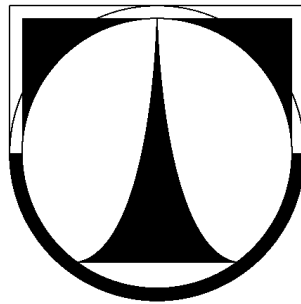


TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Katedra částí a mechanismů strojů



Diplomová práce

**Inovace svítidla z oblasti veřejného osvětlení
s využitím technologie LED**

2015

Bc. Martin Václava

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Martin Václava**
Osobní číslo: **S12000420**
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Inovační inženýrství**
Název tématu: **Inovace svítidla z oblasti veřejného osvětlení s využitím technologie LED**
Zadávací katedra: **Katedra částí a mechanismů strojů**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Seznamte se s dosavadním stavem řešení v oblasti veřejného osvětlení a současnými trendy v oblasti LED technologií ve vztahu k tématu práce a tento stav popište.
2. Navrhněte koncepty možných řešení inovace svítidla z oblasti veřejného osvětlení využitím dostupné LED technologie na trhu.
3. Proveďte výpočty v oblasti chlazení svítidla
4. Proveďte simulaci křivek svítivosti u zkonstruovaného svítidla, případně proveďte optimalizaci návrhu. Pro simulaci křivek použijte SW LightTools.
5. Vybraný koncept optimalizujte z hlediska metod DFX, FMEA a dalších metod v oblasti předvýrobních etap.
6. Pro celý proces návrhu výrobku až po zkonstruování svítidla využijte metod Inovačního inženýrství.
7. Proveďte kontrolu hlavních namáhaných částí.
8. Vytvořte výkresovou dokumentaci - pro výkresovou dokumentaci a návrhy 3D využijte SW Solid Edge.

Rozsah grafických prací: výkresová dokumentace, analýzy, 3D obrázky
Rozsah pracovní zprávy: cca 50-70 včetně obrázků
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:

- [1] MAŠÍN I. a ŠEVČÍK, L. Metody inovačního inženýrství: Inovace, plánování a navrhování výrobku. Vyd. 1. Liberec: Institut technologií a managementu, 2006. ISBN 80-903533-0-4
- [2] HABEL, J. Světelná technika a osvětlení. 1995, ISBN 8090198503
- [3] DROZDA, J. a HASNÍKOVÁ, H. a JIRSÁK, V. a MAŠOVÁ E. Příručka ANSYS Workbench. 2012. ISBN 78-80-01-05175-7
- [4] Dokumentace a podklady společnosti MODUS spol. s.r.o.
- [5] Časopis SVĚTLO
- [6] Katalogy a podklady firem Osram, Philips a další

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Petr Lepšík, Ph.D.**
Katedra částí a mechanismů strojů

Datum zadání diplomové práce: **6. března 2015**
Termín odevzdání diplomové práce: **6. června 2016**


prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld
děkan




prof. Ing. Ladislav Ševčík, CSc.
vedoucí katedry

V Liberci dne 6. března 2015

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Studijní program: N2301 - Strojní inženýrství

Obor: Inovační inženýrství

Zaměření: Inovace výrobku

Katedra částí a mechanismů strojů

**Inovace svítidla z oblasti veřejného osvětlení s využitím
technologie LED**

Jméno autora: Bc. Martin Václava

Vedoucí DP: Ing. Petr Lepšík, Ph.D., TU v Liberci

Konzultant DP: Ing. Tomáš Vach

Rozsah práce a příloh:

Počet stran: 80

Počet tabulek: 19

Počet obrázků: 40

Počet příloh: 5

Datum: 11.9.2015

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé DP a prohlašuji, že souhlasím s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užití své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci datum odevzdání

.....

11.9.2015

Místopřísežné prohlášení

„Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.“

V Liberci datum odevzdání

.....

11.9.2015

ANOTACE

TÉMA: Inovace svítidla z oblasti veřejného osvětlení s využitím technologie LED

ANOTACE:

Diplomová práce se zabývá návrhem inovovaného svítidla pro veřejné osvětlení se světelným zdrojem na bázi LED technologie. Teoretická část práce se zabývá současným stavem zkoumané problematiky, důraz je kladen zejména na technologie LED a SMT, které budou pro inovované svítidlo použity jako zdroj světla. Dále je proveden průzkum zaměřený na konkurenční výrobky pomocí patentové rešerše. Pro zjištění aktuálních požadavků, je proveden zákaznický průzkum. Následuje generování konceptů, z nichž je vybrán vítězný návrh pomocí rozhodovací tabulky. Návrh je dále optimalizován metodami inovačního inženýrství DFX a FMEA. Vzniklé konstrukční řešení je analyzováno pomocí programu Solid Edge ST7 za účelem stanovení distribuce tepla, chlazení a odvodu přebytečného tepla. Navržené svítidlo je dále analyzováno z hlediska namáhání tělesa svítidla působícími vnějšími vlivy. Cílem je zvýšení konkurenceschopnosti a rozšíření výrobního programu společnosti MODUS.

KLÍČOVÁ SLOVA: LED, SMT, MODUS, veřejné osvětlení

THEME: Lamp Innovation for public lighting using LED technology

ANNOTATION:

Thesis is focused on design of innovative lamp for public lighting with light source based on LED technology. Beginning is dedicated to LED and SMT technology and followed by patent search and competitive products. To identify current requirements is conducted consumer research. Next step is design of five concepts, from which is chosen one final using decision matrix, which is subjected to methods of innovation engineering DFX and FMEA. Finally is concept analysis using software Solid Edge ST7 for cooling capabilities and for check of stressed parts. Goal is to increase competitiveness and range of products at MODUS company.

KEY WORDS: LED, SMT, MODUS, public lighting

Děkuji vedoucímu diplomové práce **Ing. Petru Lepšíkovi, Ph.D.** z katedry částí a mechanismů strojů TU v Liberci za poskytnutý čas a připomínky, svému konzultantovi **Ing. Tomáši Vachovi**, za konzultace k dané problematice a společnosti MODUS, spol. s.r.o.



Seznam zkratk a symbolů

Označení:	Jednotky:	Název veličiny/popis:
DFA		Metoda konstruování z hlediska montáže
DFD		Metoda konstruování z hlediska demontáže
DFX		metody konstruování vzhledem k X
DFE		Metody konstruování vzhledem k životnímu prostředí
LED		světlo vyzařující dioda
SMT		Surface mounted technology
SMD		Surface mounted device
Φ	lm	Světelný tok
T	K	Termodynamická teplota
FMEA		Failure Mode and Effects Analysis
m	kg	Hmotnost
P	kW	Příkon
t	s	Čas
DPS		Deska plošných spojů
λ	$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$	Součinitel teplotní roztažnosti
MKP		Metoda konečných prvků
T	°C	Teplota
k		Součinitel bezpečnosti
Kč		Koruna česká
MODUS		Společnost MODUS, spol. s.r.o.
min.		Minimum
max.		Maximum



Obsah:

1	ÚVOD	15
1.1	Cíl diplomové práce	15
1.2	Dílčí cíle	15
1.3	MODUS.....	16
1.4	Vznik tématu	17
2	TEORETICKÁ ČÁST	18
2.1	Veřejné osvětlení	18
2.1.1	Pojem veřejné osvětlení.....	18
2.1.2	Druhy veřejného osvětlení.....	18
2.2	Současný stav – svítidlo LVLED.....	18
2.3	Základy LED technologie	21
2.4	Základy SMT technologie	21
2.5	Konkurenční výrobky	23
2.6	Chlazení LED svítidel	26
2.7	Křivka svítivosti	27
2.8	Specifikace elektroniky do inovovaného svítidla	28
2.8.1	LED čip – OSRAM OSOLON Square 2W.....	28
2.8.2	Driver – OSRAM 3 DIMM 90W	29
3	PLÁN INOVACE.....	30
3.1	Pojmenování inovačního záměru.....	30
3.2	Hlavní cíle inovace.....	30
3.3	Inovační příležitosti	31



3.4	Identifikace zákaznických potřeb.....	32
3.5	Inovační prohlášení.....	34
4	NÁVRH KONCEPTŮ A VÝBĚR FINÁLNÍ VARIANTY.....	35
4.1	Generování konceptů.....	35
4.1.1	Koncept č. 1 - MODULAR	35
4.1.2	Koncept č. 2 - PROFIL	37
4.1.3	Koncept č. 3 - PLOUTEV	39
4.1.4	Koncept č. 4 - UFO.....	41
4.1.5	Koncept č. 5 – JACK-EL	43
4.2	Vyhodnocení a výběr nejlepšího konceptu.....	45
4.2.1	Volba kritérií do rozhodovací tabulky	45
4.2.2	Stanovení váhy hodnotících kritérií	46
4.2.3	Výběr konceptu pomocí rozhodovací matice	47
5	KONSTRUKČNÍ NÁVRH	49
5.1	Sestava svítidla – konstrukční prvky	51
5.1.1	Nosný rám svítidla.....	51
5.1.2	Modul osvětlení	52
5.1.3	DPS s LED.....	53
5.1.4	3DIMM Driver	53
5.1.5	Kryt 3DIMM driveru	54
5.2	FMEA-K.....	55
5.3	Design for X (DFX)	56
5.3.1	Design for Assembly.....	56
5.3.2	Design for Disassembly	59
5.3.3	Design for Maintainability.....	60
6	VÝPOČTY.....	61



6.1 Simulace sáláním.....	61
6.2 Pevnostní kontrola	63
7 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	68
8 ZÁVĚR.....	69
POUŽITÉ ZDROJE	71



Seznam obrázků:

Obr. 1.2.1: Lakovací linka [1].....	16
Obr. 1.2.2: Tvářecí automat Salvagnini [1]	17
Obr. 2.2.1: MODUS LV LED3000 [1]	19
Obr. 2.2.2: Rozpad svítidla MODUS LV LED [1]	20
Obr. 2.3.1: Schéma P-N přechodu [3]	21
Obr. 2.4.1: Pájení přetavením [7]	23
Obr. 2.5.1: Patent LED svítidla č. 1 [8]	24
Obr. 2.5.2: Patent LED svítidla č. 1 [9]	25
Obr. 2.7.1: Křivka svítivosti ve fotometrickém systému C-γ [11]	27
Obr. 2.7.2: Křivka svítivosti [11]	27
Obr. 2.8.1: LED čip: OSOLON Square 2W [13]	28
Obr. 2.8.2: LED předřadník OSRAM 3DIM [14]	29
Obr. 4.2.1.1: Koncept č. 1	35
Obr. 4.2.1.2: Koncept č. 1 – rozpad svítidla	36
Obr. 4.2.2.1: Koncept č. 2	37
Obr. 4.2.2.2: Koncept č. 2 – rozpad svítidla	38
Obr. 4.2.3.1: Koncept č. 3	39
Obr. 4.2.3.2: Koncept č. 3 – rozpad svítidla	40
Obr. 4.2.4.1: Koncept č. 4	41
Obr. 4.2.4.2: Koncept č. 4 – rozpad svítidla	42
Obr. 4.2.5.1: Koncept č. 5	43
Obr. 4.2.5.2: Koncept č. 5 – rozpad svítidla	44
Obr. 5.1: Inovované svítidlo (pohled 1)	49
Obr. 5.2: Inovované svítidlo (pohled 2)	50
Obr. 5.3: Znázornění struktury svítidla	50
Obr. 5.1.1: Nosný rám	51
Obr. 5.1.2: Modul osvětlení	52
Obr. 5.1.3: DPS s LED.....	53
Obr. 5.1.4: 3DIMM Driver	53
Obr. 5.1.5.1: Vrchní kryt driveru	54
Obr. 5.1.5.2: Spodní kryt driveru	54
Obr. 5.3.1.2: Spojení chladiče s rámem modulu.....	57
Obr. 5.3.1.3: Spojení vrchní a spodního kryt s rámem	58
Obr. 5.3.3.1: Chladič.....	60
Obr. 5.3.3.2: Spojení modulu s rámem	60
Obr. 6.1.1: Teplotní simulace chladiče (pohled 1)	61
Obr. 6.1.2: Teplotní simulace chladiče (pohled 2)	62
Obr. 6.2.1: Zasíťovaná konstrukce svítidla se zatěžujícími silami	63
Obr. 6.2.2: Výsledky simulace zatížení – průhyb nosného rámu	64
Obr. 6.3.3: Výsledky simulace zatížení – napětí von Mises	64



Seznam tabulek:

Tab. 2.2.1: Varianty svítidla LV LED [1]	19
Tab. 2.6.1: Přehled materiálů dle součinitele tepelné vodivosti [10]	26
Tab. 2.8.1: Parametry LED čipu [13]	28
Tab. 2.8.2: Parametry LED předřadníku [14]	29
Tab. 3.1.1: Návrhy variant označení projektu	30
Tab. 4.1.1: Otázky kladené v interview	33
Tab. 4.1.2: Tabulka interpretace potřeb zákazníka	33
Tab. 4.2.1: Koncept č. 1 – parametry	36
Tab. 4.2.2: Koncept č. 2 - parametry	38
Tab. 4.2.3: Koncept č. 3 - parametry	40
Tab. 4.2.4: Koncept č. 4 - parametry	42
Tab. 4.2.5: Koncept č. 5 - parametry	44
Tab. 4.3.2.1: Párové hodnocení kritérií	46
Tab. 4.3.2.2: Stanovení váhy kritérií	47
Tab. 4.3.3: Rozhodovací matice	48
Tab. 5.2: Analýza FMEA	55
Tab. 5.3.1: Hlediska pro DFD [16]	59
Tab. 7.1: Cena materiálů	68
Tab. 7.2: Cena služeb	68

Seznam příloh:

- Příloha č. 1 – Datalist LV LED
- Příloha č. 2 – Datalist LED čip
- Příloha č. 3 – Datalist 3DIMM Driver
- Příloha č. 4 – FMEA-K
- Příloha č. 5 – Výkresová dokumentace



1 ÚVOD

1.1 Cíl diplomové práce

Hlavním cílem diplomové práce je inovace svítidla pro veřejné osvětlení na bázi technologie LED, podle metod inovačního inženýrství, vycházející ze současného svítidla společnosti MODUS, spol. s r.o. (dále jen „MODUS“) LV LED.

V současné době rychle se rozrůstající trh s LED osvětlením je jasným znamením o nutnosti vývoje a zavedení inovovaných výrobků v odvětví veřejného osvětlení. Všeobecný tlak na úspory elektrické energie, ale i zvyšování bezpečnosti jen přidává na nutnosti inovací stávajících výrobků.

Výstupem této diplomové práce je návrh inovace svítidla pro veřejné osvětlení s použitím LED zdrojů světla i mimo konvenčně vyráběné, nebo navrhované koncepty. Součástí diplomové práce je seznámení se a popsání současného stavu svítidla společnosti MODUS LV LED a dalšími konkurenčními svítidly a trendy v oblasti LED osvětlení. Následuje kapitola s návrhem pěti konceptů inovovaných svítidel dle metod inovačního inženýrství s výběrem jednoho finálního konceptu, pro který bude vypracována analýza v oblasti chlazení svítidla pomocí metody konečných prvků a vytvořena simulace křivek svítivosti pomocí softwaru LightTools. Vybraný koncept bude poté optimalizován pomocí metod DFX a FMEA z předvýrobní oblasti a provedena kontrola namáhaných částí konstrukce. A v závěru bude práce obsahovat výkresovou dokumentaci vytvořenou pomocí softwaru Solid Edge.

1.2 Dílčí cíle

Hlavního cíle diplomové práce bude dosaženo pomocí následujících dílčích cílů:

- Pojmem veřejné osvětlení
- Popis současného svítidla LV LED
- Seznámení se s technologií LED, SMT
- Odvod odpadového tepla vzniklého z provozu LED

- Specifikace použité elektroniky v inovovaném svítidle
- Identifikace zákaznických potřeb
- Generování konceptů inovovaného svítidla
- Vyhodnocení konceptů inovovaného svítidla a výběr finální varianty
- Popis konstrukčního návrhu vybrané varianty
- FMEA-K analýza
- Aplikace metody DFX
- Teplotní simulace chladiče svítidla
- Pevnostní kontrola
- Ekonomické zhodnocení

1.3 MODUS

MODUS patří už od roku 1994 k nejvýznamnějším výrobcům osvětlovací techniky v České republice a k významným exportérům výrobků tohoto průmyslového odvětví. V roce 2006 rozhodli majitelé společnosti o doposud největší investiční akci a to jak do moderních technologií, tak do nových prostor pro přestěhování výrobního závodu. [1]



Obr. 1.2.1: Lakovací linka [1]

V oblasti technologií, MODUS investuje do nákupu nejmodernějších výrobních zařízení, jako jsou např. moderní lakovací linka (Obr. 1.2.1), vystřihovací a děrovací automaty FINNPOWER, tvářecí automaty Salvagnini (Obr. 1.2.2), jednoúčelové

počítačově řízené automaty na výrobu optických systémů, laserové automaty a dalších, které umožňují dosahování požadované kvality a rychlosti zpracování produktu. [1]



Obr. 1.2.2: Tvářecí automat Salvagnini [1]

Společnost MODUS se ve vývoji nových svítidel zaměřuje především na zvýšení energetické účinnosti svítidel a snížení energetické náročnosti výroby. Zejména vývoj nových typů vyžaduje i další investice do moderních technologií, které kromě již zmíněného efektu zvýšení účinnosti výrobků budou rovněž pozitivní dopad na snížení energetické náročnosti výroby. Oddělení technické podpory prodeje podniku se trvale zaměřuje na soustavnou aplikaci těchto poznatků s následným využitím nejmodernějších technologií u přímých obchodních partnerů, projektantů i koncových uživatelů. [1]

1.4 Vznik tématu

Současné svítidlo LV LED3000 je postaveno na základu staršího svítidla pro městské osvětlení MODUS LV, se zdrojem světla využívajícím vysokotlakou sodíkovou výbojku. Je tedy spíše mezikrokem mezi zmíněným „dosluhujícím“ světelným zdrojem a budoucím nástupcem v podobě LED technologie.



2 Teoretická část

2.1 Veřejné osvětlení

2.1.1 Pojem veřejné osvětlení

Veřejné osvětlení (VO) je venkovní osvětlení veřejných prostorů měst a obcí zahrnující osvětlení pozemních komunikací, architekturní osvětlení a dekorativní osvětlení. Úkolem veřejného osvětlení je především zajištění bezpečnosti dopravy, osob a majetku (osvětlení pozemních komunikací), ale i zkrášlení měst a obcí osvětlením významných objektů (architekturní osvětlení) nebo dekorativní světelnou výzdobou (dekorativní osvětlení). [2]

2.1.2 Druhy veřejného osvětlení

Osvětlení pozemních komunikací

- slouží k osvětlení veřejných místních komunikací a silnic a dálnic, tedy komunikací určených pro motorovou dopravu, pěší i cyklisty apod. [2]

Architekturní osvětlení

- slouží ke zdůraznění významných památek (historických i moderních architektonických prvků a staveb/ pomníků, fasád věží, fontán apod.) [2]

Dekorativní osvětlení

- obvykle slouží pro vyzdobení ulic, náměstí, určitých lokalit nebo celých měst u příležitosti významné slavnosti apod. [2]

2.2 Současný stav – svítidlo LVLED

Současné svítidlo (Obr. 2.2.1) MODUS LV LED (dále jen „LVLED“) vychází konstrukčně ze staršího a osvědčeného svítidla MODUS LV, se kterým sdílí totožný základ těla svítidla, optický systém svítidla a volitelnou přírubu pro montáž na stožár veřejného osvětlení.



Obr. 2.2.1: MODUS LV LED3000 [1]

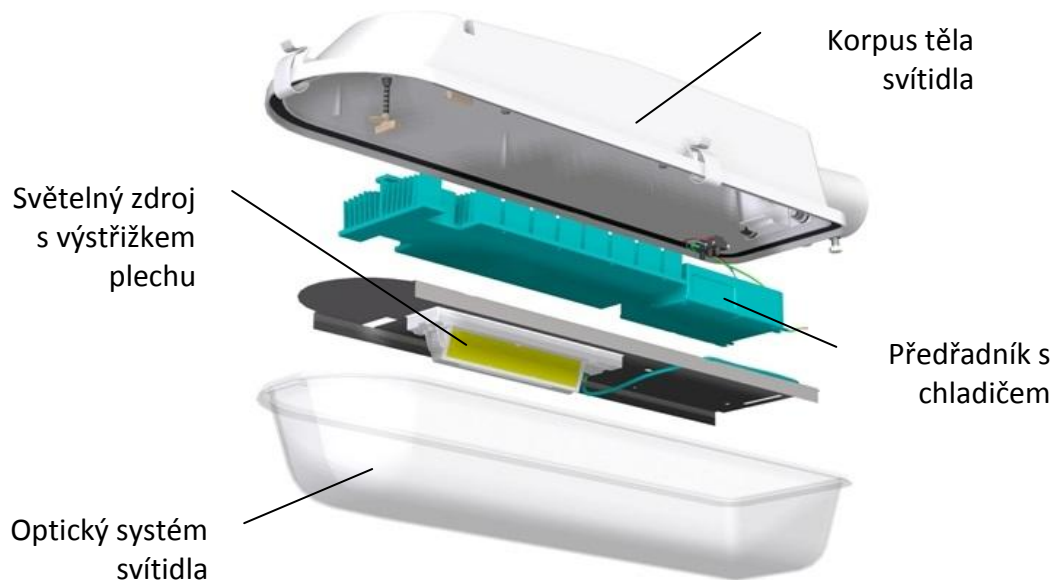
Tělo je vyrobeno z polyesteru plněného skelnými vlákny, což se pozitivně projevuje na výsledné hmotnosti svítidla. Typy s celohliníkovým tělem mají hmotnost v rozmezí 10 až 15 kg, LVLED má pouze 5,2 kg. Nespornou výhodou hliníkové konstrukce je však účinnější chlazení LED čipů a tím zaručení delší životnosti svítidla a dále snížení nákladů za výrobu pouze jednoho tvarového typu na všechny svítidla z řady LV. Shodný je i optický systém svítidla, převzatý ze standardních LV svítidel fungujících na bázi vysokotlaké sodíkové výbojky, která je již v současné době zastaralým zdrojem osvětlení s účinností přibližně $70 \text{ lm}\cdot\text{W}^{-1}$. Spodní kryt je vyroben z čirého polykarbonátu a při spojení s tělem svítidla pomocí nerezových spon zajišťuje dostatečnou ochranu pro vnitřní elektroniku se stupněm krytí IP65. Poslední ze společných komponent je příruba pro montáž na stožár veřejného osvětlení. Příruba se připevňuje k tělu svítidla šroubovým spojem a je možné použít tři různých typů dle průměru stožáru, anebo tří typů s různými průměry při montáži na výložník.

Tab. 2.2.1: Varianty svítidla LV LED [1]

	W	lm	kg
LV LED 1100	18	1100	5,2
LV LED 1800	28	1800	5,2
LV LED 3000	37	3000	5,2

Oproti vnějšímu tělu, které je shodné se staršími LV svítidly, obsahuje LVLED kompletně přepracovaný zdroj světla a vnitřní elektroniku. Základní část vnitřku

svítidla tvoří výstřižek plechu, který má nosnou funkci pro vnitřní elektroniku, a také její upevnění jako celku do korpusu svítidla.



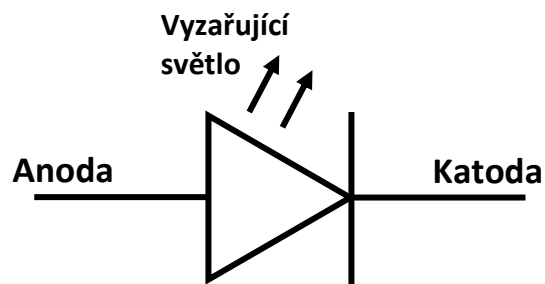
Obr. 2.2.2: Rozpad svítidla MODUS LV LED [1]

Ze spodní strany je k nosné části připevněn světelný zdroj, který tvoří 18 LED čipů FORTIMO LED LLM od společnosti Philips, a vyzařující světlo o intenzitě 3000 lm a teplotě 4000 K při příkonu svítidla 37 W (platí pro MODUS LV LED 3000) a účinností $81 \text{ lm}\cdot\text{W}^{-1}$. Parametry pro další nabízené varianty svítidla LV LED v Tab. 2.2.1.

Z vrchní strany je k nosné části připevněn elektronický LED driver od společnosti Philips, který zajišťuje vysoce stabilní výstupní napětí pro LED čipy a hliníkový chladič, na kterém závisí výsledná životnost celého svítidla. I když LED zdroje světla mají daleko menší poměr příkonu, který přechází do tepelného vyzařování v porovnání s klasickými žárovkami, vysoká teplota nad rámec povolených limitů snižuje jejich životnost exponenciálně a z původní plánované životnosti více než 70 000h končí jejich provoz po 20 000h.

2.3 Základy LED technologie

Zkratka LED znamená v angličtině "light emitted diode" tedy do češtiny přeloženo "světlo vyzařující dioda". Jedná se o polovodičový přechod P-N (Obr. 2.3.1) podobný jako v běžné diodě. Na polovodičovém přechodu P-N dochází k přímé přeměně elektrické energie na světelnou. Z materiálu přechodu se uvolňují fotony, a tím vzniká světlo. Barva závisí na vlnové délce světla, které je dáno materiálem a jeho úpravou. Čip (polovodičový přechod diody) je většinou tvořen GaP (galium-fosforit) nebo GaAsP (galium-arsenid-fosforit). [3]



Obr. 2.3.1: Schéma P-N přechodu [3]

2.4 Základy SMT technologie

Technologie povrchové montáže (Surface Mount Technology - SMT) je postup osazování a pájení elektronických součástek na desky plošných spojů nebo pásky. Kontaktní plochy nebo krátké vývody miniaturních součástek leží plošně na nosném spoji a jsou tak připájeny. [3] Charakteristickou operací je pájení přetavením, kde se součástky se speciálními vývody usadí do pájecí pasty a potom se v jediném kroku přetaví a tím i připojí. [4]



- **Deska plošných spojů**

Úkolem desek s plošnými spoji je realizovat vodivé propojení mezi součástkami mechanicky uchycenými na izolační podložce. Technologie plošných spojů, umožnila nahrazení ručního propojování součástek drátovými spoji elektricky vodivými cestami (nejčastěji z mědi) vytvořenými na podložce z izolačního materiálu. [5]

- **Nanášení pájecí pasty**

Pájecí pasta je médium, které obsahuje přesné sférické kuličky odlévané ve vakuu vyrobené z cínu s malým podílem stříbra a mědi. Kuličky jsou obalené organickou směsí pryskyřic a aktivátorů zajišťujících, že ve směsi během skladování a nanášení nezoxidují. Médium spojující kuličky má tixotropní charakter, při míchání se původně tužší pasta začne rozlévat, a když se materiál hrne stěrkou přes šablonu, zatéká do štěrbin a tuhne. Směs dále zabezpečuje optimální míru lepivosti, protože pasta plní také funkci lepidla. V čase mezi osazením a přetavením drží součástky na desce plošného spoje nebo pásce. [6]

- **Osazování SMD součástek**

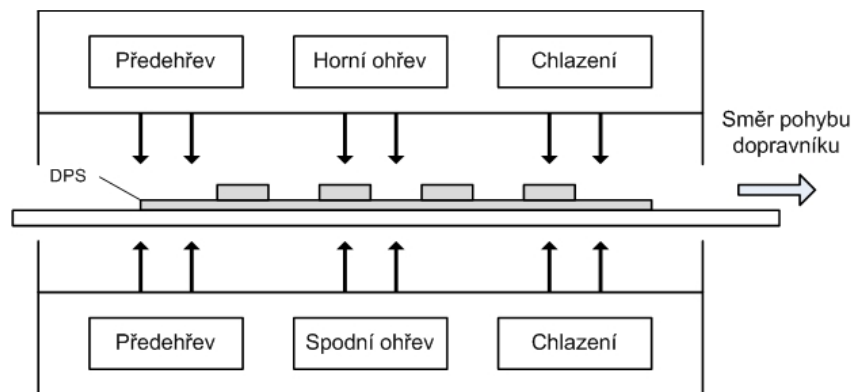
Základním principem osazování je, že součástka je uchopena, vystředěna do polohy určené k připájení a vsazena na určené kontaktní plošky na substrátu DPS. Pro tento způsob osazování se vžil název „pick and place“ (vezmi a umísti). Úspěšnost této operace závisí na splnění stanovených rozměrových tolerancí, jež se týkají substrátu s vodivými kontaktními ploškami, součástek a osazovacího zařízení.

Základní technologické kroky průběhu této operace jsou: transport substrátů, jejich upevnění, kontrola nanesené pájecí pasty a umístění osazovaných součástek. Vyzvednutí, vystředění a osazení na substrát, k čemuž se nejčastěji používá manipulátor s vakuovou pipetou. [4]

- **Pájení přetavením**

Technologický postup pájení přetavením (Obr. 2.4.1) je použitelný pouze pro montáž SMT. Součástky SMD se osazují do pájecí pasty a celý systém včetně součástek se zahřívá nad teplotu tavení pájecí slitiny v pájecí pastě. [7]

Deska plošných spojů umístěna na dopravníku prochází teplotními zónami pro *předehřev*, *pájení* a *chlazení*, každá se specifickými teplotami. Pro ohřev desky se používá infračervené záření, konvekce horkým vzduchem případně inertním plynem nebo metoda kondenzačního pájení. [7]



Obr. 2.4.1: Pájení přetavením [7]

2.5 Konkurenční výrobky

Patentový průzkum byl proveden z důvodu seznámení se s řešením konkurenčních výrobců v oblasti veřejného osvětlení v celosvětovém měřítku. Pro hledání obdobných řešení byla použita internetová databáze Google Patents a použitá klíčová slova při hledání byla: LED, light, street, public a modular.

Celkový počet patentů nalezených při průzkumu dle klíčových slov je v řádu tisíců a relevantních patentů s vypracovávanou tematikou v řádu stovek. Z celé této skupiny proto budou uvedeny pouze dva (Obr. 2.5.1, Obr. 2.5.2), které jsou svou konstrukcí podobné zamýšlenému směru inovace.

(19) **United States**

(12) **Patent Application Publication**
Shen

(10) **Pub. No.: US 2013/0148340 A1**

(43) **Pub. Date: Jun. 13, 2013**

(54) **LED STREET LAMP BASE**

(52) **U.S. Cl.**

(75) **Inventor: Jinxiang Shen, Tongxiang (CN)**

CPC .. *F21V 21/14* (2013.01); *F21L 4/02* (2013.01)

USPC **362/184**

(73) **Assignee: SENGLED OPTOELECTRONICS
CO., LTD., Tongxiang, Zhejiang (CN)**

(57) **ABSTRACT**

(21) **Appl. No.: 13/522,178**

(22) **PCT Filed: Sep. 19, 2010**

(86) **PCT No.: PCT/CN10/77102**

§ 371 (c)(1),
(2), (4) **Date: Jul. 13, 2012**

(30) **Foreign Application Priority Data**

Jan. 14, 2010 (CN) 201010039754.X

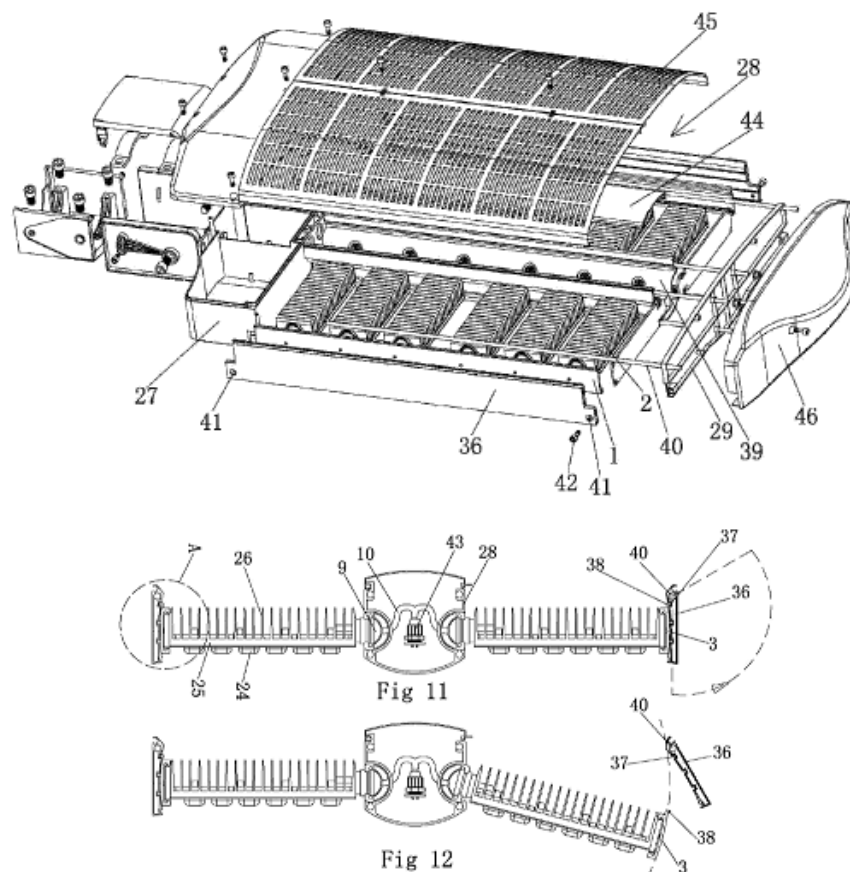
Publication Classification

(51) **Int. Cl.**

F21V 21/14 (2006.01)

F21L 4/02 (2006.01)

The present invention relates to a LED street lamp, which consists of power source box at front section, lamp holder at middle section and end cap at end section. The above mentioned lamp holder is composed of turnable framework, frame fixing unit connected with frame to limit frame rotation and several LED lighting modules installed side by side in the frame. A LED lighting module can be turned to connect with frame on which module positioning unit is set to limit the rotation of LED lighting module. For LED street lamp base of the invention, the major design part contains two bilateral symmetrical frames each of which is set with several LED lighting modules side by side. Both angles of frame and LED lighting module are adjustable of strong practicality, and so we can adjust them at any time according to practical street situation in order to ensure ideal street lighting brightness and evenness.



Obr. 2.5.1: Patent LED svítidla č. 1 [8]

(19) **United States**

(12) **Patent Application Publication**

LU et al.

(10) **Pub. No.:** US 2014/0240983 A1

(43) **Pub. Date:** Aug. 28, 2014

(54) **LED STREET LAMP**

(71) Applicant: **HERGY LIGHTING TECHNOLOGY
CORP.**, Taipei City (TW)

(72) Inventors: **Chun-Hung LU**, Taipei City (TW);
Chih-Hsin CHEN, Taipei City (TW)

(73) Assignee: **HERGY LIGHTING TECHNOLOGY
CORP.**, Taipei City (TW)

(21) Appl. No.: **13/777,447**

(22) Filed: **Feb. 26, 2013**

Publication Classification

(51) **Int. Cl.**
F21V 29/00 (2006.01)

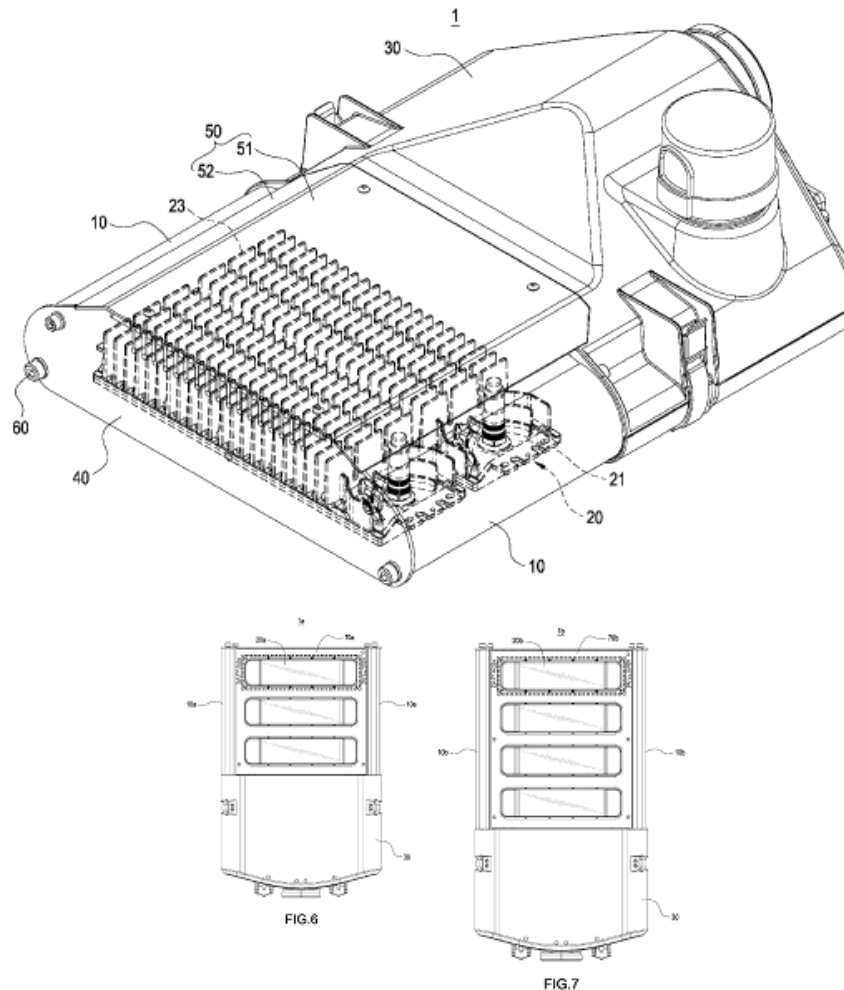
(52) **U.S. Cl.**

CPC **F21V 29/2206** (2013.01)

USPC **362/249.02**

(57) **ABSTRACT**

An LED street structures includes a pair of frames, a plurality of LED modules, an electrical box, a side cover and a back cover. Each frame has a cover plate, a supporting plate and a blocking plate. The LED modules are arranged between the frames. Two sides of the LED modules are fixed on the supporting plate. The electrical box disposed by a lateral side of the LED modules covers one side of the frames. The side cover covers another side of the frames. The back cover positioned between the frames covers the LED modules.



Obr. 2.5.2: Patent LED svítidla č. 1 [9]



2.6 Chlazení LED svítidel

Překračování stanovené pracovní teploty, má negativní vliv na vlastnosti P-N polovodičů, které jsou základním prvkem LED zdrojů. Vyšší provozní teplotou se snižuje jak svítivost LED čipů, tak i jejich životnost.

Životnost LED čipu v praxi znamená dobu, za kterou se svítivost sníží na 70% z původní hodnoty. Při dlouhodobém provozu za teplot vyšších, než doporučených, dochází ke zkrácení životnosti, a to exponenciálně. Z původní plánované životnosti větší jak 50 000 pracovních hodin dochází ke zkrácení až na úroveň 10 000 pracovních hodin, čímž se dosáhne snížení životnosti pod úroveň současných svítidel a stávají se neekonomickými. Přesné hodnoty životnosti a provozní teploty vždy závisí na specifickém LED čipu a potřebné informace obsahuje technický list výrobku. Pro dodržení provozních teplot LED čipů a dosažení plánované životnosti se tedy používá dodatečného, nejčastěji pasivního, chlazení pomocí materiálů schopných vést, resp. odvádět teplo od LED čipů a tím snižovat jejich provozní teplotu.

Tab. 2.6.1: Přehled materiálů dle součinitele tepelné vodivosti [10]

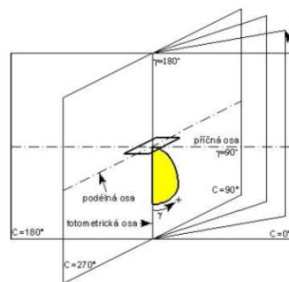
Látka	Součinitel tepelné vodivosti λ (W/m·K) při 25°C
stříbro	429
měď	386
zlato	317
hliník	237
mosaz	120

Tepelnou vodivostí se ve fyzice označuje schopnost látky vést teplo a představuje rychlost, kterou se teplo šíří ze zahřáté části tělesa do chladnější části. K porovnání látek podle schopnosti tepelné vodivosti slouží veličina součinitel tepelné vodivosti (Tab. 2.6.1). [10]

V praxi se jako pasivní chlazení nejvíce používá hliník, pro jeho vysokou tepelnou vodivost, možnost zpracování do různých tvarů, nižší měrnou hmotnost a ekonomičnost.

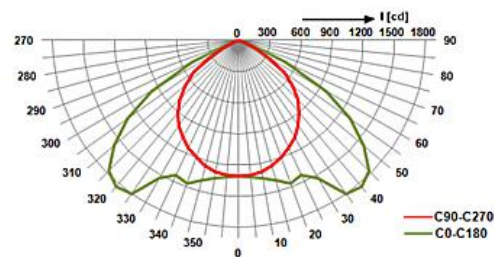
2.7 Křivka svítivosti

Moderní svítidla jsou elektrické přístroje, které tvoří základní prvky osvětlovacích soustav. Skládají se z částí konstrukčních, elektrických a světelně činných, které slouží ke změně rozložení světelného toku, jeho rozptylu apod. Nejčastěji se svítivost udává pomocí fotometrického systému C- γ (Obr. 2.7.1). [11]



Obr. 2.7.1: Křivka svítivosti ve fotometrickém systému C- γ [11]

Křivka svítivosti (obr. 2.7.2) nejlépe popisuje vlastnosti svítidla a představuje distribuci světelného toku vyzářeného svítidlem. Na základě křivek svítivosti je možné navrhnout osvětlovací soustavu podle požadavků dle normy ČSN 33 2000-7-714. Při vypracování návrhu optimálního tvaru křivky svítivosti je nejdůležitější tvar reflektoru v závislosti na počtu a poloze světelných zdrojů. [12]



Obr. 2.7.2: Křivka svítivosti [11]

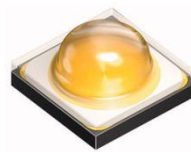
K návrhům se používá speciálních programů, které určí podle polohy a počtu světelných zdrojů křivku svítivosti. Účinnost svítidla charakterizuje jeho celková efektivita, která je závislá na tvaru křivky svítivosti a současně na optických vlastnostech použitých materiálů. [12]

2.8 Specifikace elektroniky do inovovaného svítidla

Po konzultaci se společností MODUS bylo rozhodnuto o osazení nového typu svítidla elektronikou od společnosti Osram. LED čip Osram Oslon square 2W a driver Osram 3 DIMM 90W.

2.8.1 LED čip – OSRAM OSOLON Square 2W

Nový LED čip od společnosti Osram ze série OSOLON Square je vhodný pro vnitřní i venkovní prostory. Vyznačuje se vysokým výkonem, velmi malými rozměry, nízkým tepelným odporem a výbornou protikorozní ochranou, které je dosaženo vyloučením použití stříbra v SMD pouzdře. Nízký tepelný odpor má pozitivní vliv na velikost výsledného svítidla, a také na celkové provozní teplotě, kde v důsledku jejího snížení je dosaženo delší životnosti LED čipů.



Obr. 2.8.1: LED čip: OSOLON Square 2W [13]

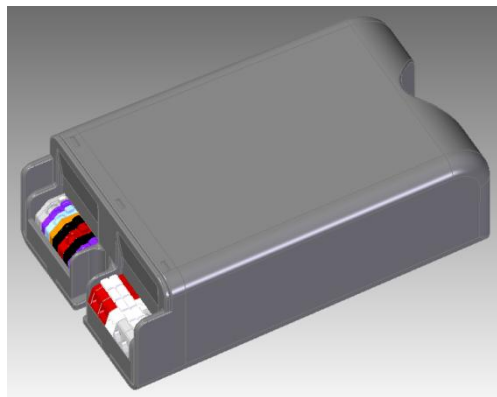
Pro použití v konceptech byl vybrán typ **GW CSSRM1.EC-MSMU-5L7N-1** (Obr. 2.8.1) s neutrální bílou barvou o teplotě 4000 K. Technické parametry obsahuje zkrácený technický list od výrobce (Příloha č. 2). V tabulce (Tab. 2.8.1) níže jsou uvedeny pouze informace potřebné pro návrhy jednotlivých konceptů.

Tab. 2.8.1: Parametry LED čipu [13]

Šířka (mm)	3,1
Výška (mm)	1,95
Rozteč čipů na desce plošných spojů (mm)	8
Hmotnost (kg)	0,029
Pracovní teplota LED čipu (°C)	do 85
Střední doba životnosti předřadníku (h)	> 50 000

2.8.2 Driver – OSRAM 3 DIMM 90W

Shodně jako polovodičový přechod v propustném směru, mají i LED čipy voltampérovou charakteristiku, kde i při nízkém nárůstu napětí velmi prudce narůstá proud. Je proto nutné pro co nejstabilnější provoz dodávat LED čipům konstantní napětí i proud podle charakteristiky výrobce. Tuto funkci ve svítidle zajišťuje předřadník.



Obr. 2.8.2: LED předřadník OSRAM 3DIM [14]

Dle zadání od společnosti MODUS, je všech konceptech počítáno s použitím LED předřadníku **OPTOTRONIC OT 90/220-240/700 3DIMLT+E** (Obr. 2.9.2) od dodavatelské společnosti Osram, se kterou MODUS dlouhodobě spolupracuje. Všechny technické informace obsahuje zkrácený technický list výrobku (Příloha č. 3). V tabulce níže jsou popsány parametry potřebné pro návrhy konceptů (Tab. 2.8.2).

Tab. 2.8.2: Parametry LED předřadníku [14]

Rozteč montážních otvorů (mm)	122,5
Délka (mm)	133,0
Šířka (mm)	77,0
Výška (mm)	48,0
Hmotnost (kg)	0,725
Pracovní teplota předřadníku (°C)	80
Střední doba životnosti předřadníku (h)	85 000



3 PLÁN INOVACE

3.1 Pojmenování inovačního záměru

Před vlastním začátkem plánování by mělo být vybráno vhodné označení, či pojmenování projektu. Označení by mělo být krátké, zapamatovatelné a zároveň vystihující inovační záměr. Pro inovovaný návrh bylo vybráno označení MODULED. Názvy byly tvořeny kombinací následujících slov a jejich zkratk: MODUL, LED, INI, LV, TUL. Tabulka 3.1.1 ukazuje navržené varianty názvů. Vybrán byl název, který nejlépe postihuje řešenou problematiku.

Tab. 3.1.1: Návrhy variant označení projektu

INILV	MODULV	INILED
TULV	MODULED	MODULINI
LVINI	TULED	TULMODUL

3.2 Hlavní cíle inovace

Hlavním cílem inovace je návrh svítidla pro veřejné osvětlení. Svítidlo by mělo splňovat požadavky současných zákazníků jako nízké provozní náklady, vysoký výkon světelného zdroje, ale i desénové zpracování, které současná série LV postrádá. Také by mělo těžit a vycházet ze zkušeností a poznatků z dřívější výroby svítidel pro veřejné osvětlení, ale nebýt přímo konstrukčně zatíženo vlastnostmi a nedostatky dnes již dosluhující technologie osvětlení na bázi vysokotlaké sodíkové výbojky.



Parametry inovovaného návrhu:

- nízké provozní náklady (příkon < 70W)
- vysoká účinnost světelného zdroje (≥ 100 lm/W)
- dostatečný výkon světelného zdroje (3000 až 5000 lm)
- možnost instalace na současné stožáry osvětlení (univerzální příruby)
- vysoká životnost (> 50 000 h)

Proces inovace pro návrh svítidla:

- na základě analýzy současného svítidla LVLED navrhnout a specifikovat možná řešení
- navrhnout pět konceptů inovovaného svítidla
- pomocí rozhodovací analýzy vybrat jeden vhodný koncept pro širší rozpracování
- optimalizace vybraného konceptu pomocí metod inovačního inženýrství (FMEA, DFX, výkresy)
- zhodnotit inovované svítidlo a možnost jeho sériové výroby

3.3 Inovační příležitosti

Inovační příležitosti byly identifikovány z analýzy současného stavu svítidla LV LED v Kapitole 4.1.2. Výroba těla svítidla bude řešena odlitkem z hliníkové slitiny pro dosažení účinného chlazení LED čipů a tím i zaručení životnosti <50.000 provozních hodin. Konstrukci nosné části svítidla z dostupných normalizovaných materiálů pro snížení nákladů na výrobu. Vytvoření svítidla, se shodnou nosnou částí a moduly osvětlení, které by bylo možné sestavit dle přání zákazníka. Odstranění tvarového optického systému svítidla a náhrada za variantu z běžně dostupného materiálu (polykarbonátové desky).



Inovační příležitosti:

- celohliníkové tělo
- nosná konstrukce z normalizovaných profilů
- modulární řešení svítidla
- odstranění optického systému
- snížení počtu dílů konstrukce
- zjednodušení výroby a montáže

3.4 Identifikace zákaznických potřeb

Z analýzy konkurenčních svítidel v patentovém průzkumu, vyplynulo, že již není možné dále inovovat konstrukci současného svítidla LV LED, aby odpovídalo moderním trendům pro veřejné osvětlení. Pro splnění požadavků na inovaci, je nutné navrhnout zcela novou konstrukci svítidla.

Aby bylo dosaženo co nejlepší konkurence schopnosti inovovaného svítidla, je potřeba znát přání a požadavky zákazníka na daný produkt. Pro identifikaci potřeb aktuálních zákazníků, byl použit sběr dat pomocí strukturovaných rozhovorů u subjektů zainteresovaných do problematiky veřejného osvětlení, a následně z nich vytvořena specifikace charakteristik inovovaného výrobku. Přestože není zcela závazné generování konceptů jen dle výsledků interview, je výhodné k identifikovaným potřebám přihlížet v zájmu úspěchu výrobku.

Do průzkumu bylo zařazeno celkem 15 respondentů, kteří se profesně zabývají osvětlením veřejných, i neveřejných prostor. Průzkum byl veden formou moderované diskuze a subjekty hodnotili procentuálně míru užitečnosti vlastností svítidel.

Jak je patrné z interpretací vyjádření zákazníků, největší důraz je v dnešní době kladen na co největší snížení nákladů za provoz a zároveň co největší svítivost svítidla. Této vlastnosti se dá docílit využitím kvalitních LED čipů, které ovšem mají vyšší pořizovací náklady a tím zvyšují výslednou cenu svítidla.



Tab. 4.1.1: Otázky kladené v interview

Otázky kladené v interview
1. Co považujete za největší výhodu LED zdrojů osvětlení?
2. Jaká je pro Vás ideální životnost svítidla?
3. Využili byste modulární sestavení svítidla, dle Vašich specifikací?
4. Jaké vlastnosti by mělo moderní venkovní svítidlo mít?
5. Co hodnotíte jako největší nevýhodu současného svítidla LV LED?
6. Je pro Vás důležitá spotřeba svítidla?
7. Ocenili byste snížení počtu zákroků údržby?
8. Jak je pro Vás relevantní nákupní cena svítidla?

Tab. 4.1.2: Tabulka interpretace potřeb zákazníka

% zhodnocení důležitosti	Vyjádření zákazníka / Interpretace potřeby
93 %	Levný provoz (proti současnému svítidlu) / LED s vysokými lm/W
92 %	Cenová dostupnost-výhodnost / Dobrý poměr cena a životnost
81 %	Více typů dle výkonu osvětlení / Modulární konstrukce
68 %	Omezení zákroků údržby / Použití kvalitních součástek
65 %	Odolnost výkyvům počasí / Životnost konstrukce
51 %	Snadná montáž svítidla / Montáž na univerzální přírubu
46 %	Zamezení zkreslení barev / Použití LED s barvou světla 4000 K
37 %	Zvětšení osvětleného prostoru / Výkon svítidla vyšší než 3000 lm
23 %	Přizpůsobení svítidla modernímu městu / Dezén svítidla



Druhá nejdůležitější vlastnost dle vyjádření zákazníků, je dobrý poměr pořizovací ceny svítidla a celkové životnosti. Životnost LED svítidel se v současné době u konkurenčních produktů pohybuje v řádu 50.000 provozních hodin, je tedy vhodné konstruovat svítidlo s podobnou, či vyšší životností, ale udržet konkurenční cenu. Třetí požadovanou vlastností byla zvolena modulárnost svítidla, která umožňuje vyrobit více variant svítidel s jedním společným základem, čímž dává zákazníkovi větší variabilitu výběru při snížení ceny vývoje.

3.5 Inovační prohlášení

Nyní již máme k dispozici dostatek informací, požadavků, přání a vlastností co by mělo inovované svítidlo obsahovat. A také negativních názoru, ze zkušeností se současným typem LV LED. Díky průzkumu konkurenčních řešení víme, jakým směrem se ubírá vývoj LED svítidel a zda už není obdobné řešení na trhu. Pomocí inovačního návrhu si stanovíme cíle, které by měl inovovaný výrobek, v našem případě, inovované svítidlo pro veřejné osvětlení splňovat.

- **Jméno výrobku:** MODULED
- **Popis výrobku:** LED svítidlo pro venkovní použití
- **Primární trh:** Pouliční osvětlení pro použití v obydlených oblastech
- **Sekundární trh:** Venkovní osvětlení průmyslových zón
- **Předpoklady:** Výrobek je zaměřen jako náhrada dosluhujících svítidel s vysokotlakým sodíkovým (rtuťovým) zdrojem světla. Silná stránka spočívá ve využití LED zdroje světla s vyšší intenzitou osvětlení prostor, snížení provozních nákladů a zlepšení desénového zpracování.

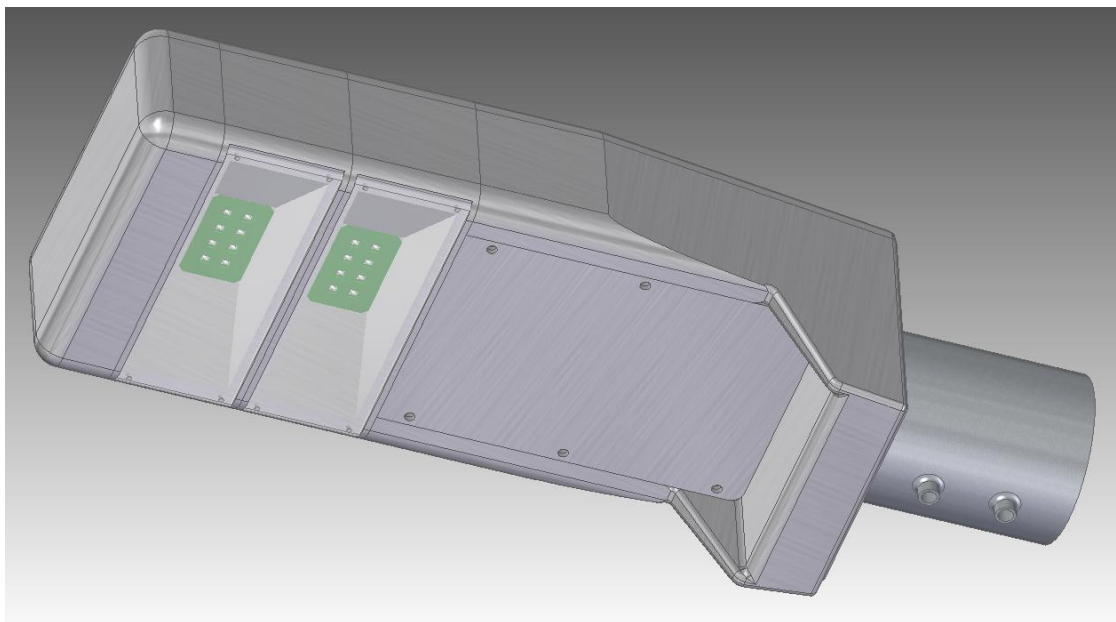
4 NÁVRH KONCEPTŮ A VÝBĚR FINÁLNÍ VARIANTY

4.1 Generování konceptů

4.1.1 Koncept č. 1 - MODULAR

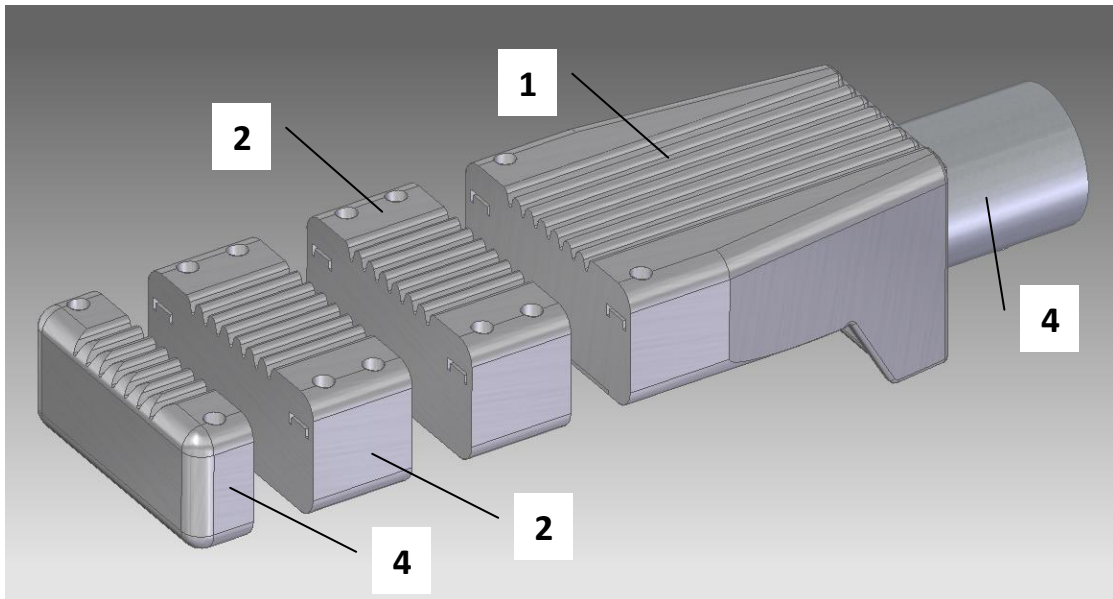
Koncept č. 1 (Obr. 4.2.1.1) je zaměřen především na návrh modulárního prototypu osvětlení pro venkovní účely. Hlavní předností návrhu je výroba pouze dvou hlavních částí osvětlení, ze kterých lze následně složit výsledné světlo co nejlépe vyhovující požadavkům a potřebám koncového uživatele.

Sekundární předností osvětlení, je možnost výměny pouze porouchaného modulu a znovu zprovoznění světla, oproti současnému trendu u LED, a to nutnost vyměnit celé světlo při poruše, nebo dosažení konce životnosti.



Obr. 4.2.1.1: Koncept č. 1

Hlavním prvkem osvětlení je nosná část **1**, která na sebe váže všechny ostatní konstrukční části. Je vyrobena z hliníkového odlitku a obsahuje driver, prvky pro uchycení modulů a uchycení příruby. Pomocí univerzální příruby **4** je nosná část dále připevněna na stožáru osvětlení.



Obr. 4.2.1.2: Koncept č. 1 – rozpad svítidla

Druhým hlavním prvkem světla jsou moduly osvětlení **2**. Moduly jsou samostatné prvky osazeny 8 LED čipy s výkonem zdroje 1600 lm a příkonem 16 W. Dostatečné chlazení vzniklého tepla z LED čipů je zajištěno pasivně hliníkovým tělem modulu. Připojením modulů na nosnou část vznikne světlo se světelným výkonem podle počtu propojených modulů, kde maximální počet modulů je závislý na výkonu driveru. Moduly jsou s nosnou částí spojeny rozebíratelnými spoji, které umožňují změnu výkonu i dodatečně po instalaci. Zakončení svítidla **3** má funkci jak desénovou tak separační, aby byly zaizolovány vývody z modulu pro další případné rozšíření o další modul.

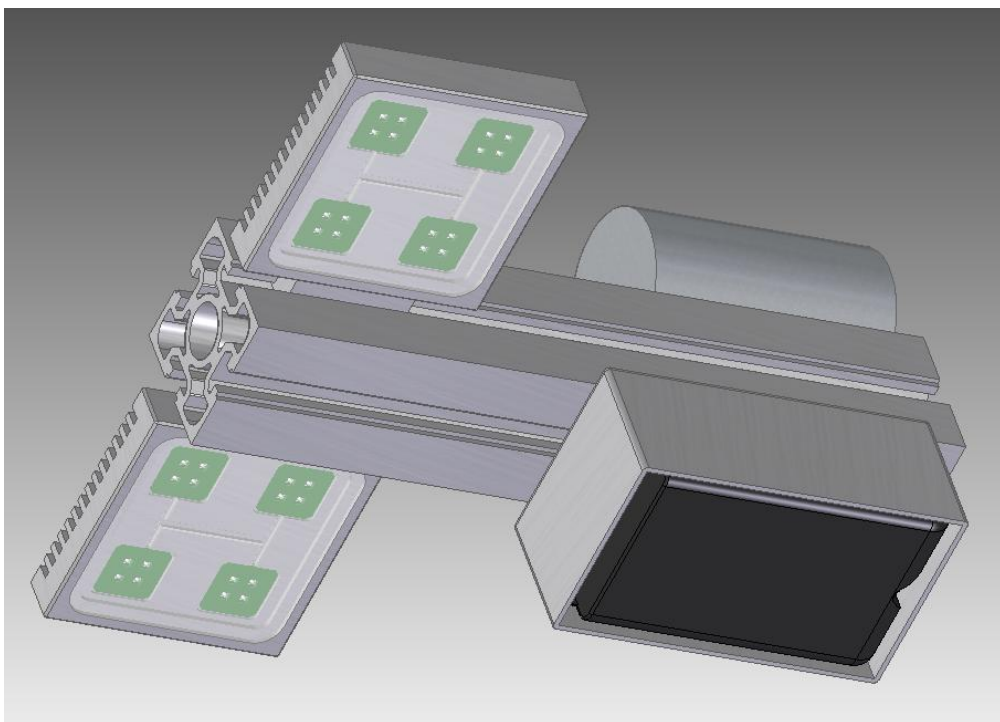
Tab. 4.2.1: Koncept č. 1 – parametry

Světelný výkon zdroje (lm)	3200
Příkon svítidla (W)	32
Hmotnost (kg)	5,5
Počet LED čipů (ks)	16

pozn.: tabulku parametrů platí pro sestavu svítidla s dvěma moduly

4.1.2 Koncept č. 2 - PROFIL

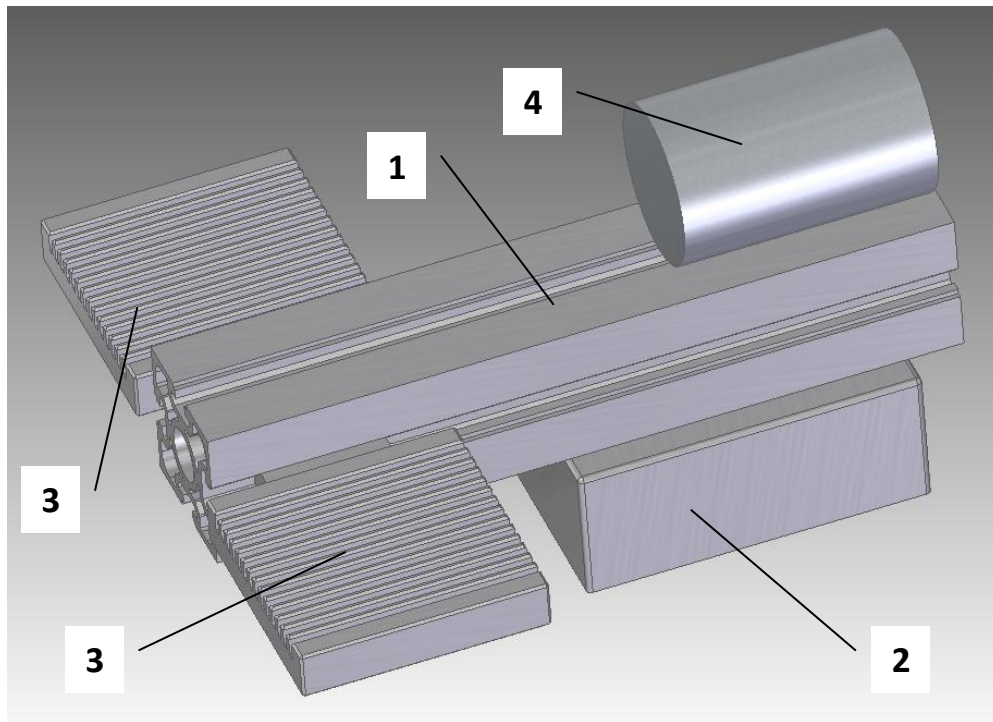
Cílem u konceptu č. 2 (Obr. 4.2.2.1) je použití co největšího množství stavebních prvků, které jsou běžně vyráběny a dají se nakoupit, bez výroby speciálních forem a pomůcek pro výrobu specifických tvarů, které jsou jinak potřeba a zároveň co největší možné zvýšení modularity osvětlení a možnosti nechat zákazníka postavit si své vlastní svítidlo dle osobních požadavků.



Obr. 4.2.2.1: Koncept č. 2

Základní částí a nosným prvkem celého svítidla je hliníkový profil **1** o rozměrech 60x60 mm, který se běžně používá například pro stavbu pracovních stolů do výroby. Výhodou je sériová produkce profilu, s čím je spojena hlavně nižší nákupní cena, než u výroby těla svítidla na míru. Dále vysoká pevnost a díky vodícím lištám možnost připevnit k rámu jakékoliv další prvky svítidla.

Na vrchní vodící liště je připevněna příruba **4** pro montáž na stožár osvětlení, vyrobená z trubkového profilu o vnitřním průměru 80 mm. Průměr profilu záleží na potřebě zákazníka. Na spodní vodící liště je umístěn box **2** pro driver.



Obr. 4.2.2.2: Koncept č. 2 – rozpad svítidla

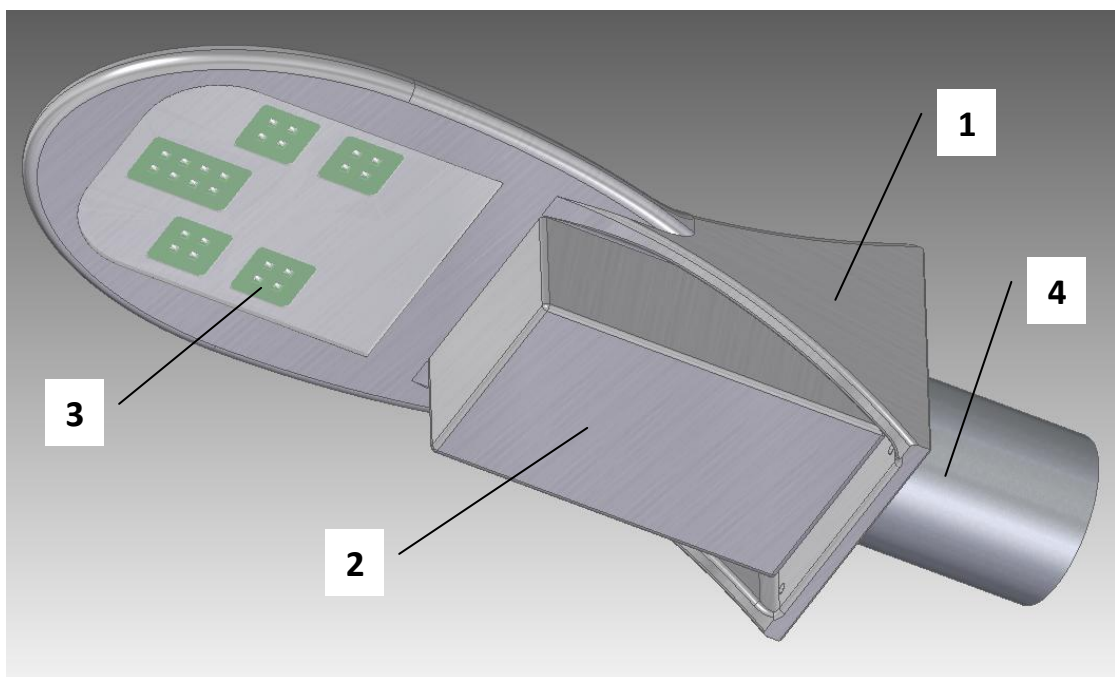
Samostatným prvkem, jako jediným vyráběným na míru, je modul **3** osazený LED čipy umístěný na postranních vodících lištách. Modul o velikosti 100x100 mm a výškou 20 mm je odlitek z hliníku, do kterého jsou usazeny 4 desky plošných spojů, a každá nese 4 LED čipy. Odlitek slouží také jako pasivní chlazení osazených LED čipů, kde jeden modul disponuje výkonem zdroje 3200 lm a příkonem 32 W.

Tab. 4.2.2: Koncept č. 2 - parametry

Světelný výkon zdroje (lm)	6400
Příkon svítidla (W)	64
Hmotnost (kg)	3,5
Počet LED čipů (ks)	32

4.1.3 Koncept č. 3 - PLOUTEV

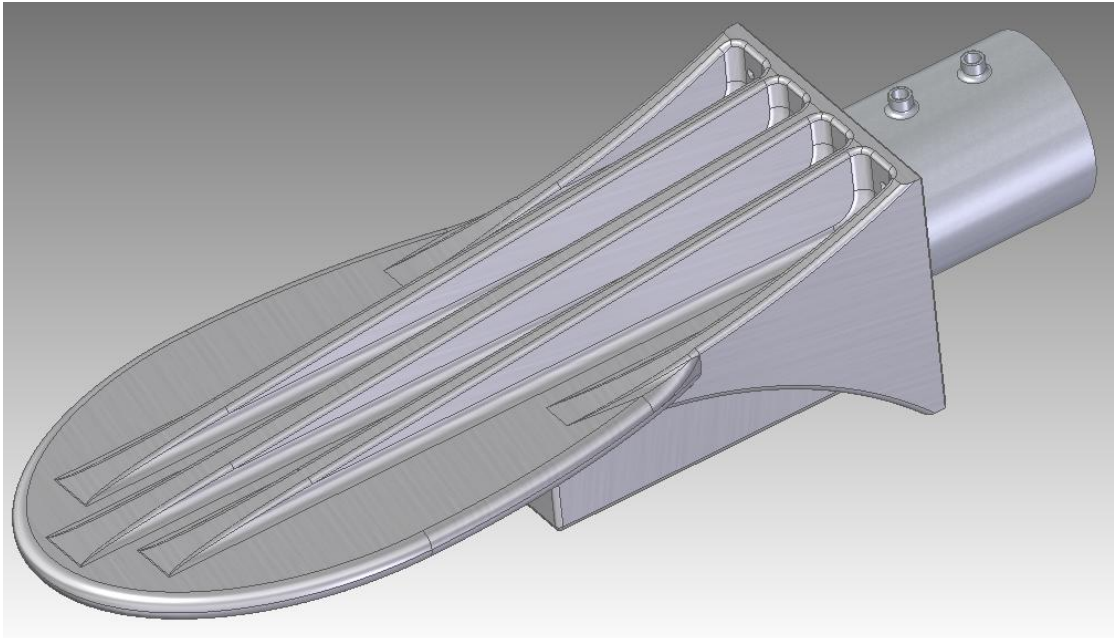
Koncept č. 3 je směřován spíše do mainstreamového proudu výroby venkovních svítidel. Trendem u většiny výrobců v současné době u ne desénových svítidel je co nejvíce snížit počet komponentů svítidla a tím komplexitu výroby. Všechny prvky spojuje centrální nosná část svítidla, která má funkci jak nosiče pro komponenty tak pasivního chladiče pro LED čipy a driver.



Obr. 4.2.3.1: Koncept č. 3

Základ svítidla 1 tvoří v tomto konceptu centrální nosná část, odlitá z hliníku. Centrální část tvoří nosný prvek pro desky plošných spojů 3 osazené LED čipy a driver. I když je driver připevněný přímo na centrální části, jeho krytí tvoří samostatný prvek. Krytí driveru 2 jako samostatného prvku bylo zvoleno z důvodu úspory materiálu na centrální nosné části, kde by v případě krytí celého driveru bylo

zapotřebí daleko větších rozměrů. A poslední ze základních prvků umístěných na centrální části je univerzální příruba **4**.



Obr. 4.2.3.2: Koncept č. 3 – rozpad svítidla

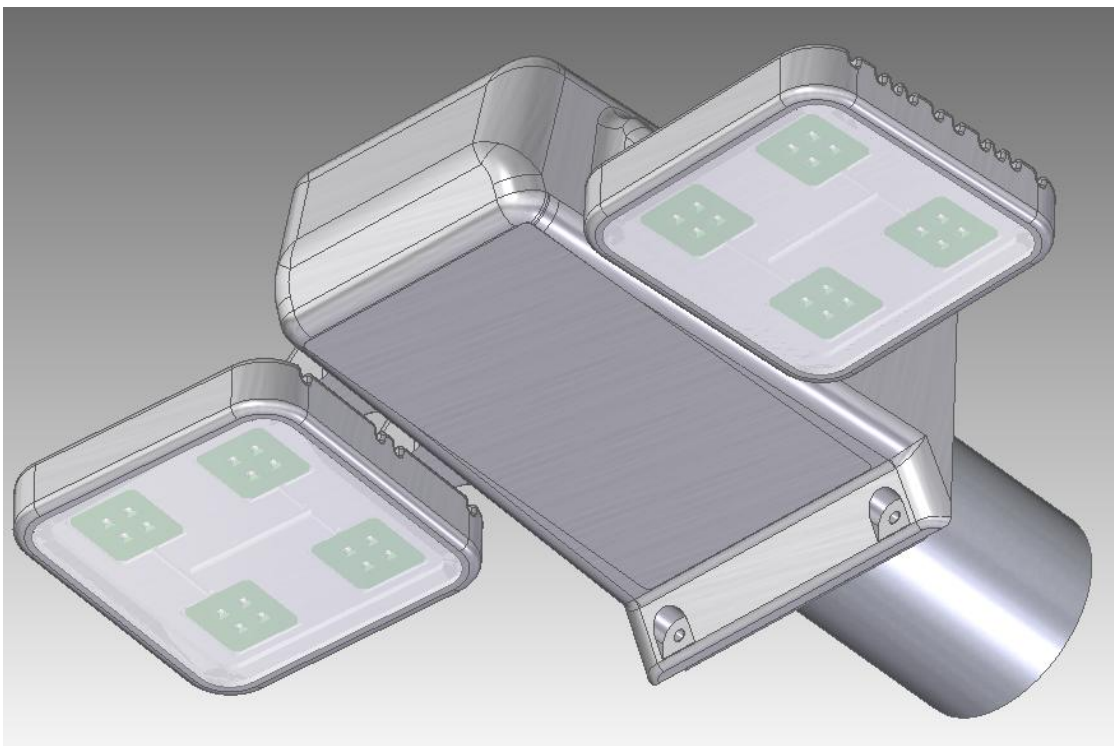
Svítidlo je osazeno čtyřmi deskami plošných spojů, kde každá nese čtyři LED čipy, a jednou deskou plošného spoje, která je osazena osmy LED čipy. Celkem tedy světelný zdroj tvoří 24 LED čipů s výkonem 4800 lm. Určité modularity lze dosáhnout při zachování formy pro odlévání, ale úpravou vyfrézovaných částí pro usazení desek plošných spojů, a tím i výsledného počtu osazených LED čipů.

Tab. 4.2.3: Koncept č. 3 - parametry

Světelný výkon zdroje (lm)	4800
Příkon svítidla (W)	48
Hmotnost (kg)	2,8
Počet LED čipů (ks)	24

4.1.4 Koncept č. 4 - UFO

U konceptu č. 4 byl řešen rozpor mezi rozdílnou velikostí driveru a LED čipy, podle čeho se odvozuje následná konstrukce těla svítidla. V porovnání s LED čipy je prvek driveru poměrně rozměrný a z důvodu jeho umístění co nejbližší k přírubě, a tím vedení přívodu elektrické energie ze stožáru pouličního osvětlení, určuje výsledný rozměr celého svítidla.

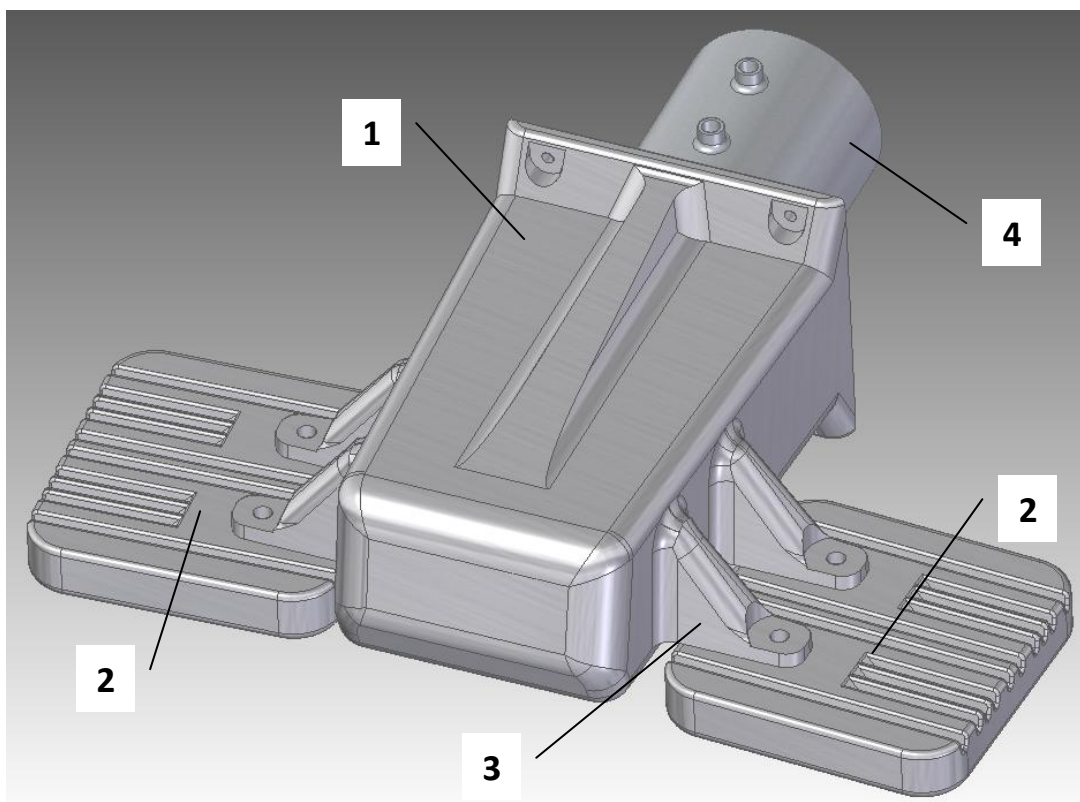


Obr. 4.2.4.1: Koncept č. 4

V konceptu č. 4 kde stejně jako u předchozích je převážná část prvků svítidla vyrobena technologií odlévání hliníku, je svítidlo rozděleno na objemnější část, obsahující driver a menší část, resp. části, obsahující LED čipy. Tím dochází ke zmenšení výsledného svítidla a ušetření materiálu při odlévání.

U tohoto konceptu tvoří nosnou část 1 prvek určený výhradně pro uložení driveru a nositelku pro periferní prvky. Primárně je velikost a tvar navržen podle rozměrů driveru s přídavkem pro upevnění univerzální příruby 4. Sekundárně je

rozměr nosné části pouze zvětšen o přídavek pro upevnění spojovací části **3** vytvářející mechanické a spojení mezi driverem a LED světelným zdrojem a zároveň elektrické vedení.



Obr. 4.2.4.2: Koncept č. 4 – rozpad svítidla

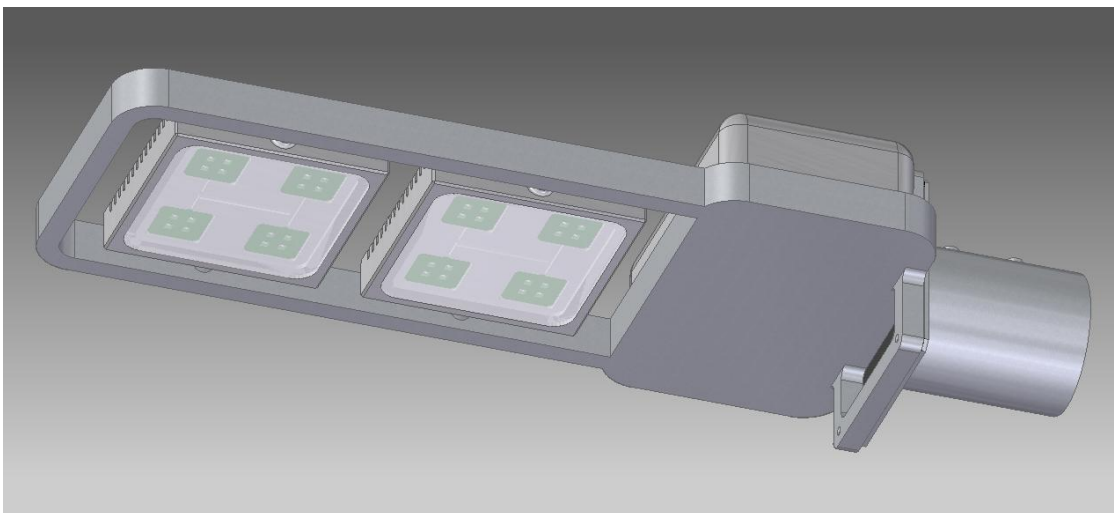
Světelný zdroj **2** v této variantě je tvořen dvěma moduly samostatnými jen pro LED čipy. Moduly vyrobeny odlitím hliníku jsou rozměrově navrženy podle velikosti desek plošných spojů nesoucích LED čipy a objemu potřebného k chlazení odpadního tepla tvořeného provozem LED čipů.

Tab. 4.2.4: Koncept č. 4 - parametry

Světelný výkon zdroje (lm)	6400
Příkon svítidla (W)	64
Hmotnost (kg)	3,5
Počet LED čipů (ks)	32

4.1.5 Koncept č. 5 – JACK-EL

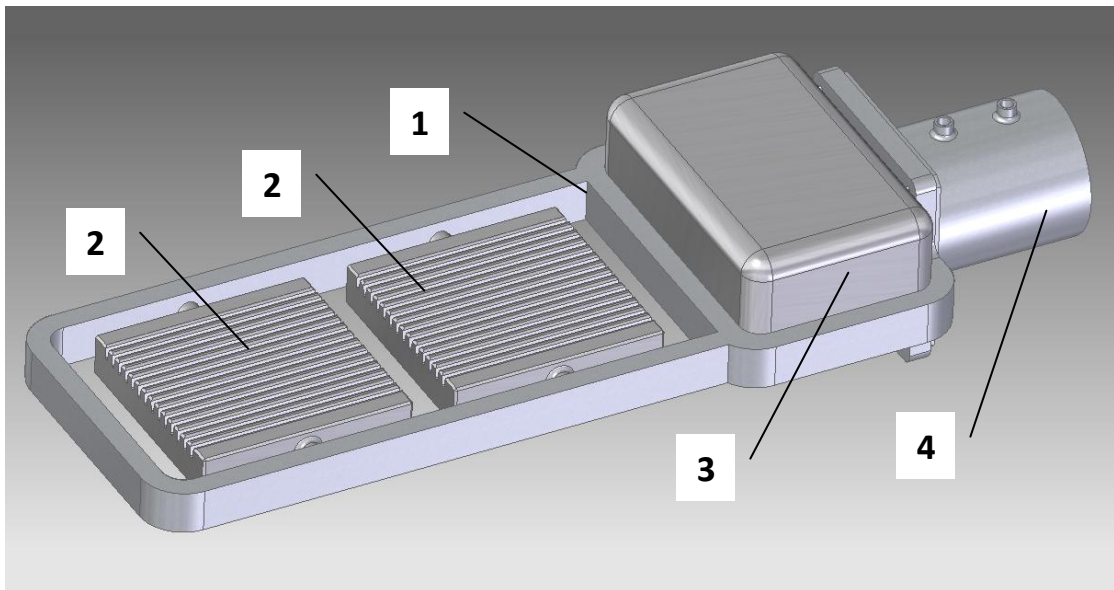
Varianta č. 5 (Obr. 4.2.5.1) se zakládá na změně výrobní technologie při výrobě nosné části. Současný trend je vyrobit celé světlo z hliníkového odlitku, čímž se sníží komplexita svítidla a zároveň odlitek má funkci pasivního chladiče. Nevýhodou nosných částí svítidel vyrobených odléváním je jejich nemožnost jednoduchých úprav bez změny formy nebo výrobní technologie. U této varianty tvoří základní část svítidla svařenec z jackelových profilů, které se před vlastním svařením předtvarují ohýbáním do požadovaného tvaru, a poté svaří dohromady a vytvoří nosnou část svítidla.



Obr. 4.2.5.1: Koncept č. 5

Nosnou část 1 svítidla tedy tvoří svařenec z jackelových profilů, svařený ze tří (resp. čtyř) částí. Hlavní část tvoří uzavřený prvek pro uchycení driveru, který nese část tvaru „U“ pro uchycení modulů s LED čipy a prvek pro uchycení univerzální příruby. Výhodou této varianty je i určitá možnost modularity svítidla. Prvek tvaru „U“ lze vyrobit ve velikosti pro jeden, dva nebo i tři moduly s LED čipy a tím ovlivnit výsledný výkon zdroje celkového svítidla.

Moduly s LED čipy **2** jsou samostatné prvky vyrobené z hliníku odléváním. Modul obsahuje 16 LED čipů umístěných na 4 deskách plošných spojů, vždy po 4 kusech. Odlitek slouží jako pasivní chladič a oproti ostatním konceptům lze modul v ose uchycení k nosné části natáčet, a tím upravit osvětlovanou oblast.



Obr. 4.2.5.2: Koncept č. 5 – rozpad svítidla

Driver je umístěn v uzavřeném prvku na svařenci pod krytem **3** v pozici mezi přívodem elektrických rozvodů z příruby a prvem pro uchycení modulů s LED čipy. Prvek pro uchycení univerzální měnitelné příruby **4** je složen ze dvou částí, spodní a vrchní, a jako jediný není tvořen z jackelu, ale pásů plechu z důvodu pevnosti uchycení celé konstrukce k stožáru veřejného osvětlení.

Tab. 4.2.5: Koncept č. 5 - parametry

Světelný výkon zdroje (lm)	6400
Příkon svítidla (W)	64
Hmotnost (kg)	3,3
Počet LED čipů (ks)	32



4.2 Vyhodnocení a výběr nejlepšího konceptu

4.2.1 Volba kritérií do rozhodovací tabulky

Pro ohodnocení a volbu konceptu pro další rozpracování inovovaného svítidla byla použita rozhodovací tabulka. Kritéria pro hodnocení konceptů byla zvolena na základě identifikace inovačních příležitostí.

Hodnotící kritéria:

- **účinnost světelného zdroje** – hodnota zadávána výrobcem LED čipu v jednotkách lm/W. Hodnota větší než 100 lm/W se považuje za dostatečnou.
- **celkový příkon svítidla** – fyzikální jednotka vyjadřující množství spotřebované energie za jednotku času. Pro koncového uživatele je důležitá co nejmenší hodnota s ohledem na cenu provozu osvětlení. Při pohledu na celkovou síť osvětlení je toto jedna z nejdůležitějších hodnot.
- **světelný tok** – fyzikální jednotka světelného toku. Při použití na stávající síti stožárů osvětlení je dostačující hodnota mezi 3000 až 5000 lm kvůli jejich vzdálenosti od sebe. U nových sítí je výhodnější hodnota blíže 5000 lm pro možnost větších odstupů stožárů od sebe.
- **modulárnost konstrukce** – sestavení svítidla z typizovaných komponent. Možnost pro zákazníka sestavit si svítidlo nejvíce vyhovující potřebě. Zároveň možná úspora pro výrobce svítidel, s ohledem na počet vyráběných komponent proti množství vyráběných variant.
- **předpokládaná životnost svítidla** – celková doba životnosti navrženého konceptu. Další z nejdůležitějších kritérií u svítidel, na kterém závisí ekonomická stránka nákupu, a to poměr mezi nákupní cenou a trvanlivostí zařízení.
- **hmotnost svítidla** – hmotnost svítidla závislá na velikosti konceptu a použitých materiálech (počítáno z modelu v modelovacím prostředí)



- **desén svítidla** – oproti dřívější konstrukci svítidel, která měla svá omezení v technologii světelného zdroje, dnes je již možné vytvořit svítidlo prakticky v jakémkoliv tvaru a velikosti díky použití LED světelného zdroje. Proto už se zákazník zaměřuje i na vzhled svítidla. Je pouze potřeba dodržet podmínky pro správné chlazení navrhovaného svítidla.
- **možnost výměny LED zdroje při poruše** – trendem u svítidel v současné době je výroba svítidla s návrhem na dobu životnosti, kde po překročení se mění celé svítidlo.
- **použití standardizovaných součástí**

4.2.2 Stanovení váhy hodnotících kritérií

Z důvodu velkého množství kritérií pro posouzení nejvhodnějšího kandidáta z vytvořených konceptů, se pro rozhodnutí použila metoda párového porovnání s využitím Fullerova trojúhelníku. Nejprve se všechna kritéria porovnají vzájemně mezi sebou a vybere se preferovaná volba to tabulky (Tab. 4.3.2.1).

Tab. 4.3.2.1: Párové hodnocení kritérií

Párové hodnocení kritérií										
Kritérium		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Účinnost	-	2	3	1	5	1	1	1	1
2	Příkon	2	-	3	2	5	2	2	2	2
3	Světelný tok	3	3	-	3	5	3	3	3	3
4	Modulárnost	1	2	3	-	4	4	7	4	4
5	Předpokládaná životnost	5	5	5	4	-	5	5	8	5
6	Hmotnost konceptu	1	2	3	4	5	-	6	8	9
7	Desén konceptu	1	2	3	7	5	6	-	8	9
8	Možnost výměny LED zdroje při poruše	1	2	3	4	8	8	8	-	8
9	Použití standardizovaných součástí při výrobě	1	2	3	4	5	9	9	8	-



Následuje výpočet váhy jednotlivých kritérií (Tab. 4.3.2.2), která se použije pro rozhodovací analýzu. Váhy kritérií se počítají z párového porovnání a vztahu (1).

$$u_i = \frac{p_i}{n}; \text{ kde } n = 1 \dots p_i \quad (1)$$

Tab. 4.3.2.2: Stanovení váhy kritérií

Stanovení váhy kritéria			
Kritérium		Počet preferovaných	Vypočítaná váha
1	Účinnost	5	13,89%
2	Příkon	6	16,67%
3	Světelný tok	7	19,44%
4	Modulárnost	4	11,11%
5	Předpokládaná životnost	6	16,67%
6	Hmotnost konceptu	1	2,78%
7	Desén konceptu	1	2,78%
8	Možnost výměny LED zdroje při poruše	4	11,11%
9	Použití standardizovaných součástí při výrobě	2	5,56%

4.2.3 Výběr konceptu pomocí rozhodovací matice

Pro výběr finálního konceptu k dalšímu rozpracování byla vytvořena rozhodovací matice (Tab. 4.3.3). V matici se hodnotí jednotlivé koncepty zvlášť, podle předem určených kritérií. Každé kritérium bylo doplněno svoji váhou z párového porovnání. Hodnotí se body od 0 do 5 s přesností v desetinách, kde 0 je nejméně 5 nejvíce, a vybraný koncept je ten s nejvíce body.

Jako vítězný návrh byl vybrán koncept č. 5 – JACK-EL.

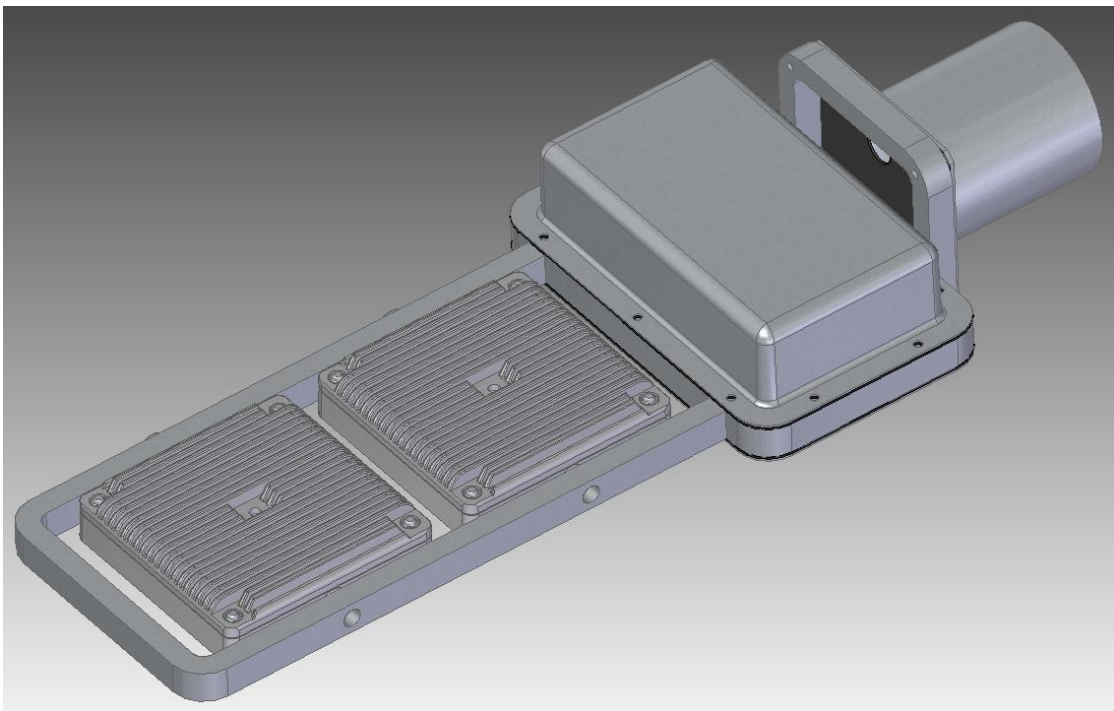


Tab. 4.3.3: Rozhodovací matice

Číslo:	Název:	Kritérium		Koncept č. 1		Koncept č. 2		Koncept č. 3		Koncept č. 4		Koncept č. 5			
		Jednotky:	Váha:	Hodnota	Vážená hodnota	Hodnota	Vážená hodnota	Hodnota	Vážená hodnota	Hodnota	Vážená hodnota	Hodnota	Vážená hodnota		
1	Účinnost	lm/W	13,9%	4	0,56	4	0,56	4	0,56	4	0,56	4	0,56		
2	Příkon	W	16,7%	4,5	0,75	1,5	0,25	3,5	0,58	1,5	0,25	1,5	0,25		
3	Světelný tok	lm	19,4%	2,5	0,49	5	0,97	3,5	0,68	5	0,97	5	0,97		
4	Modulárnost	-	11,1%	4,5	0,50	1,5	0,17	0	0,00	1	0,11	3,5	0,39		
5	Předpokládaná životnost	h	16,7%	4	0,67	4	0,67	4	0,67	4	0,67	4	0,67		
6	Hmotnost konceptu	kg	2,8%	1	0,03	3,5	0,10	4	0,11	3,5	0,10	4	0,11		
7	Desén konceptu	-	2,8%	3,5	0,10	2,5	0,07	2	0,06	0,5	0,01	2,5	0,07		
8	Možnost výměny LED zdroje při poruše	-	11,1%	4,5	0,50	3,5	0,39	0	0,00	3,5	0,39	3,5	0,39		
9	Použití standardizovaných součástí při výrobě	-	5,6%	0	0,00	3,5	0,19	0	0,00	0	0,00	4	0,22		
				Σ hodnota/vážená hodnota		29	3,58	29	3,36	21	2,65	23	3,06	32	3,63
				Pořadí konceptů dle vážené hodnoty:		2		3		5		4		1	

5 KONSTRUKČNÍ NÁVRH

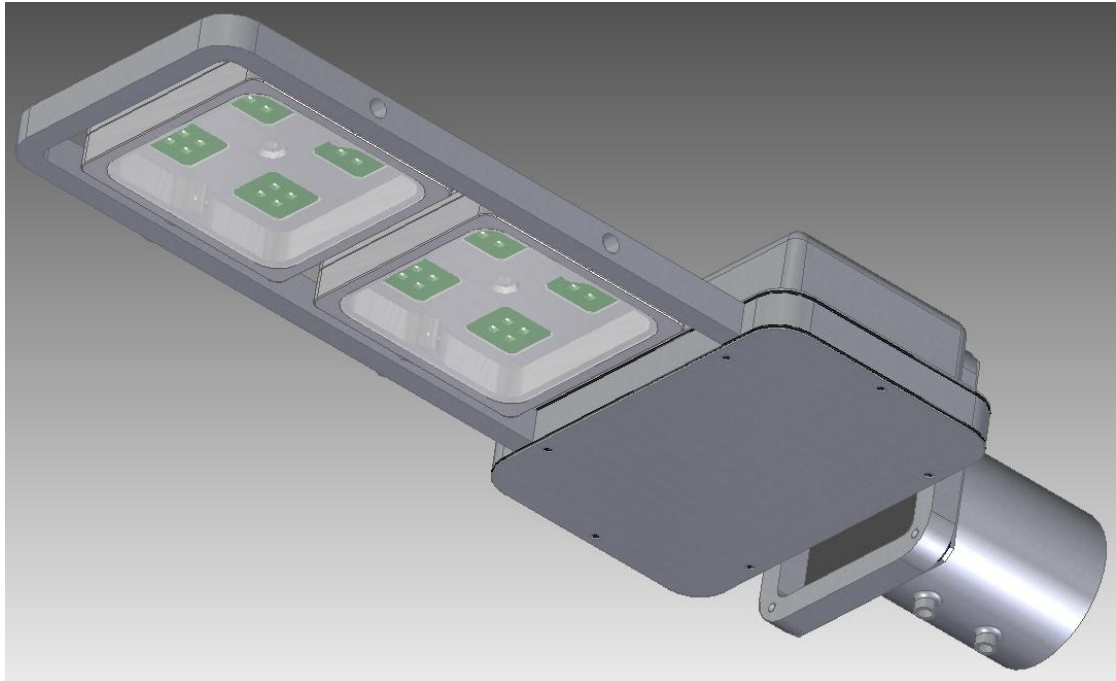
Finální koncept (Obr. 5.1 a Obr. 5.2) inovovaného svítidla pro veřejné osvětlení byl vymodelován v aplikaci Solid Edge ST7. Skládá se ze základního rámu, dvou modulů osvětlení osazenými LED čipy, vrchního a spodního krytu driveru, univerzální příruby a ostatních spojovacích a izolačních prvků.



Obr. 5.1: Inovované svítidlo (pohled 1)

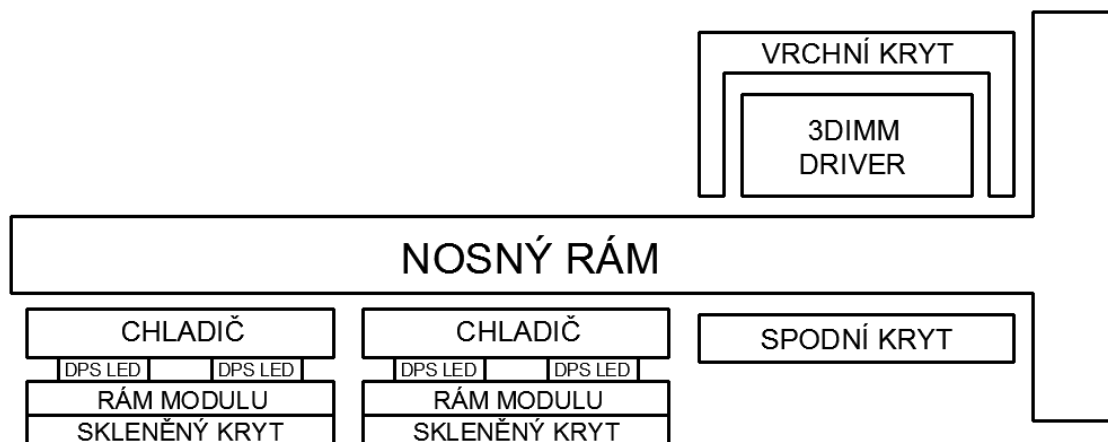
Sestava inovovaného svítidla bude následně zatížena konstrukční analýze FMEA-K, kde by se měla snížit rizika možného vzniku poruch jednotlivých částí konstrukční sestavy.

A poté bude na svítidle použita metoda pro optimalizaci DFX, s cílem snížení nákladů na výrobu, montáž a změny provedené v návaznosti na FMEA-K analýzu a zjištěné možné poruchy vzniklé provozem a konstrukcí.



Obr. 5.2: Inovované svítidlo (pohled 2)

Pro snazší orientaci ve struktuře inovovaného svítidla bylo vytvořeno jeho zjednodušené schéma (Obr. 5.3). Dle schématu lze určit vzájemné vazby mezi jednotlivými prvky sestavy a jejich vzájemnou interakcí mezi sebou, a tím lépe vyhodnotit následující analýzu FMEA-K.

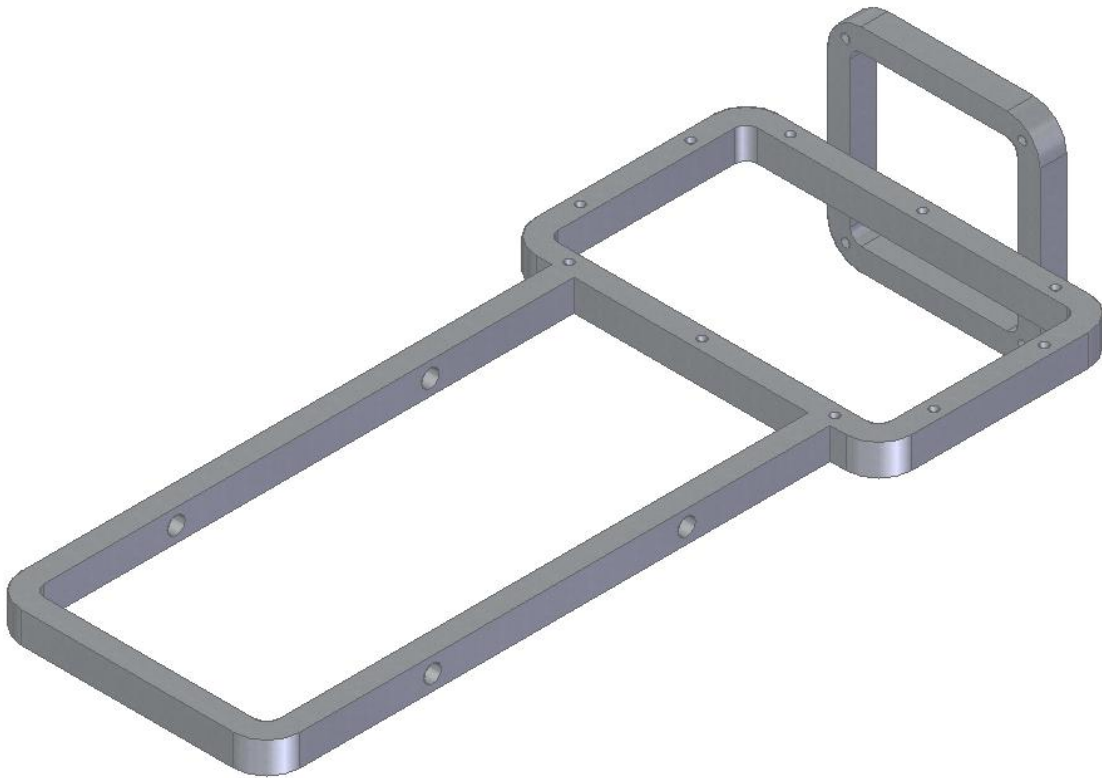


Obr. 5.3: Znázornění struktury svítidla

5.1 Sestava svítidla – konstrukční prvky

5.1.1 Nosný rám svítidla

Nosný rám svítidla (Obr. 5.1.1) je navržen jako svařovaná konstrukce. Konstrukce je složena z ohýbaných plochých tyčí tažených za studena z konstrukční oceli 11 373 o rozměru 14x10 mm.



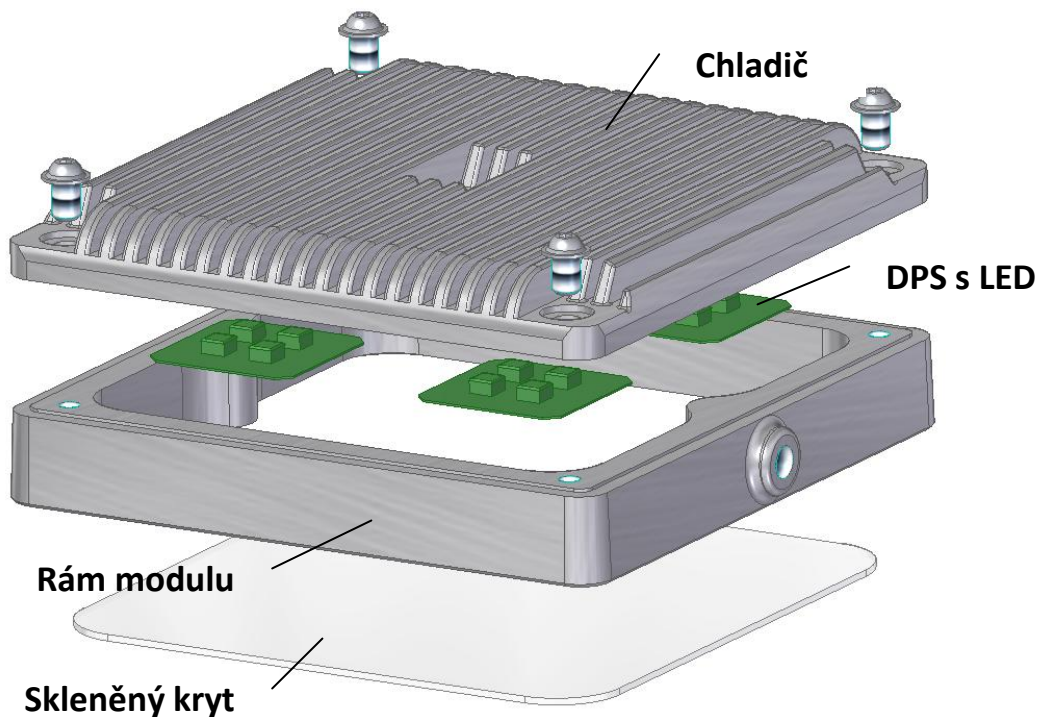
Obr. 5.1.1: Nosný rám

Rám se skládá z části pro uchycení univerzální příruby, kterou je svítidlo montováno na sloup veřejného osvětlení. Následuje část pro umístění driveru, který je chráněn vrchním a spodním krytem a těsněním pro zajištění stupně krytí IP65. Poslední část je nosný prvek pro uchycení dvou samostatných modulů osvětlení, které se montují pomocí šroubových spojů a umožňují individuální nastavení úhlu dopadu světla. Povrchová úprava svařence je provedena pomocí práškového lakování dle dostupných odstínů.

5.1.2 Modul osvětlení

Modul osvětlení (Obr. 5.1.2) je samostatný prvek skládající se z rámu modulu, chladiče, skleněného krytu a čtyř DPS osazenými LED čipy.

Nosným prvkem modulu je rám, který je vyrobený přesným odléváním hliníku a je šroubovým spojem spojený s chladičem. Jako těsnící prvek je použita silikonová těsnící hmota. Skleněný kryt, zajišťující těsnost modulu je na rám modulu připevněn nerozebíratelným lepeným spojením pomocí silikonového lepidla.



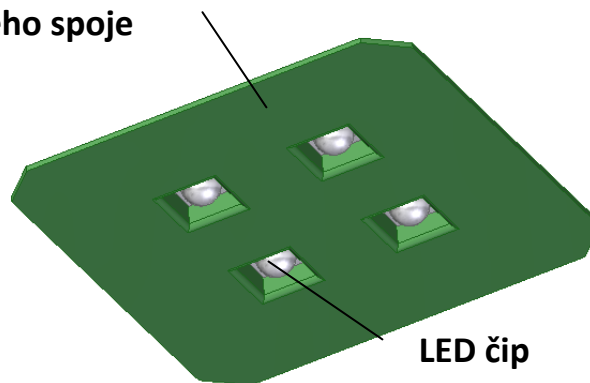
Obr. 5.1.2: Modul osvětlení

Chladič, který má hlavní funkci v odvodu tepla vzniklého provozem LED čipů je vyrobený taktéž přesným odléváním hliníku, a je zároveň nosným prvkem pro čtyři DPS osazené LED čipy. DPS jsou na chladič připevněny lepidlem, které má primárně funkci nerozebíratelného spojení DPS na chladič a sekundárně pro zlepšení přenosu tepla, které generuje LED čip při provozu na chladič.

5.1.3 DPS s LED

Jeden modul (Obr. 5.1.3) obsahuje čtyři desky plošných spojů. Každý DPS obsahuje čtyři SMD LED čipy, které jsou na DPS připevněny pomocí technologie pájení přetaveným. DPS je navržena dle doporučení od výrobce LED čipů. LED čipy jsou od sebe odsazeny s dostatečným rozestupem, aby se zabránilo přehřívání.

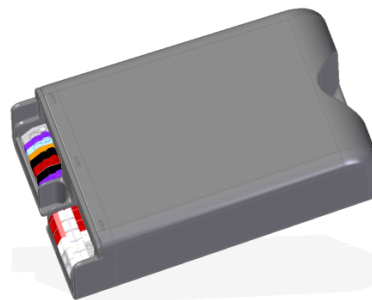
Deska plošného spoje



Obr. 5.1.3: DPS s LED

5.1.4 3DIMM Driver

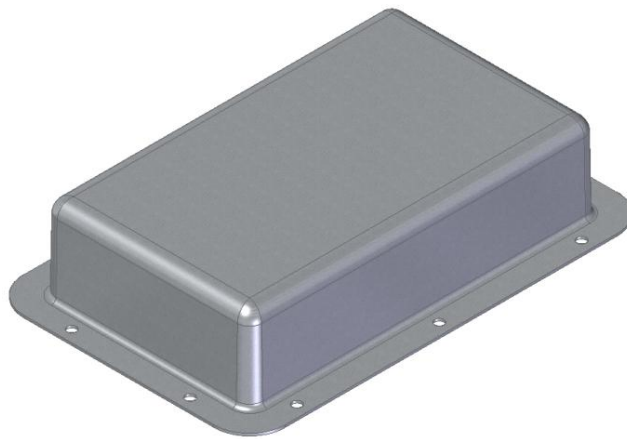
Předpokládaná životnost 3DIMM Driveru je cca 100.000 hodin, čím převyšuje životnost samotných LED čipů. Proto je připevněn ke spodnímu krytu nerozebíratelným lepeným spojením. Nepředpokládá se, že bude potřeba montážního zásahu v průběhu životnosti svítidla a lepeným spojením se sníží komplexita konstrukce a zkrátí čas při montáži svítidla.



Obr. 5.1.4: 3DIMM Driver

5.1.5 Kryt 3DIMM driveru

Vrchní kryt driveru (Obr. 5.1.5.1) je spojen rozebíratelným šroubovým spojem se základním nosným rámem a spolu s těsněním vytváří izolovaný prostor pro uložení 3DIMM driveru. Vrchní kryt je vyrobený technologií plošného tváření - tažením plechu bez ztenčení stěny. Jako těsnivo je použita silikonová těsnící hmota.



Obr. 5.1.5.1: Vrchní kryt driveru

Spodní kryt driveru (Obr. 5.1.5.2) je také spojen s nosným rámem rozebíratelným šroubovým spojením a vytváří prostor pro připevnění driveru do svítidla. Spodní část krytu je vyrobena technologií plošného tváření – stříháním na vysekávacím lisu. Jako těsnivo je opět použita silikonová těsnící hmota.



Obr. 5.1.5.2: Spodní kryt driveru



5.2 FMEA-K

Metoda FMEA-K (failure mode and effects analysis) tj. analýza projevů a důsledků poruch představuje systematickou kontrolu produktu nebo procesu, jeho funkci, způsobů a projevů poruch, příčin těchto poruch a jejich následků. Metoda FMEA je založena na hledání projevů poruch v nejnižší úrovni a odpovídající následky jsou analyzovány na úrovni lokální nebo systémové. [15]

Metoda FMEA je založena na kvantifikaci parametrů četnosti poruch, jejich závažnosti a možnosti je detekovat. Všechny parametry jsou standardně hodnoceny body od 1 do 10, dle hodnotících tabulek pro každý parametr, a následně jejich vynásobením je zjištěn koeficient rizikovosti. Koeficient rizikovosti může nabývat hodnoty od 0 do 1000, a jako rizikový se považuje s hodnotou vyšší než 125 bodů.

Tab. 5.2: Analýza FMEA

FMEA-K		1. Typ		4. Číslo form.		3. List			
		Svítidlo pro veřejné prostory		001		1			
5. Výrobek		6. Kontruktér							
MODULED		M. Václava							
8. Datum rozboru FMEA-K		9. Dodavatelé		10. Díl					
2.9.2015		-		Celý výrobek					
12 Místo poruchy	13 Druh poruchy	14 Možný důsledek poruchy	15 Možné příčiny	16-20 Současný stav					21 Doporuč. opatření
				Běžné kontroly	Výskyt V	Závaž. Z	Detekce D	Rizik. R	
Nosný rám	Koroze	Snížení odolnosti	Povětrnostní vlivy		8	9	8	576	Povrchová úprava
	Zanášení	Nevzhlednost	Konstrukce		3	1	1	3	
	Mech. Poškození	Nemožná montáž	Nevhodná přeprava	Vizuální kontrola	1	3	2	6	
			Nevhodná manipulace	Vizuální kontrola	2	3	2	12	
Poškrábání	Nespokojený zákazník	Neopatrná manipulace	Vizuální kontrola	7	2	4	56		

U inovovaného svítidla byla provedena analýza FMEA-K (Tab. 5.2) pro všechny hlavní konstrukční prvky. Jako rizikové, byly brány všechny s hodnocením vyšším než 125 bodů, nebo kde alespoň jeden z parametrů byl ohodnocen číslem 10. Celá analýza je k nahlédnutí v Příloze č. 4.



5.3 Design for X (DFX)

Součástí inovačního procesu musí být i metody pro optimalizaci a detailní konstruování výrobku. Tyto metody se uceleně nazývají DFX, kde X představuje oblast zaměření působnosti metody. Cílem metod DFX je vytvoření co nejefektivnějšího návrhu výrobku v celém životním cyklu.

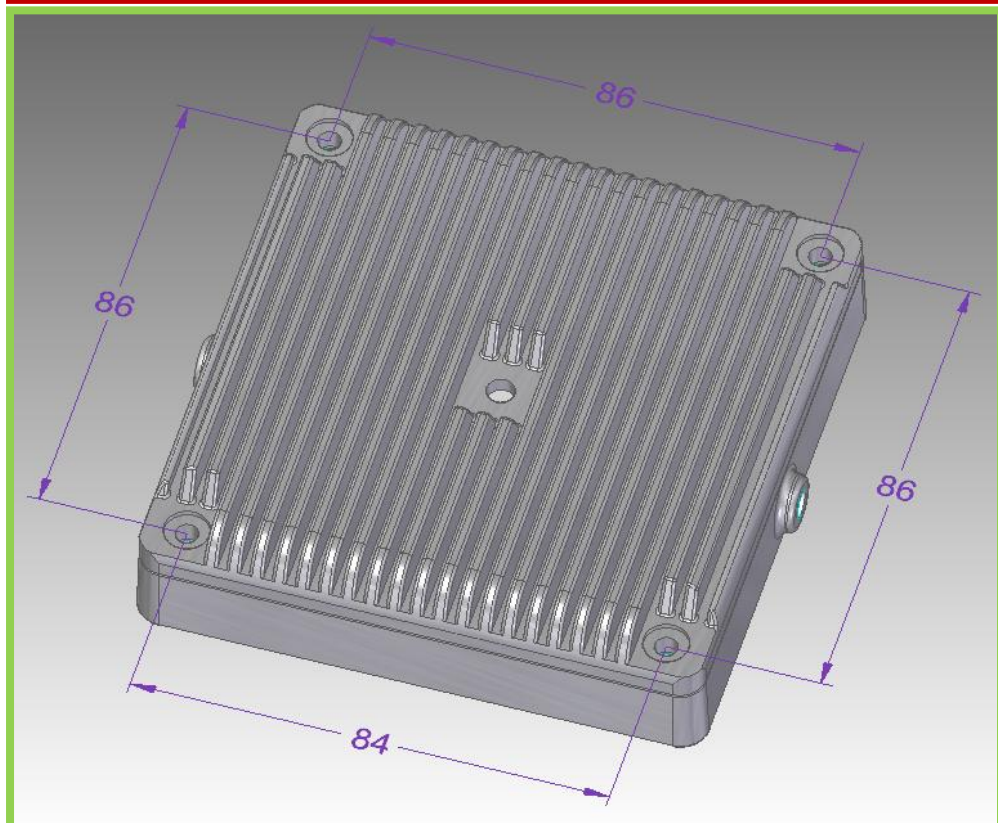
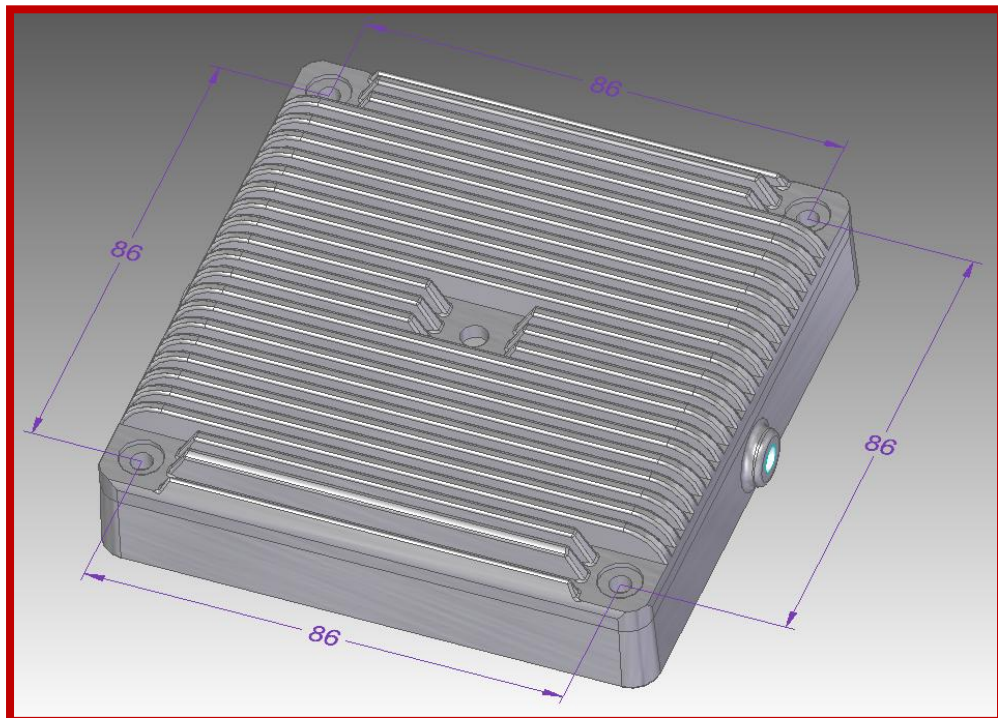
Výčet jednotlivých přístupů z metody DFX:

- Design for Manufacture (DFM) – konstruování se zaměřením na výrobu
- Design for Assembly (DFA) – konstruování se zaměřením na montáž
- Design for Disassembly (DFD) – konstruování se zaměřením na demontáž
- Design for Environment (DFE) – konstruování se zaměřením na životní prostředí
- Design for Maintainability (DFMT) – konstruování se zaměřením na údržbu
- Design for Packing (DFP) – konstruování se zaměřením na balení

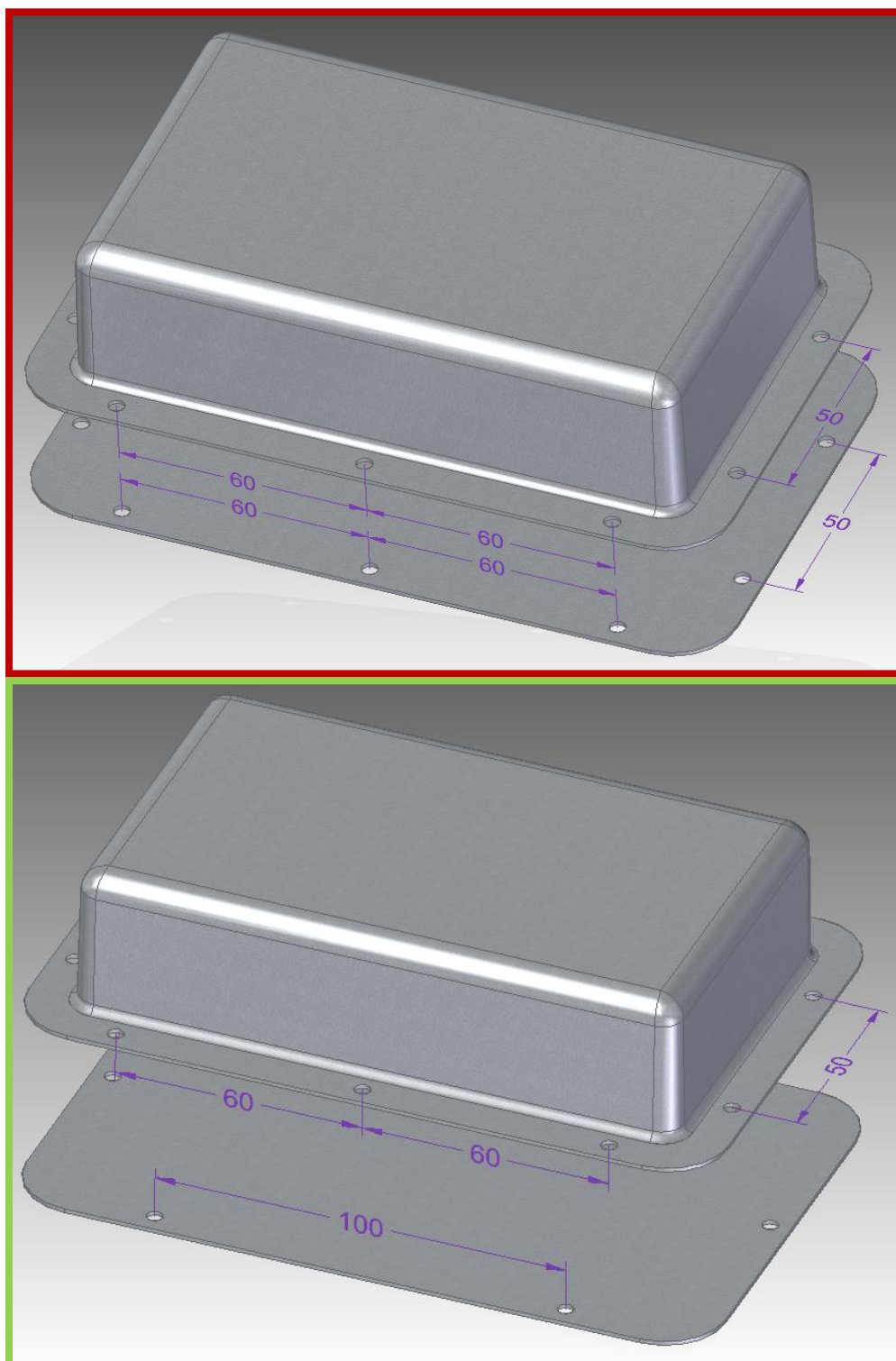
5.3.1 Design for Assembly

Konstrukční návrh je již od počátku řešen s ohledem na snadnou výrobu a montáž. Aplikace metody DFA na výrobek přispívá ke snížení nákladů na sestavení výrobku, technologické pracnosti, úspoře materiálů a předcházení chybovosti výroby.

Hlavní pozornost byla věnována snížení celkového počtu dílů celé sestavy. Základní částí je nosný rám, na který se montují zbylé prvky svítidla. Prvky jsou konstruovány, aby nebylo možné sestavit výrobek nesprávným způsobem (Obr. 5.3.1.2, Obr. 5.3.1.3), čímž se zabrání vícepracím, nebo nespokojenosti zákazníka.



Obr. 5.3.1.2: Spojení chladiče s rámem modulu



Obr. 5.3.1.3: Spojení vrchní a spodního kryt s rámem



5.3.2 Design for Disassembly

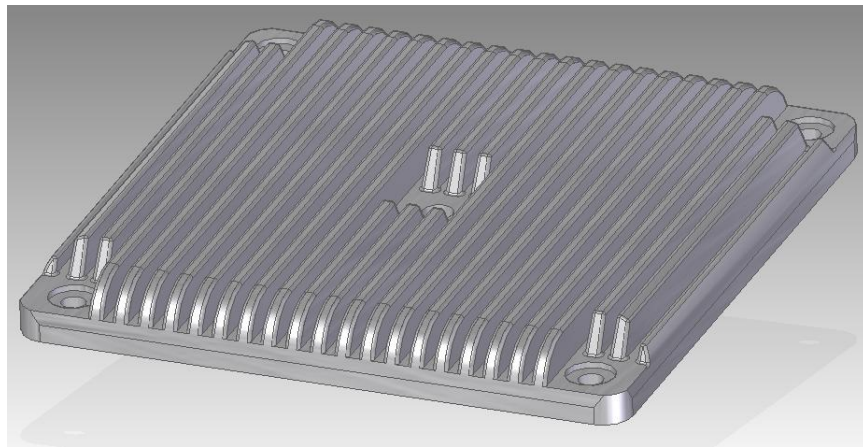
Metoda DFD (design for disassembly) znamená, že již ve fázi navrhování nového výrobku se musí plánovat s jeho snadnou demontovatelností na konci životního cyklu. Všechny prvky výrobku musejí být snadno oddělitelné a recyklovatelné. Dle následujících hledisek (Tab. 5.3.1) lze posoudit, zda výrobek splňuje parametry pro DFD.

Tab. 5.3.1: Hlediska pro DFD [16]

Hlediska DFD	Splňuje?	Poznámky
Použití rozebíratelných, oddělitelných, snadno repasovatelných nebo recyklovatelných materiálů	Ano	Kov, plast
Snadno oddělit díly bez jejich zničení, které lze repasovat opravit anebo dále použít	Ano	Odlitky z modulu lze repasovat
Konstruování s rozebíratelnými spoji	Ano	Šroubové spoje
Struktura výrobku koncipována se záměrem snadné demontovatelnosti, recyklovatelnosti	Ano	
Zavádění lomových bodů	Ne	
Použití surových přírodních materiálů	Ne	Povrchová úprava pro zvýšení odolnosti
Čisté technologie	Ano	Odlévání
Bezodpadová výroba	Ano	Odlévání
Nízká spotřeba energie	Ano	
Použití bezpečné a obnovitelné materiály	Ano	

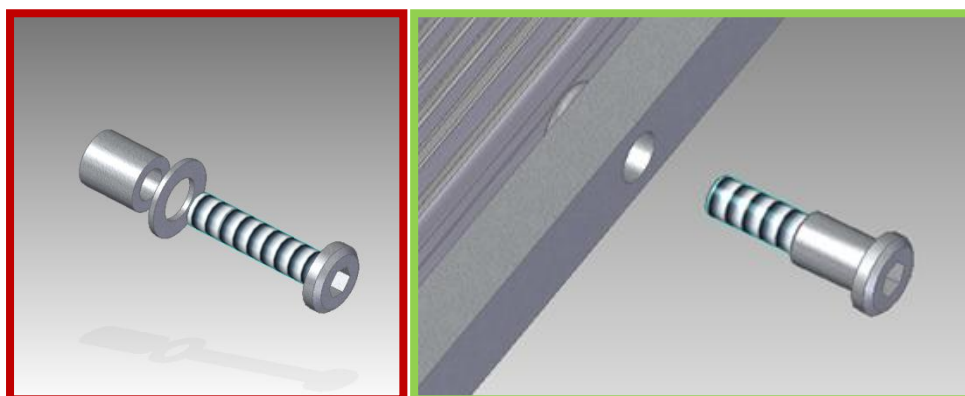
5.3.3 Design for Maintainability

Samotná LED technologie velmi mnoho zásahů údržby nevyžaduje. Světelný zdroj je navrhovaný s životností větší než 50.000 provozních hodin a 3DIMM driver větší než 70.000 provozních hodin. Z tohoto důvodu jsou navržena i žebra chladiče modulu tak, aby docházelo k co nejmenšímu zanášení nečistotami a svítidlo mělo tzv. samo-čisticí schopnost pomocí povětrnostních vlivů a odtékání nečistot pryč.



Obr. 5.3.3.1: Chladič

Pro zjednodušení výměny modulu po skončení životního cyklu, je s rámem spojen rozbitelným spojem se šroubem, vyrobeným pouze z jedné části s jisticím lepidlem proti povolení namísto sestavy šroub-distanční kroužek-podložka.



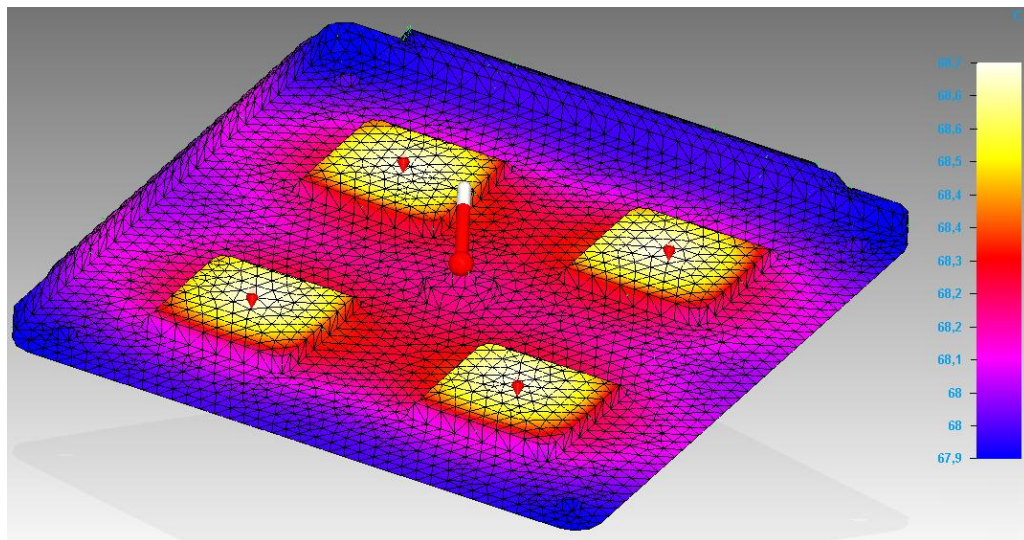
Obr. 5.3.3.2: Spojení modulu s rámem

6 VÝPOČTY

6.1 Simulace sáláním

Simulace je typ analýzy umožňující provést odhad vlastností výrobku. S výhodou se v současnosti provádí simulace jako tzv. virtuální experiment. V této práci je použita numerická simulace založená na metodě konečných prvků (MKP). Hlavní předností teplotní simulace je omezení nutnosti použití reálného fyzického modelu, pro ověření funkčnosti chladiče v praxi bez výroby prototypu. Tím se výrazně snižuje potřebná doba na vývoj nového typu svítidla a také náklady.

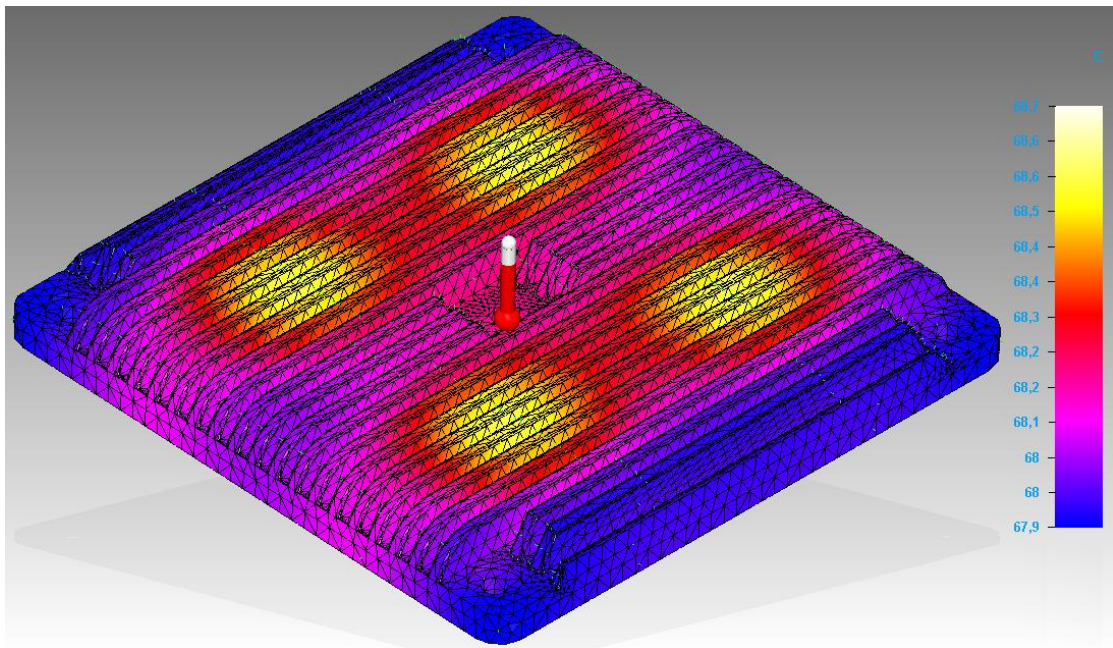
Simulace byla provedena v programu Solid Edge ST7, který zpracovává metodu konečných prvků na bázi NX Nastran.



Obr. 6.1.1: Teplotní simulace chladiče (pohled 1)

Vstupní data pro teplotní simulaci obsahovala typ odvodu tepla do prostoru, kde bylo zvoleno sálání s teplotou okolí 20°C. Následovalo určení ploch pro odvod vzniklého tepla. Zvoleny byly všechny plochy chladiče vystavené venkovnímu prostředí, mimo ploch, které jsou spojeny s jinými konstrukčními prvky modulu, nebo vyzařují teplo do uzavřeného prostoru modulu.

Odpadní teplo vyzařované jedním LED čipem je dle specifikací výrobce stanoveno na 0,2W z celkového příkonu 2W, a na chladiči jednoho modulu se celkem nachází 16 LED čipů. Účinnost LED čipu je tedy 90% a pouze 10% příkonu přechází do odpadního tepla.



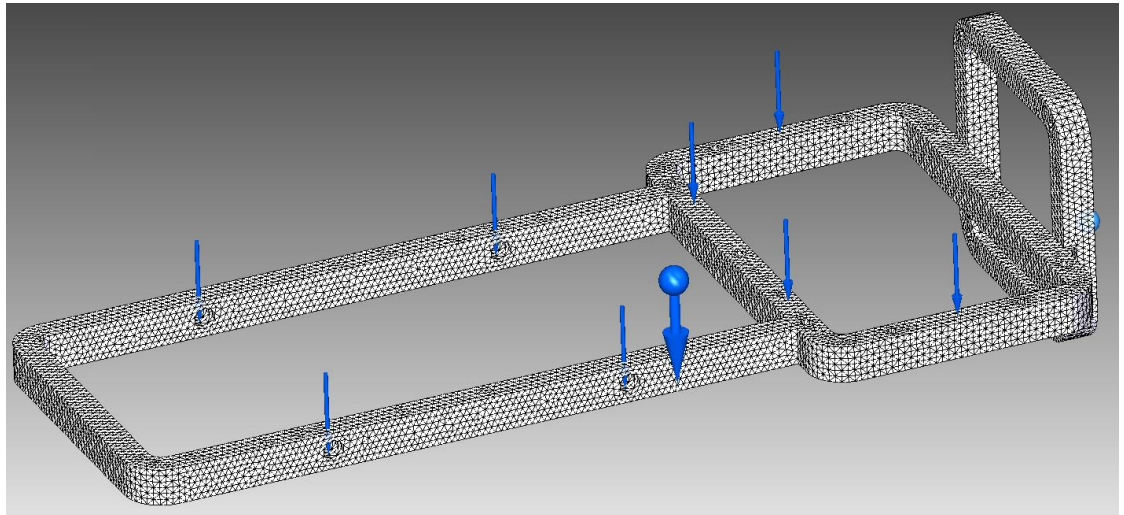
Obr. 6.1.2: Teplotní simulace chladiče (pohled 2)

Dle provedené teplotní simulace (Obr. 6.1.1, Obr. 6.1.2) vychází nejvyšší teplota chladiče v místech umístění LED čipů na 68,7°C. Standardní provozní teplota LED čipů dle specifikací výrobce se pohybuje mezi 60°C až 75°C a maximální operační teplota je stanovena do 85°C, kde při překročení nastává snižování životnosti LED čipů exponenciální řadou.

Z analýzy vyplývá, že konstrukce chladiče je dostatečná pro uchlazení vzniklého odpadního tepla LED čipy a nebude docházet k neplánovanému snižování životnosti svítidla. Díky nižší provozní teplotě se dá také předpokládat vyšší životnost než plánovaných 50.000 hodin.

6.2 Pevnostní kontrola

Simulace pro pevnostní kontrolu namáhaných součástí inovovaného svítidla, byla vytvořena pomocí zabudovaného modul v programu Solid Edge ST4.

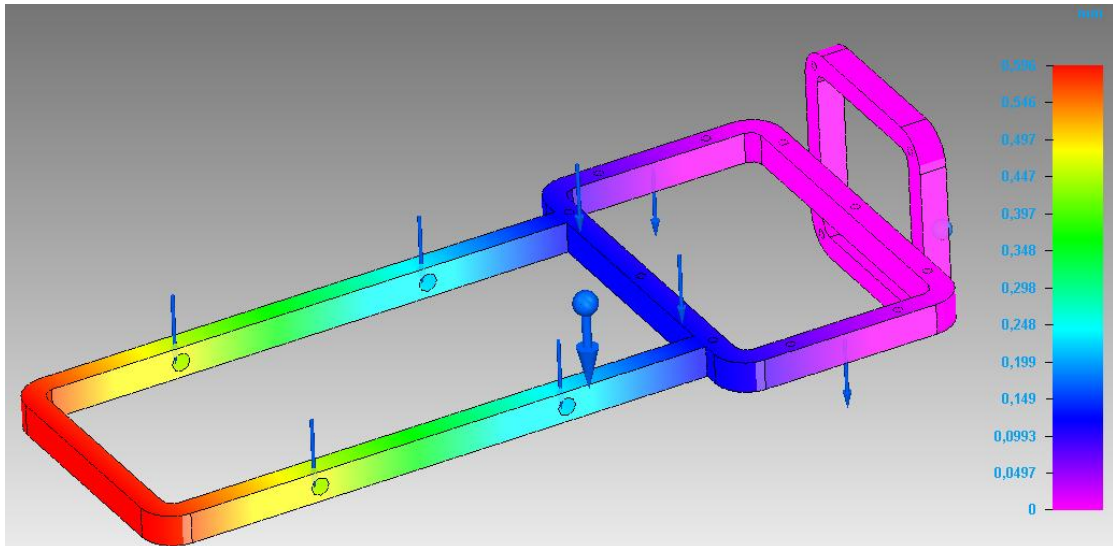


Obr. 6.2.1: Zasítovaná konstrukce svítidla se zatěžujícími silami

Na inovované svítidlo byly aplikovány dva druhy zatížení (Obr. 6.2.1). První byla zatěžující síla vlastní hmotnosti nosného rámu a ostatních komponent. Zde z důvodu velké složitosti celé sestavy inovovaného svítidla, a tím nemožnosti provedení analýzy, byla simulace provedena pouze na samotném rámu, a hmotnosti ostatních prvků byly zahrnuty čistě jako další zatěžující síly. Druhé bylo plošné zatížení svítidla silou $q = 100N \cdot m$, která zastupuje vrstvu sněhu či ledu, nečistoty apod.

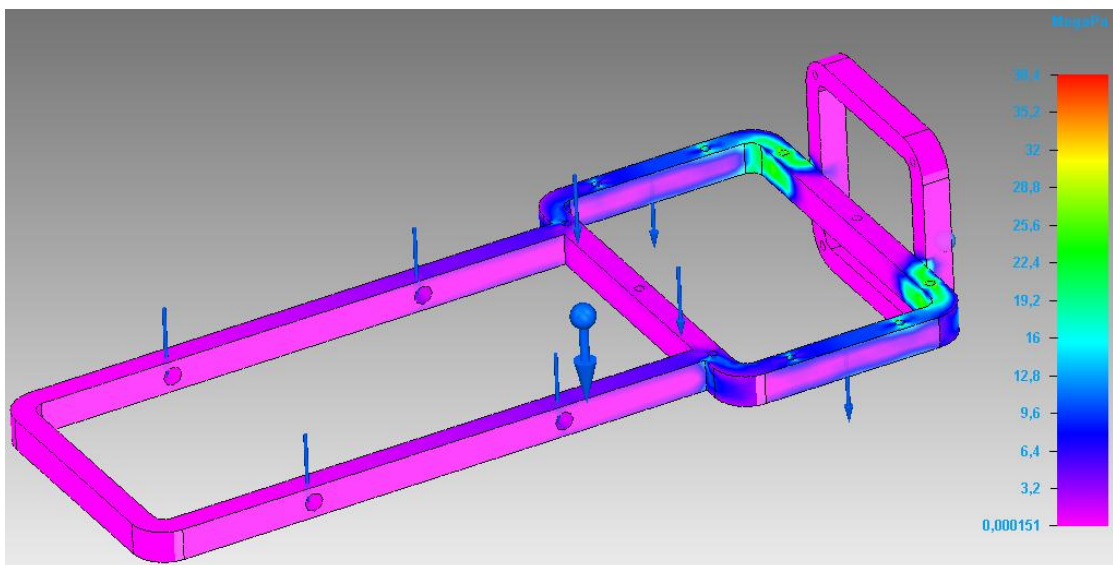
Velikost sítě byla nastavena na stupeň číslo 8, kde je velikost hrany čtyřstěnu 2,40 mm. Takto jemná síť zajišťuje dostatečnou přesnost výsledků, vzešlých ze simulace.

Výstupem simulací je mapa modelu se zobrazením průhybu svítidla a velikost napětí von Mises, ze které lze stanovit nejnamáhlejší místo konstrukce.



Obr. 6.2.2: Výsledky simulace zatížení – průhyb nosného rámu

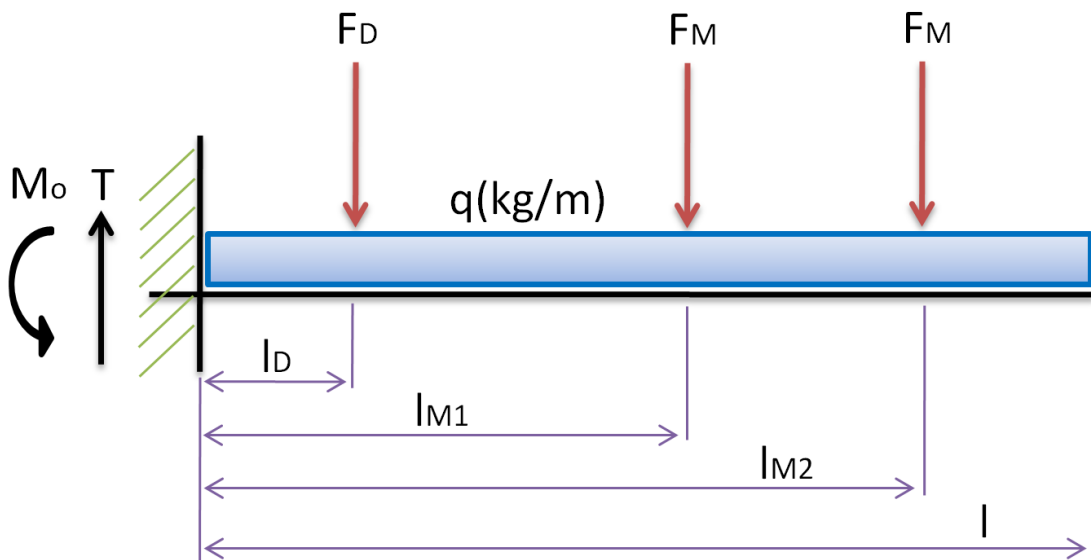
Maximální průhyb nosného rámu svítidla (Obr. 6.2.2) v provedené analýze vyšel $d = 0,596 \text{ mm}$.



Obr. 6.3.3: Výsledky simulace zatížení – napětí von Mises

Nejvyšší napětí von Mises $\sigma_{RED} = 38,4 \text{ MPa}$ při simulaci (Obr. 6.3.3) vyšlo v místě svařovaného spoje, mezi částí pro upevnění příruby a částí pro uložení 3DIMM driveru. Je proto nutné v tomto místě ověřit bezpečnost sváru, zda vyhovuje standardům pro použití ve veřejných prostorech. Požadovaná bezpečnost $k = 3$.

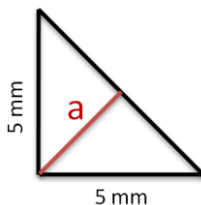
- **Schéma nosníku**



$$\begin{aligned} F_D &= 11 \text{ N} \\ F_M &= 3 \text{ N} \\ q &= 100 \text{ N/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_D &= 0,055 \text{ m} \\ l_{M1} &= 0,175 \text{ m} \\ l_{M2} &= 0,290 \text{ m} \\ l &= 0,365 \text{ m} \end{aligned}$$

- **Velikost koutového sváru**



$$a = 3,45 \text{ mm}$$

$$l = (l_{sv} - 2a) \cdot 4 = 27,68 \text{ mm}$$



- **Smykové napětí ve sváru**

Lze určit ze vztahu (2), kde T je zatěžující síla a S je velikost výpočtového průřezu sváru. Síla T je vypočítána ze vztahu (3).

$$\tau_{SII} = \frac{T}{S} = \frac{T}{2 \cdot a \cdot l} = 0,28 \text{ MPa} \quad (2)$$

$$T = F_D + F_M + F_M + q \cdot l = 53,50 \text{ N} \quad (3)$$

- **Ohybové napětí v koutovém sváru**

Lze určit ze vztahu (4), kde M_o je ohybový moment a W_o modul průřezu. Ohybový moment M_o je vypočítaný ze vztahu (5).

$$\tau_{O\perp} = \frac{M_o}{W_o} = \frac{3 \cdot M_o}{a \cdot l^2} = 9,83 \text{ MPa} \quad (4)$$

$$M_o = F_D \cdot l_D + F_M \cdot l_{M1} + F_M \cdot l_{M2} + q \cdot l \cdot \frac{l}{2} = 8,66 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1} \quad (5)$$

- **Srovnávací napětí**

Pokud v nosném průřezu působí více napětí, počítá se srovnávací napětí ze vzorce (6), kde $\alpha_{\tau\perp}$ a $\alpha_{\tau II}$ jsou převodní součinitele.

$$\sigma_s = \sqrt{\left(\frac{\tau_{\perp}}{\alpha_{\tau\perp}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{II}}{\alpha_{\tau II}}\right)^2} = 11,57 \text{ MPa} \quad (6)$$

$$\alpha_{\tau\perp} = 0,75 \div 1,0 \rightarrow 0,85$$

$$\alpha_{\tau II} = 0,65 \div 0,9 \rightarrow 0,75$$



- **Pevnostní podmínka**

Pevnostní podmínka pro koutový svár je počítána ze vzorce (7), je součinitel velikosti koutového sváru vypočtený z vzorce (8), mez pevnosti zvoleného materiálu a požadovaný koeficient bezpečnosti.

$$\sigma_S \leq \beta \cdot \frac{R_e}{k_p} \quad (7)$$

$$\beta = 1,3 - 0,045 \cdot a = 1,1407 \quad (8)$$

$$R_e = 186 \text{ MPa}$$

$$\mathbf{11,57 \text{ MPa} \leq 70,72 \text{ MPa}}$$

Navržené provedení koutového sváru vyhovuje pevnostní podmínce pro požadovaný koeficient bezpečnosti $k = 3$.



7 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Při konstruování inovovaného výrobku, je nutno brát ohled na výslednou cenu svítidla. Konkurence schopnost a prodejnost je podmínka pro úspěch.

Tab. 7.1: Cena materiálu

Součást	Typ	Cena / ks
Nosný rám	Nakupovaný	823,5 Kč
Vrchní kryt Driveru	Nakupovaný	228,3 Kč
Spodní kryt Driveru	Výroba	129,0 Kč
Chladič	Nakupovaný	331,5 Kč
Rám modulu	Nakupovaný	225,5 Kč
Elektronika	Nakupovaný/Výroba	2254 Kč
Těsnění	Nakupovaný	286,0 Kč
SOUČET		4277,8 Kč

Většina dílů inovovaného svítidla bude nakupovaných od externích dodavatelů (Tab. 7.1). Vlastní výroba bude u spodního krytu driveru za použití vysekávacího lisu a při osazování LED čipů na DPS. K další nákladům při výrobě je potřeba také započítat režijní náklady na energie, balení a montáž (Tab. 7.2).

Tab. 7.2: Cena služeb

Služba	Cena / rok (3000 ks/rok)
Práce (2x operátor)	660.000 Kč
Energie	450.000 Kč
Balení	420.000 Kč
SOUČET	1.530.000 Kč

Tato suma za materiál a režijní náklady představuje cca. 60% ceny inovovaného výrobku. Další 30% je potřeba přičíst za náklady spojené s administrativou, vývojem, provozem budov, reklamou. Zbývajících 10% z ceny výrobku je počítáno jako čistý zisk z prodeje pro výrobce. Při této kalkulaci vychází finální cena inovovaného svítidla na 6.703,- Kč bez DPH, při předpokladu výroby 3.000 ks ročně.



8 ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývá návrhem moderního konceptu svítidla pro veřejné osvětlení pro společnost MODUS. Společnost MODUS je v současné době jedním z největších producentů vnitřních i venkovních svítidel v České republice. Strategií této společnosti je výroba moderních LED osvětlení v takové škále, aby byla schopna konkurovat na trhu a byl zajištěn kontinuální růst.

V teoretické části byl definován pojem veřejné osvětlení a jeho dělení na jednotlivé druhy. Současné svítidlo LV LED3000s bylo analyzováno popisem jednotlivých částí a identifikací pozitivních a negativních vlastností, které byly objeveny v průběhu provozu. Tím vznikl i seznam námětů pro konstrukci inovovaného typu svítidla. Následovalo seznámení se s technologiemi LED, technologií povrchové montáže a teorií chlazení svítidel. Tyto poznatky byly aplikovány v praktické části. Dále byl proveden průzkum konkurenčních řešení pomocí patentové rešerše. Současná konkurenční řešení napověděla směr vývoje LED svítidel a zároveň potvrdila, že zamýšlená inovace není v současné době dostupná na trhu.

V kapitole generování konceptů bylo navrženo pět řešení inovovaného svítidla. Jednotlivé návrhy byly vymodelovány v prostředí softwaru Solid Edge ST7, popsány jejich konstrukční prvky a byly určeny jejich fyzikální vlastnosti. Zhodnocení vygenerovaných návrhů bylo provedeno pomocí hodnotících kritérií, kterým byla párovým hodnocením určena procentuální váha. Výběr byl proveden dle rozhodovací matice a intuitivního výběru. Pro rozpracování byl vybrán koncept č. 5 – JACK-EL.

Vybrané svítidlo podává světelný tok o hodnotě 6400 lm při příkonu 64 W, z čeho vychází světelný výkon 100 lm/W. Celková hmotnost včetně elektroniky je 3,3 kg a plánovaná životnost vyšší než 50.000 provozních hodin. Koncept tedy všemi parametry předčí současné svítidlo LV LED3000, které světelným výkonem dosahuje



pouze 81 lm/W s hmotností 5,2 kg. Inovované svítidlo také splňuje požadavky na levný provoz a modulární konstrukci určené z průzkumu zákaznických potřeb.

Pro ověření funkce chlazení a odvodu vzniklého tepla z LED čipů, a tím zaručení životnosti svítidla, byla provedena teplotní simulace v softwaru Solid Edge ST7. Při teplotě okolního prostředí 20°C dosahuje nejvyšší teplota chladiče hodnoty 68,7°C, což je v rámci povolených provozních teplot a pod maximální teplotou provozu 85°C stanovenou výrobcem. Při kontrole namáhání nosného rámu svítidla, rovněž pomocí softwaru Solid Edge S7, bylo zjištěno největší napětí v místě sváru, mezi částí pro upevnění příruby a zbytkem rámu, o hodnotě $\sigma_{RED} = 38,4 \text{ MPa}$. Při výpočtu namáhání v místě koutového sváru, bylo zjištěno srovnávací napětí $\sigma_S = 38,4 \text{ MPa}$, které je menší než dovolené napětí materiálu $\sigma_{DOV} = 70,7 \text{ MPa}$. Je tak splněna pevnostní podmínka s koeficientem bezpečnosti $k = 3$.

Na závěr bylo provedeno ekonomické zhodnocení celého projektu, kde byla stanovena cena inovovaného svítidla MODULED na 6.703,- Kč bez DPH. Při porovnání s cenou současného svítidla LV LED3000, která je 4.165,- Kč bez DPH, vyšla cena inovovaného svítidla vyšší. Nicméně v porovnání s cenami konkurenčních svítidel, které se pohybují v rozmezí od 5.000 do 20.000,- Kč bez DPH, se cena inovovaného svítidla pohybuje u dolní cenové hranice a je tak konkurenceschopná.

Přínosem diplomové práce pro společnost MODUS je jiný odlišný náhled na konstrukci svítidel pro veřejné osvětlení, než nabízí většina ostatních producentů, a návrh inovovaného svítidla. V tomto ohledu bylo vytyčených cílů dosaženo. Inovativní směry vývoje nových moderních svítidel s LED zdroji, jako například variabilní sestavení svítidla, zvyšují konkurenceschopnost a dávají zákazníkovi širší výběr v běžném sortimentu svítidel.



POUŽITÉ ZDROJE

- [1] MODUS spol. s.r.o. [online]. 2001 [cit. 2015-06-15]. Dostupné z WWW: <<http://www.modus.cz/>>.
- [2] SRVO. *Doporučené standardy pro zařízení veřejného osvětlení* [online]. 1. 2009 [cit. 2015-09-19]. Dostupné z: <http://www.srvo.cz/info-databaze/>
- [3] *Led diody* [online]. 2008 [cit. 2011-11-02]. Co jsou LED diody?. Dostupné z WWW: <<http://www.zazraky.cz/led-diody/co-jsou-led-diody.html>>.
- [4] SZENDIUCH, Ivan. *Povrchová montáž: Surface Mount Technology* [online]. Brno: VUT, 2009 [cit. 2015-03-14]. Dostupné z WWW: <<http://www.umel.feec.vutbr.cz/~szend/vyuka/bmts/2009-BMTS-7-8-smt.pdf>>.
- [5] DOLEČEK, Ing. Jaroslav. *Technologie - plošné spoje* [online]. 2006 [cit. 201-103-15]. Dostupné z WWW: <http://epso.wz.cz/stahovani/sps/Technol_III-1DPS_SMT.pdf>.
- [6] KONEČNÝ, Gustav. *Sítotisk při výrobě desek plošných spojů. Svět tisku* [online]. 2006, [cit. 2015-04-14]. Dostupný z WWW: <http://www.svettisku.cz/buxus/generate_page.php?page_id=3806>.
- [7] ŠANDERA, Josef. *Návrh plošných spojů pro povrchovou montáž*. Praha: BEN Technická literatura, 2006. *Technologie pájení přetavením*, s. 24. ISBN 80-7300-181-0.
- [8] SHEN, Jinxiang. SENGLED OPTOELECTRONICS CO., LTD. *LED Street Lamp Base*. USA. US20130148340 A1 LED Street Lamp Base. Uděleno 19.9.2010. Dostupné také z: <https://www.google.com/patents/US20130148340>
- [9] CHUN-HUNG, Lu a Chen CHIH-HSIN. HERGY LIGHTING TECHNOLOGY CORP. *LED Street Lamp*. USA. US20140240983 A1 LED Street Lamp. Uděleno 26.2.2013. Dostupné také z:



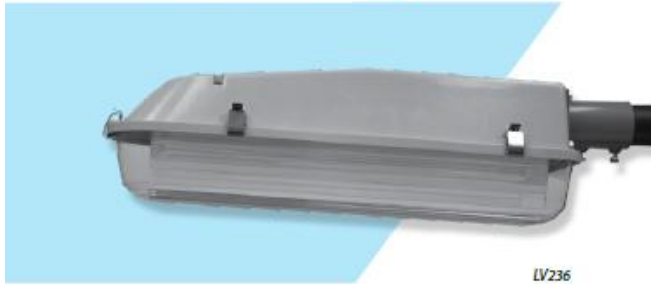
- <https://www.google.com/patents/US20140240983?dq=US2014/0240983+A1>
- [10] LEPIL, Oldřich, Milan BEDNAŘÍK a Radmila HÝBLOVÁ. *Fyzika pro střední školy II.* 4., přeprac. vyd. Praha: Prometheus, 2012, 233 s. Učebnice pro střední školy (Prometheus). ISBN 978-80-7196-429-2.
- [11] SOKANSKÝ, Karel. TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA. *Základy základů světelné techniky.* 1. Strava, 2007. Dostupné také z:
http://fei1.vsb.cz/kat410/studium/studijni_materialy/vuee/VUEE_Zaklady_svetelne_techiky.pdf
- [12] HÖCHSMANM, Petr. Světlo: časopis pro světelnou techniku a osvětlování. *Optimalizace mřížky svítidla.* 1. 2008, **06**: 47-48.
- [13] OSRAM. *OSLON Square: Datasheet* [online]. 1. China, 2013, 15.6.2013, 28 s. [cit. 2015-05-18].
- [14] OSRAM. *OT 90/220: Datasheet* [online]. 1. ČR, 2015, 11.3.2015, 6 s. [cit. 2015-05-18].
- [15] MAŠÍN, Ivan. *Inovační inženýrství: plánování a návrh inovovaného výrobku.* Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2012, 178 s. ISBN 978-80-7372-852-6.
- [16] ŠEVČÍK, Ladislav. *PLM systém a principy návrhu výrobků: učební texty pro studenty FS, FM ..* 1. vyd. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2010, 134 s. ISBN 978-80-7372-641-6.



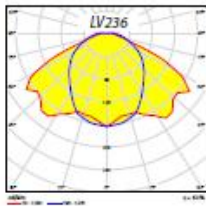
Příloha č. 1



LV



LV236



Svítidla pro veřejné osvětlení

Těleso:

- korpus svítidla je vyroben z polyesteru plněného skelnými vlákny
- nerezové spony

Optický systém:

- bíle lakovaný ocelový reflektor ve svítidle, polykarbonátový čirý difuzor – Fresnelova čočka

El. výstroj (#):

- kompenzované, s tlumivkou EEI = B (standardní provedení)
- EP - elektronický předřadník

Světelný zdroj:

- TC-L - kompaktní zářivka
- S - vysokotlaká sodíková výbojka (HPS)
- M - vysokotlaká rtuťová výbojka (MBF)
- SOX - nízkotlaká sodíková výbojka (SOX)

Aplikace:

Univerzální svítidlo pro osvětlení komunikací, pěších zón, parků, výrobních a skladových areálů.

Optimální výška umístění svítidel je 3-8 m.

Varianty (@):

- POJ - svítidlo osazeno pojistkou
- OK - dvouokružové zapojení (EP2 v případě svítidel s el. předřadníky)
- V60 - příruba výložník prům. 60 1000004902
- S60 - příruba sadová prům. 60 1000004904
- V76 - příruba výložník prům. 76 1000004906
- S76 - příruba sadová prům. 76 1000004908
- V42 - příruba výložník prům. 42 1000004910

Příslušenství:

DVO - držák svítidla na stěnu 245039902

Další informace:

Příruba je součástí svítidla, na objednávce je však třeba upřesnit, jaký typ je požadován.



V42 - 1000004910



V60 - 1000004902



V76 - 1000004906



S60 - 1000004904

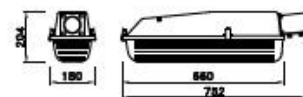


S76 - 1000004908

	W		Ø	kg
LV118 #@	1x18	2G11	TC-L	3,9
LV218 #@	2x18	2G11	TC-L	4,4
LV136 #@	1x36	2G11	TC-L	3,9
LV236 #@	2x36	2G11	TC-L	4,4
LV336 #@	3x36	2G11	TC-L	4,9
LV155#@	1x55	2G11	TC-L	3,7
LV255 #@	2x55	2G11	TC-L	3,7
LV280 #@	2x80	2G11	TC-L	3,9
LV70S #@	1x70	E27	HPS	5,2
LV80M #@	1x80	E27	MBF	4,9
LVSOX35 #@	1x35	B22d	SOX	5,5
LVSOX55 #@	1x55	B22d	SOX	5,7
LVE27	Max 1x100	E27	-	3,4



DVO - 245039902





Příloha č. 2

OSLON Square® Datasheet Version 1.5



LCW CQAR.EC



This most compact high-power LED (2 W class) allows dense clustering and simple circuit designs. Its extremely low thermal resistance helps to keep the efficiency remarkably high even when driven at high currents. High reliability. Long lifetime.

Diese außerordentlich kompakte Hochleistungs-LED (2-W-Klasse) erlaubt eine dichte Anordnung und einfache Schaltungsentwürfe. Der äußerst niedrige Wärmewiderstand sorgt für einen hohen Wirkungsgrad auch bei hohen Strömen. Hohe Zuverlässigkeit. Lange Lebensdauer.

Features:

- **Package:** SMT ceramic package with silicone resin and silicone lens.
- **Viewing angle at 50 % I_V:** 120°
- **Color:** 2400 K - 5000 K (warm and neutral white)
- **CRI:** min. 80 (typ. 83)
- **Luminous Flux:** typ. 213 lm @ 3000 K
- **Luminous efficacy:** typ. 100 lm/W @ 3000 K
- **Corrosion Robustness:** Superior Corrosion Robustness
- **Lumen Maintenance:** Test results according to IESNA LM-80 available

Besondere Merkmale:

- **Gehäusotyp:** SMT-Keramikgehäuse mit Silikonverguss und -linse
- **Abstrahlwinkel bei 50 % I_V:** 120°
- **Farbe:** 2400 K - 5000 K (warm- und neutralweiß)
- **CRI:** min. 80 (typ. 83)
- **Lichtstrom:** typ. 213 lm @ 3000 K
- **Lichtausbeute:** typ. 100 lm/W @ 3000 K
- **Korrosionsstabilität:** Höchste Korrosionsbeständigkeit
- **Lichtstromerhaltung:** Testergebnisse nach IESNA LM-80 verfügbar

Applications

- Accent and effect lighting
- Museum lighting
- Shop lighting
- Spot lights
- Stage lighting
- Retrofits and fixtures

Anwendungen

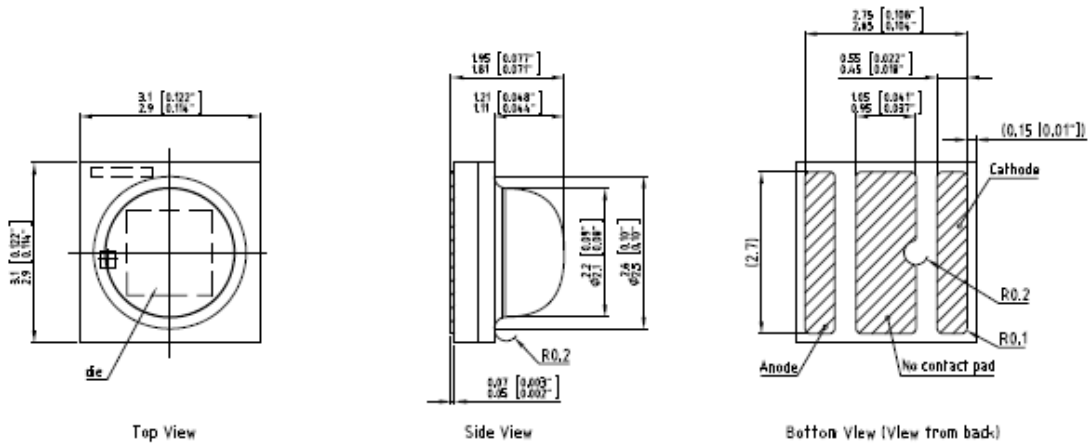
- Akzent- und Effektbeleuchtung
- Museumsbeleuchtung
- Ladenbeleuchtung
- Spot-Leuchten
- Bühnenbeleuchtung
- Retrofits



Version 1.5

LCW CQAR.EC

Package Outline ⁹⁾ page 27
Maßzeichnung ⁹⁾ Seite 27



C67062-A0017-A1-06

Approximate Weight:	29 mg
Gewicht:	29 mg
Mark:	Cathode
Markierung:	Kathode
ESD information:	LED is protected by ESD device which is connected in parallel to LED-Chip.
ESD Information:	Die LED enthält ein ESD-Bauteil, das parallel zum Chip geschaltet ist.
Corrosion robustness:	Test conditions: 40 °C / 90 % rh / 15 ppm H ₂ S / 336 h = Stricter than IEC 60068-2-43 (H ₂ S) [25°C / 75 % rh / 10 ppm H ₂ S / 21 days] = Regarding relevant gas (H ₂ S) stricter than EN 60068-2-60 (method 4) [25 °C / 75 % rh / 200 ppb SO ₂ , 200 ppb NO ₂ , 10 ppb Cl ₂ / 21 days]



Příloha č. 3

Technický list výrobku



OT 90/220...240/700 3DIMLT+ E

OPTOTRONIC | EP s konstantním proudem pro LED moduly s 3DIM/DALI



Druh použití

- Vhodné pro svítidla třídy ochrany I a II
- Vhodné pro venkovní použití ve svítidlech s IP > 54

Výhody produktu

- Velký rozsah výstupního výkonu: až 150 W
- Vysoká úroveň přepětové ochrany: až 4/6 kV (L-N), 4/6 kV (L/N-PE)
- Různé nastavitelné režimy a úrovně stmívání
- Samostatná funkce stmívání umožňuje provoz v rámci stávajících instalací

Vlastnosti produktu

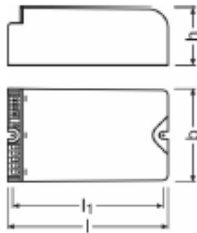
- Funkcionalita 3DIM (StepDIM/AstroDIM/DALI)
- Rozsah výstupního proudu: 75...700 mA
- Flexibilní hodnota proudu
- Funkce konstantního světelného výkonu
- Ochrana proti přehřátí prostřednictvím externí NTC sondy (pouze verze 3DIMLT+)





Technický list výrobku

Rozměry & váha



Rozteč montážních otvorů po délce	122.5 mm
Rozteč montážních otvorů na šířku	-
Délka	133.0 mm
Šířka	77.0 mm
Výška	48.0 mm
Váha výrobku	725.00 g
Průřez kabelu, vstupní strana	0.25...2.5 mm ² ¹⁾
Průřez kabelu, výstupní strana	0.25...1.5 mm ² ²⁾
Délka odizolovaných vodičů, vstupní str.	10...11 mm ³⁾

¹⁾ Flexibilní / Masivní vodiče / Equipotential pole only 0.25...1.5 mm²

²⁾ Pouze LEDset 0,2...0,5 mm² / Masivní vodiče / Flexibilní

³⁾ Equipotential pole 8.5...9.5

Teploty

Rozsah okolní teploty	-30...+55 °C
Skládajte při teplotách od... do	-25...80 °C
Maximální teplota ve zkušebním bodě tc	90 °C ¹⁾
Maximální teplota krytu při poruše	110 °C

¹⁾ Maximum při Tc

Životnost

Střední doba života předřadníku	85000 h ¹⁾
---------------------------------	-----------------------

¹⁾ Při tcase = 80°C v bodu tc / 10 % podíl výpadků



Příloha č. 4

FMEA-K	1. Typ Svítidlo pro veřejné prostory		4. Číslo form. 001		3. List 1		4. Navazuje Ne		7. Datum zahájení výroby																						
	5. Výrobek MODULED		6. Konstruktér M. Václava		10. Díl Celý výrobek		11. Funkce Veřejné osvětlení		27																						
8. Datum rozboru FMEA-K 2.9.2015		9. Dodavatelé		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25		26		27					
12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25		26		27	
Místo poruchy		Druh poruchy		Možný důsledek poruchy		Možné příčiny		Běžné kontroly		Výskyt V		Závaž. Z		Detekce D		Rizik. R		Doporuč. opatření		Přijatá opatření		Výskyt V		Závaž. Z		Detekce D		Výsled. RČ			
Nosný rám		Koroze		Snížení odolnosti		Povětrnostní vlivy				8		9		8		576		Povrchová úprava													
		Zanášení		Nevzhlednost		Konstrukce				3		1		1		3															
		Mech. Poškození		Nemožná montáž		Nevhodná přeprava		Vizuální kontrola		1		3		2		6															
						Nevhodná manipulace		Vizuální kontrola		2		3		2		12															
		Poškrábání		Nespokojený zákazník		Neopatrná manipulace		Vizuální kontrola		7		2		4		56															
Krycí sklo		Prasklé		Netěsnost modulu		Nehodná manipulace		Vizuální kontrola		2		8		1		16															
				Konstrukce skla		Materiál skla				1		8		1		8															
		Znečištěné		Snížená svítivost		Nevhodná manipulace		Vizuální kontrola		9		7		3		189		Práce v rukavicích													
		Zkroucené		Snížená svítivost		Konstrukce skla				1		7		4		28															
				Materiál skla		Materiál skla				1		7		1		7															



12	13	14	15	16				17				18				19	20	21	22	23			24	25	26	27	
				Místo poruchy	Druh poruchy	Možný důsledek poruchy	Možné příčiny	Běžné kontroly	Výskyt V	Závaž. Z	Detekce D	Rizik. R	Doporuč. opatření	Přijatá opatření	Výskyt V					Závaž. Z	Detekce D	Výsled. RČ					Odpověď
	Poškrábané	Nevzhledné	Nehodná manipulace													Vizuální kontrola	5	7	4				140	Práce v rukavících			
	Nepřílepené	Netěsnost modulu	Nedodržení prac. postupu	Výstupní kontrola	3	10	5	150	Automat. Nanašení lepidla																		
	Zanášení	Přehřívání LED čipů	Nevodná konstrukce	Nevodná konstrukce		8	9	2	144	Konstrukce chlad. žeber																	
LED DPS	Netěsnost	Netěsnost modulu	Neododržení prac. postupu		3	10	5	150	Proškolení operátora																		
	Nedrží	Netěsnost modulu	Nevhodný spoj		4	10	2	80	Změna izolace																		
	Nesvítil LED	Nefunkční výrobek	Špatné zapojení elektroinstalace	Výstupní kontrola	2	9	1	18																			
Modul	Nedží	Nefunkční výrobek	Nedodržení prac. postup	NOK díl z předchozí výroby	1	9	1	9	Proškolení operátora																		
	Nedží	Nefunkční výrobek	Nevhodné spojení s rámem		3	8	6	144																			
	Otáčí se	Nespokojený zákazník	Konstrukce		1	8	1	8																			
Rám modulu	Zatékání	Netěsnost modulu	Nedodržení prac. postup		6	5	3	90	Proškolení operátora																		



12	13	14	15	16				17				18				19	20	21	22				26	27
				Současný stav				Výsledný stav				Přijatá opatření	Výskyt V	Závaž. Z	Detekce D				Rizik. R	Výskyt V	Závaž. Z	Detekce D		
Místo poruchy	Druh poruchy	Možný důsledek poruchy	Možné příčiny	Běžné kontroly	Výskyt V	Závaž. Z	Detekce D	Rizik. R	Doporuč. opatření	Výskyt V	Závaž. Z					Detekce D	Výsled. RČ	Odpovídi:						
Vrchní kryt driveru	Koroze	Snížení odolnosti	Povětrnostní vlivy	Běžná údržba	8	9	8	576	Povrchová úprava															
	Mech. Poškození	Nevzhlednost	Nevhodná manipulace	Vizuální kontrola	2	3	2	12																
	Zatékání	Netěsnost	Nedodržení prac. postup		3	10	5	150	Proškolení operátora															
Spodní kryt driveru	koroze	Snížení odolnosti	Povětrnostní vlivy	Běžná údržba	8	9	8	576	Povrchová úprava															
	Mech. Poškození	Nevzhlednost	Nevhodná výroba		2	3	2	12																
	Zatékání	Netěsnost	Nedodržení prac. postup		3	10	5	150	Proškolení operátora															
Driver	Nedřž	Odpojení elektroinstalace	Nedodržení prac. postup	Výstupní kontrola	2	2	3	12																