy osvětlení [4]

Pro všeobecné použití osvětlovacích modulů připadá volba třídy osvětlení v rozsahu S2 – S5.

5.1.3 Osvětlenost cyklostezky

5.1.3

Třída osvětlení určuje průměrnou (E) a minimální (E_{min}) intenzitu osvětlení. Jednotkou intenzity osvětlení je lux (lx), což je osvětlení způsobené světelným tokem 1 lm dopadajícím na plochu 1 m². Skutečná průměrná hodnota by neměla překročit jeden a půl násobek doporučené průměrné hodnoty a být nižší jak minimální hodnota intenzity osvětlení dle Tab. Obr.5.3

Třída:	E (lx)	E _{min} (lx)
S1	≥ 15	≥ 5
S2	≥ 10	≥ 3
S3	≥ 7,5	≥ 1,5
S4	≥ 5	≥ 1
S5	≥ 3	≥ 0,6
S6	≥ 2	≥ 0,6
S7	–	≥ 0,6

Obr. 5.3 Tabulka hodnot intenzit osvětlení [11]

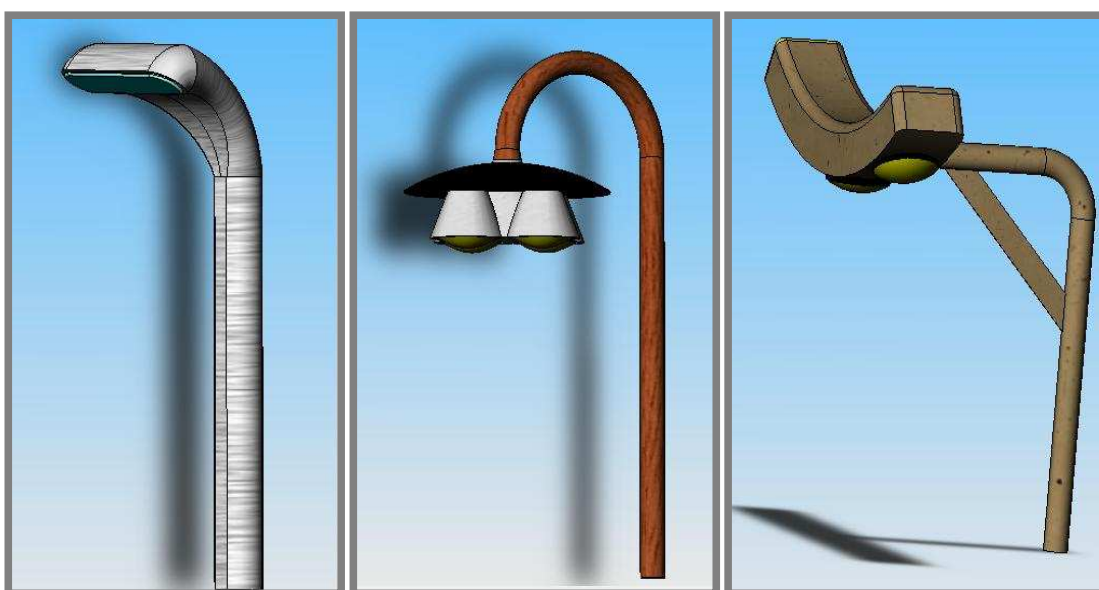
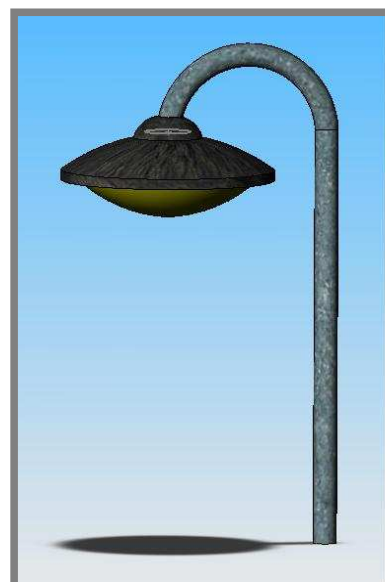
Dle třídy osvětlení, která se pohybuje v rozmezí skupin S2 – S5, se hodnota průměrné intenzity osvětlení pohybuje v rozmezí od 2 lx do 10 lx a minimální hodnota v rozmezí od 0,6 lx do 3 lx.

5.2 První designové návrhy lamp

Při prvních skicách a návrzích nebyl brán ohled na žádný konkrétní druh LED diod ani jejich uspořádání v modulu. Návrhy obsahovaly různé tvary lamp (bodové, oválné i podélné).

Cílem bylo vytvořit lampu, která by splňovala svou funkci, vhodně osvětlila prostor a zároveň, aby tvořila samostatný objekt, který by byl svým vzhledem přitažlivý a zajímavý, využíval jednoduché geometrické tvary, aby nepůsobil komplikovaným dojmem.

Světlo, které nebude příliš komplikovaného vzhledu, bude rovněž jednodušší zasadit do okolí cyklostezky, aniž by narušovalo vzhled krajiny. Zároveň bude jednodušší na výrobu a odolnější proti poničení.



Obr. 5.4-5.7 Ukázky prvních designových návrhů

5.3 Konečné návrhy lamp a výběr nejvhodnější varianty

5.3

Tato část se již zaměřuje na konkrétní volbu LED diod, na jejich umístění v modulu a zajištění provozních podmínek udávaných výrobcem. Dále pak návrhem designu osvětlovacího modulu, jeho konstrukcí, technickými a montážními parametry. Směrem a rozložením světla popřípadě doplněného přídatnou optikou.

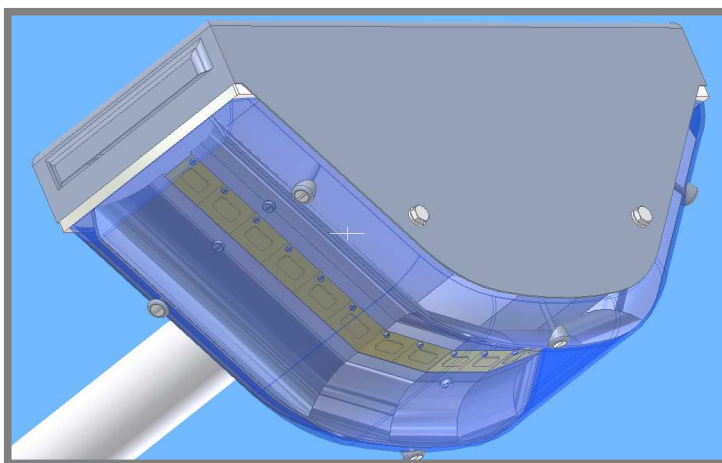
Takto navržené varianty modulu byly v programu DIALux umístěny do prostoru a následovala simulace rozsvícení. Účelem bylo zkoumání světelných parametrů zvolených LED diod, rozložení jejich světla v prostoru cyklostezky, velikost a intenzitu svitu mimo ní, vzdálenost, do které je ještě zajištěno dostatečné osvětlení dle zvolených tříd osvětlení S2-S5. Pro lepší vizuální porovnání světelných vlastností byly do prostoru umístěny jednoduché objekty.

Program DIALux, který je volně stažitelný na internetových stránkách, se používá k návrhům veřejného osvětlení, osvětlení budov i k osvětlení vnitřních prostor. Výrobci osvětlovací techniky využívají program a pro své světelné zdroje vytvářejí světelné charakteristiky (úhel, sílu a rozložení svitu), které se pak používají při návrhu osvětlení. Návrh osvětlení spočívá v tom, že se světlo (světla) umístí do požadované výšky v prostoru podél silnice nebo cesty a simulovaným výpočtem, který provádí program, se zjišťují jeho světelné vlastnosti.

5.3.1 Varianta A

5.3.1

U návrhu první varianty modulu tvoří základ 18 moderních vysoce výkonných High-luxGoldenDRAGON® LEDs od známého výrobce OSRAM. LED moduly se dodávají v páskách po 6 kusech a lze je použít také každou samostatně. Cena jedné pásky je kolem 1.200,- CZK. Příkon 6W, světelný



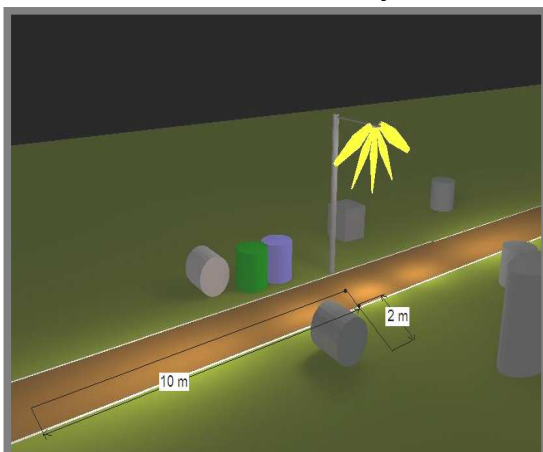
Obr. 5.8 Návrh Varianty A

tok 240(lm) a teplota světelného toku 5400K. Je možné je využít k postupnému stmívání. [6] Výrobce požaduje zajištění jejich dostatečného chlazení. V této variantě byly LED diody uspořádány pod různým úhlem viz. Příloha 1, tak aby co nejvíce pokrývaly osvětlovací oblast a spolu s optickou parabolou, která modeluje tvar vyzařovaného světelného paprsku do stran pod úhlem 30°, vytvářely optimální směr vyzařovaného světla. K zajištění ještě větší variability nastavení úhlu světla je možné moduly dodatečně osadit speciální optickou jednotkou dodávanou výrobcem. Každá LED dioda je do modulu umísťována samostatně a přichycena pomocí samolepící strany, čímž je zajištěno těsné spojení k prostupu tepla mezi LED diodou a hliníkovým chladičem. Proti posunu a pro případné dodatečné připevnění optické jednotky je ještě navíc doplněna šroubem. Ochranu LED diod proti vlhkosti

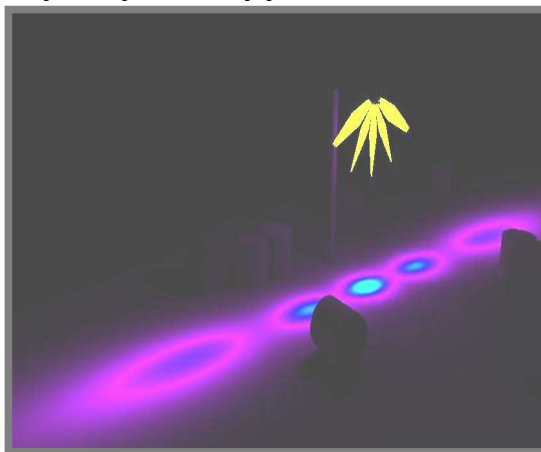
a venkovním vlivům zajišťuje transparentní kryt. Vrchní kryt je vyroben z plechu s vyraženými větracími otvory pro zajištění dostatečného chlazení LED diod. Připevnění k rameni sloupu je řešeno pomocí tří šroubů v zadní části modulu.

Při simulovaném návrhovém výpočtu programem DIALux byly naměřeny tyto hodnoty:

- maximální vzdálenost, do které bude zajištěno minimální osvětlení $E_{min}=0,6 \text{ lx}$, je 13 metrů od lampy
- průměrné osvětlení cyklostezky v délce 10 metrů od lampy $E= 8 \text{ lx}$
- velikost maximální intenzity osvětlení 2 metry od cyklostezky je 0.57 lx



Obr. 5.9 Osvětlení cyklostezky Varianta A

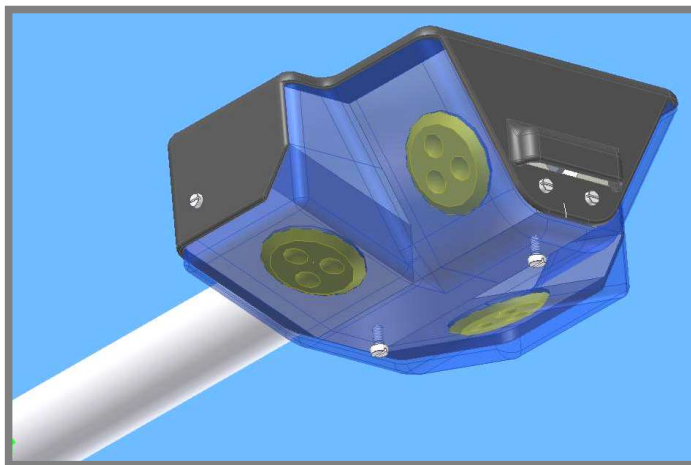


Obr. 5.10 Zobrazení intenzit osvětlení Varianta A

5.3.2 Varianta B

Toto světlo tvoří 4 samostatné osvětlovací moduly "COINlight advanced 50 - CA50" v každém jsou umístěny tři High power LED diody GoldenPLUS® od výrobce OSRAM. Moduly se prodávají samostatně. Cena jednoho je přibližně 1.400,- CZK. Příkon 7,5W, světelný tok 262[lm] a teplota světelného toku 5400K. [6]

Moduly mají navíc v sobě zabudovanou tepelnou ochranu, která je chrání proti přehřátí (při přehřátí zhasnou nebo začnou blikat), ale i tak je důležité zajištění jejich správného chlazení. Lze je postupně stmívat. Rozmístění modulů je voleno ve dvou řadách po dvojicích viz. Příloha 2. Tvar světelného toku je dán konstrukcí modulu, úhel vyzařovaného světla je 38° . Ochranu proti vlhkosti a povětrnostním vlivům zajišťuje transparentní kryt. Vrchní kryt může být termoplastový nebo kovový s předním průduchem pro zajištění lepší ventilace vnitřku světla.

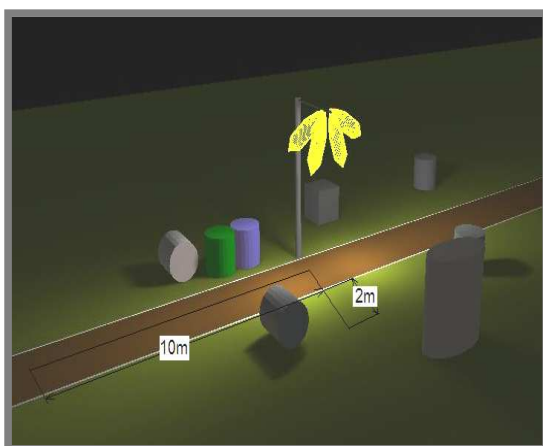


Obr. 5.11 Návrh Varianty B

LED moduly jsou k hliníkovému tělu světla připevněny vždy dvěma šrouby M3, umístěnými uvnitř světelného modulu. Uchycení světla k rameni sloupu je řešeno v zadní části napojením na osazenou koncovkou a dotažením dvěma šrouby.

Při simulovaném návrhovém výpočtu programem DIALux byly naměřeny tyto hodnoty:

- maximální vzdálenost, do které bude zajištěno minimální osvětlení $E_{min}=0,6 \text{ lx}$, je 11 metrů od lampy
- průměrné osvětlení cyklostezky v délce 10 metrů od lampy $E= 4,5 \text{ lx}$
- velikost maximální intenzity osvětlení 2 metry od cyklostezky je $3,2 \text{ lx}$



Obr. 5.12 Osvětlení cyklostezky Varianta B



Obr. 5.13 Zobrazení intenzit osvětlení Varianta B

5.3.3 Cenová relace na 1km a 10km osvětlení

5.3.3

Umístění osvětlovacích modulů obou variant je realizováno po dvaceti metrech. Na jeden kilometr připadá 50 lamp, jejich spotřeba elektrické energie je obdobná. Při porovnání pořizovacích nákladů obou variant jsou jednotlivé části konstrukce modulů cenově srovnatelné, a proto pro zjednodušení byla vytvořena cenová relace pouze světelného zdroje (LED modulů).

	Cena LED modulu	Počet modulů	Celková cena umístěných modulů	Počet lamp na 1km	Celková cena 1km instalovaných lamp	Celková cena 10km instalovaných lamp
Varianta A	1200,-	3ks	3600,-	50ks	180 000,-	1800000,-
Varianta B	1400,-	4ks	5600,-	50ks	280 000,-	2 800 000,-
rozdíl:					100 000,-	1 000 000,-

Obr. 5.14 Cenová kalkulace obou variant

5.3.4 Výběr vhodnější varianty

Při výběru konečného řešení provedení byly porovnávány oba osvětlovací moduly v oblasti světelných vlastností a schopností zajistit chlazení LED diod. Důležité bylo také přihlédnout k ceně světelného zdroje.

V oblasti maximální vzdálenosti minimálního osvětlení a v průměrném osvětlení plochy při porovnávání světelných vlastností, vypočtených v programu DIALux, lépe vychází Varianta A. Důležité je také zkoumat vliv a intenzitu negativního osvětlení na okolní prostředí (vyzařování světla i mimo cyklostezku), kde se také jeví jako lepší Varianta A. Pro zajištění dostatečného chlazení jsou velice dobře řešeny osvětlovací moduly ve Variantě B, avšak na úkor zvýšení ceny a snížení světelné intenzity.

V porovnání pořizovacích cenových relací na 1km a 10km vychází osvětlení lampou A o 100 000,- (1 000 000,-) levněji než lampou B.

Na základě těchto zjištění volím pro konečné řešení Variantu A .

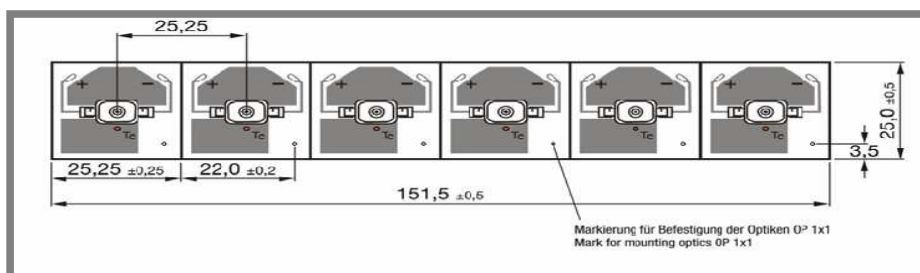
6 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

6

6.1 Světelný zdroj

6.1

Ve zvoleném konstrukčním řešení je světelný zdroj zajištěn pomocí high power LED diodových modulů DRAGONtape® - DT6[6]. Důležité rozměry jednotlivých částí jsou uvedeny na Obr. 6.1. Ve zvoleném řešení byly použity celkem tři pásy tak, že dva zůstaly celé a jeden se rozdělil na tři části viz. Příloha 1. Pro zajištění co nejtěsnějšího spojení mezi hliníkovým chladičem a LED modulem je připevnění LED modulů řešeno pomocí samolepící zadní strany a proti posunu doplněno jedním šroubem M3.

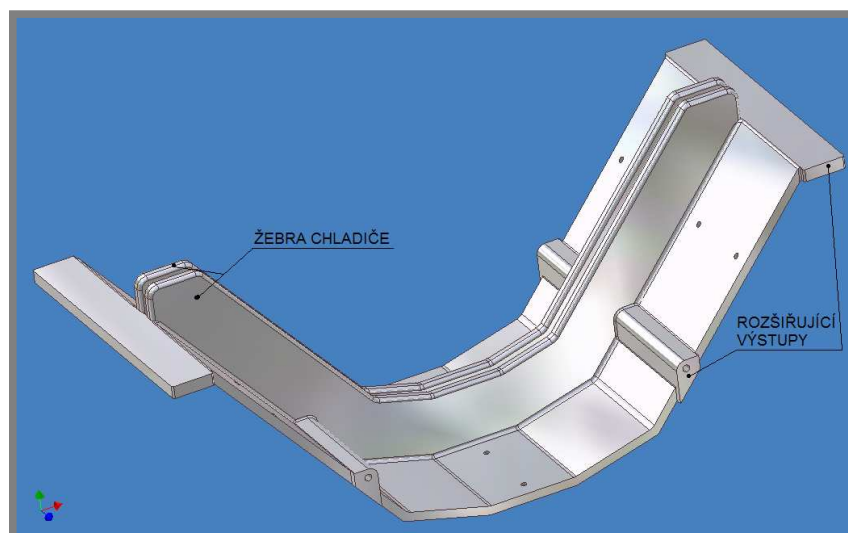


Obr. 6.1 Rozměry pásku LED diod [6]

6.2 Model chladiče LED diod

6.2

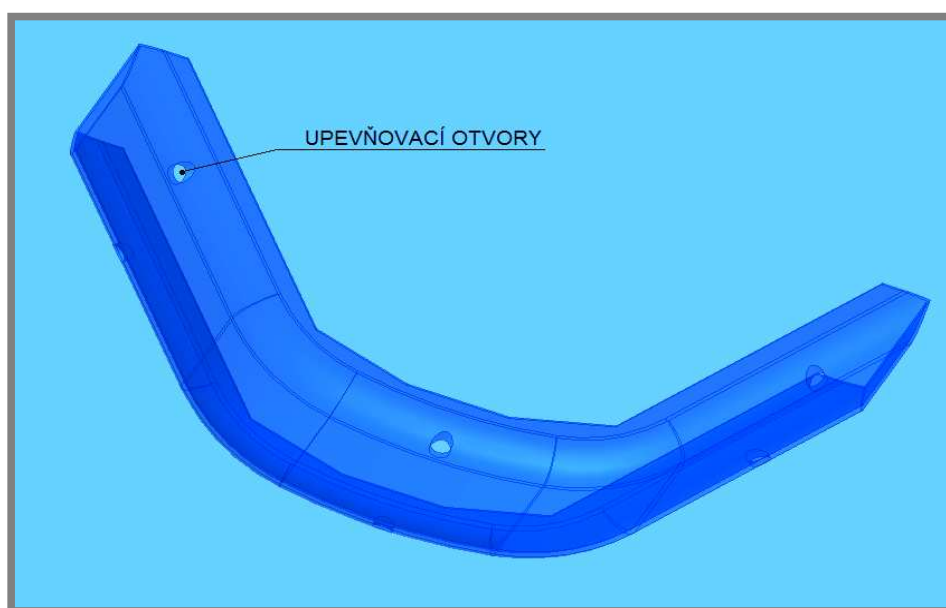
Chladič slouží k odvádění tepla, které vzniká v LED modulech. Je vyroben jako odlitek z hliníku. Tvar a rozměry jsou dány uspořádáním LED diod, spodní pozvolné stoupání přechází na stranách ve strmější. Co nejlepší odvod tepla z chladiče zajišťuje žebrování. Teplo, které vzniká, stoupá skrz žebrování nahoru a dále je přes vrchní kryt odváděno ven. Chladič zároveň slouží jako nosný prvek celé lampy. Jsou na něm přichyceny jednotlivé LED diody, spodní i vrchní kryt a optické paraboly. Pro dosažení ventilace a požadovaného proudění vzduchu skrz žebrování je na přední a zadní straně chladič doplněn o rozšiřující výstupy. Ty vytváří po připevnění vrchního krytu zhruba 4mm široký větrací průduch viz. Příloha 1.



Obr. 6.2 Model chladiče

6.3 Model transparentního krytu

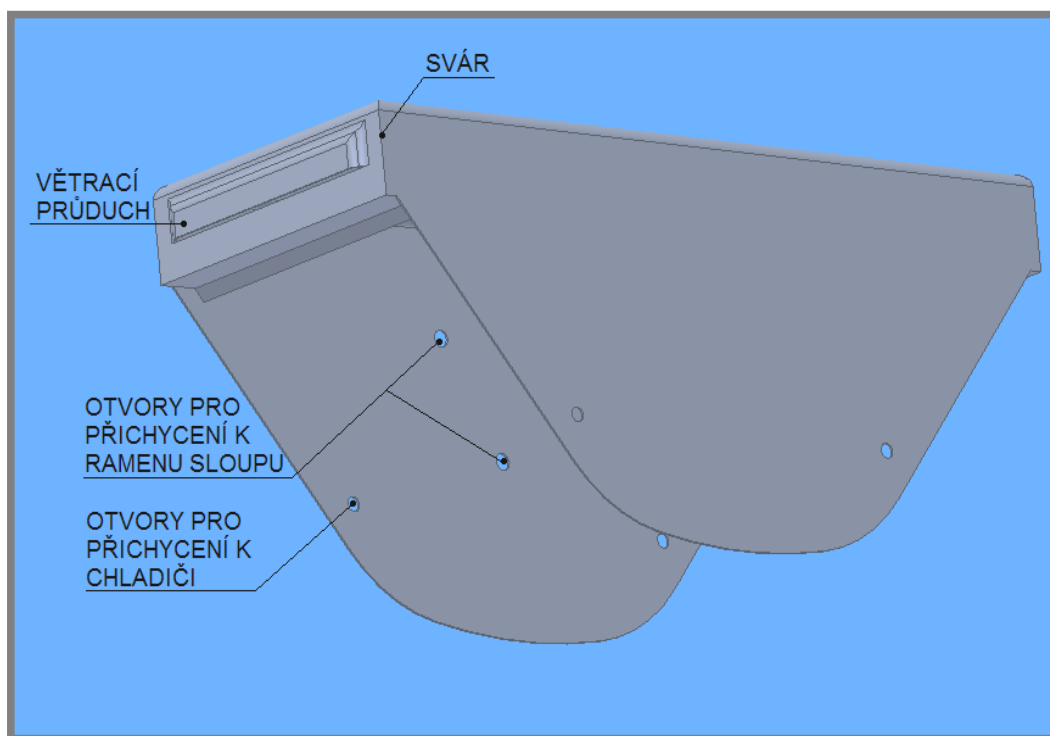
Transparentní kryt byl navržen tak, aby zajišťoval dostatečnou ochranu proti nežádoucímu vnikání vlhkosti a nečistot do prostoru světelného zdroje (LED modulů a optické paraboly). Materiál, který byl použit na jeho výrobu, je transparentní termoplast. Na rozdíl od skla není křehký a lze jej lépe tvarovat. Kryt je vyroben metodou vakuového tváření plastů a na požadovaný tvar upraven dodatečným obráběním. V krytu je vyvrtáno šest upevňovacích otvorů a je přichycen přes vymezovací podložky k chladičímu tělesu šrouby M4. Spodní kryt tak uzavírá vlastní světelný prostor osvětlovacích modulů.



Obr. 6.3 Model transparentního krytu

6.4 Model vrchního krytu

Funkcí vrchního krytu je ochrana chladiče proti vnikání nečistot (prachu, padajících listů apod.), zajistit dostatečné proudění vzduchu (ventilaci) lampou a přichycení modulu ke sloupu. Kryt je vyroben z plechu o síle (s=1mm). Základem je rozvinutý plošný tvar, jenž je postupně naohýbán do požadovaného tvaru. Spoje jsou řešeny pomocí odporového svařování v ochranné atmosféře. Horní větrací průduchy jsou vyrobeny průstřihem. Celý kryt je opatřen protikorozním nástřikem vypalovací barvou. Připevnění k chladiči zajišťují čtyři šrouby M5 a celý modul je následně uchycen k osazené přírubě ramena sloupu pomocí tří šroubů M8. Ventilace, nutná k ochlazení chladiče, je řešena pomocí větracích průduchů. Spodní průduchy zajišťují přísun vzduchu na žebra chladiče. Ohřátý vzduch ze žebíř stoupá vzhůru a odchází ven průduchy, umístěnými ve vrchní části krytu. Proti vnikání hmyzu a jiných nečistot je možné průduchy dodatečně opatřit jemnými sítěmi.

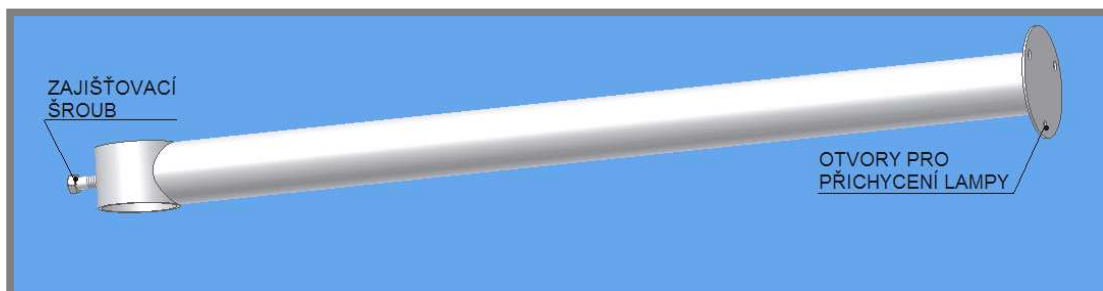


Obr. 6.4 Model Vrchního krytu

6.5 Rameno sloupu

6.5

Rameno spolu se sloupem slouží k zajištění polohy světla nad cyklostezkou v požadované výšce 3,5m. Základ ramena tvoří hliníková slabostěnná trubka o průměru 50mm a délce 700mm. Lampa je k ramenu sloupu uchycena pomocí tří šroubů M8. Připevnění ke sloupu je realizováno přes přírubu, která se po nasazení zajistí šroubem M10.



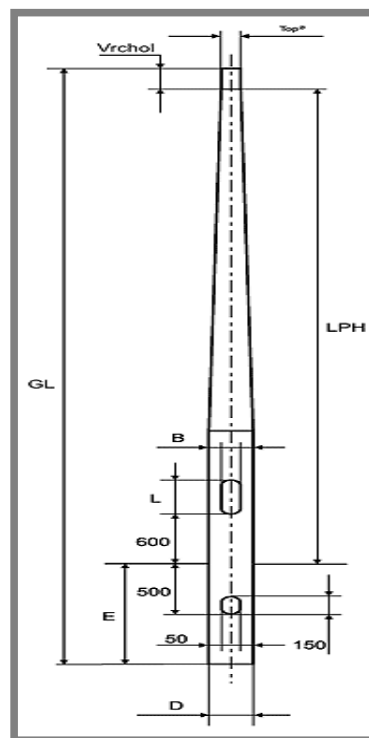
Obr. 6.5 Model ramene

6.5.1 Volba sloupu

Na sloup byl použit standardně vyráběný stožár od české firmy FABER BOHEMIA CZ. Stožáry jsou hliníkové, tažené za studena a splňují bezpečnostní kritéria evropské normy EN 40. Je možné použít tři typy povrchových úprav, a to broušení, eloxování a nově také nanášení práškové barvy. Stožáry se prodávají v různých rozměrových variantách více na stránkách výrobce [15].

Pro návrh byl zvolen sloup o rozměrech (Obr. 6.6):

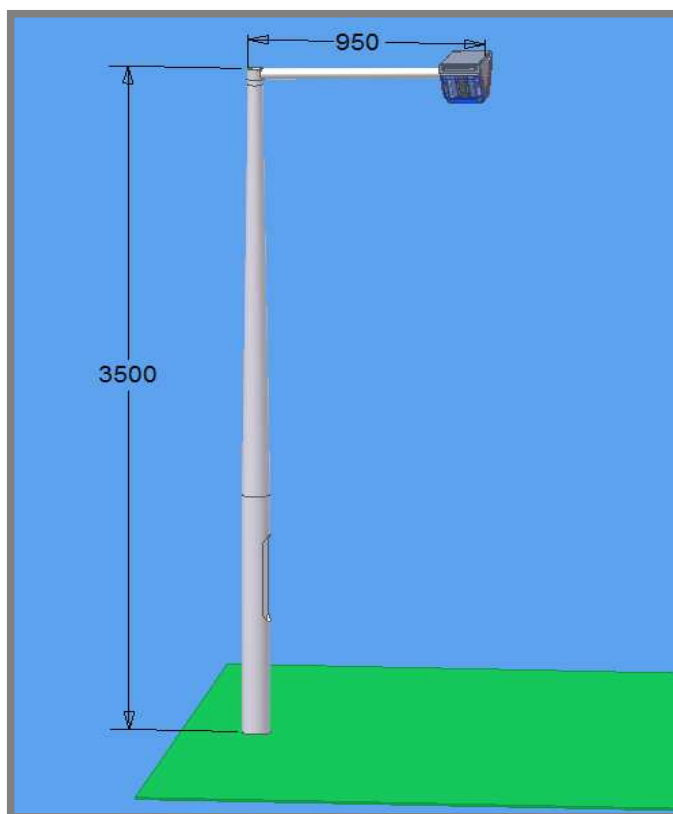
- výška $LPH = 3,5\text{m}$
- spodní průměr $D = 114\text{mm}$
- celková výška $GL = 4,3\text{m}$
- délka x šířka dvířek $L \times B = 400 \times 85\text{mm}$
- průměr vrcholu $d = 60\text{mm}$



Obr. 6.6 Sloup [15]

6.6 Model sestavy lampy

Celková sestava lampy se skládá ze sloupu, ramena sloupu a osvětlovacího modulu.

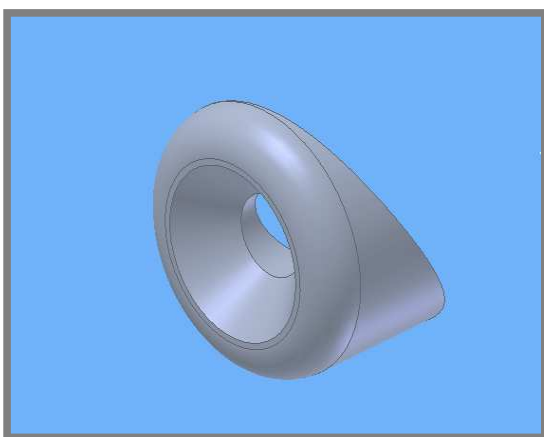


Obr. 6.7 Model sestavy lampy

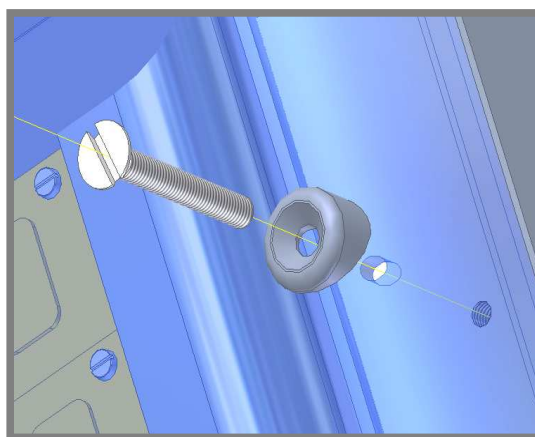
6.6.1 Uchycení spodního krytu

6.6.1

Spodní kryt je uchycen pomocí šesti vymežovacích podložek, které slouží k podložení šroubu mezi chladičem a spodním krytem modulu. Jsou zhotoveny z vitonu(pryže), který odolává vyšším teplotám a vlhkosti. Podložka podepírá spodní kryt a pomocí šroubu M4, který skrz ní prochází ho přichycuje k chladiči.



Obr. 6.8 Vymežovací podložka

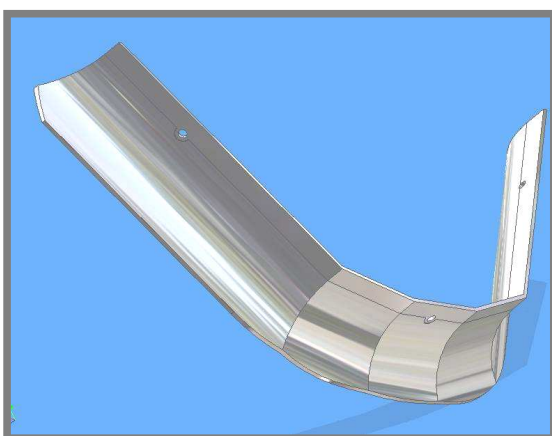


Obr. 6.9 Připevnění krytu skrz podložku

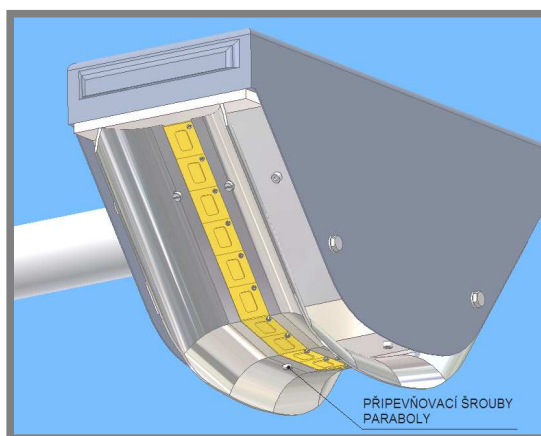
6.6.2 Optická parabola

6.6.2

Parabola je tvořena dvěma samostatnými profilovými pásy, které navazují na LED diody a upravují tvar výsledného světla vystupujícího z lampy. Je vyrobena z termoplastu a je opatřena reflexním kovovým nástřikem pro lepší odražení světla. Každý pás se k chladiči připevňuje třemi šrouby M4.



Obr. 6.10 Profilový pás



Obr. 6.11 Uchycení paraboly

7 ZÁVĚR A VYMEZENÍ TRENDU BUDOUCÍHO VÝVOJE

V průběhu práce byl vytvořen přehled vyráběných LED diod a jejich možné uplatnění ve veřejném osvětlení. Velkou výhodou LED diod, v porovnání s ostatními typy světelných zdrojů, používaných ve veřejném osvětlení, je spotřeba elektrické energie, jenž je u LED diod několikanásobně nižší než u ostatních světelných zdrojů. Pro použití ve veřejném osvětlení jsou nejvhodnější vysoce svítivé High Power LED diody, které dosahují vysokých svítících účinků. Negativní vlastností je teplo, které se v nich vytváří a je nutné ho odvádět pryč, aby se LED dioda nepoškodila. Jedním z rozhodujících faktorů ve volbě světelného zdroje je jeho pořizovací cena a ta je ovšem u High Power LED diod vysoká. Pořizovací náklady celé lampy se tedy negativně zvyšují. Otázkou LED veřejného osvětlení se zabývá stále více výrobců. Jedná se však spíše o prototypovou výrobu a díky vysokým pořizovacím nákladům se v širší praxi zatím moc nevyužívá.

V konstrukční části byly navrženy dvě varianty konstrukčního řešení LED lamp v programu Autodesk Inventor. V programu DALux se vytvořily jejich podrobné světelné simulace a na základě normy ČSN EN 13201[4] se zkoumaly jejich světelné vlastnosti. Při výběru řešení se přihlíželo i k cenové relaci obou použitých LED modulů. Vybraná varianta se dále detailně řešila z hlediska konstrukčního a funkčního. Práce byla vytvořena s využitím dostupných informací z literatury a internetu. Byly splněny všechny vytyčené cíle bakalářské práce.

Při detailnějším zpracovávání vybrané varianty by bylo možné modul navíc osadit snímači pohybu, které by reagovaly na projíždějícího cyklistu tak, že by lampu rozsvěcely a po průjezdu úplně zhasly nebo by lampa osvětlovala pouze minimálním svitem a při pohybu by se zvýšila intenzita svitu.

V dalším řešení by bylo možné lampu opatřit programovací jednotkou, která by ji rozsvěcela podle aktuálního času tak, že by v pozdních nočních hodinách osvětlovala menší intenzitou a v době večerní a ranní, kdy je frekventovanější provoz, by se intenzita svitu zvýšila. Takové doplňující zařízení má za úkol snížit celkové provozní náklady na osvětlení a zvýšit efektivitu osvětlení.

Dále by bylo vhodné vytvořit tepelnou charakteristiku chladiče, pomocí metody konečných prvků, v programu ANSYS. A ověřit tak, zda dokáže udržet teplotu LED modulů v požadovaných mezích.

Je zřejmé, že budoucí vývoj LED osvětlení, díky svým úsporným energetickým parametrům, bude směřovat kupředu. S vytvářením nových konstrukcí LED diod bude jejich cena postupně klesat a budou mnohem dostupnější pro širší použití.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

8

- [1] MOTTIER, Patrick. LEDs for Lighting Applications. Great Britain : Wiley- ISTE, 2009. 304 s. ISBN 978-1-84821-145-2.
- [2] HELD, Gilbert. *Introduction to LED Technology and Applications*. USA : Taylor & Francis Group, LLC, 2009. 171 s. ISBN 978-1-4200-7662-2.
- [3] CHALUPSKÝ, Ladislav. *100x o umělém osvětlení*. PRAHA : SNTL, 1969. 278 s. ISBN 24-011-69.
- [4] Osvětlení pozemních komunikací: *Soubor norem ČSN EN 13201* . PRAHA : © Český normalizační institut, 2005. 22 s.
- [5] HANKER, Jozef. *Aspekty ergonomie pri zaciionalácii práce*. Bratislava : SROZ, 1970. 200 s. ISBN 74-049-70.
- [6] OSRAM. *Tools & Services* [online] [cit. 2010-04-22]. Dostupné z WWW: <http://www.osram.com/osram_com/Tools_%26_Services/Downloads/LED_Systems/Technical_information/General_Lighting/index.html>
- [7] PAVLÍK, V. *Hliníkové stožáry ve veřejném osvětlení*. SVĚTLO [online]. 2009, 5, [cit. 2010-04-18]. Dostupný z WWW: <<http://www.odbornecasopisy.cz/.res/pdf/39806.pdf>>.
- [8] ELTODO-CITELUM, s.r.o. *LED svítidla Pilotní projekt* . [online] [cit. 2010-05-4]. Dostupné z WWW: <<http://files.srvo.webnode.cz/200000076-ec72eed6cf/LED-bro%C5%BEura%20MHMP-final.pdf>>
- [9] DVOŘÁČEK, V. *Světelné zdroje-světelné diody*. SVĚTLO [online]. 2009, 5, [cit. 2010-03-25]. Dostupný z WWW: <<http://www.odbornecasopisy.cz/.res/pdf/39810.pdf> >.
- [10] ELEKTROSMOG a PATOGENNÍ ZÓNY. *Světelný smog*. [online]. 2006, [cit. 2010-05-10]. Dostupný z WWW: <<http://elektrosmog.sblog.cz/ssmog>>.
- [11] WIKIPEDIA.cz. LED diody [online] [cit. 2010-03-10]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/LED_dioda>.
- [12] HDTVBlog.cz. LED technologie [online] [cit. 2010-04-11]. Dostupné z WWW: <www.hdtvblog.cz/obrazky/led-diody.jpg>.
- [13] LED GENERATION Schréder. *Perla* [online]. 2009 [cit. 2010-03-18]. Dostupné z WWW: <<http://www.schreder.com/90-12-25-365/news/detail.aspx>>
- [14] ADlights. *Charakteristiky pouličního osvětlení* [online]. 2010 [cit. 2010-05-18]. Dostupné z WWW: <<http://www.adlights.cz/ADlights.aspx>>.
- [15] FABER BOHEMIA cz. Osvětlovací stožáry [online][cit. 2010-05-18]. Dostupné z WWW: <<http://www.osvetlovacistoazary.cz/rozmary.html>>.

9 SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

M	[-]	motorová doprava
S	[-]	velmi pomalá vozidla
C	[-]	cyklisté
P	[-]	chodci
Sx	[-]	třída osvětlení
E	[lx]	průměrná intenzita osvětlení
E _{min}	[lx]	inimální intenzita osvětlení
P	[W]	příkon
CT	[K]	teplota světelného toku
LF	[lm]	světelný tok
LPH	[m]	výška sloupu
D	[mm]	spodní průměr sloupu
GL	[m]	celková výška sloupu
L	[mm]	délka dvířek sloupu
B	[mm]	šířka dvířek sloupu
D	[mm]	průměr vrcholu sloupu
s	[mm]	síla plechu

10 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ**10**

Obr. 1. 1	Schéma diody [11]	13
Obr. 1.2	Obrázek interiéru [12]	13
Obr. 1.3	Obrázek diody v patici E27 [12]	13
Obr. 1.4	Svítidlo Perla [13]	14
Obr. 1.5	Srovnání LED a sodíkové lampy [14]	14
Obr. 1.6	Světlo Kobra	14
Obr. 1.7	Světlo Archilede	14
Obr. 1.8	Světlo Stela	14
Obr. 1.9	LED modul Golden DRAGON [6]	15
Obr. 1.10	Optické jednotky [6]	15
Obr. 1.11	LED modul COINlight Advanced [6]	15
Obr. 5.1	Tabulka pro přiřazení parametrů osvětlení [4]	21
Obr. 5.2	Tabulka pro přiřazení třídy osvětlení [4]	21
Obr. 5.3	Tabulka hodnot intenzit osvětlení [4]	22
Obr. 5.4-5.7	Ukázky prvních designových návrhů	22
Obr. 5.8	Návrh Varianty A	23
Obr. 5.9	Osvětlení cyklostezky Varianta A	24
Obr. 5.10	Zobrazení intenzit osvětlení Varianta A	24
Obr. 5.11	Návrh Varianty B	24
Obr. 5.12	Osvětlení cyklostezky Varianta B	25
Obr. 5.13	Zobrazení intenzit osvětlení Varianta B	25
Obr. 5.14	Cenová kalkulace obou variant	25
Obr. 6.1	Rozměry pásky LED diod [6]	27
Obr. 6.2	Model chladiče	27
Obr. 6.3	Model transparentního krytu	28
Obr. 6.4	Model Vrchního krytu	29
Obr. 6.5	Model ramene	29
Obr. 6.6	Sloup [15]	30
Obr. 6.7	Model sestavy lampy	30
Obr. 6.8	Vymezovací podložka	31
Obr. 6.9	Přípevnění krytu skrz podložku	31
Obr. 6.10	Profilový pás	31
Obr. 6.11	Uchycení paraboly	31

11 SEZNAM SAMOSTATNÝCH PŘÍLOH

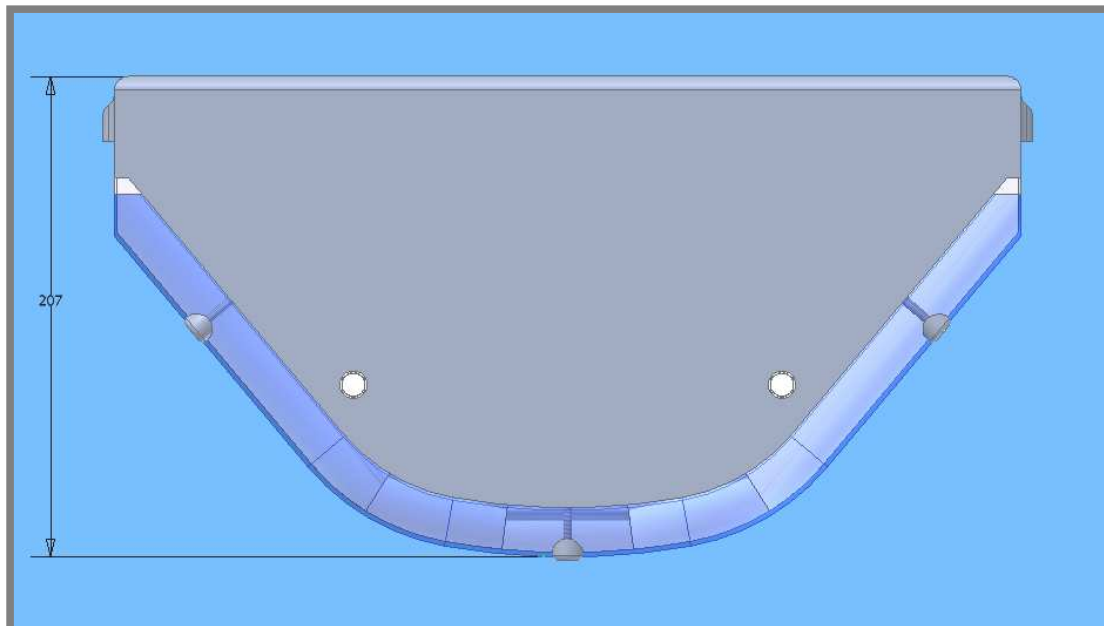
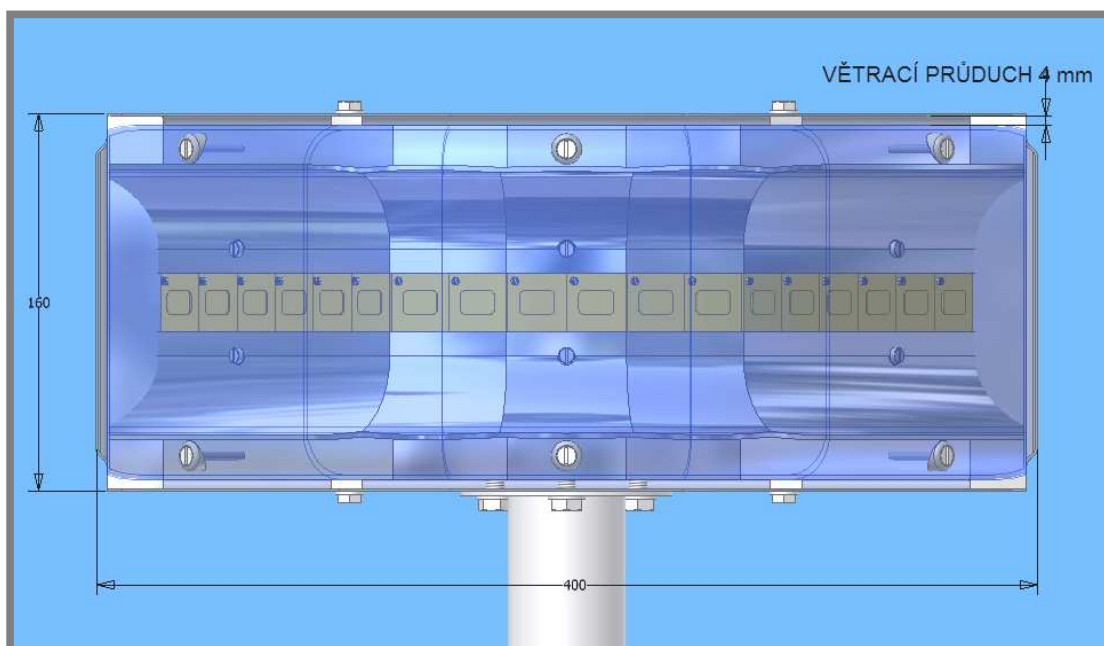
Příloha 1 – Varianta A

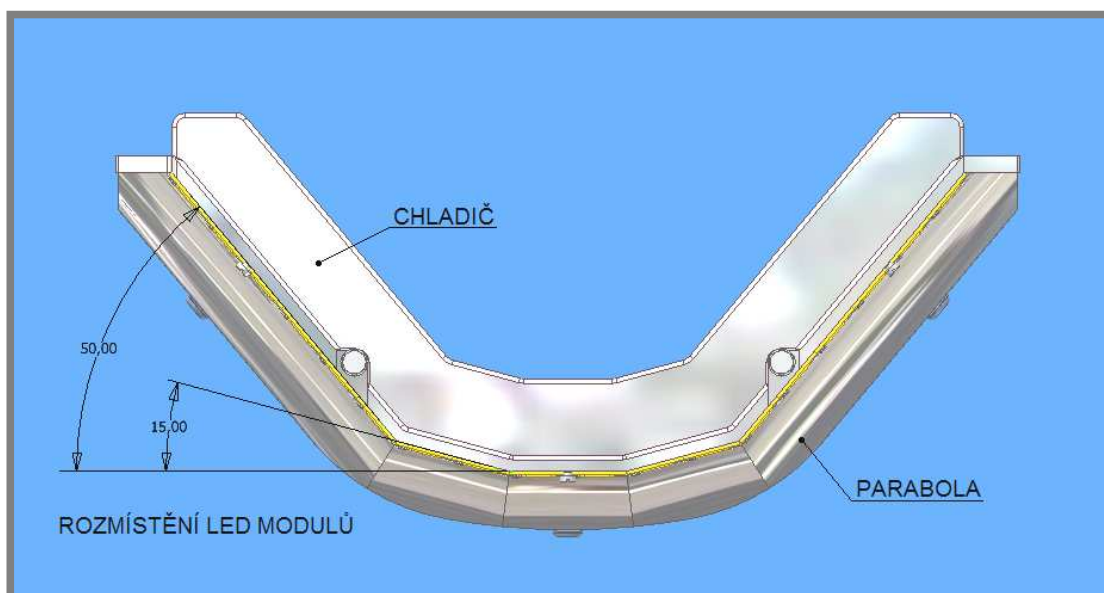
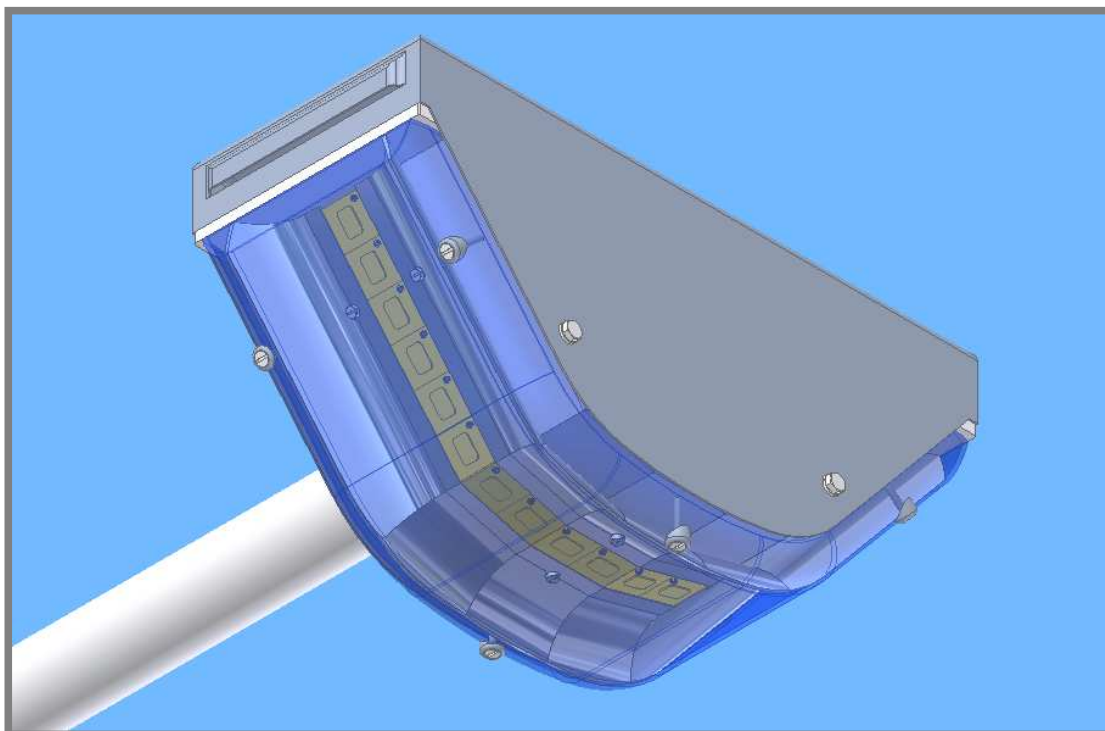
Příloha 2 – Varianta B

SESTAVA LED LAMPY

výkres

PŘÍLOHA 1- Varianta A





PŘÍLOHA 2 – Varianta B

