

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Návrh regulovatelné osvětlovací soustavy
Project of dimmable lighting system

2017

Bc. Lukáš Sikora

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Lukáš Sikora**
Studijní program: N2649 Elektrotechnika
Studijní obor: 3907T001 Elektroenergetika
Téma: **Návrh regulovatelné osvětlovací soustavy**
Project of dimmable lighting system
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

- o Technické možnosti ve vnitřním osvětlení
- o Normativní požadavky na vnitřní osvětlení
- o Vývoj svítidla pro osvětlení auly
- o Světelně technický návrh auly
- o Výhody nové osvětlovací soustavy v aule z pohledu provozovatele

Seznam doporučené odborné literatury:


- [1] Sokanský, K.: Světelná technika. ČVUT, Praha 2011
- [2] Habel, J.: Světlo a osvětlování. FCC Public, Praha 2013
- [3] Sborníky z Kurzů osvětlovací techniky, Sborníky VŠB-TU
- [4] Manuály k výpočetním programům (Relux, Dialux, WILS)

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


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

Datum zadání: 01.09.2016

Datum odevzdání: 28.04.2017

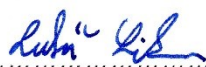

prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.
vedoucí katedry




prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

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

V Ostravě 20.dubna 2017


.....

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu své diplomové práce panu Ing. Tomáši Novákovi, Ph.D. za jeho odborné rady, ochotu a čas, který věnoval této diplomové práci.

Dále bych rád poděkoval firmě INGE Opava spol. s.r.o., která mi poskytla své vybavení a své „know how“, jež pomohlo zrealizovat tento projekt a bylo předlohou pro tuto diplomovou práci.

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá teorií a návrhem umělého osvětlení, nouzového osvětlení a způsobu řízení osvětlení v aule Slezské univerzity v Karviné. Součástí práce je také měření současného stavu osvětlovací soustavy s následným energetickým vyhodnocením a výpočtem úspor elektrické energie. V rámci práce je také zpracován návrh nového svítidla.

Cílem diplomové práce je navrhnout osvětlovací soustavu s ohledem na osvětlovací normy a snížit energetickou náročnost nového osvětlení.

Klíčová slova

Umělé osvětlení, nouzové osvětlení, energetické vyhodnocení, úspory elektrické energie, DALI, návrh svítidla.

Abstract

This thesis focuses on theory and design of artificial lighting, emergency lighting and lighting control method in the Auditorium of the Silesian University in Karvina. The thesis also includes measuring the current state of the lighting system with consequent energy evaluation and calculation of energy savings. As part of the work is also a proposal of new lamps

The thesis aims to design a lighting system with regard to the lighting standards to reduce energy demands of the new lighting.

Keywords

Artificial lighting, emergency lighting, energy evaluations, energy savings, DALI, design lamps.

Seznam použitých symbolů a zkratek

Veličina nebo zkratka	Úplný název zkratky
E_m	Udržovaná osvětlenost
UGR	Index oslnění
η_{sv}	Účinnost svítidla
η	Měrný výkon
R_a/CRI	Index podání barev
T_c/CCT	Teplota chromatičnosti
Φ	Světelný tok
Φ_{sv}	Světelný tok svítidla
δ	Úhel clonění
cd	Jednotka svítivosti - kandela
Ω	Prostorový úhel
sr	Jednotka prostorového úhlu – steradián
I	Svítivost
L	Jas
ČSN	Česká státní norma
K	Jednotka teploty chromatičnosti – kelvin
lx	Jednotka intenzity osvětlení – lux
lm	Jednotka světelného toku - lumen
Tc bod	Teplotní kontrolní bod
SELV	"Separated Extra Low Voltage" - oddělené malé napětí
PELV	"Protected Extra Low Voltage" - chráněné malé napětí
IP	Stupeň krytí, ochrana před vnikem cizích těles, prachu a vlhkosti
IK	Ochrana proti mechanickému poškození
LED	Light-Emitting Diode – dioda emitující světlo
COB	Chip on Board
DALI	Digitálně adresovatelné osvětlení
DSI	Digitální sériové rozhraní
ENEC	Značka označující shodu výrobku s evropskými normami EN pro elektrickou bezpečnost výrobků
PC	Počítač
SLU	Slezská univerzita v Opavě
MF	Maintenance factor – činitel údržby
LLMF	Lamp Luminous Flux Maintenance Factor – činitel poklesu světelného toku zdrojů
LSF	Lamp Survival Factor – činitel funkční spolehlivosti světelných zdrojů
LMF	Luminaire Maintenance Factor – činitel znečištění svítidel
RSMF	Room Surface Maintenance Factor – činitel znečištění povrchů místnosti
PMMA	Polymetalakrylát

Obsah

Úvod.....	3
1. Technické možnosti ve vnitřním osvětlení	4
1.1 Svítidla	4
1.1.1 Dělení svítidel.....	4
1.1.2 Základní vlastnosti svítidel	6
1.1.3 Složení svítidel	8
1.2 Světelné zdroje	10
1.2.1 Základní parametry světelných zdrojů	10
1.2.2 Dělení světelných zdrojů	12
1.3 Řídicí systémy osvětlení	18
1.3.1 Analogové řízení.....	18
1.3.2 Digitální řízení	19
1.3.3 Prvky systému řízení.....	21
2. Normativní požadavky na vnitřní osvětlení	23
2.1 Základní požadavky na umělé osvětlení	23
2.1.1 Osvětlenost	23
2.1.2 Rozložení jasů.....	23
2.1.3 Rovnoměrnost.....	24
2.1.4 Oslnění.....	24
2.1.5 Směrnost osvětlení.....	25
2.1.6 Míhání a stroboskopický jev	25
2.1.7 Hledisko barev	26
2.1.8 Energetické hledisko.....	26
2.2 Nouzové osvětlení	26
2.2.1 Náhradní osvětlení	26
2.2.2 Nouzové únikové osvětlení.....	27
2.2.3 Svítidla pro nouzové osvětlení.....	28
2.2.4 Provedení nouzového osvětlení	29
2.3 Výpočetní metody pro návrh vnitřních osvětlovacích soustav	30
2.3.1 Tokové výpočetní metody.....	30
2.3.2 Bodové výpočetní metody	30
2.4 Měření umělého osvětlení.....	30

3.	Vývoj svítidla pro osvětlení auly	32
3.1	Původní svítidlo	32
3.2	Nové svítidlo	33
3.2.1	Popis svítidla	33
4.	Současný stav osvětlení auly	37
4.1	Měření současného stavu	37
4.2	Postup měření	39
4.3	Závěr z měření	39
5.	Světelně technický návrh auly	40
5.1	Návrh osvětlovací soustavy	40
5.1.1	Použitá svítidla pro umělé osvětlení	40
5.1.2	Umělé osvětlení	41
5.1.3	Nouzové a protipanické osvětlení	45
5.1.4	Návrh řízení osvětlovací soustavy	48
6.	Výhody nové osvětlovací soustavy v aule z pohledu provozovatele.....	50
6.1	Energetické porovnání	50
6.1.1	Současná osvětlovací soustava.....	50
6.1.2	Nová osvětlovací soustava.....	50
6.2	Servisní náklady	51
6.2.1	Současná osvětlovací soustava.....	51
6.2.2	Nová osvětlovací soustava.....	51
7.	Závěr	53
8.	Seznam tabulek.....	54
9.	Seznam obrázků	55
10.	Bibliografie.....	57
11.	Seznam příloh.....	59

Úvod

Základem diplomové práce je návrh osvětlení pro rekonstrukci auly Slezské univerzity v Karviné. Cílem rekonstrukce je výměna stávající zastaralé osvětlovací soustavy, snížení energetické náročnosti a zvýšení světelného komfortu pro studenty a posluchače v aule. V této diplomové práci skloubím teoretické znalosti získané ve výuce a praktické znalosti získané praxí na pozici světelného technika ve firmě INGE Opava, spol. s.r.o. Základem práce je projekt, který sloužil jako podklad pro vývoj a výrobu svítidel.

V první části praktické práce se věnuji kontrolnímu měření osvětlení v aule Slezské univerzity, které sloužilo pro ověření, zda je současná osvětlovací soustava dostačující dle aktuálních norem. Během tohoto měření jsem se také pokoušel zjistit typy jednotlivých svítidel potřebné pro výpočet energetické náročnosti.

V další kapitole řeším vývoj nového svítidla ve firmě INGE Opava spol. s.r.o., které nahradí současná svítidla s halogenidovými výbojkami. Na vývoji tohoto svítidla jsem spolupracoval a svou část vývoje popisuji v druhé části praktické práce.

V poslední kapitole se budu věnovat popisu modelace sálu ve výpočtovém programu Dialux. Takto vymodelovaný sál následně bude sloužit pro zpracování výpočtu umělého osvětlení vycházející z ČSN EN 12464-1 a výpočet protipanického osvětlení vycházející z normy ČSN EN 1838. Po návrhu výkonu jednotlivých svítidel budu definovat parametry řídicího systému a rozložení jednotlivých řídicích prvků osvětlovací soustavy.

Na závěr uvedu výhody nové osvětlovací soustavy a jejich přínos z pohledu zákazníka.

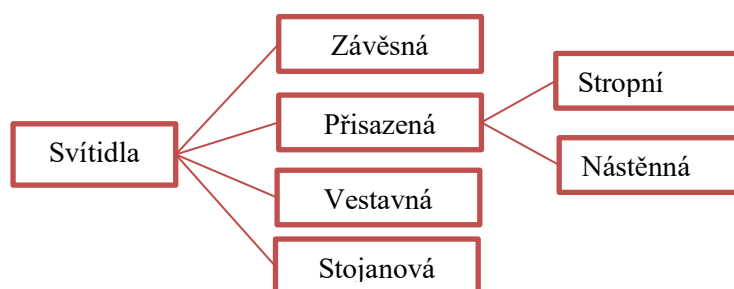
1. Technické možnosti ve vnitřním osvětlení

1.1 Svítidla

1.1.1 Dělení svítidel

Svítidla dělíme do tří základní skupin, a to na vnitřní, venkovní a speciální. V této práci se budu zabývat vnitřními svítidly.

Vnitřní svítidla pak dále můžeme rozdělit dle způsobu upevnění v objektu. Tedy dle montáže dělíme na:



Obr. 1 Rozdělení svítidel dle typu montáže

Dělení dle vyzářování světelného toku

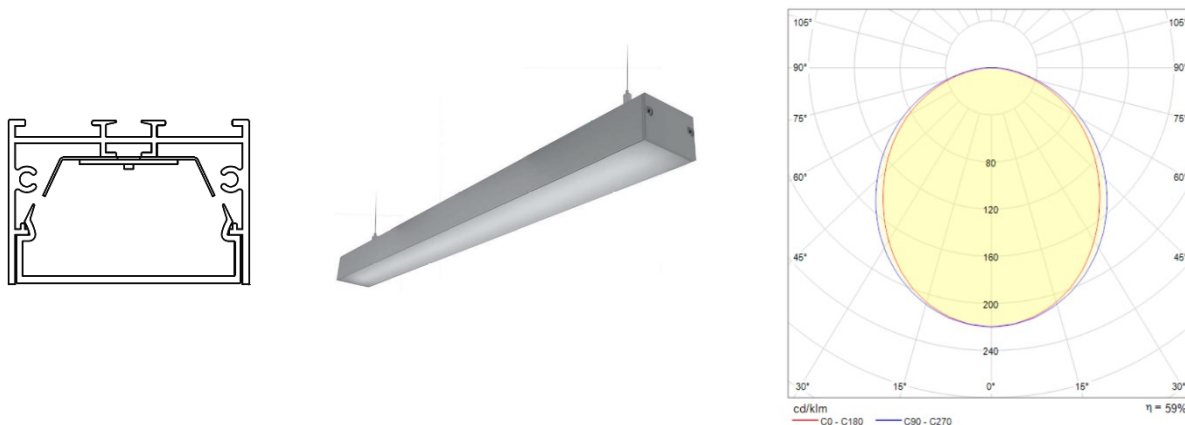
Dalším důležitým rozdělením je konstrukční hledisko, kdy dělíme svítidla dle toho, kolik procent světelného toku směřuje do dolního poloprostoru.

Název třídy rozložení světelného toku	Poměr světelného toku usměrněného do dolního poloprostoru k celkovému světelnému toku (%)
Svítidlo přímé	90-100
Svítidlo převážně přímé	60-90
Svítidlo smíšené	40-60
Svítidlo převážně nepřímé	10-40
Svítidlo nepřímé	0-10

Tab. 1 Svítidla dle vyzářování světelného toku (1)

Svítilno přímé

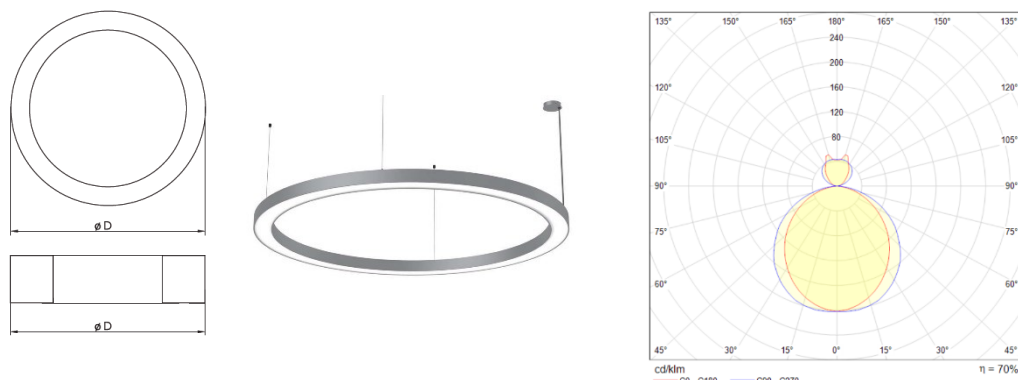
Světelný tok je vyzařován pouze do dolního poloprostoru.



Obr. 2 Přímé svítidlo a jeho křivka svítivosti (7)

Svítilno převážně přímé

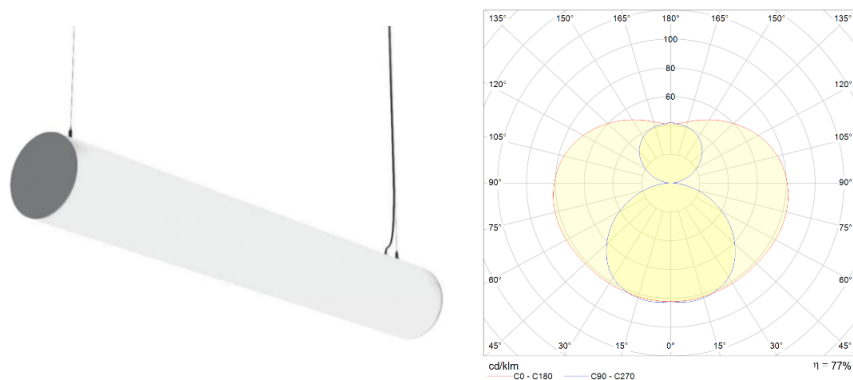
Většina světelného toku vyzařuje do dolního poloprostoru, ale část světelného toku je také vyzařována do horního poloprostoru.



Obr. 3 Svítidlo převážně přímé a jeho křivka svítivosti (7)

Svítilno smíšené

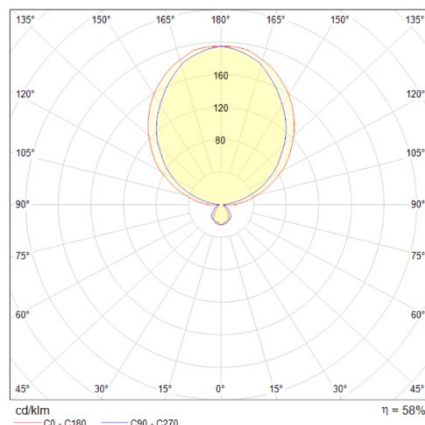
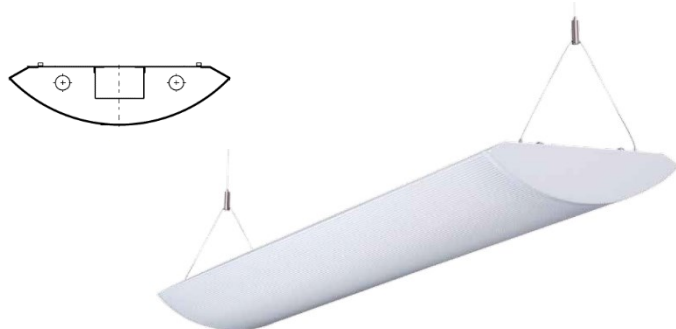
Světelný tok je vyzařován do všech směrů.



Obr. 4 Svítidlo smíšené a jeho křivka svítivosti (7)

Svítilo převážně nepřímé

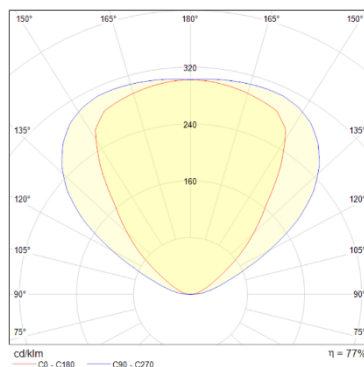
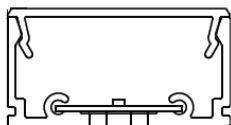
Většina světelného toku vyzařuje do horního poloprostoru, ale část světelného toku je také vyzařována do dolního poloprostoru.



Obr. 5 Svítilo převážně nepřímé a jeho křivka svítivosti (7)

Svítilo nepřímé

Světelný tok vyzařuje do horního poloprostoru a dále je šířen pomocí odrazů od stropu.



Obr. 6 Svítilo nepřímé a jeho křivka svítivosti (7)

1.1.2 Základní vlastnosti svítidel

Světelný tok svítidla

Světelný tok svítidla Φ_{sv} je dán rozdílem světelného toku všech světelných zdrojů umístěných ve svítidle a světelného toku ztraceného ve svítidle, tedy světelný tok, který neprojde přes optickou část.

(2)

Účinnost svítidla

Udává, kolik procent světelného toku zdroje svítilo vyzáří do prostoru, tedy podíl světelného toku zdroje a světelného toku vyzářeného svítidlem. Je to ukazatel hospodárnosti svítidla.

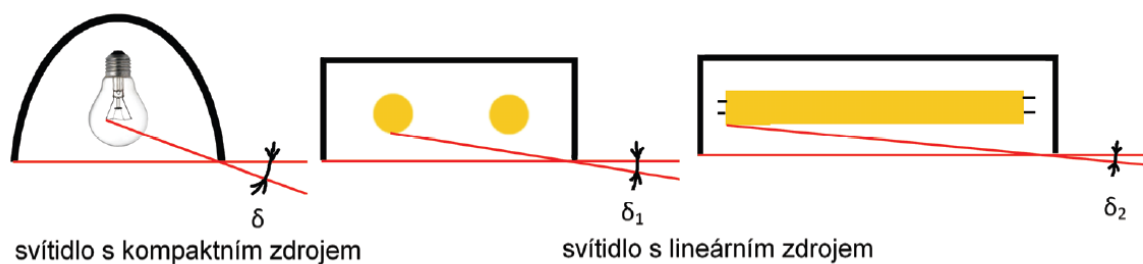
Jas svítidla

Jas svítidla je definován jako podíl svítivosti v daném směru a velikosti průmětu svítící plochy do roviny kolmé k uvažovanému směru. (2)

Jas svítidla je důležitý parametr, který ovlivňuje pohodu uživatele osvětlovací soustavy. Pokud bude rozdíl jasů v místnosti vysoký, může docházet k oslnění; naopak, když budou jasy v místnosti příliš nízké, může docházet k únavě uživatele. U svítidel omezujeme jas svítidla mechanickým zacloněním zdroje.

Úhel clonění

Úhel clonění δ udává míru zaclonění světelného zdroje svítidlem.



Obr. 7 Úhel clonění u svítidla (2)

Křivka svítivosti

Křivky svítivosti svítidel slouží k zobrazení šíření světelného toku v prostoru. Jsou to v podstatě grafy svítivosti v jednotlivých směrech. Křivky můžeme vypočítat ze vzorce:

$$I = \frac{\Phi}{\Omega} \quad [\text{cd}] \quad (1.1)$$

kde:

I – svítivost (cd);

Φ – světelný tok (lm);

Ω – prostorový úhel (sr) (2)

Nejčastějším způsobem získávání křivek svítivosti je změřením v goniofotometru. Zobrazují se v polárních souřadnicích a najdeme je např. v katalogových listech k daným svídlům. (2)

Třída ochrany svítidel

Klasifikace svítidel dle jejich elektrotechnických vlastností, které odpovídají elektrotechnickým předpisům, tedy dle ochrany uživatele před úrazem elektrickým proudem.

- **Třída ochrany 0**

Svítidlo má pouze základní izolaci, což znamená, že ke svídlu nelze připojit ochranný vodič.

- **Třída ochrany I**

Svítidlo má možnost připojení vodivých částí na ochranný vodič. Označení pro místo připojení ochranného vodiče $\opl�$. Používá se u svítidel z kovu, která pracují na nízkém napětí.

(2) (1)

- **Třída ochrany II**

Svítilidlo má jako ochranu před nebezpečným dotykem dvojitou nebo zesílenou izolaci. Označení pro svítidlo □. Používá se u svítidel, kde je těleso svítidla z plastu a nemá vodivé části přístupné uživateli. (2) (1)

- **Třída ochrany III**

Do této třídy patří svítidla, která provozujeme na bezpečné napětí, tedy SELV nebo PELV. Označení pro svítidlo ◊. Platí pro svítidla, která jsou provozována na 12V/24V, typicky halogenové žárovky používané v koupelnách. (2) (1)

Stupeň krytí

Důležitá vlastnost svítidla, která udává ochranu svítidla proti vniknutí cizích těles, prachu a vlhkosti. Stupeň krytí udává značka IP a dvouciferné číslo. První číslo 0 – 6 určuje stupeň ochrany před vniknutím cizích předmětů a dotykem, druhé číslo 0-8 vyjadřuje stupeň ochrany před vniknutím vody. Značení svítidel se řídí normou ČSN EN 60529. (2)

Ochrana proti mechanickému poškození

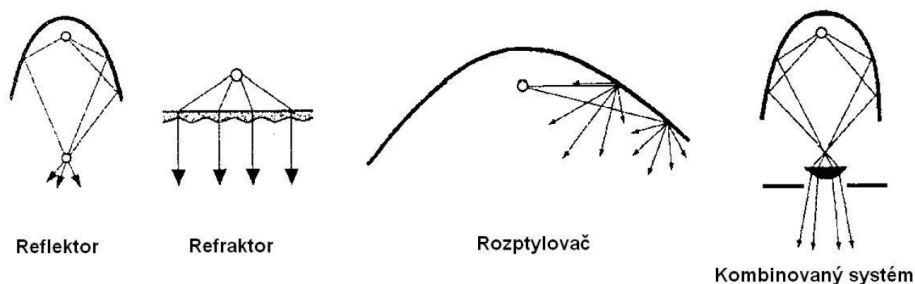
Značení svítidla IK udává jeho odolnost proti mechanickému poškození. Tato značka nám říká, jakou minimální nárazovou energii svítidlo vydrží bez funkčního poškození. (2)

1.1.3 Složení svítidel

Svítilidlo se skládá ze tří základních částí, a to z optické části, konstrukční části a elektro výzbroje.

Optická část

Optická část svítidla slouží k usměrnění světelného toku do požadovaného směru a ke snížení oslnění. Na kvalitě použité optické části závisí celková účinnost svítidla. K usměrnění světelného toku se používají následující principy:



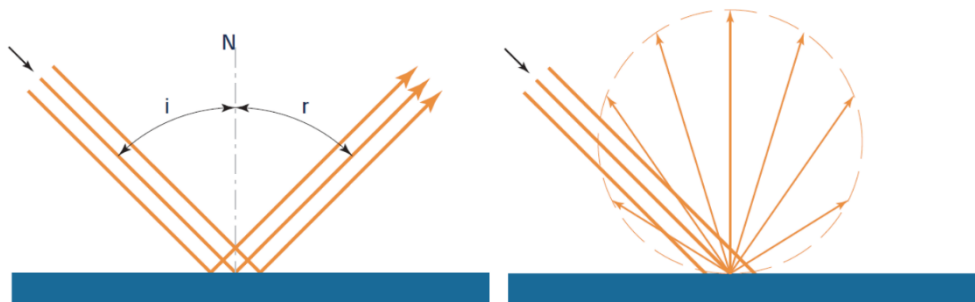
Obr. 8 Základní principy světelně aktivních ploch (2)

- **Reflektor - mřížka**

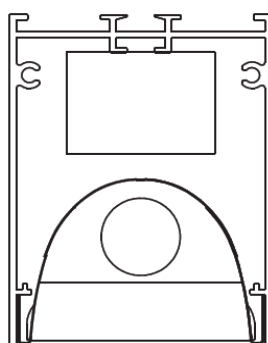
Běžně používaným typem reflektoru je mřížka. Jejímž základem jsou slitiny hliníku nebo plast, který je zformován do parabolického tvaru. Základní materiál je opatřen povrchovou úpravou pro získání zrcadlového efektu. Díky použití nejlepších materiálů lze dosáhnout účinnosti až 95%. Na celkovou účinnost má také vliv tvar mřížky, neboť určuje, kam se světelný tok odrazí, je tedy potřeba nejen minimalizovat počet odrazů, ale i zabránit odrazům zpět do svítidla. Existují dvě základní povrchové úpravy - lesklá a matná. Lesklá má vyšší účinnost a dochází

k zrcadlovému odrazu. Matná úprava má nižší účinnost, ale oproti lesklé úpravě dochází k menšímu oslnění a k difuznímu odrazu.

Základní funkcí mřížky je usměrnění světelného toku do požadovaného prostoru a zakrytí světelného zdroje, čímž se snižuje rozdíl jasů svítidla a také jeho oslnění.



Obr. 9 Vlevo zrcadlový odraz, vpravo difuzní odraz (2)



Obr. 10 Příklad svítidla s optickou mřížkou a zářivkou T5 (7)

Refraktor – prizma kryty

K usměrnění světelného toku dochází díky propustnosti použitého optického materiálu a díky optickému zákonu lomu. Prizma kryty se většinou vyrábí z materiálu PMMA tzv. polymetalakrylátu.

Opálové kryty – jsou vhodné pro komunikace uvnitř budov, recepce nebo například čekárny. Výhodou je jejich snadná údržba, jelikož je lze snadno vyčistit. Účinnost u těchto krytů se pohybuje okolo 70%, je tedy nižší než u svítidel s parabolickou mřížkou. S příchodem LED svítidel se tyto kryty používají ve větší míře. Účinnost krytu závisí také na jeho propustnosti, čím propustnější kryt, tím více lze rozpoznat jednotlivé LED ve svítidle, s větší propustností je tedy zapotřebí většího množství LED, aby jednotlivé LED nebyly pohledem rozpoznatelné. Propustnost krytu tedy závisí především na estetickém hledisku, ale zároveň ovlivňuje účinnost svítidla.



Obr. 11 Opálový kryt (7)

Mikropyramidový kryt je optický kryt, který se ve větší míře začal používat po rozšíření LED světelných zdrojů ve svítidlech. Jedná se o čirý kryt s vysokou účinností tvořený mikropyramidovou strukturou, která napomáhá omezovat jas svítidla $L < 1000 \text{ cd/m}^2$ nad 65° . Tento optický kryt je díky svým vlastnostem vhodný především pro kanceláře.



Obr. 12 Mikropyramidový kryt (7)

Konstrukční část svítidla

Tato část svítidla slouží jako nosný základ pro svítidlo. Slouží k připevnění svítidla na požadované místo, k ochraně světelného zdroje, k ochraně před nebezpečným dotykem a proti vniku vody/prachu.

Od tělesa svítidla očekáváme světelnou a teplotní stálost, odolnost proti korozi a mechanickou pevnost. (2)

Elektrotechnická část svítidla

Tato část slouží pro napájení světelného zdroje a zajišťuje jeho provoz. Základní tři části svítidla jsou:

- objímka
- svorkovnice
- předřadník

1.2 Světelné zdroje

1.2.1 Základní parametry světelných zdrojů

Jsou to základní vlastnosti světelných zdrojů, dle kterých probíhá výběr vhodného světelného zdroje pro danou aplikaci.

1.2.1.1 Světelný tok Φ (lm)

Udává, jaké množství světla dokáže zdroj vyzářit za jednotku času. Světelný tok je závislý na druhu a typu světelného zdroje. Údaje o daném světelném zdroji se nacházejí v katalogovém listu (2)

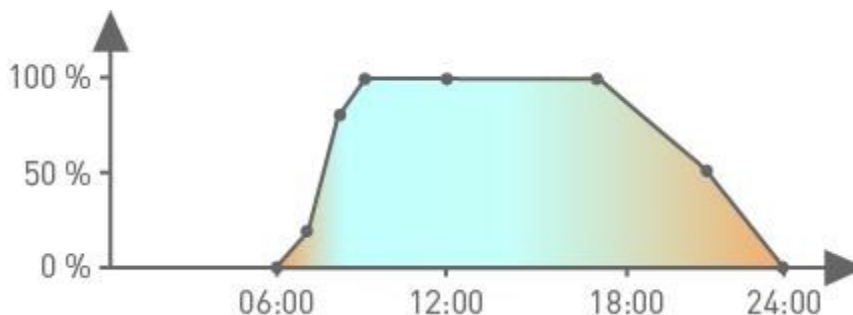
1.2.1.2 Náhradní teplota chromatičnosti T_c (K)

Pomocí teploty chromatičnosti se popisují barevné vlastnosti světelného zdroje. U žárovky se teplota chromatičnosti uvádí dle teploty vlákna, pro výbojové světelné zdroje se ale uvádí náhradní teplota chromatičnosti, což je ekvivalentní teplota tzv. černého zářiče (Planckova), při kterém je spektrální složení těchto dvou zdrojů blízké. (2) (1)



Obr. 13 Teplota chromatičnosti (2)

V dnešní době již existují svítidla, která přizpůsobují teplotu chromatičnosti a intenzitu osvětlení na základě cirkadiálního rytmu. Díky změně těchto parametrů dosahujeme zvýšení světelné pohody na pracovišti.



Obr. 14 Doporučená hodnota procentuální osvětlenosti a teploty chromatičnosti dle firmy Helvar v závislosti na čase (3)

Dle teploty chromatičnosti dělíme světelné zdroje do tří základních skupin:

- teplá bílá < 3 300 K
- bílá 3 300 ÷ 5 000 K
- studená bílá > 5 000 K

1.2.1.3 Měrný výkon η (lm/W)

Udává, kolik elektrické energie je potřeba k přeměně na světelnou energii. Je to tedy podíl světelného toku a příkonu světelného zdroje. Teoretické maximum vypočtené pro fotopické vidění je 683 lm/W, avšak neúčinnější světelné zdroje momentálně dosahují měrných výkonů okolo 200lm/W.

$$\eta = \frac{\Phi}{P} \quad [\text{lm/W}] \quad (1.2)$$

Kde:

η – měrný výkon (lm/W);

Φ – světelný tok (lm);

P – elektrický příkon (W) (2)

1.2.1.4 Všeobecný index podání barev R_a

Tato hodnota určuje, do jaké míry je člověk schopen při daném spektru záření věrně vnímat barvy. Čím je tato hodnota vyšší, tím věrněji člověk barvy vnímá. Při indexu podání barev 100 vnímáme barvy stejně jako při denním světle. Z umělých světelných zdrojů má nejvyšší hodnotu žárovka s $R_a = 100$, naopak nejnižší hodnoty dosahují zdroje, které vyzařují světelný tok v jedné vlnové délce, vyzařují tedy monochromatické záření. Pro pracoviště ve vnitřních prostorech s trvalým pohybem osob je R_a dáno normou minimálně na 80. Nevýhodou zvyšování indexu podání barev je fakt, že u většiny světelných zdrojů zároveň dochází ke snížení světelného toku a tím i měrného výkonu. (2) (1)

1.2.1.5 Životnost světelného zdroje

Tento parametr říká, jak dlouho bude daný světelný zdroj splňovat stanovené požadavky. Ty jsou závislé na použitém světelném zdroji. Např. pro žárovku je mezní stav přepálení vlákna, u ostatních zdrojů to je většinou pokles světelného toku na určitou mez, kdy již světelný zdroj svítí neekonomicky a je potřeba jej vyměnit. (2)

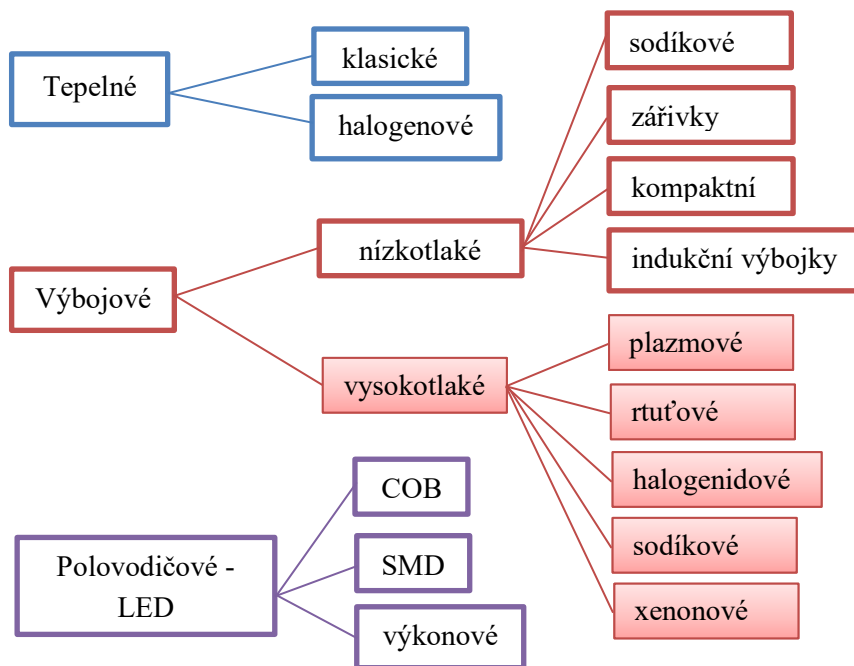
Rozlišujeme dvě základní definice životnosti:

- Průměrná životnost – doba, po kterou bude svítit přesně polovina sledovaných světelných zdrojů při předem stanovených podmínkách
- Užitečná životnost – konec užitečného života světelného zdroje se udává jako doba, kdy světelný zdroj vyzařuje 80% své nominální hodnoty, pro LED se většinou uvažuje 70%

(2)

1.2.2 Dělení světelných zdrojů

Světelné zdroje dělíme na tři základní skupiny, a to tepelné, výbojové a světelné diody.



Obr. 15 Rozdělení světelných zdrojů

1.2.2.1 Tepelné zdroje

Zdrojem záření u tepelných zdrojů je odporové vlákno z kovu, většinou z wolframu. Průchodem elektrického proudu odporovým vláknem se vlákno zahřívá, při zahřátí na vysokou teplotu se vlákno stává zdrojem záření.

Žárovky

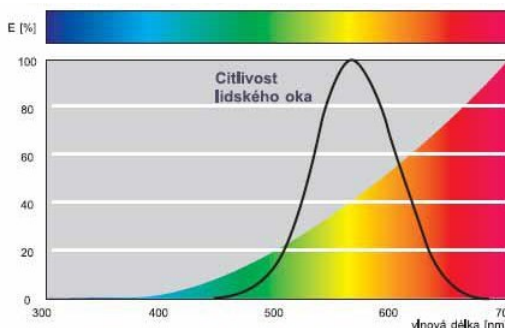
Žárovka patří k nejstarším světelným zdrojům, má jednoduchou konstrukci (skleněná baňka, v níž je stočené vlákno), malé rozměry, malou hmotnost a je velmi jednoduché ji napájet. Oblíbená je díky své ceně, okamžitému startu, stabilnímu světelnému toku během celé životnosti, indexu podání barev $R_a = 100$, široké škále příkonů nebo nezávislosti na teplotě okolí. (2)

EU však prodej žárovek zakázala s účinností od roku 2012, a to především kvůli malé životnosti 1000h a malému měrnému výkonu okolo 10 lm/W. Žárovka vyzařuje 95% infračerveného záření, tedy tepla, a pouze 5% světelného záření. Díky tomuto nařízení EU by mělo dojít ke snížení spotřeby elektrické energie potřebné na osvětlení. (2)

Žárovky je velmi jednoduché stmívat, stačí nejlevnější stmívač fungující na principu změny napětí. Změna napětí o 1% vyvolá změnu měrného výkonu o 3,6%. Tato vlastnost je zároveň jednou z nevýhod, jelikož z ní plyne také závislost na stabilním napájecím napětí. (2)



Obr. 16 Žárovka (3)



Obr. 17 Spektrum žárovky ve srovnání s křivkou citlivosti oka (4)

Halogenová žárovka

Princip halogenové žárovky je v podstatě shodný s principem žárovky; rozdílem je vylepšení baňky žárovky o náplň z halogenových plynů (J, Br, Xe). Tlak plnicího plynu pomáhá snižovat vypařování wolframového vlákna, vypařený wolfram se slučuje s halogeny. K sloučení dochází u baňky, kde je nižší teplota. Sloučenina se pak vlivem tepelného pole vrací zpátky na vlákno, kde se vlivem teploty rozkládá, wolfram se usazuje zpět na vlákno, halogen se vrací k povrchu baňky a cyklus se opakuje. Díky tomuto procesu se zvyšuje životnost wolframového vlákna, a protože se wolfram neusazuje na baňce, nedochází k jejímu zčernání, což ve výsledku vede ke stabilnímu světelnému toku. Životnost halogenové žárovky je okolo 2000h a měrný výkon je až 26lm/W. (2)



Obr. 18 Xenonová halogenová žárovka určená k náhradě za klasickou žárovku (3)

1.2.2.2 Nízkotlaké výbojové světelné zdroje

Lineární zářivky

V současnosti lze lineární zářivky rozdělit do tří základních skupin: nejstarší T12, novější T8 a nejnovější T5. Jednotlivé typy se liší průměrem zářivky, přičemž T5 mají průměr 16mm, T8 mají 26mm a T12 38mm. Nejčastěji používaným typem je T5, z důvodu vyššího měrného výkonu až 104 lm/W. V současné době lineární zářivky vyrábějí okolo 70% umělého světla na celém světě. (2) (1)

Zářivky jsou nízkotlaké rtuťové výbojky, které vyzářují hlavně v oblasti ultrafialového záření. Protože je toto záření pro lidské oko neviditelné, je potřeba jej pomocí luminoforu transformovat do viditelného spektra. Zářivka je skleněná trubice, v níž jsou díky elektrickému poli mezi elektrodami vybuzeny páry rtuti a v nich dochází k emisi neviditelného UV záření; luminofor nanesený na vnitřním povrchu skleněné trubice přeměňuje UV záření do viditelného spektra. Teplotu chromatičnosti dokážeme měnit použitím různého složení luminoforu. (2)

Zářivky pro zapálení náboje potřebují tak jako jiné výbojové zdroje předřadný přístroj, protože na zapálení náboje je potřeba vyšší napětí. Po ustálení výboje je na zářivce nižší napětí než síťové. Jako předřadné přístroje se používají buď magnetické předřadníky, kde se na tlumivce vytvoří úbytek napětí, který omezí proud procházející zářivkou, nebo elektronické předřadníky, kde je proud řízen elektronickým obvodem. (2)

Životnost zářivky je však silně závislá na počtu zapnutí, proto se volí do míst, kde není vyžadováno časté spínání, například sklady, výrobní závody nebo kanceláře, tedy všude tam, kde buď světla svítí nepřetržitě, nebo se zapnou při příchodu do práce a vypínají se při odchodu. Životnost také ovlivňuje druh použitého předřadného přístroje; pro magnetický předřadník je to 10 000 h, pro elektronický pak 18 000 h. Stmívání zářivek je možné od 1 do 100%. (2)

Nevýhodou zářivek je fakt, že nominálního světelného toku dosahují přibližně po třech minutách provozu oproti klasické žárovce, která nominální hodnoty dosahuje ihned po zapnutí. Dále jsou zářivky závislé na okolní teplotě, tedy se příliš nehodí pro venkovní použití. (2)

Zářivky se stejně jako žárovky dají stmívat. Ke stmívání slouží elektrické předřadníky, díky kterým je rozsah stmívání od 1 do 100% nominálního světelného toku. V současné době je možné sehnat zářivky s teplotou chromatičnosti od 2700K do 8000K v několika výkonových variantách od 6W do 80W a s indexem podání barev od 60 do 98. Dále existují i speciální zářivky pro pěstování rostlin, chov zvířat, případně zářivky s UV zářením, které se používají například v hudebních klubech. (2)



Obr. 19 Porovnání zářivky T5 a T8 (4)

Kompaktní zářivky

Kompaktní zářivky jsou téměř shodné s lineárními zářivkami, avšak s tím rozdílem, že skleněná trubice je ohnutá nebo zatočená do různých tvarů sloužících ke zmenšení; tyto rozměry se blíží velikosti běžné žárovky. Stejně jako lineární zářivky pro svůj chod potřebují předradné přístroje. Ty jsou zabudovány buď přímo v zářivce, nebo vestavěné ve svítidle. Na rozdíl od lineárních zářivek existují i stmívatelné kompaktní zářivky na napětí 12V. Díky uspořádání a tvarové rozmanitosti dosahují kompaktní zářivky menších měrných výkonů než lineární zářivky. Měrný výkon je maximálně 88 lm/W. Životnost oproti klasické žárovce, kterou má kompaktní zářivka nahradit, je přibližně patnáctinásobná, tedy 15 000 h. Nevýhodou, stejně jako u lineárních zářivek, je delší čas náběhu. (2) (1)



Obr. 20 Různé druhy kompaktních zářivek (5)

1.2.2.3 Vysokotlaké výbojové zdroje

Halogenidové výbojky

Zdrojem záření jsou nejen páry rtuti, ale také záření plynných halogenidů, tedy sloučenin halových prvků například s galiem, thaliem, sodíkem atd. Baňka je z borosilikátového skla, hořák (vlákno) je z křemenného nebo jiného speciálního skla. V křemenném hořáku vzniká podobný regenerační cyklus jako u halogenových žárovek. Halogenidové výbojky vyžadují zapalovač, který pro zapálení výboje používá vysokonapěťový impuls okolo 4,5kV. Na jmenovité hodnoty se výbojka dostává po zhruba 10 minutách, záleží na velikosti a výkonu dané výbojky. Výbojky se vyrábí ve výkonech od 20W do 3 500W. Životnost se pohybuje okolo 15 000 hodin, měrný výkon max. 95lm/W, index podání barev max. 90. Nevýhodou halogenidových výbojek je vysoká cena daná náročnou technologií výroby, nemožnost stmívání a fakt, že výbojku nelze znovu zapálit ihned po vypnutí. Tyto nevýhody brání masivnímu nasazení v domácnostech. Halogenidové výbojky se používají pro vysoké výrobní haly, pro osvětlování sportovišť, ale také k osvětlování výstavišť, dopravních uzlů atd. (2) (1)



Obr. 21 Halogenidová výbojka (3)

1.2.2.4 Polovodičové diody LED

LED dioda je vlastně polovodičový PN přechod. Průchodem proudu přes tento PN přechod dochází ke generování světelného záření. Vyzařované záření je v podstatě monochromatické. Bílé barvy lze dosáhnout dvěma způsoby:

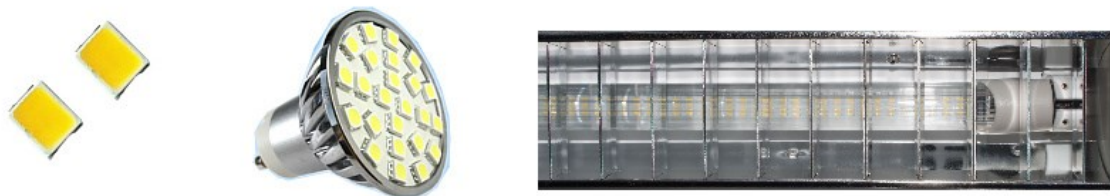
Prvním způsobem je složení tří monochromatických LED, například RGB, čímž vznikne trichromatický světelný zdroj. Čím více monochromatických složek obsahuje, tím kvalitnější bílou dostaneme. (2)

Druhým způsobem je použití LED diody vyzařující na kratší vlnové délce, nejčastěji v modré oblasti. Nad tuto LED diodu se umístí konvertor, tedy materiál, který změní vlnovou délku záření, většinou se používá fosfor. Ze zdroje pak vychází část modrého záření a část transformovaného žlutého záření. Poměrem mezi luminiscencí modrého a fosforencí žlutého záření dochází k optimalizaci nejen teploty chromatičnosti, ale i měrného výkonu a indexu podání barev. (2)

Základním problémem LED diod je klesající měrný výkon a účinnost při zvyšující se teplotě, je tedy potřeba dbát na návrh správného chlazení, aby nedocházelo ke snižování životnosti a degradaci parametrů LED diod.

SMD – Surface Mounted Diode

V současnosti nejvíce používaný typ LED diody. LED dioda se osazuje přímo na plošné desky, nebo LED moduly. LED moduly osazené těmito LED diodami se používají většinou jako náhrada za zářivkové trubice T5 a T8, existují již moduly ve tvaru zářivek, které se používají jako přímá náhrada zářivkových trubec. Dále se tyto LED diody využívají do LED pásků, které se používají pro svítidla s nízkou výškou. Tyto pásky jsou dobře tvarovatelné a umožňují aplikaci i tam, kde by jiné zdroje světla nemohly být použity.



Obr. 23 SMD LED diody, LED žárovka s patičí GU10 a svítidlo s LED trubicí (7)

Ve firmě INGE Opava spol. s r.o. se používají jako náhrada za trubice dva základní typy LED modulů. Prvním je lineární LED modul o délce 570 mm osazený 80 LED typu SMD. LED jsou zapojeny v pěti paralelních větvích, kde jedna větev má osm sériově zapojených LED. Používají se do svítidel, kde se doposud používala jedna zářivka.



Obr. 22 Lineární LED modul v lineárním svítidel firmy INGE Opava

Druhým typem je pak tzv. „prstový“ LED modul o šířce 245x245 mm s 36 LED typu SMD. LED jsou zapojeny ve třech paralelních větvích po dvanácti sériově zapojených LED. Tyto LED moduly se používají do čtvercových nebo obdélníkových svítidel, kde se doposud používaly dvě a více zářivky.

COB – Chip on Board

Jak už název napovídá, jde o technologii sdružující více LED čipů na jednom keramickém plošném spoji. Čipy pokrývá vrstva luminoforu, čímž je dosaženo vyššího měrného výkonu než u samotných LED čipů a také rovnoměrnější emise záření. COB vyzařuje světelný tok v kuželovitém tvaru s úhlem okolo 135° v závislosti na typu COB, z čehož vyplývá, že není zapotřebí přídavných optik k usměrnění světelného toku. Uplatňují se především v oblasti reflektorů, downlightových svítidel, případně jako náhrada za halogenové žárovky; postupně nahrazují starší generace LED čipů.

(6)



Obr. 24 Reflektor s COB čipem a LED COB žárovka s patičí GU10 a COB čip společnosti Osram (6) (5)

Výkonové LED

Výkonové LED čipy se uplatňují většinou v bodových svítidlech, kde je potřeba získat maximum světelného toku z minimální velikosti. Tyto LED diody začínají na výkonech 1W a výše, s účinností až 170 lm/W. Nevýhodou jsou ovšem vysoké nároky na chlazení, kdy je ve většině případů nezbytné použití chladiče. Dnes jsou již výkonové LED často nahrazovány COB. Tyto výkonové čipy však mají stále své opodstatnění, například v automobilovém průmyslu jako signální funkce světlometů.



Obr. 25 Výkonová LED a LED board s LED CREE XT-R



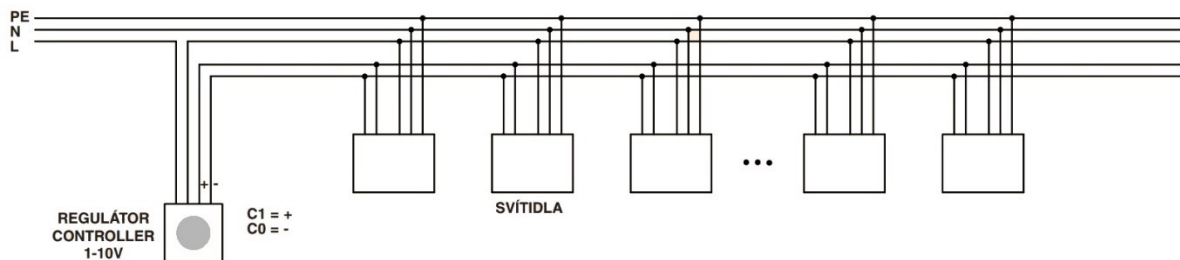
Obr. 26 Aplikace výkonových LED ve svítidle firmy INGE Opava (7)

1.3 Řídicí systémy osvětlení

1.3.1 Analogové řízení

Analogové řízení je nejstarším a nejjednodušším způsobem ovládání a regulace. Používá se převážně pro menší soustavy. Pro řízení je třeba napětí v rozsahu 1-10V. Manuální regulátor je pomocí dvojvodičového zapojení připojen k elektronickému předřadníku, ovladač poté změnou napětí dává signál k regulaci. Nevýhodou je, že pokud máme velkou soustavu s dlouhým vedením, na kterém

dochází k úbytku napětí, první a poslední předřadník nemusejí mít nastavenou stejnou intenzitu úrovně osvětlení.

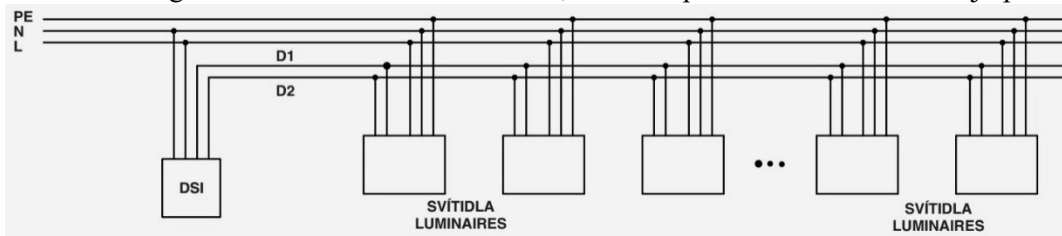


Obr. 27 Zapojení analogového řízení soustavy svítidel (18)

1.3.2 Digitální řízení

1.3.2.1 Rozhraní DSI

V systému řízení DSI (Digital Serial Interface = digitální sériové rozhraní) se převádí signály obslužných ovladačů (tlačítka, senzory, domovní řídicí systémy atd.) na digitální data a ty jsou dále přenášeny k jednotlivým elektronickým předřadným přístrojům. Jelikož jsou předřadníky řízeny digitálně, je úroveň světelného toku od prvního do posledního svítidla stejná. V digitálně stmívaném systému jsou jednotlivé hodnoty stmívání přiřazeny jedné definované hodnotě světla. Odstupňování je v souladu s logaritmickou křivkou citlivosti oka, vnímání průběhu stmívání okem je proto lineární. (2)



Obr. 28 zapojení v systému řízení DSI (18)

1.3.2.2 Systém řízení DALI

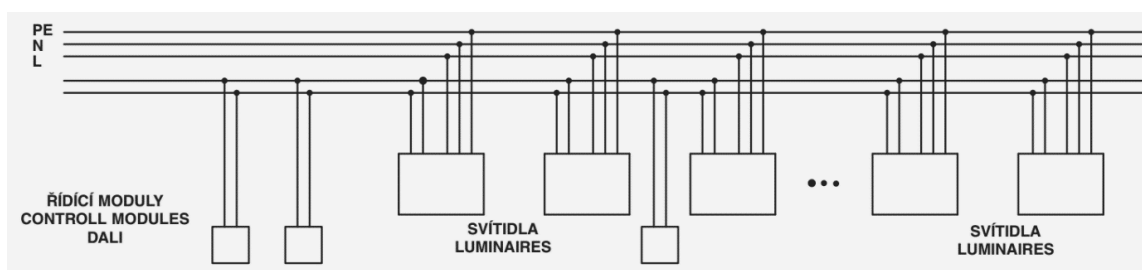
V dnešní době nejpoužívanější systém řízení osvětlení DALI, tedy Digital Addressable Lighting Interface = digitální adresovatelné světelné rozhraní. Tento systém byl vyvinut v polovině devadesátých let mezinárodní elektrotechnickou komisí. Možnosti DALI řídicího systému jsou téměř neomezené, jelikož všechny prvky osvětlovací soustavy (spínače, čidla, provozní přístroje, elektronické předřadníky atd.) jsou vzájemně propojeny pomocí dvojvodičového zapojení. Každý prvek osvětlovací soustavy má svou vlastní adresu, je to tedy individuální jednotka, kterou však můžeme zařadit do skupiny. Systém DALI byl navržen pro maximálně 64 individuálních adres, max. 16 skupinových adres a max. 16 světelných hodnot scén na jedné DALI sběrnici. Protože každý prvek má svou vlastní adresu, je možné jednotlivé prvky individuálně nastavovat. Lze je také sloučit do skupiny a nastavit skupině jednotné nastavení. (2)

DALI sběrnice slouží také k napájení všech prvků systému, avšak celkový proud na sběrnici nesmí překročit 250mA. Sběrnice je také limitována délkou vedení 300 metrů, dalším limitem je pokles napětí o 2V. (2)

Komunikace mezi řídicím systémem a prvkem soustavy je oboustranná a funguje na principu Master-Slave; řídicí systém tedy krom toho, že daný prvek ovládá, dokáže také zjistit stav daného prvku. To je velmi užitečné v případě poruchy jednotlivého prvku v soustavě, kdy jej lze lehce detekovat a zajistit nápravu. DALI systém lze také zařadit do stávajícího sběrnicevého systému, čímž lze informace získané z řídicí jednotky použít pro údržbu budov.

DALI 2

Nová verze systému řízení osvětlení představená v roce 2015. Systém je navržen tak, aby doplnil mezery v původním systému DALI. Nově je například přidána podpora pro řízení teploty chromatičnosti LED svítidel, integrace požárních a nouzových světelných systémů nebo redukce zatížení svítidel při špičkách v napájecích sítích. Jednou z důležitých novinek je přidání dalších 64 adres, tyto adresy však lze použít pouze pro řídicí prvky (spínače, senzory atd.), které tedy již nebudou zabírat adresy pro svítidla. S novým standardem je k dispozici 128 adres v jedné DALI sběrnici, což ve výsledku znamená snížení nákladů na řídicí systém, jelikož je potřeba méně řídicích prvků než v původní verzi systému. Samozřejmě je zachována zpětná kompatibilita se stávajícím systémem DALI.



Obr. 29 Zapojení DALI řídicího systému (18)

Výhody DALI systému řízení:

- Pro uživatele
 - Individuální nastavení a snadná změna nastavení
 - V řídicí jednotce zůstává nastavení i při výpadku sítě
 - Úspora energie
- Pro projektanty
 - Možnosti pro nouzové osvětlení
 - Rozdělení skupin lze řešit až při realizaci
 - Snadná konfigurace a rekonfigurace
- Pro údržbu
 - Hlášení o stavu svítidel
 - Jednoduchá oprava
 - Snížení nákladu na energie díky stmívání svítidel
- Pro realizace
 - Umělé i nouzové osvětlení v jednom
 - Snadná instalace, paralelní zapojení na napájecí síť a DALI sběrnici

1.3.3 Prvky systému řízení

Senzory

Senzory slouží k automatické regulaci systému osvětlení. Jsou umístěny většinou na zdech místnosti nebo přímo ve svítidle. Senzor může být například v jednom svítidle, které umístíme na začátek chodby, avšak ovládat s ním budeme svítidla v celé chodbě. Senzory můžeme snímat intenzitu denního osvětlení, přítomnost osob nebo intenzitu osvětlení v místnosti. Senzor předává informaci řídicímu prvku a ten pak na základě vstupu upravuje nastavení soustavy svítidel.

Světelné senzory

Slouží k nastavení světelného toku v závislosti na denním osvětlení. Základem světelného senzoru jsou fotodiody, případně fotorezistory, na které dopadá denní světlo a ty pak řídí buď přímo, nebo přes DALI sběrnici předřadník daného svítidla.

Pohybové senzory

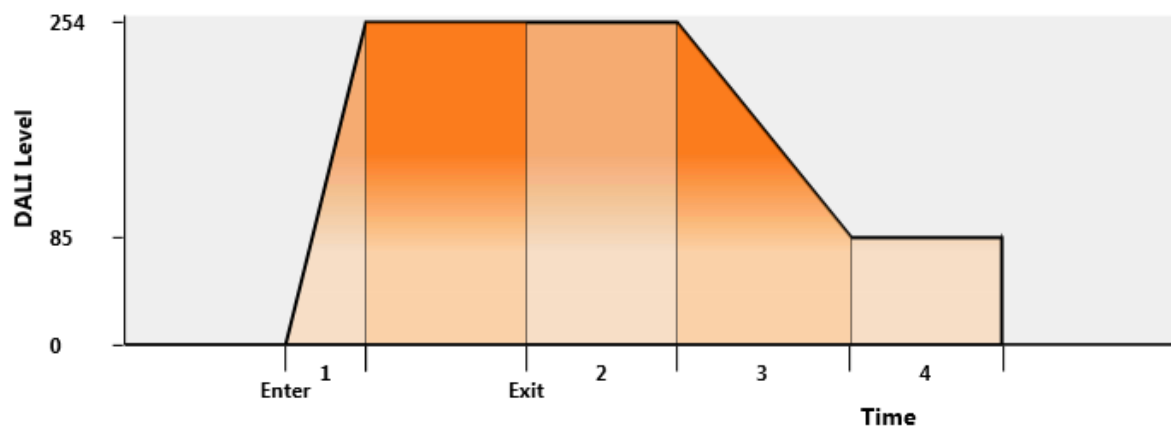
Slouží k zaregistrování pohybu. Většinou se používají na chodbách nebo schodištích, kde zaznamenávají pohyb a řídicím signálem zapnou světla. Pomocí časovače je zase po určité době vypnou. PIR senzor neboli pasivní infračervený detektor funguje na principu zachycení změn v infračerveném záření, kdy čidlo porovnává infračervené záření osoby se zářením pozadí. PIR čidla nejlépe reagují na teploty blízké teplotě lidského těla, tedy od 25°C do 40°C. PIR čidla se prodávají v různých provedeních s různým nastavením úhlu a vzdálenosti snímání.

Druhý druh pohybového senzoru funguje na principu šíření mikrovlnného záření. Tato čidla do prostoru vyzařují mikrovlnné záření na kmitočtu přibližně 24Ghz a na základě odrazu od předmětů jsou schopny zaznamenat a vyhodnotit pohyb.

Posledním druhem pohybového systému je klasický optoelektrický systém. Funguje na principu přerušení optického paprsku. Na začátku chodby umístíme zdroj paprsku, fotobuňku, která přes chodbu vyzařuje paprsek infračerveného záření a na druhé straně se odrazí pomocí odrazky zpět na čidlo. Jakmile dojde k přerušení světelného paprsku, čidlo zapne svítidla.

Kombinované senzory

Senzory kombinující světelný a pohybový senzor. Světelný senzor nastavuje světelný tok dle úrovně osvětlení v daném místě a pohybové čidlo spíná svítidlo, pokud je v jeho okolí pohyb. Používá se například pro stojanové lampy, které v kancelářích slouží k dosvětlení pracovního místa. Daný pracovník se tak nemusí o toto svítidlo téměř vůbec starat, neboť jakmile zasedne k pracovnímu stolu, pohybový senzor zaznamená pohyb a svítidlo zapne, následně světelný senzor nastaví svítidlo na požadovaný světelný tok dle okolního osvětlení.



Obr. 30 Nastavení DALI předřadníku s pohybovým čidlem

Část 1 – čidlo zaznamenalo pohyb a dává signál předřadnému přístroji k zapnutí, předřadný přístroj zapíná svítidlo s nastavenou strmostí náběhu svítidla na svou jmenovitou hodnotu a zůstává na jmenovité hodnotě dle nastaveného času

Část 2 – čidlo nezaznamenalo pohyb po nastavený čas a dává signál driveru ke snížení nastaveného světelného toku na 10% jmenovité hodnoty

Část 3 – postupné snížení světelného toku na 10% jmenovité hodnoty

Část 4 – po nastaveném čase dochází k vypnutí svítidla

2. Normativní požadavky na vnitřní osvětlení

Vnitřní osvětlovací soustava se navrhuje s ohledem na normu ČSN EN 12-464-1 Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů – Část 1: Vnitřní pracovní prostory. Norma udává minimální požadavky, které musí osvětlovací soustava v daném místě splňovat. Obsahuje přehlednou tabulku s jednotlivými parametry pro danou místnost dle jejího využití. (2)

Splnění normativních požadavků pro dané prostředí zajistí zrakovou pohodu, což vede ke spokojenosti pracovníků a zvyšuje jejich produktivitu a bezpečnost.

2.1 Základní požadavky na umělé osvětlení

2.1.1 Osvětlenost

Umělé osvětlení slouží pro osvětlení místností, kde je nedostatek denního světla. Intenzita umělého osvětlení se navrhuje dle toho, jaká činnost se v daném místě provádí. Čím složitější místnost, tím je potřeba vyšší intenzita osvětlení.

Osvětlenost (lx)	Prostor, místo, druh činnosti
20-30-50	základní jednoduchá zraková orientace v prostředí
50-75-100	jednoduchá orientace, kratší doba jednoduché činnosti
100-150-200	prostory, které nejsou dlouhodobě užívány pro pracovní účely, prostory obytné a společenské
200-300-500	zraková místa pro jednodušší, běžné pracovní úkoly (kanceláře, školy)
500-750-1 000	zraková místa pro vizuálně náročnější déle trvající pracovní úkony
1 000-1 500-2 000	zvláště náročné zrakové úkoly
více než 2 000	velmi náročné zrakové úkoly

Tab. 1 Intenzita osvětlení pro dané činnosti (2)

Hodnoty uvedené v tabulce Tab. 1 Intenzita osvětlení pro dané činnosti jsou hodnoty udržované osvětlenosti v místě zrakového úkolu na příslušné srovnávací rovině. Osvětlenost nesmí poklesnout pod tuto hodnotu po celou délku životnosti osvětlovací soustavy. Přesné hodnoty pro jednotlivé činnosti jsou uvedeny v ČSN EN 12-464-1. V této normě je také uvedena minimální hodnota osvětlení; ta je při normálních podmínkách 20lx. Při této osvětlenosti začíná lidské oko rozlišovat rysy lidského obličeje. Pro pracovní místa, s trvalým pobytem osob nesmí klesnout udržovaná osvětlenost pod 200lx. (2) (8)

2.1.2 Rozložení jasů

Rozložení jasů v zorném poli určuje úroveň adaptace zraku, která ovlivňuje viditelnost úkolu, je to tedy jeden z nejdůležitějších parametrů. Rozložení jasů ovlivňuje zrakový výkon, zrakovou pohodu a zamezuje únavě. Správného rozložení jasů můžeme dosáhnout výběrem vhodné barvy stěn, stropů a nábytku a v neposlední řadě taky správně navrženou osvětlovací soustavou. (2)

K vytvoření prostředí s vyváženým rozložením jasů je potřeba správně určit činitele odraznosti a osvětlenosti povrchů. Do pracovních prostorů se většinou využívá světlých tónů barev.

Odrážná plocha	Činitel odrazu povrchů
Strop	0,7-0,9
Stěny	0,5-0,8
Podlaha	0,2-0,4

Tab. 2 Rozsahy činitelů odrazu (1)

2.1.3 Rovnoměrnost

V místě pracovního úkolu musí být určitá rovnoměrnost osvětlení; tu určuje norma ČSN EN 12-464-1 a hodnota rovnoměrnosti pro danou pracovní činnost nesmí klesnout pod hodnotu udávanou v této normě. Rovnoměrnost je poměr mezi maximální a průměrnou hodnotou osvětlenosti. Nerovnoměrné osvětlení by vedlo k rozdílu jasů na pracovním místě, a tedy ke snížení zrakové pohody a zvýšení zrakové námahy. (8)

2.1.4 Oslnění

Oslnění vzniká jako důsledek míst s velkými jasy v zorném poli člověka a může být buď rušivé, nebo omezující. Ve vnitřních prostorech je oslnění způsobeno svítidly nebo okny. Cílem projektanta je omezit oslnění z toho důvodu, že oslnění může vést k chybám, zvyšuje únavu a možnost úrazu.

2.1.4.1 Rušivé oslnění

Index oslnění přímo od svítidel osvětlovací soustavy vnitřního prostoru musí být stanoven jednotným systémem hodnocení oslnění tabulkovou metodou CIE (UGR) podle vzorce:

$$UGR = 8 \log_{10} \left(\frac{0,25}{L_b} \sum \frac{L^2 \omega}{p^2} \right) \eta = \frac{\phi}{P} \quad (2.1)$$

Kde:

L_b je jas pozadí v cd.m^{-2} vypočítaný jako $\frac{E_{ind}}{\pi}$

E_{ind} je svislá nepřímá osvětlenost očí pozorovatele

L je jas svítící části každého svítidla ve směru očí pozorovatele v cd.m^{-2}

Ω je prostorový úhel (ve steradiánech) svítící části každého svítidla vzhledem k očím pozorovatele

p činitel polohy podle Gutha pro každé svítidlo podle jeho odklonu od směru pohledu (8)

2.1.4.2 Omezení oslnění cloněním

Jelikož jasné zdroje svítidel mohou oslňovat, je potřeba světelný zdroj zaclonit tak, aby se oslnění svítidla snížilo na co nejnižší hodnotu.

Jas světelného zdroje (kcd.m^{-2})	Minimální úhel clonění ($^\circ$)
20 až <50	15
50 až <500	20
500	30

Tab. 3 Minimální úhly clonění dle jasu světelného zdroje (8)

2.1.4.3 Závojevé oslnění odrazem a oslnění odrazem

Odrazy světla v místě zrakového úkolu mohou měnit viditelnost úkolu, zpravidla ji zhoršovat. Závojevé oslnění a oslnění odrazem mohou být omezeny nebo zmenšeny uspořádáním pracovních míst vzhledem ke svítidlům, oknům a světlíkům, povrchovou úpravou (matné povrchy), omezením jasu svítidel, oken a světlíků, světlým stropem a světlými stěnami. (2)

2.1.5 Směrnost osvětlení

Ke zvýraznění zrakových míst a předmětů se užívají svítidla, která vyzařují do určitého směru.

2.1.6 Míhání a stroboskopický jev

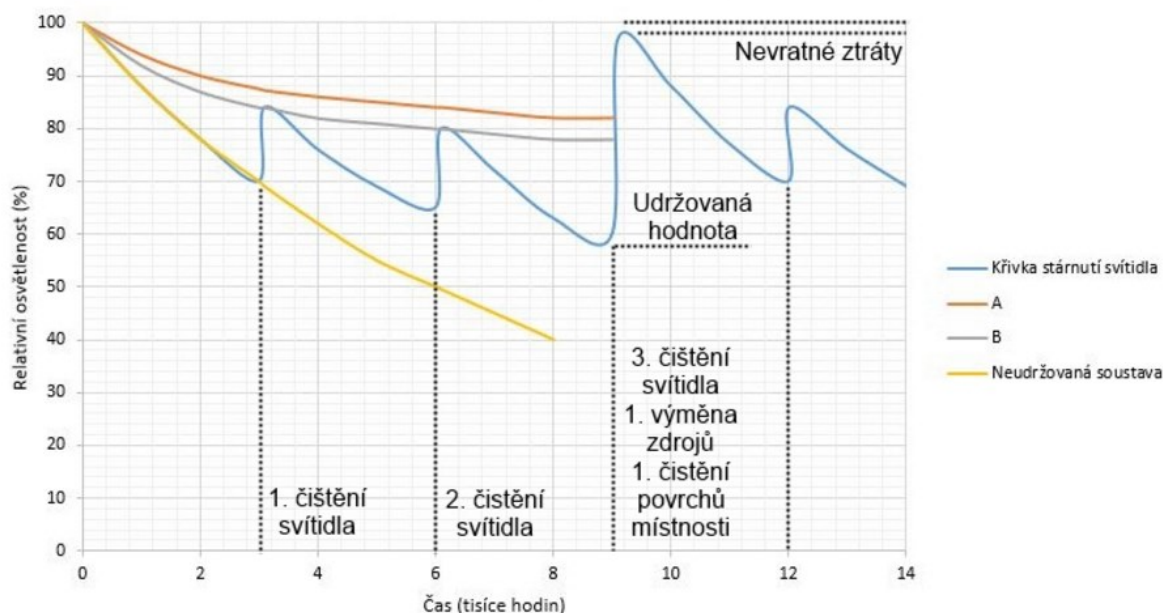
Míhání svítidla, tedy kolísání jasu svítidla nebo spektrálního složení, může působit rušivě a může způsobovat například bolest hlavy, případně jiné fyziologické problémy.

Stroboskopický jev je velmi nebezpečný v místnostech, kde jsou používány točivé stroje, neboť díky stroboskopickému jevu se točivý stroj jeví jako stojící.

Osvětlovací soustavy musí být navrženy tak, aby nedocházelo k těmto jevům. K zabránění stroboskopického efektu se u zářivkových svítidel používají elektrické předřadníky, které zářivku napájejí proudem s frekvencí 30kHz, případně stejnosměrným napětím. (2)

2.1.6.1 Udržovací činitel

U svítidla postupně dochází k degradaci jeho světelných vlastností a s tím musí být při návrhu optické soustavy počítáno. Existují dva základní druhy změn, a to vratné a nevratné. Vratné změny se dají zlepšit běžnou údržbou. Nevratné změny jsou takové, které se nedají vrátit běžnou údržbou a je neekonomické je zlepšovat, například stárnutí a degradace materiálu. Při výpočtu osvětlení se tedy soustava vypočítává na udržovanou osvětlenost, pod kterou nesmí osvětlovací soustava během svého funkčního období klesnout. Udržovací činitel se skládá z činitele poklesu světelného toku zdrojů, spolehlivosti světelných zdrojů, znečištění svítidel, stárnutí materiálů svítidel a znečištění povrchů místnosti. (9)



Legenda:

A: Křivka stárnutí povrchů místnosti (činitel odrazu stropu/stěn/podlahy : 70/50/20 %, čisté prostředí)

B: Křivka stárnutí světelného zdroje (zářivka s třípásmovým lumínoforem)

Obr. 31 Změna osvětlení v závislosti na době provozu osvětlovací soustavy (9)

2.1.7 Hledisko barev

2.1.7.1 Barevný tón

Barevný tón je vztažen k náhradní teplotě chromatičnosti světelného zdroje. Při výběru svítidla jde o čistě subjektivní prvek výběru. Barevný tón je spíše otázka estetiky a může sloužit například k zvýraznění předmětů v místnostech. Volba barevného tónu by měla být závislá na úrovni osvětlení, barevné úpravě místnosti, nábytku a druhu místnosti, dále se také nesmí zapomínat na klimatické pásmo. V chladnějších klimatických podmínkách by mělo být vybráno spíše svítidlo s teplejším barevným tónem a naopak v teplejších klimatických podmínkách svítidlo s chladnějším barevným tónem. (2)

2.1.7.2 Index podání barev

Pro práci při umělém osvětlení je důležité, aby barvy předmětů v prostředí byly zobrazovány co nejvíce přirozeně, věrně. Pro umělé osvětlení ve vnitřních prostorech, kde se pracuje nebo zde osoby pobývají dlouhodobě, nesmí být použita svítidla s menším indexem podání barev než 80. (2)

2.1.8 Energetické hledisko

V neposlední řadě je potřeba navrhovat osvětlovací soustavu i z hlediska energetické náročnosti, je proto třeba volit vhodná svítidla do daného prostoru a dbát na energetickou účinnost daných svítidel, tedy poměr mezi příkonem svítidla a vyzářeným světelným tokem. Použitím hospodárných svítidel můžeme podstatně zvýšit nejen úsporu provozní energie, ale také náklady na elektroinstalaci.

2.2 Nouzové osvětlení

Nouzové osvětlení je jeden z prvků požárně bezpečnostních zařízení. Je nutné především v případech, kdy dojde k selhání normálního umělého osvětlení; z tohoto důvodu je napájeno z nezávislého zdroje. Správně navržená soustava nouzového osvětlení je jedním ze základních pilířů pro zajištění bezpečného a rychlého úniku osob v případě vzniku mimořádné situace, například výpadku napájení umělého osvětlení, nebo v horších situacích, jako je požár budovy. Minimální parametry a vlastnosti nouzového osvětlení jsou popsány v normě ČSN 1838 Světlo a osvětlení – Nouzové osvětlení.

Nouzové osvětlení dělíme dle jejich funkcí na dvě základní skupiny:

- Nouzové únikové osvětlení (emergency escape lighting)
- Náhradní osvětlení (standby lighting)

2.2.1 Náhradní osvětlení

Náhradní osvětlení slouží jako přímá náhrada za normální umělé osvětlení, které poskytuje možnost pokračování normální pracovní činnosti v dané místnosti bez významného omezení. Používá se tam, kde by výpadek elektrické sítě mohl vést k významným finančním ztrátám vzniklých při výpadku výroby. Většinou jsou řešeny dodávkou elektrické energie z jiného zdroje o přiměřeném výkonu. Je-li hladina náhradního osvětlení nižší než hodnota minimálního osvětlení pro danou činnost, smí se náhradní osvětlení použít pouze pro přerušení nebo dokončení činnosti. (10)

2.2.2 Nouzové únikové osvětlení

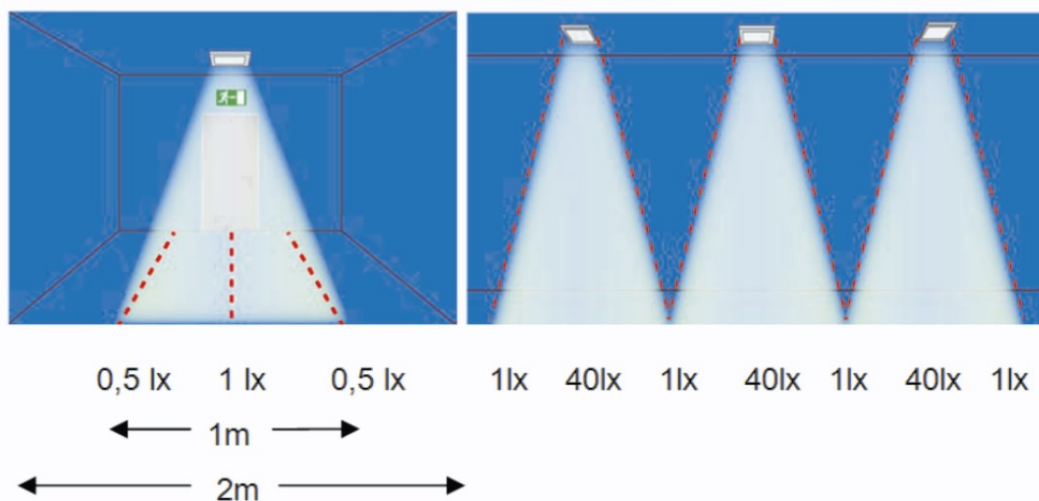
Slouží k zabezpečení bezpečného odchodu osob z prostorů, kde došlo k výpadku normálního osvětlení. Toto osvětlení musí být poskytnuto včas, automaticky a po dobu potřebnou k bezpečnému odchodu osob pro daný prostor. K aktivaci nouzového únikového osvětlení dochází jak v případě úplného výpadku normálního osvětlení, tak při výpadku v koncovém obvodu, např. při výpadku osvětlení v poslední místnosti v hierarchii osvětlení. Nouzové únikové osvětlení na rozdíl od náhradního osvětlení neslouží k pokračování činnosti v daném prostoru. (2)

2.2.2.1 Nouzové osvětlení únikových cest

Účelem tohoto osvětlení je umožnit bezpečný odchod osob z prostoru poskytnutím dostatečných podmínek pro vidění a určení směru únikové cesty, případně zajistit snadnou orientaci k protipožárním a bezpečnostním zařízením.

Základní požadavky:

- Zdůraznění míst jako jsou schodiště, změna úrovně, změna směru, křížení chodeb, místo první pomoci, místo umístění hasicího prostředku.
- Pro únikové cesty do šířky 2 m nesmí být horizontální osvětlenost na podlaze podél osy únikové cesty menší než 1lx a středový pás široký alespoň polovinu šíře cesty musí být osvětlen minimálně na 50% této hodnoty.
- Poměr maximální a minimální osvětlenosti podél osy únikové cesty nesmí být větší než 40:1.
- Minimální doba svícení musí být minimálně 1 hodina.
- Osvětlení musí dosáhnout 50% požadované osvětlenosti do 5s a 100% hodnoty do 60s od výpadku napájení. (2)



Obr. 32 Zobrazení nouzového osvětlení únikových cest (2)

2.2.2.2 Protipanické osvětlení

Účelem protipanického osvětlení je omezit možnost vzniku paniky a umožnit osobám bezpečný odchod směrem k únikovým cestám. Toto osvětlení je používáno v prostorech, kde nejsou určeny únikové cesty, tedy prostory s podlahovou plochou větší než 60 m² nebo i v menších prostorech, kde je možno počítat s výskytem velkého počtu osob. Směr světla na únikových cestách a veřejných prostorech má být směrem dolů k pracovní rovině, ale zároveň musí být osvětleny všechny překážky do výšky 2 m nad touto plochou. (10)

Základní požadavky:

- Vodorovná osvětlenost nesmí být menší než 0,5lx na úrovni podlahy uvnitř prázdného prostoru s výjimkou obvodového pruhu o šíři 0,5 m.
- Poměr maximální a minimální osvětlenosti v prostoru nesmí být větší než 40:1.
- Minimální doba svícení musí být minimálně 1 hodina.
- Osvětlení musí dosáhnout 50% požadované osvětlenosti do 5s a 100% hodnoty do 60s od výpadku napájení. (2)

2.2.2.3 Nouzové osvětlení prostorů s velkým rizikem

Účelem tohoto osvětlení je umožnění řádného ukončení potenciálně nebezpečných procesů a prací tak, aby byla zachována bezpečnost ostatních uživatelů těchto prostor. Jedná se například o díly s točícími stroji, různá manipulace s biologickým materiálem atd. (2)

Základní požadavky:

- Udržování osvětlenosti na srovnávací rovině nesmí být menší než 10% požadované udržované osvětlenosti pro danou činnost, avšak nesmí být menší než 15 lx.
- Osvětlení nesmí způsobovat stroboskopický jev.
- Rovnoměrnost nouzového osvětlení nesmí být menší než 0,1.
- Minimální doba svícení musí být rovna době trvání nebezpečí pro osoby, tato doba je stanovena zaměstnavatelem.
- Osvětlení musí poskytnout požadovanou osvětlenost trvale, nebo do 0,5s v závislosti na jeho použití. (2)

2.2.3 Svítidla pro nouzové osvětlení

2.2.3.1 Typy svítidel

Nouzové svítidlo v pohotovostním režimu

Nejčastěji používaný typ svítidel. Tato svítidla jsou používána pouze v případě, že dojde k výpadku napájení normálního osvětlení. Jsou běžně označována jako pouze nouzová svítidla.

Nouzové svítidlo v trvalém provozu

Svítidlo, které slouží jak pro normální provoz, tak jako nouzové svítidlo. Tento typ svítidel se často používá v kancelářských budovách. Zde je většinou nouzové osvětlení řešeno jako součást osvětlovací soustavy normálního osvětlení a v případě výpadku jsou daná svítidla napájena z centrálního nebo autonomního zdroje pomocí invertoru, tedy přídatné jednotky složené z elektronické jednotky, případně baterie.

Kombinované nouzové svítidlo

Svítidlo, které se skládá z více světelných zdrojů, kdy minimálně jeden tento světelný zdroj slouží jako zdroj nouzového osvětlení a je napájen ze zdroje pro nouzové osvětlení.

2.2.4 Provedení nouzového osvětlení

Z typů svítidel vychází dva základní způsoby provedení nouzového osvětlení.

Svítidla s vlastními trvale napájenými akumulátory

Napájení svítidla zajišťuje trvalé dobíjení akumulátorů. Ke svítidlu jsou přivedeny spínaná a nespínaná fáze. V případě požáru nebo poruchy dojde ke ztrátě napětí na nespínané fázi, čímž předřadník svítidla přepne na napájení z akumulátoru. Vedení ke svítidlům nemusí být ohniodolné.

Výhody:

- Malá šance na poškození nebo vybití baterií ve všech svítidlech najednou
- Levnější instalace vedení
- V případě zatopení místnosti nebo požáru zůstávají svítidla napájena na vlastní zdroj bezpečného napětí a nehrozí od nich nebezpečí úrazu elektrickým proudem

Nevýhody:

- Nutnost testovat jednotlivá svítidla a měnit v jednotlivých svítidlech baterie
- Pracná kontrola funkčnosti systému, kdy se musí zkontrolovat jednotlivá svítidla zvlášť; existuje možnost použití centrálního testu, ten však zvyšuje cenu instalace

(11)

Svítidla napájená z centrálního zdroje

Tato svítidla jsou napájena z centrálního bateriového systému. Na vedení napájení je tedy potřeba nahlížet jako na požárně bezpečnostní zařízení a je tedy potřeba jej navrhnout jako systém se zachováním funkčnosti při požáru, což znamená, že kabely i kabelové trasy musejí být ohniodolné. Centrální zdroj musí být umístěn v samostatném požárním úseku spolu s příslušným rozvaděčem pro nouzové osvětlení. Na vedení se ve většině případů používají bezhalogenové ohniodolné kabely, například CHKE-V.

Výhody:

- Snadná kontrola stavu centrální baterie

Nevýhody:

- V případě výpadku centrální baterie nesvítí žádné z nouzových svítidel
- Při použití malého bezpečného napětí je potřeba použití kabelů s velkým průřezem z důvodu úbytku napětí na jednotlivých napájecích úsecích
- Při použití nízkého napětí je potřeba zajistit vypnutí tohoto napájení v případě zatopení nebo požáru, z důvodu ochrany před úrazem elektrickým proudem

(11)

2.3 Výpočetní metody pro návrh vnitřních osvětlovacích soustav

Při projektování umělého osvětlení je potřeba vycházet z výpočetních metod, které slouží k stanovení minimálního počtu svítidel s danými světelnými zdroji a určit celkový instalovaný příkon světelné soustavy tak, aby byly dodrženy minimální normové hodnoty.

Výpočetní metody dělíme na dvě základní skupiny, a to na tokové a bodové metody.

2.3.1 Tokové výpočetní metody

Tato metoda se v praxi nejčastěji používá pro předběžný návrh osvětlení. Díky ní jsme schopni stanovit celkový potřebný světelný tok zdrojů, který je potřeba pro splnění průměrné hodnoty celkové osvětlenosti v bodech vodorovné srovnávací roviny.

Tyto metody respektují vliv mnohonásobných odrazů světelného toku.

Potřebný světelný tok zdrojů vypočítáváme ze vztahu:

$$\Phi_z = \frac{E_m \cdot A}{z \cdot \eta_E} = \frac{E_{m0} \cdot A}{\eta_E} \quad [\text{lm}; \text{lx}; \text{m}^2] \quad (2.2)$$

Kde:

E_m – udržovaná osvětlenost

A – velikost osvětlované plochy

z – udržovací činitel

E_{m0} – průměrná počáteční hodnota osvětlení

η_E – činitel využití pro výpočet osvětlenosti (2)

Vypočtený světelný tok Φ_z pak postačí vydělit světelným tokem zdroje ve svítidle a získáme počet svítidel potřebných pro osvětlení daného prostoru. Jelikož výsledek málokdy vyjde ve formě celého čísla, je ho potřeba zaokrouhlit a vzít také v úvahu rozmístění jednotlivých svítidel. Následně je potřeba ověřit původní výpočet pro zajištění toho, že i po korekci počtu a rozmístění svítidel je dodržena požadovaná osvětlenost E_m . (2)

$$E_m = \frac{\Phi_z}{A} \cdot z \cdot \eta_E \quad [\text{lm}; \text{lx}; \text{m}^2] \quad (2.3)$$

(2)

2.3.2 Bodové výpočetní metody

Tyto metody se používají pro výpočet osvětlenosti v kontrolních místech dané pracovní roviny. Při běžných výpočtech neuvažují vliv odražených světelných toků.

Pro vnitřní osvětlení lze tyto metody použít pouze u místností, kde lze zanedbat odrazy od okolních stěn, stropů a podlahy; tedy místnosti s velice nízkou odrazností povrchů.

2.4 Měření umělého osvětlení

Měření umělého osvětlení se používá například pro ověření stávajícího stavu osvětlení, kdy investor chce zjistit, jestli je daná osvětlovací soustava vyhovující aktuálním normám, nebo v případě nové stavby slouží k ověření, zda byla daná osvětlovací soustava správně navržena. Měření se řídí dle norem ČSN 36 0011-1 Měření osvětlení a ČSN 360011-3 Měření umělého osvětlení. V těchto normách je definován postup měření a také obsah, který musí obsahovat dokument z měření.

Dokument musí obsahovat:

- důvod proč se měření provádí

- podmínky při měření (tlak, teplota, vlhkost, napětí soustavy)
- seznam měřicích zařízení (údaje o korekcích a záznam o kalibraci)
- popis měřeného prostoru (odrazností prostorů)
- popis osvětlovací soustavy

Měření probíhá ve výšce srovnávací hladiny, tedy ve výšce, kde bude docházet k dané činnosti. Nejčastěji však v 0,85 m od podlahy.

Před měřením se určí síť kontrolních bodů v místnosti, tvar sítě by měl být pokud možno čtvercový. Rozměry této sítě se určují z velikosti dané místnosti. Vzdálenost jednotlivých bodů sítě a jejich počet je závislý na velikosti dané místnosti. Pro určení minimálního počtu bodů používáme vzorec:

$$n = \frac{a \cdot b}{5h \cdot (a + b)} \quad (2.4)$$

Kde:

a, b – rozměry místností

h – výška svítidel nad srovnávací rovinou (2)

Luxmetr, který se pro měření osvětlení používá, nesmí být při měření ničím krytý a musí být stabilně umístěn ve výšce srovnávací roviny. Měření by mělo probíhat tak, aby došlo ke změření míst s nejnižší a nejvyšší intenzitou osvětlení.

Ze změřených hodnot pak určíme tyto hodnoty:

E_m – průměrná hodnota osvětlenosti

$$E_m = \frac{\sum_n E_m}{n} \quad [\text{lx}] \quad (2.5) \quad (2)$$

r – rovnoměrnost osvětlení (podíl minimální a průměrné horizontální osvětlenosti)

$$r = \frac{E_{min}}{E_m} \quad (2.6) \quad (2)$$

p – měrný příkon

$$p = \frac{P}{S} \quad [\text{W/m}^2] \quad (2.7) \quad (2)$$

k_u – korekční faktor napětí

$$k_u = \left(\frac{U_n}{U_m} \right)^c \quad (2.8) \quad (2)$$

2.4.1.1 Luxmetr



Luxmetr je měřicí přístroj používaný pro měření osvětlenosti. Většinou má dvě základní části, a to fotometrickou hlavu a záznamové zařízení. Fotometrická hlava je většinou vybavena filtrem spektrální citlivosti, který zajišťuje, aby sonda měla spektrální citlivost blízkou lidskému oku, a difúzní nástavce, které korigují směrové chyby fotodetektoru.

Obr. 33 Luxmetr PU550 používaný ve firmě INGE Opava

3. Vývoj svítidla pro osvětlení auly

Při navrhování nové osvětlovací soustavy pro aulu Slezské univerzity v Karviné jsme museli ve firmě INGE Opava vyvinout nové svítidlo, a to z toho důvodu, že jsme v sortimentu neměli k dispozici přiměřenou náhradu za svítidlo s halogenidovou výbojkou o výkonu 400W. Nebyl to však vývoj nového svítidla zcela od začátku, ale snaha použít a upravit stávající certifikovaná svítidla tak, aby se předešlo nutnosti provést novou certifikaci svítidla a předejít drahému vývoji nového svítidla, které by muselo projít finančně náročným certifikačním řízením. Navíc potenciál tohoto svítidla by v sortimentu firmy INGE Opava nejspíš neměl dostatečné uplatnění, jedná se tedy pravděpodobně o jednorázové použití svítidla.

3.1 Původní svítidlo

Původní světelná soustava nebyla měněna od dob postavení budovy. Původní svítidla jsou tedy zastaralá a jejich účinnost je minimální. Pár svítidel již není funkčních a z pohledu majitele stavby se již tato svítidla nevyplatí obnovovat; pokud tedy nejde o pouhou výměnu světelného zdroje, nedochází k žádnému servisu svítidel a počítá se s kompletní obnovou osvětlovací soustavy.

Reflektorové svítidlo DSS 400 je určeno pro osvětlování sportovních a průmyslových hal, venkovních sportovišť, skladů, železničních koridorů a nádraží, veřejných prostranství apod.

(12)

Těleso svítidla je kokilový odlitek z hliníku opatřený práškovou polyesterovou barvou. Nástavec pro předřadník je hliníkový odlitek pevně spojený s tělesem svítidla. V nástavci je kromě předřadníku umístěna také svorkovnice. Těleso svítidla je uzavřeno rámem, v němž je vsazené tvrzené sklo a silikonové těsnění. Rám z Al slitiny je k tělesu svítidla přichycen sponami. Parabolický reflektor je vyroben z vysoce leštěného Al s čistotou 99,85 %. Součástí svítidla je také výkyvná vidlice z pásoviny 40 x 5 mm opatřená také práškovou polyesterovou barvou.

(12)



Obr. 34 Původní výbojkové svítidlo

3.2 Nové svítidlo

Cílem vývoje bylo použít technologie používané ve stávajících svítidlech a vložit je do nového tělesa, architektovi by se, co se týče vzhledu, líbilo použití reflektorových svítidel. Hlavním cílem bylo vyvinout svítidlo přesně na míru danému projektu tak, aby se dosáhlo co nejlepších parametrů.

3.2.1 Popis svítidla



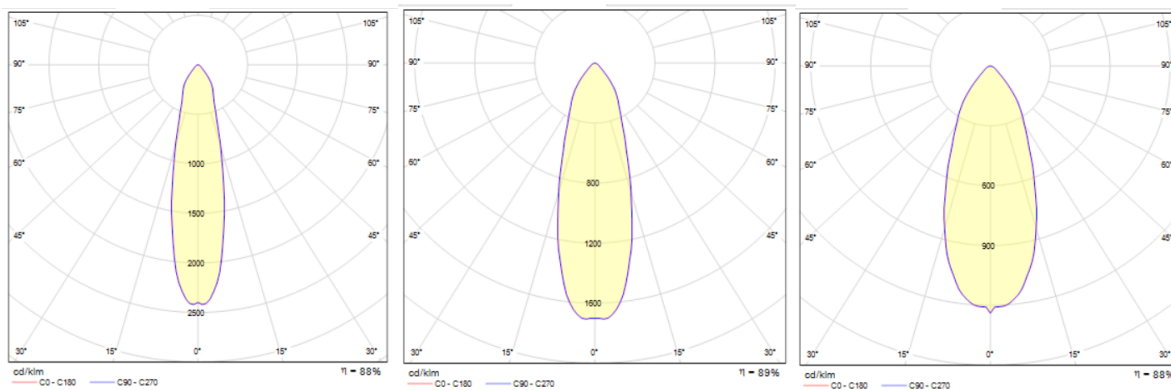
Obr. 35 Předpokládaný vzhled svítidla

Těleso svítidla

Těleso svítidla je obdélníkového tvaru, aby zcela zapadlo do místa původního svítidla. Ke stávající stropní konstrukci bude připevněno pomocí trmenů.

Optická část

Jako optická část bylo zvoleno 6 samostatných reflektorů s antistatickým krytem proti vnikání nečistot. Jednotlivé reflektory bude možno různě natáčet. U reflektorů bylo potřeba správně vybrat úhel vyzařování. K dispozici jsem měl tři úhly vyzařování, a to 15,3°, 23,3° a 33,6°. Ve výpočtu osvětlení jsem použil všechny tři varianty a vybral ten, který měl nejlepší výsledky. Kritériem výběru byla rovnoměrnost osvětlení a oslnění. Z měření jsem zjistil, že nejlepších výsledků dosáhnou s reflektorem 23,3°. Reflektor 15,3° měl nedostačující rovnoměrnost osvětlení a reflektor 33,6° způsoboval vyšší oslnění.



Obr. 36 Zleva reflektor 15,3°; reflektor 23,3° a reflektor 33,6°

Světelný zdroj

K reflektorům jsou ve firmě k dispozici tři základní výkonové skupiny LED boardů, 2, 4 a 6 LED. Použité LED jsou OSRAM Duris S8, každá s max. výkonem 450lm. Jako první jsem ve výpočtu použil LED board s 6 LED, avšak ten byl dle výsledků naddimenzován, proto jsem finálně vybral LED board se 4 LED, který se ukázal jako ideální volba.

Elektrická výbava

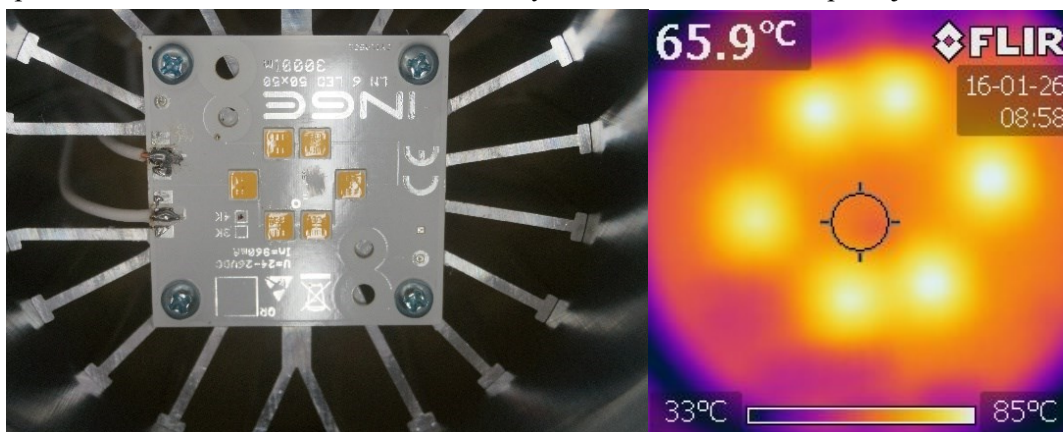
Po výběru světelného zdroje bylo potřeba vybrat zdroj napájení. Podmínkou je, aby el. výbava svítidla byla s ochranou SELV, tedy napětí ze zdroje nesmí být větší jak 60V.

Parametry LED boardu jsou 640mA, 24,4V a 15,6W. Z těchto parametrů lze říct, že nelze spojit více jak 2 LED boardy sériově. Z tohoto důvodu byl upraven původní LED board z původního čistě paralelního zapojení LED do sérioparalelního LED, čímž se podařilo dosáhnout těchto parametrů: 320mA, 48,8V, 15,6W. Nyní je možno zapojit 3 LED boardy paralelně.

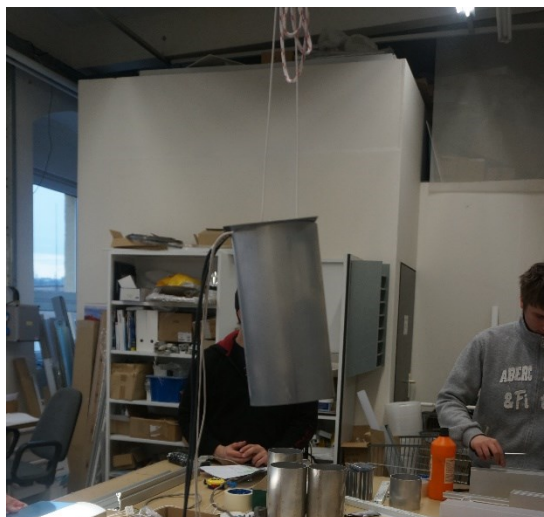
Svítidlo tedy bude obsahovat 2 LED drivery OSRAM OTI DALI 50 LT2, kdy každý z nich bude napájet 3 LED boardy.

Teplota svítidla

Konstrukčním problémem reflektorového svítidla je problém s chlazením LED boardu. Svítidlo je ze spodní strany plně uzavřeno reflektorem, z toho důvodu svítidlem neprochází téměř žádný vzduch, který by chladil LED board a jeho chladič. Z měření, které proběhlo při vývoji samostatného svítidla, víme, že teplota na Tc bodu LED boardu s šesti LED byla okolo 65,9°C. Tato teplota je však hraniční.

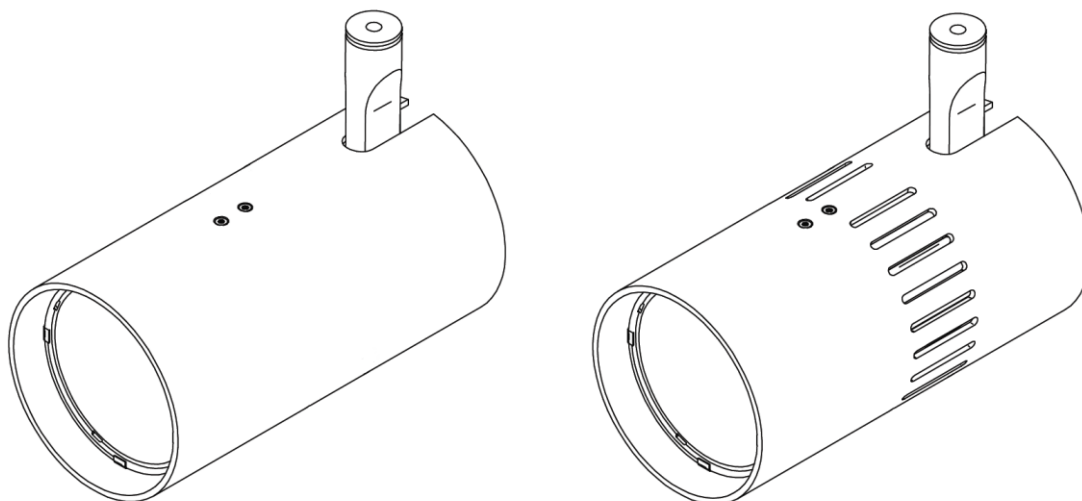


Obr. 37 Zleva foto LED boardu na žebrovém chladiči. Vpravo snímek z infrazamery.



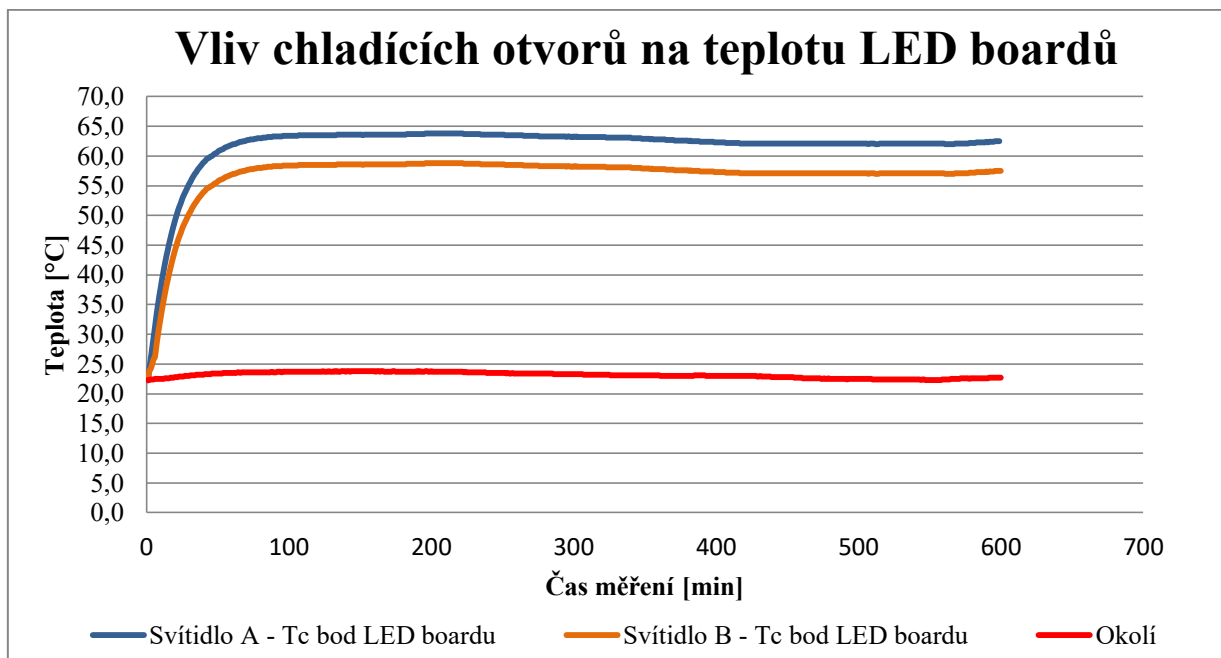
Obr. 38 Příprava svítidla pro teplotní měření - pracovní poloha.

V novém svítidle bude sice použit LED board se čtyřmi LED, který má o třetinu menší tepelnou ztrátu, avšak těchto reflektorových svítidel bude použito šest v malém prostoru. Tudíž množství svítidel by mohlo vykompenzovat nižší tepelnou ztrátu LED boardu a nejspíše by teplota na Tc bodu LED boardu mohla být ještě vyšší. Z toho důvodu bylo potřeba se zamyslet nad konstrukcí tělesa a zlepšit chlazení LED boardu a jeho chladiče. Jako ideální možnost se zvolilo vyfrézování chladících otvorů v tělese svítidla. Tyto chladící otvory ve svítidle vytvoří komínový efekt, kdy vlivem teplotního sálání chladiče LED boardu bude chladícími otvory vtahován chladnější vzduch, který bude ochlazovat chladič LED boardu.



Obr. 39 Původní a nově navržené těleso reflektoru

Pro ověření této teorie jsem provedl měření na dvou reflektorech, kdy původní byl bez chladících otvorů a nový s chladícími otvory. Reflektory byly měřeny v pracovní poloze, tedy v poloze vertikální. Osazeny byly LED boardem se šesti LED; z důvodu nedostupnosti LED boardu se čtyřmi LED v době vývoje svítidla. Z výsledků vyplývá, že chladící žebrování sníží teplotu na Tc bodu LED boardu o 5°C. Toto snížení by mělo být pro svítidlo dostatečné.



Obr. 40 Graf závislosti chladících otvorů na teplotu LED boardu

Finální parametry svítidla

Světelný tok zdroje – 10860lm

Světelná účinnost svítidla – 89%

Příkon svítidla – 104W

Měrný výkon svítidla – 92lm/W

4. Současný stav osvětlení auly

Pro posouzení současného stavu osvětlení jsem provedl měření umělého osvětlení v sále auly. Měření probíhalo v nočních hodinách dne 16. 9. 2016.

Současný stav osvětlovací soustavy je žalostný a pár svítidel je již nefunkčních.

4.1 Měření současného stavu



Obr. 41 Aula SLU Karviná



Obr. 42 Nefunkční svítidla - Aula SLU Karviná

Měřicí přístroje:

- Luxmetr PU 550 Metra Blansko, v. č.:270708/2598, kalibrační list č.242/2016
- Multimetr REVEX plus, v.č. 517741014, kalibrační list č.2025/K
- teploměr

Podmínky při měření:

Teplota: 21 °C

Stav údržby:

Svítidla v místnosti, která je předmětem měření, jsou pravidelně čištěna, trubice jsou pravidelně měněny, technický stav odpovídá stáří. Stáří svítidel jsem stanovil na 20 let. V době měření nebyla všechna svítidla funkční - devět halogenových svítidel již není v provozu.

Osvětlovací soustava:

U osvětlovací soustavy je předpokládána doba svícení po dobu výuky a to cca 8 hod za den po dobu 5 dní v týdnu. Soustava v místnosti je tvořena třemi typy svítidel.

Počet kusů:	Typ optiky	Výrobce:	Sv. zdroj
31	Čirý kryt	Metasport a.s.	Halogenová výbojka 400W
51	Polykarbonátový kryt	výrobce nezjištěn	Zářivka 20W
32	Polykarbonátový kryt	výrobce nezjištěn	Zářivka 36W

Tab. 4 Současná svítidla v aule SLU Karviná

Podmínky a požadavky měření:

Vzhledem k rozlehlosti prostoru byla zvolena mřížová síť bodů o vzdálenosti mezi jednotlivými body měření 1 m. Měřicí body jsem rozvrhl tak, aby byla změřena hlavně místa k sezení pro studenty a hladina osvětlenosti na stolech.

Posluchárna

V tomto prostoru bylo úkolem změřit intenzitu osvětlení a rovnoměrnost v místech, kde jsou umístěny lavice.

Tento prostor je normou zařazen do kategorie

5.36 Vzdělávací zařízení – Školské budovy 5.36.3 auditoria.

Normový požadavek $E_m = 500$ lx.

Normový požadavek rovnoměrnosti osvětlení = 0,6.

Komunikační prostory a chodby

Tento prostor je normou zařazen do kategorie

5.36 Vzdělávací zařízení – Školské budovy 5.36.17 komunikační prostory a chodby

Normový požadavek $E_m = 100$ lx.

Normový požadavek rovnoměrnosti osvětlení = 0,4.

Výška srovnávací roviny a rozmístění kontrolních bodů:

Výška srovnávací roviny pro:

Posluchárna a bezprostřední okolí úkolu – 850 mm, měřeno na úrovni lavice.

Komunikační prostory – podlaha, tedy 0 mm

4.2 Postup měření

Měření probíhalo v nočních hodinách, tak aby bylo zamezeno vlivu denního světla z venkovních prostorů. Navíc byly zataženy rolety, čímž se zamezilo vlivu umělého veřejného osvětlení v okolí SLU Karviná.

V místnosti byla rozsvícena všechna dostupná svítidla (přesněji řečeno všechna funkční svítidla) a nechala se půl hodiny zahořet. Po zahoření jsem dle předem připraveného rastru začal měřit osvětlení. V komunikačních prostorech jsem pokládal měřící hlavu luxmetru na zem a odstoupil od čidla tak, abych co nejvíce zamezil stínění svou osobou. V případě měření osvětlenosti na lavicích jsem čidlo pokládal na lavici s rozstupem 2 míst. Tedy v řadě, kde je umístěno 10 sedadel, jsem změřil 5 hodnot.

Všechny hodnoty jsem přepsal do tabulek. Jednotlivé hodnoty jsem poté vynásobil korekční křivkou luxmetru a hodnotou korekce napětí. Následně jsem vypočítal průměrnou osvětlenost a rovnoměrnost. Výsledky jsem poté shrnul do přehledných tabulek Tab. 5 a Tab. 6.

4.3 Závěr z měření

Z naměřených výsledků vyplývá, že současné osvětlení je zastaralé a neodpovídá současným normám; je proto potřeba provést obnovu osvětlovací soustavy. Díky plánované celkové rekonstrukci dojde i k výměně této osvětlovací soustavy.

	Normová hodnota	Naměřená hodnota	Je splněn normový požadavek?
Katedra	0,6	0,84	ANO
Posluchárna 1.NP	0,6	0,2	NE
Posluchárna 2.NP	0,6	0,18	NE
Komunikační prostory 1.NP	0,4	0,22	NE
Komunikační prostory 2.NP	0,4	0,22	NE

Tab. 5 Výsledky měření - rovnoměrnost osvětlení

	Normová hodnota [lx]	Naměřená hodnota [lx]	Je splněn normový požadavek?
Katedra	500	358	NE
Posluchárna 1.NP	500	186,3	NE
Posluchárna 2.NP	500	301	NE
Komunikační prostory 1.NP	100	154,8	ANO
Komunikační prostory 2.NP	100	82,2	NE

Tab. 6 Výsledky měření - osvětlenost

5. Světelně technický návrh auly

V této části práce se budu zabývat návrhem nové osvětlovací soustavy. Ta zahrnuje umělé osvětlení, nouzové osvětlení a protipanické osvětlení; následně budu řešit návrh prvků řídicího systému pro řízení umělého osvětlení.

5.1 Návrh osvětlovací soustavy

Návrh a výpočet osvětlovací soustavy bude probíhat ve výpočetním programu Dialux od firmy Dial. Tento výpočetní program je k dispozici zdarma a slouží pro designování, výpočet osvětlení a vizualizaci prostorů. Pro výpočet je použita verze Dialux 4.13, která oproti verzi Dialux Evo 6 umí také výpočet nouzového osvětlení.

5.1.1 Použitá svítidla pro umělé osvětlení

Vestavné liniové LED svítidlo

Optickou část svítidla tvoří mikropyramidový kryt, který omezuje oslnění. Svítidla jsou vybavena LED DALI driverem, LED moduly s CRI min.80, CCT 4000K, účinnost svítidla 95lm/W a svítidlo má certifikaci ENEC. Součástí svítidel, která slouží pro protipanické osvětlení, jsou adresné moduly pro připojení na centrální bateriový systém.



Obr. 43 Vestavné svítidlo LINEA 80

Vestavné čtvercové LED svítidlo

Optickou část svítidla tvoří mikropyramidový kryt, který omezuje oslnění. Tělesa svítidla jsou doplněna prvky pro upevnění na stávající konstrukci stropu tak, aby instalace svítidel byla bezproblémová. Svítidla jsou vybavena LED DALI driverem, LED moduly s CRI min.80, CCT 4000K, účinnost svítidla 105lm/W a svítidlo má certifikaci ENEC. Součástí svítidel, která slouží pro protipanické osvětlení, jsou adresné moduly pro připojení na centrální bateriový systém.



Obr. 44 Vestavné svítidlo VMR modul 597

Dále je použito **Vestavné obdélníkové svítidlo s šesti individuálně nastavitelnými LED reflektorovými jednotkami**. Toto svítidlo již bylo popsáno v kapitole 3.2.1.

5.1.2 Umělé osvětlení

Jako první krok výpočtu je vymodelování prostoru dle výkresů poskytnutých ve formátu dwg. Po vytvoření modelu je zapotřebí určit činitel údržby. Zde nastává zádrhel, jelikož ve verzi Dialux 4.13 není možné nastavit jednotlivé činitele údržby pro jednotlivá svítidla, ale lze nastavit pouze jednotný činitel údržby. Jelikož však budou použita svítidla s LED a všechny druhy splňují IP20, lze použít činitel údržby 0,76. Součástí činitele je i stanovení odraznosti povrchů stropů, zdí a podlahy. Ty v době návrhu nejsou známy, a proto použijí standardní hodnoty 70/50/20%.

Činitel údržby pro LED svítidla s IP2X

3.2 LLMF = 1 (LED driver, bude udržovat konstantní hodnotu osvětlení po dobu životnosti LED.)

LSF = 1

3.4 LMF= 0,82 při čištění 1x za rok.

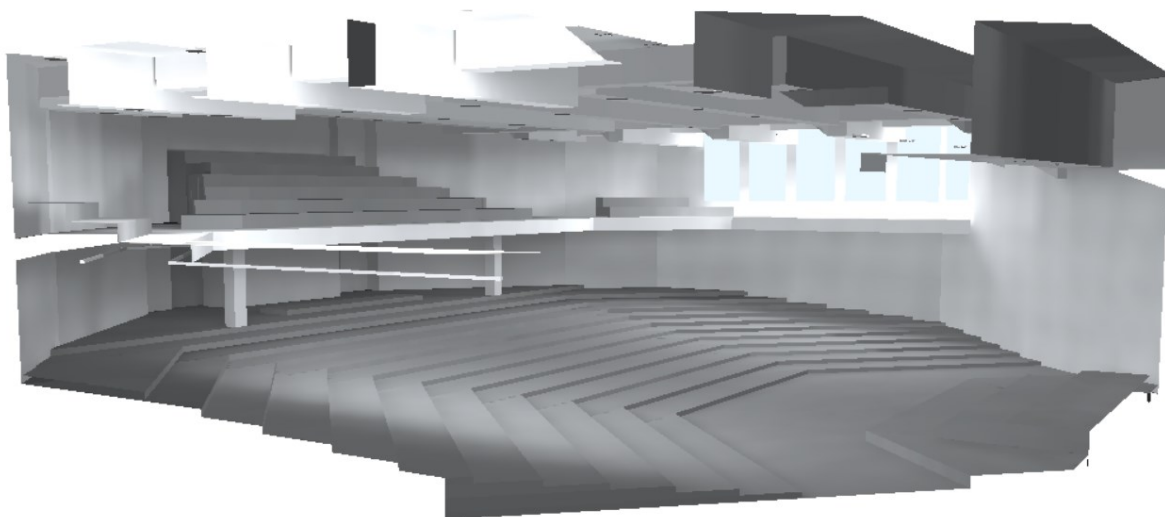
3.6 RSMF= 0,93 při obnově nátěrů 1x za 6 let
a odraznost povrchů 70/50/20%

$$MF = LLMF \times LSF \times LMF \times RSMF$$

$$MF = 1 \times 1 \times 0,82 \times 0,93 = 0,762 \approx 0,76$$



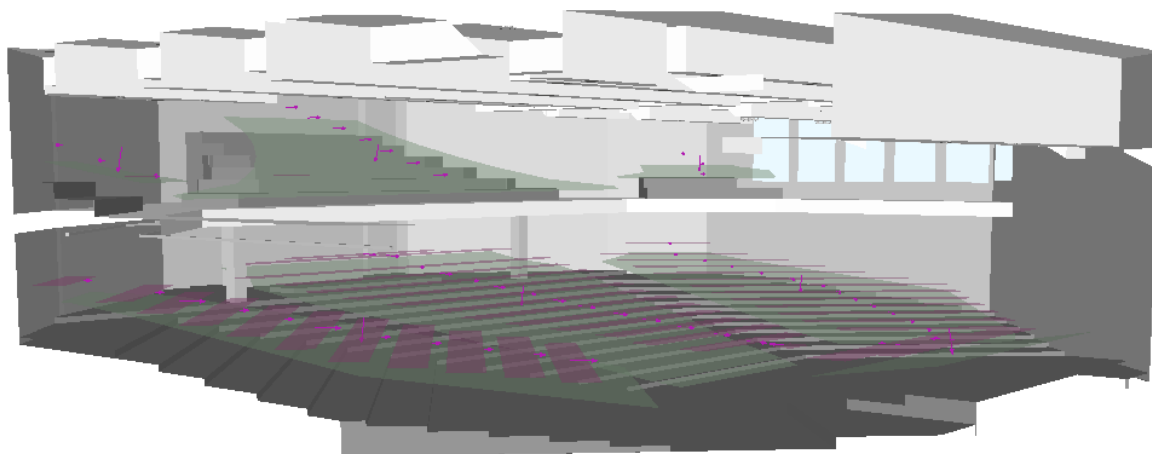
Obr. 45 Pohled od katedry na vymodelovaný sál auly ve výpočtovém programu Dialux



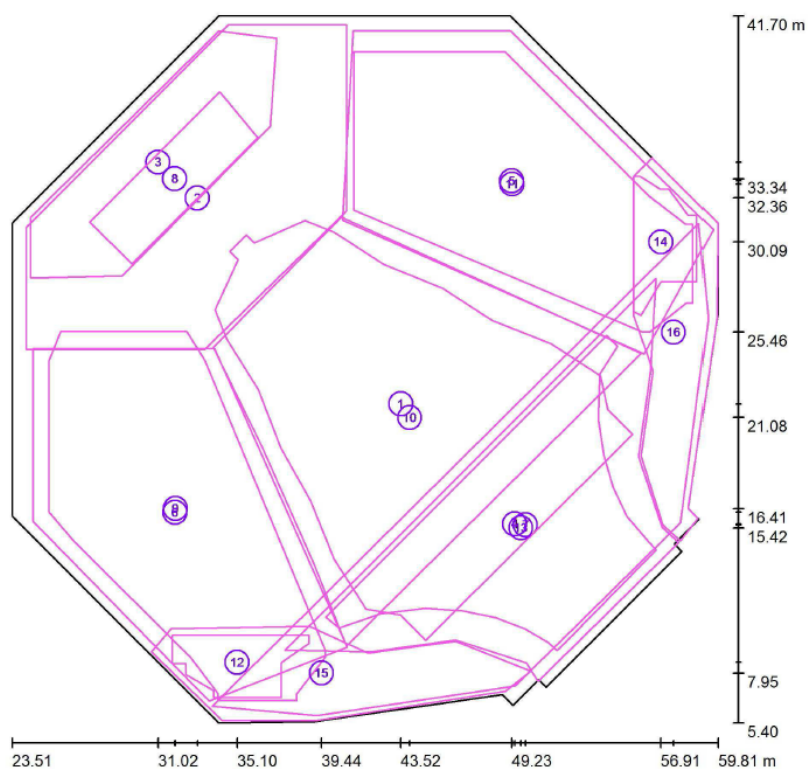
Obr. 46 Pohled z boku na vymodelovaný sál auly ve výpočtovém programu Dialux

Z vizualizace jde vidět, že se jedná o velmi členitý prostor, jehož modelace byla časově náročná.

Následně bylo potřeba vložit do vymodelovaného prostoru výpočtové plochy umělého osvětlení a oslnění. Výpočtové plochy pro umělé osvětlení bylo vcelku jednoduché vytvořit, jelikož s nimi je možno různě natáčet, tudíž nastavit sklon a vytvořit výpočetní lichoběžník nebyl problém; problém však vznikl při vytváření výpočetních ploch pro oslnění. Ty totiž Dialux neumí vytvořit tak, aby měly jakýkoli tvar a naklonění, musel jsem tedy vytvořit výpočtovou plochu zvlášť pro každou lavici. Pro zjednodušení jsem udělal výpočet pouze v přímém pohledu ke katedře.



Obr. 47 Výpočtové plochy v modelu sálu auly

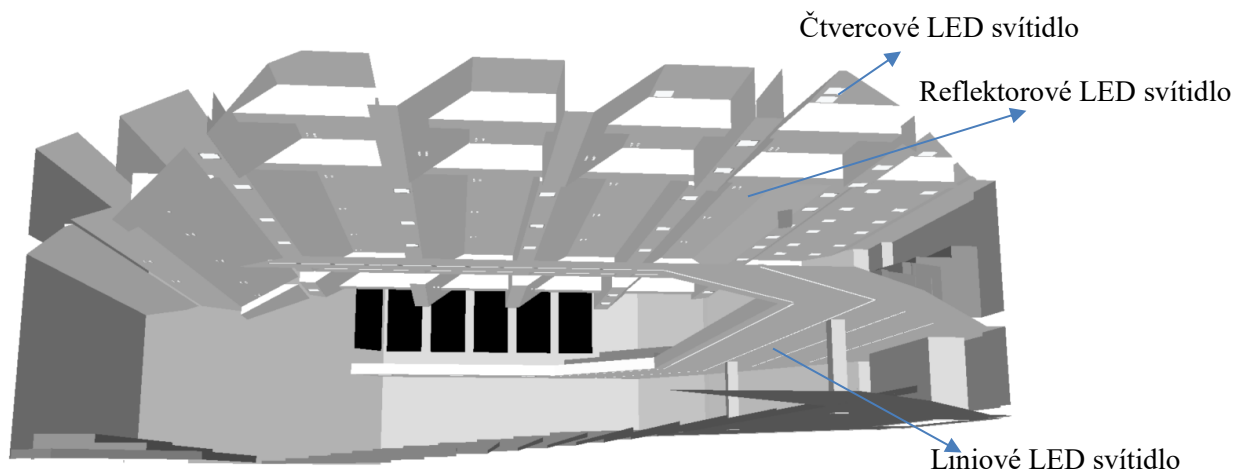


Obr. 48 Znáznornění výpočtových ploch v půdorysu z výpočtového programu Dialux

Dalším krokem bylo vložení vestavných čtvercových LED svítidel, která jsou umístěna ve stropu; tato svítidla slouží pro rovnoměrné osvětlení místnosti a dále jako hlavní osvětlení pro balkon. Svítidla, která osvětlují převážně 1.NP, jsou nastavena tak, aby místa v lavicích byla osvětlena minimálně na 300lx. Na balkóně jsou poté svítidla výkonově odstupňována tak, aby byly lavice osvětleny na hodnotu 500lx.

Pod balkonem jsou umístěna lineární svítidla sloužící pro osvětlení lavic pod balkonem a k osvětlení přístupových cest pod balkonem.

Ve stropě jsou dále umístěna reflektorová svítidla, díky kterým jsou lavice a katedra osvětleny na hodnotu 500lx. Reflektory jsou různě natočeny tak, aby bylo dosaženo požadované úrovně osvětlení a zároveň co nejlepšího výsledku rovnoměrnosti.



Obr. 49 Svítidla v modelu auly vymodelovaném ve výpočetním programu Dialux

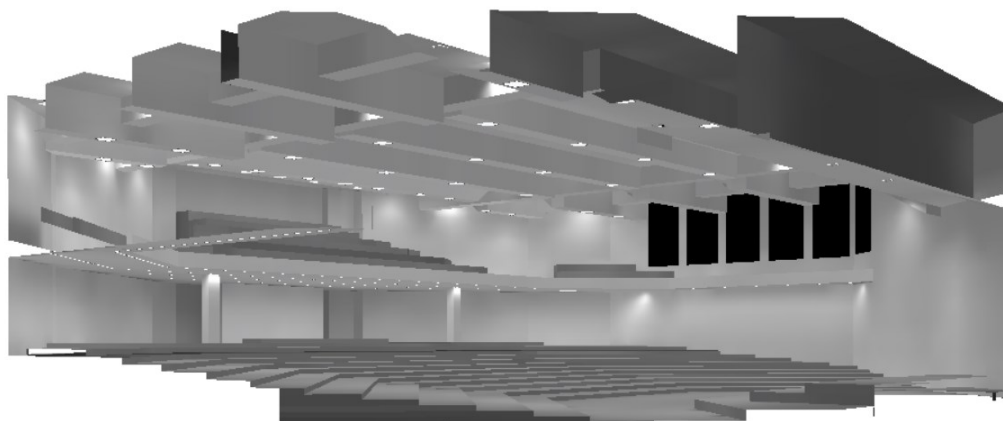
Výsledky výpočtů umělého osvětlení

Jak už bylo řečeno dříve, sál je velmi členitý a rozlehlý. Vytvoření modelu sálu se všemi prvky, výpočtovými plochami a svítidly trvalo okolo 10 hodin. Poté následovaly výpočty a úpravy svítidel, především optimalizace co se týče naklání reflektorů a případná úprava výkonu jednotlivých svítidel. Výpočet umělého a protipanického osvětlení trval 15 min. Při jakékoliv změně bylo tedy potřeba uvažovat o tom, co všechno bude mít daná změna za následek, jelikož následoval 15 minutový blok výpočtu. Celková doba od začátku po konečný výpočet byla přibližně 40 hodin práce.

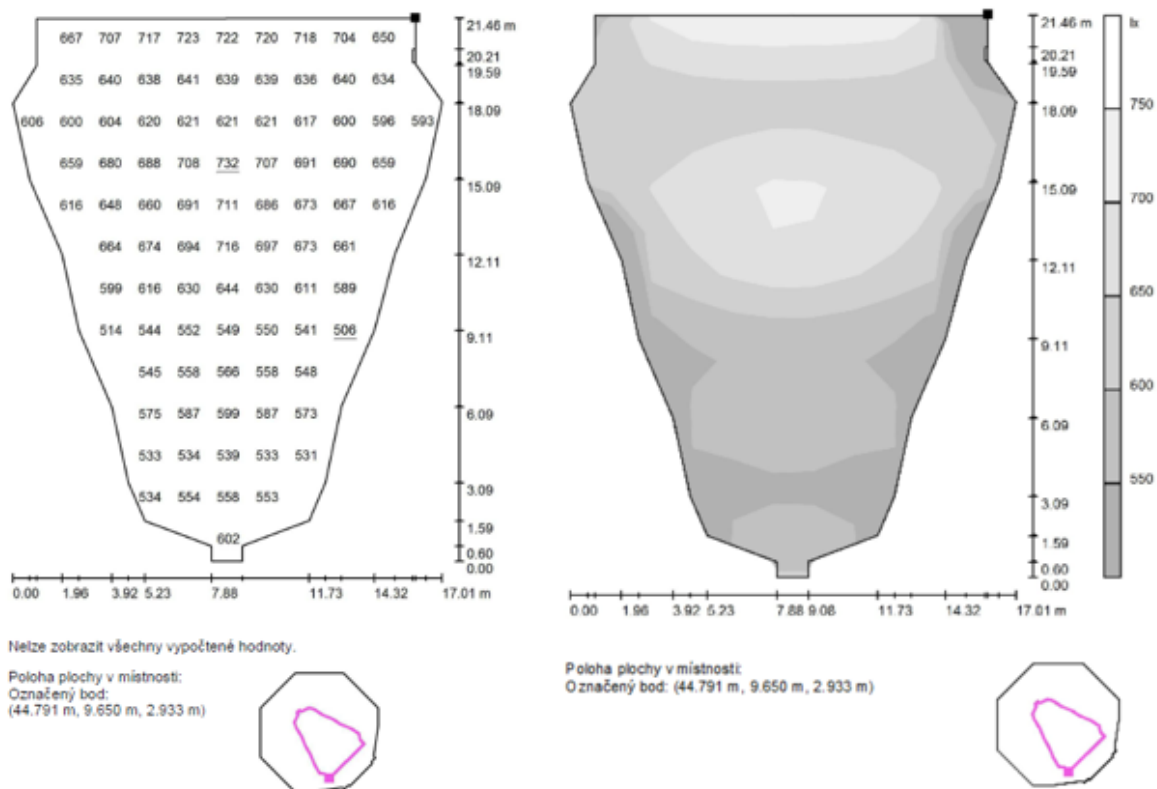
Výpočtová plocha	E_m [lx]	E_{min}/E_m	UGR	Výsledek
1.NP – katedra	662	0,777	Max.19	OK
1.NP – lavice vlevo	667	0,734	Max.19	OK
1.NP – lavice střed	621	0,817	Max.19	OK
1.NP – lavice vpravo	668	0,702	Max.19	OK
2.NP – lavice vlevo	593	0,602	Max.19	OK
2.NP – lavice střed	516	0,610	Max.19	OK
2.NP – lavice vpravo	585	0,618	Max.19	OK

Tab. 7 Výsledky výpočtu umělého osvětlení

Z Tab. 7 lze vidět, že všechny plochy místnosti splňují hodnoty udávané normou. Ve většině sálu je výkonová rezerva 100lx. Tato rezerva je zde z důvodu možné tmavosti nového interiéru a neznalosti přesných hodnot odrazivosti jednotlivých ploch. K regulaci na požadovanou hodnotu budou sloužit senzory, které budou měřit osvětlenost a dle toho nastavovat výkon svítidel. Tento výpočet tedy sloužil pro návrh osvětlovací soustavy a následné ověření jejího správného navržení.



Obr. 50 Vizualizace finální podoby osvětlení v aule ve výpočtovém programu Dialux



Obr. 51 Vybraná část výpočtu - lavice v prostřední části přízemí zobrazené v grafu hodnot a stupních šedi

5.1.3 Nouzové a protipanické osvětlení

Nouzové osvětlení

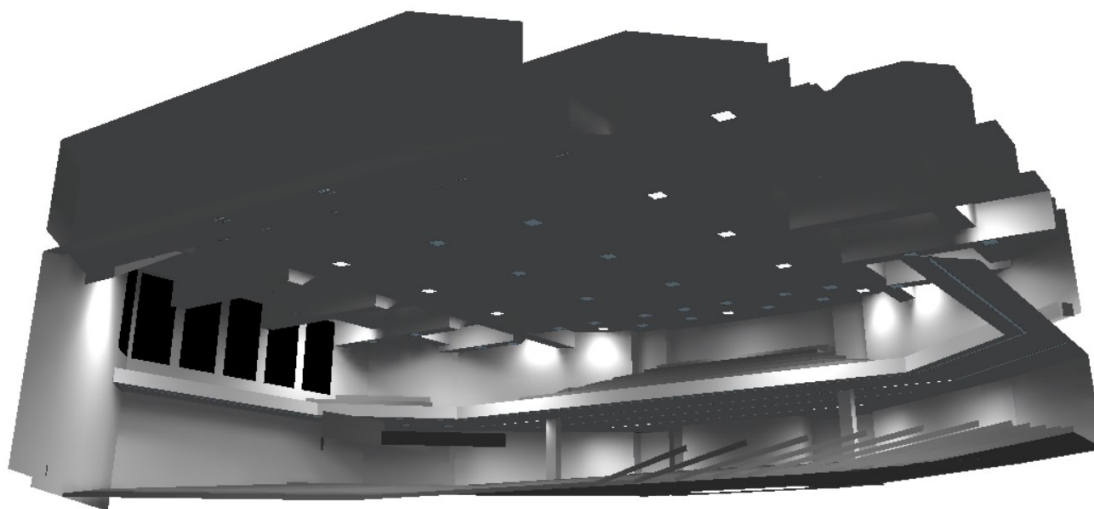
Nouzové osvětlení objektu je navrženo jako nouzové osvětlení únikových cest dle ČSN EN 1838. Nouzové osvětlení bude napájeno z centrálního bateriového systému. Svítidla musí splňovat podmínku doby svícení po výpadku napájení, a to min. 1 hodinu. V případě výpadku napájení budou nouzová svítidla automaticky zapnuta. Svítidla budou umístěna tak, aby splnila funkci bezpečného vyvedení z budovy. Budou tedy umístěna nad všemi dveřmi, které slouží k únikovému východu, a u schodiště. Jako nouzové osvětlení budou použity přisazené piktogramy s LED osvětlením s viditelností 20 m a 30 m. Světelný tok na konci jmenovité doby provozu musí být 100%.



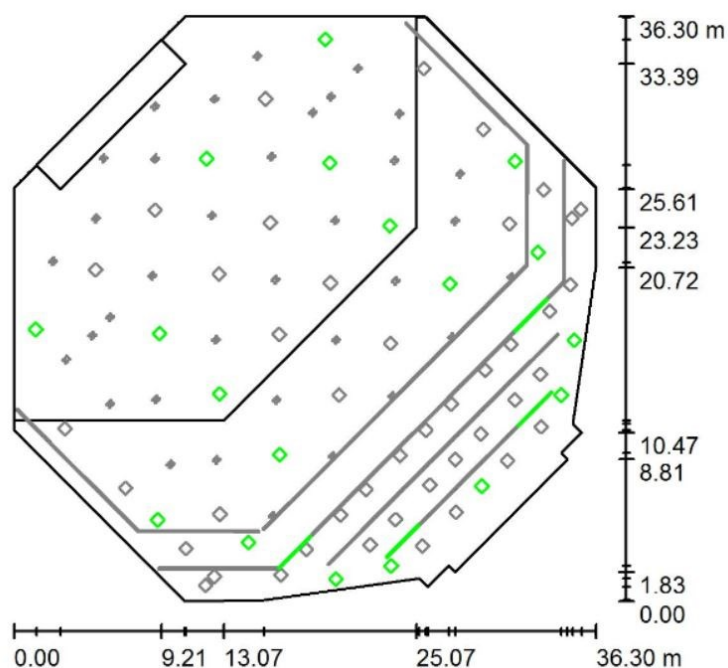
Obr. 52 Piktogram s LED osvětlením (13)

Protipanické osvětlení

Jako protipanické osvětlení budou použita stropní čtvercová LED svítidla a také liniová LED svítidla. Ta budou obsahovat nouzový adresný modul a budou taktéž napájena z centrálního bateriového systému. Každé svítidlo je nastaveno zvlášť, aby v prostorách auly byly dodrženy normované hodnoty osvětlení pro protipanické osvětlení. Odstupňování lze dobře vidět na čtvercových LED svítidlech, kdy svítidlo osvětlující přízemí je umístěno ve stropě, má v protipanickém režimu 40% své jmenovité hodnoty a svítidlo osvětlující balkon v protipanickém režimu pracuje pouze na 10% své jmenovité hodnoty. Na Obr. 53 je vizualizace, na které lze vidět, jaká svítidla fungují jako protipanická. Na Obr. 54 jsou zobrazeny zelenou barvou svítidla, která jsou navržena jako protipanická.



Obr. 53 Vizualizace protipanického osvětlení auly ve výpočetním programu Dialux



Obr. 54 Schématické znázornění svítidel, která slouží také jako protipanická svítidla

Další část nouzového osvětlení budou tvořit vestavná obdélníková LED svítidla do schodů. Tato svítidla obsahují kovovou clonu proti oslnění a mechanickému poškození. Tato svítidla však nejsou ve výpočtu obsažena. Tyto svítidla slouží především k zvýraznění schodišť, ale na výpočet nouzového osvětlení mají minimální vliv.



Obr. 55 Vestavné svítidlo do schodů

Požadavky na protipanické osvětlení

-dle normy ČSN EN 1838 Světlo a osvětlení – Nouzové osvětlení

-minimální osvětlenost: $E_{\min} \geq 0,5 \text{lx}$

-poměr mezi E_{\min} a E_{\max} : 1:40

Výpočtová plocha	E_{\min} [lx]	E_{\max}	Výsledek
1.NP – Katedra	5,76	19	OK
1.NP – lavice vlevo	1,49	25	OK
1.NP – lavice střed	1,8	31	OK
1.NP – lavice vpravo	1,29	25	OK
1.NP – pod balkonem	1,06	35	OK
2.NP – lavice + chodba vlevo	3,85	32	OK
2.NP – lavice střed	0,74	34	OK
2.NP – lavice + chodba vpravo	3,08	30	OK

Tab. 8 Výsledky protipanického osvětlení

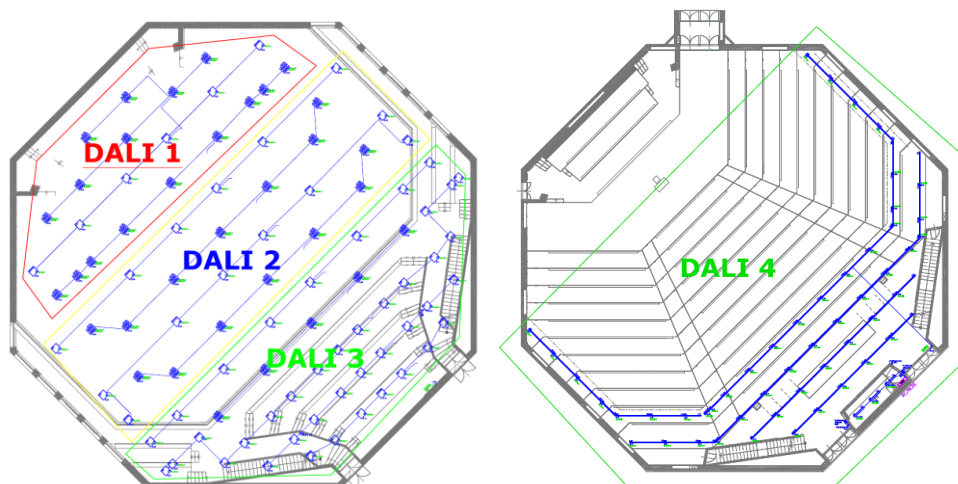
Z výsledků v Tab. 8 lze vidět, že ve všech místech byly splněny všechny požadavky normy.

5.1.4 Návrh řízení osvětlovací soustavy

Řídicí systém osvětlení byl zvolen jako plně digitální a je založen na standardizovaném protokolu DALI.

5.1.4.1 Rozdělení svítidel do funkčních částí

Jelikož má jedna DALI sběrnice maximálně 64 adres pro svítidla a ovládací prvky, budou svítidla a jejich ovládací prvky rozděleny do čtyř funkčních částí. Katedra, sál, balkon a svítidla pod balkónem.



Obr. 56 Rozdělení svítidel dle daných DALI skupin. Vlevo svítidla ve stropě, vpravo svítidla pod balkónem.

5.1.4.2 Ovládací prvky

Jako spínače budou použity ovládací tlačítkové panely se sedmi funkčními tlačítky. Tyto spínače budou umístěny u vstupních dveří a u pultu přednášejícího. Bude jimi možno zapnout všechna svítidla, stmívat je, nebo zapnout přednastavené scény.

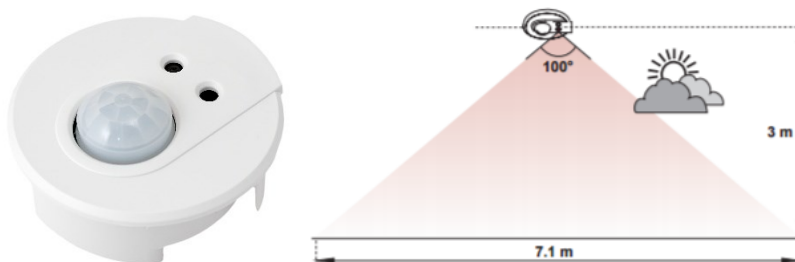


Obr. 57 Ovládací tlačítkový panel se sedmi funkčními tlačítky

Popis jednotlivých tlačítek:

- Tlačítko č. 1 – osvětlení katedry
- Tlačítko č. 2 – osvětlení lavic vlevo, přízemí (čtvercová svítidla)
- Tlačítko č. 3 – osvětlení lavic vpravo, přízemí
- Tlačítko č. 4 – osvětlení balkon
- Tlačítko č. 5 – osvětlení pod balkónem

Dále bude ovládání osvětlení doplněno o multisenzor, který bude sloužit jako světelné čidlo. V sále bude umístěno pět světelných čidel – dvě budou po stranách přízemí a budou měřit osvětlenost lavic v přízemí, další bude na balkóně a bude ovládat osvětlení balkónu, a další bude umístěno pod balkonem u lavic. Tyto senzory budou udržovat osvětlenost na hodnotu 500lx. Poslední senzor bude umístěn u vstupních dveří a bude udržovat osvětlení vstupní chodby na hodnotu 300lx.



Obr. 58 Multisenzor ovládání osvětlení DALI a grafické zobrazení velikosti snímané plochy

V režii sálu bude umístěno hlavní ovládací centrum i řídicí centrum celé osvětlovací soustavy. Řídicí centrum bude napojeno na PC, kde bude vizualizace osvětlovací soustavy a její centrální monitoring včetně hlášení poruch.

Díky zvoleným možnostem ovládání lze dosáhnout maximálních úspor a maximální světelné pohody, která je pro osoby v přednáškové místnosti velmi důležitá. Zraková pohoda zaručí možnost maximální koncentrace a sníží míru únavy.

6. Výhody nové osvětlovací soustavy v aule z pohledu provozovatele

Mezi hlavní výhody nové osvětlovací soustavy patří nové možnosti ovladatelnosti. Stávající osvětlovací soustava se ovládá pouze od rozvaděče umístěného u vstupních dveří a doba dosažení plného světelného toku halogenidových výbojek je okolo 10 minut.

Nová osvětlovací soustava bude moci být ovládána od obou vstupních dveří, navíc ji bude moct ovládat přednášející přímo od svého řečnického pultu. Další místo, kde bude moct být osvětlovací soustava ovládána, je režie sálu a poslední možnost ovládání bude z přenosného tabletu kdekoli v místnosti. Osvětlovací soustava dosáhne svého jmenovitého světelného toku hned po zapnutí. Na rozdíl od původních halogenidových výbojek a zářivek T8, LED zdrojům nevádí časté spínání a vypínání a nemá vliv na jejich životnost.

Nespornou výhodou nové osvětlovací soustavy je její nízká ekologická zátěž, jelikož LED zdroje neobsahují žádné toxické látky. Původní zářivky obsahují např. páry rtuti.

Energetické a servisní výhody nové osvětlovací soustavy budou vztahovat k časovému horizontu 20 let.

6.1 Energetické porovnání

Předpokládané využití místnosti auly SLU Karviná je následující: 10 hodin denně, 5 dní v týdnu, celkový počet výukových týdnů za rok je 40. Předpoklad využití učebny je tedy 2000 hodin ročně. Jelikož neznám přesnou cenu, za jakou nakupuje SLU Karviná, použiji hodnotu 4 Kč/kWh.

6.1.1 Současná osvětlovací soustava

Současná osvětlovací soustava se skládá z těchto svítidel:

Počet kusů:	Typ optiky	Výrobce:	Sv. zdroj
31	Čirý kryt	výrobce nezjištěn	Halogenová výbojka 400W
51	Polykarbonátový kryt	výrobce nezjištěn	Zářivka 18W
32	Polykarbonátový kryt	výrobce nezjištěn	Zářivka 36W

Tab. 9 Současná osvětlovací soustava

Celkový příkon soustavy je tedy 18,02 kW. Předpokládaná celková roční spotřeba je tedy 36 040 kWh, takže náklady na elektrickou energii jsou 144 160 Kč.

6.1.2 Nová osvětlovací soustava

Příkon nové osvětlovací soustavy je 9,06 kW. Předpokládaná celková roční spotřeba je tedy 18 120 kWh, takže náklady na elektrickou energii jsou 72 480 Kč. Použitím čidel, která ovládají osvětlovací soustavu v závislosti na denním osvětlení, je úspora maximálně 35%. Tato úspora je samozřejmě závislá na umístění, orientaci oken, počasí atd. Proto počítejme s úsporou 25%, což nám sníží roční spotřebu na 13 590 kWh s náklady 54 360 Kč. (14)

Výměnou stávající osvětlovací soustavy za novou dokážeme ušetřit 63% nákladů za elektrickou energii, což v číslech dělá 89 800 Kč/rok.

Osvětlovací soustava	Náklady ze energií za dobu 20 let
Stará osvětlovací soustava	2 883 200 Kč
Nová osvětlovací soustava	1 087 200 Kč
Úspora	1 796 000 Kč

Tab. 10 Úspora za elektrickou energii

Ze shrnující tabulky lze vidět úspora 1 796 000 Kč za období 20 let, tedy nemalá částka.

6.2 Servisní náklady

6.2.1 Současná osvětlovací soustava

Světelný zdroj	Počet zdrojů	Servisní životnost	Cena	Náklady za 20 let
Halogenová výbojka 400W	31	10 000 h (70% jmenovité hodnoty + 20% jmenovitých poruch)	675 Kč	93 297 Kč
Zářivka 18W	204	18 000 h (90% jmenovité hodnoty + 10% jmenovitých poruch)	52 Kč	24 634 Kč
Zářivka 36W	32	18 000 h (90% jmenovité hodnoty + 10% jmenovitých poruch)	58 Kč	4 305 Kč
Servisní náklady (Práce)	Průměrný počet výměn světelných zdrojů za rok 34ks	Délka výměny jednoho světelného zdroje 30 min	200 Kč/hod	68 000 Kč
Náklady na výměnu zářivek				190 236 Kč

Tab. 11 Seznam sv. zdrojů – servis, stará osvětlovací soustava (15) (16)

Servisní náklady na výměnu trubic při předpokladu, že všechny světelné zdroje budou pravidelně vyměňovány dle nastavených servisních intervalů a výpadky dle jmenovitých poruch, jsou 190 236 Kč.

6.2.2 Nová osvětlovací soustava

Světelný zdroj	Počet zdrojů	Servisní životnost	Cena	Náklady za 20 let
LED modul 36 LED	244	50 000 h L70B50	510 Kč	12 440 Kč
LED modul 80 LED	26	50 000 h L70B50	720 Kč	1 870 Kč
LED modul 40 LED	205	50 000 h L70B50	360 Kč	7 380 Kč
LED modul 4 LED	210	50 000 h L70B50	570 Kč	11 970 Kč
Servisní náklady (práce)	Průměrný počet výměn světelných zdrojů za rok 4ks	Délka výměny jednoho světelného zdroje 30 min	200 Kč/hod	8 000 Kč
Náklady na výměnu zářivek				41 660 Kč

Tab. 12 Seznam sv. zdrojů – servis, nová osvětlovací soustava

Hodnota L70B50 znamená, že po 50 000 hodinách provozu bude 50% LED na jednom LED modulu svítit na 70% jmenovité hodnoty. Teoreticky by tedy nemělo dojít k výměně žádného světelného zdroje. Reálně však při dodržování všech pravidel vydrží 50 000 h okolo 90%, počítejme tedy, že 10% bude zapotřebí vyměnit.

Celkové náklady na servisní výměnu sv. zdrojů jsou při dodržení správné manipulace 41 660Kč.

Osvětlovací soustava	Náklady na servis za dobu 20 let
Stará osvětlovací soustava	190 236 Kč
Nová osvětlovací soustava	41 660 Kč
Úspora	148 576 Kč

Tab. 13 Úspora za servisní práce

Celková úspora za servisní práce v případě zachování stávajících cen za materiál a práci je 148 576 Kč.

Celková úspora za energie a servisní práce tedy tvoří 1 944 576 Kč, což je 42% pořizovací ceny kompletní výměny svítidel. Udávané ceny jsou uvedeny bez DPH. Avšak tuto úsporu nelze brát jako návratnosti investice jelikož rekonstrukce osvětlovací soustavy by z důvodu jejího stáří a stavu byla nevyhnutelná.

7. Závěr

Cílem této diplomové práce bylo popsat mou činnost na rozsáhlém projektu rekonstrukce sálů Slezské univerzity v Opavě, přesněji její Obchodně podnikatelské fakultě v Karviné. Zde se zmiňuji pouze o jedné z částí projektované rekonstrukce, a to největšího přednáškového sálu neboli auly.

V první části této práce jsem se věnoval teorii světelné techniky, bez jejichž znalosti nelze správně vybrat svítidla ani navrhnout funkční a normy splňující osvětlovací soustavu. Nezbytnou součástí je také popis minimálních požadavků na osvětlovací soustavu danou normami a jejich aplikace.

Co se týče projektu rekonstrukce auly v Karviné, provedl jsem před projekční částí ověření současného stavu osvětlovací soustavy. Výsledkem měření umělého osvětlení jsem zjistil, že daná osvětlovací soustava nesplňuje současné požadavky norem a je tedy zapotřebí provést buď nákladnou renovaci svítidel, nebo provést kompletní výměnu. Investor se rozhodl pro kompletní výměnu osvětlovací soustavy.

Z konzultací s hlavním architektem rekonstrukce vyplynulo, že bude zapotřebí vyvinout nové svítidlo, které by nahradilo původní výbojkové svítidlo. S technickým týmem firmy INGE Opava, s.r.o. jsem provedl vývoj nového svítidla; v tomto týmu jsem měl na starosti výběr optické části, výběr světelného zdroje a jeho napájení. Při prototypových stavbách jsem prováděl měření teploty, která měla ověřit správný design svítidla, a jak měření ukázalo, bylo zapotřebí udělat konstrukční změny, které ovlivnily chlazení chladiče LED boardu. Díky konstrukčním změnám se zvýšila životnost světelného zdroje.

V další části práce se věnuji postupu při návrhu osvětlovací soustavy. Mou prací na této fázi byla modelace sálu ve výpočetním programu Dialux. Po vymodelování sálů jsem měl na starost teoretické výpočty umělého osvětlení, kde bylo zapotřebí určit ideální parametry svítidel tak, aby soustava plně s rezervou splňovala požadavky norem, ale zároveň měla daná svítidla co nejmenší příkon a cenu. Jakmile jsem měl správně vypočítané umělé osvětlení, pustil jsem se do návrhu osvětlení protipanického. Zde jsem zase prováděl teoretické výpočty a navrhoval parametry jednotlivých svítidel tak, aby daná protipanická soustava dodržovala veškeré požadavky norem. Návrh nouzového osvětlení byl proveden dodavatelskou firmou. Já jsem zde měl na starost výpočet protipanického osvětlení, specifikaci požadavků na nouzové osvětlení, finální kontrolu a zpracování do projektové dokumentace.

Poslední částí projektu byl návrh řídicí soustavy. Zde jsem provedl návrh umístění a typ ovládacích čidel. Následně jsem navrhl rozřídění svítidel do ovládacích celků tak, aby byly DALI sběrnice maximálně využity při zachování uživatelského komfortu. Další části řízení, jako nezbytné vybavení rozvaděčů nebo výběr řídicího softwaru, byly naprojektovány dodavatelskou firmou.

Na závěr jsem provedl základní technicko-ekonomické výpočty, které prezentují výhody nové osvětlovací soustavy z pohledu provozovatele.

Uvedl jsem základní výhody, které plynou z nových technologií a změny soustavy z neřízené na inteligentně řízenou. Energetická náročnost nové osvětlovací soustavy je při porovnání nominálních parametrů svítidel téměř poloviční. Pokud jsem však do výpočtu započtl i vliv ovládání v závislosti na denním osvětlení, jsou úspory ještě o dalších 25% nižší. Výměnou stávající osvětlovací soustavy za novou tedy provozovatel dokáže uspořit 63% nákladů za elektrickou energii, což v číslech dělá 89 800Kč/rok. Servisní náklady jsem počítal pro dobu 20 let. Servisní náklady na novou osvětlovací soustavu jsou 20% oproti původní osvětlovací soustavě. Při sečtení úspor na energiích a servisních nákladech za 20 let jsem zjistil, že novou osvětlovací soustavou dokáže investor ušetřit 1 944 576 Kč, což je 42% pořizovací ceny kompletní výměny svítidel.

8. Seznam tabulek

Tab. 1 Intenzita osvětlení pro dané činnosti.....	23
Tab. 2 Rozsahy činitelů odrazu.....	23
Tab. 3 Minimální úhly clonění dle jasů světelného zdroje.....	24
Tab. 4 Současná svítidla v aule SLU Karviná.....	38
Tab. 5 Výsledky měření - rovnoměrnost osvětlení	39
Tab. 6 Výsledky měření - osvětlenost.....	39
Tab. 7 Výsledky výpočtu umělého osvětlení	44
Tab. 8 Výsledky protipanického osvětlení.....	47
Tab. 9 Současná osvětlovací soustava	50
Tab. 10 Úspora za elektrickou energii	51
Tab. 11 Seznam sv. zdrojů – servis, stará osvětlovací soustava.....	51
Tab. 12 Seznam sv. zdrojů – servis, nová osvětlovací soustava.....	51
Tab. 13 Úspora za servisní práce	52

9. Seznam obrázků

Obr. 1 Rozdělení svítidel dle typu montáže	4
Obr. 2 Přímé svítidlo a jeho křivka svítivosti	5
Obr. 3 Svítidlo převážně přímé a jeho křivka svítivosti	5
Obr. 4 Svítidlo smíšené a jeho křivka svítivosti	5
Obr. 5 Svítidlo převážně nepřímé a jeho křivka svítivosti	6
Obr. 6 Svítidlo nepřímé a jeho křivka svítivosti	6
Obr. 7 Úhel clonění u svítidla	7
Obr. 8 Základní principy světelně aktivních ploch	8
Obr. 9 Vlevo zrcadlový odraz, vpravo difuzní odraz	9
Obr. 10 Příklad svítidla s optickou mřížkou a zářivkou T5	9
Obr. 11 Opálový kryt	9
Obr. 12 Mikropyramidový kryt	10
Obr. 13 Teplota chromatičnosti	11
Obr. 14 Doporučená hodnota procentuální osvětlenosti a teploty chromatičnosti dle firmy Helvar v závislosti na čase	11
Obr. 15 Rozdělení světelných zdrojů	12
Obr. 16 Žárovka	13
Obr. 17 Spektrum žárovky ve srovnání s křivkou citlivosti oka	13
Obr. 18 Xenonová halogenová žárovka určená k náhradě za klasickou žárovku	13
Obr. 19 Porovnání zářivky T5 a T8	15
Obr. 20 Různé druhy kompaktních zářivek	15
Obr. 21 Halogenidová výbojka	16
Obr. 22 Lineární LED modul v lineárním svítidle firmy INGE Opava	17
Obr. 23 SMD LED diody, LED žárovka s patičí GU10 a svítidlo s LED trubicí	17
Obr. 24 Reflektor s COB čipem a LED COB žárovka s patičí GU10 a COB čip společnosti Osram	18
Obr. 25 Výkonová LED a LED board s LED CREE XT-R	18
Obr. 26 Aplikace výkonových LED ve svítidle firmy INGE Opava	18
Obr. 27 Zapojení analogového řízení soustavy svítidel	19
Obr. 28 zapojení v systému řízení DSI	19
Obr. 29 Zapojení DALI řídicího systému	20
Obr. 30 Nastavení DALI předřadníku s pohybovým čidlem	22
Obr. 31 Změna osvětlení v závislosti na době provozu osvětlovací soustavy	25
Obr. 32 Zobrazení nouzového osvětlení únikových cest	27
Obr. 33 Luxmetr PU550 používaný ve firmě INGE Opava	31
Obr. 34 Původní výbojkové svítidlo	32
Obr. 35 Předpokládaný vzhled svítidla	33
Obr. 36 Zleva reflektor 15,3°; reflektor 23,3° a reflektor 33,6°	33
Obr. 37 Zleva foto LED boardu na žebrovém chladiči. Vpravo snímek z infrakamery.	34
Obr. 38 Příprava svítidla pro teplotní měření - pracovní poloha	35
Obr. 39 Původní a nově navržené těleso reflektoru	35
Obr. 40 Graf závislosti chladičích otvorů na teplotu LED boardu	36

Obr. 41 Aula SLU Karviná.....	37
Obr. 42 Nefunkční svítidla - Aula SLU Karviná	37
Obr. 43 Vestavné svítidlo LINEA 80	40
Obr. 44 Vestavné svítidlo VMR modul 597	40
Obr. 45 Pohled od katedry na vymodelovaný sál auly ve výpočtovém programu Dialux.....	41
Obr. 46 Pohled z boku na vymodelovaný sál auly ve výpočtovém programu Dialux	42
Obr. 47 Výpočtové plochy v modelu sálu auly	42
Obr. 48 Znázornění výpočtových ploch v půdorysu z výpočtového programu Dialux	43
Obr. 49 Svítidla v modelu auly vymodelovaném ve výpočtovém programu Dialux.....	43
Obr. 50 Vizualizace finální podoby osvětlení v aule ve výpočtovém programu Dialux	44
Obr. 51 Vybraná část výpočtu - lavice v prostřední části přízemí zobrazené v grafu hodnot a stupních šedí.....	45
Obr. 52 Piktogram s LED osvětlením.....	45
Obr. 53 Vizualizace protipanického osvětlení auly ve výpočtovém programu Dialux	46
Obr. 54 Schématické znázornění svítidel, která slouží také jako protipanická svítidla	46
Obr. 55 Vestavné svítidlo do schodů	47
Obr. 56 Rozdělení svítidel dle daných DALI skupin. Vlevo svítidla ve stropě, vpravo svítidla pod balkónem.	48
Obr. 57 Ovládací tlačítkový panel se sedmi funkčními tlačítky.....	48
Obr. 58 Multisenzor ovládání osvětlení DALI a grafické zobrazení velikosti snímané plochy.....	49

10. Bibliografie

1. Sokanský a kolektiv. Základy základů světelné techniky. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2007.
2. Sokanský a kolektiv. Světelná technika. Praha : ČVUT, 2011.
3. Human Centric Lighting. [Online] Říjen 2016. [Citace: 22. Říjen 2016.]
<http://www.helvar.com/solutions/human-centric-lighting>.
4. Elektro-trutnov. [Online] 2014. [Citace: 24. Říjen 2016.]
<https://www.elektro-trutnov.cz/linearni-zarivky-trubice-c6993/>.
5. OSRAM GmbH. OSRAM. [Online] OSRAM GmbH, 2016. [Citace: 16. Říjen 2016.]
http://www.osram.cz/osram_cz/.
6. TechniLED.cz. TechniLED - druhy LED čipů. [Online] Robert Zaborowski, 2014.
[Citace: 16. Říjen 2016.]
<http://www.techniled.cz/34-druhy-led-cipu/>.
7. INGE Opava spol. s.r.o. Produktový katalog firmy INGE Opava spol. s.r.o. 2016.
Opava : INGE Opava spol. s.r.o., 2016.
8. Koudelka, Ctirad. Světlo a osvětlování. Ostrava : VŠB - TU Ostrava, 2005.
9. TOP-osvetleni. [Online] [Citace: 28. Listopad 2016.]
<http://www.top-osvetleni.cz/navrhy-osvetleni/profesionalni-navrhy-osvetleni/446-udrzovaci-cinitel-svetelne-soustavy>.
10. Sborníky z Kurzů osvětlovací techniky. Kolektiv autorů. Ostrava : Sborníky VŠB-TU.
11. Honzík, Josef. Stavební úspory energií technická zařízení budov.
[Online] [Citace: 13. Listopad 2016.]
<http://elektro.tzb-info.cz/osvetleni/4463-nouzove-osvetleni-i>.
12. Datasheet ke svítidlu DSS400. [Online] [Citace: 21. Březen 2017.]
<http://www.superto.cz/soubor/441280>.
13. Ceag. [Online] [Citace: 21. Březen 2017.]
<http://www.ceag.de/en/products/centrally-supplied-luminaires/exit-sign-panel-luminaires/guideled-cg-s/guideled-11011-11012>.
14. Svitidla-osvětlení-elektro. [Online]
<https://www.svitidla-osvetleni-elektro.cz/cidlo-pro-rizeni-osvetleni-prostor>.
15. Philips, Lighting. MASTER HPI-T Plus. [Online] [Citace: 12. Březen 2017.]
http://www.lighting.philips.cz/prof/svetelne-zdroje/vysokotlake-vybojove-zdroje/halogenidove-vybojky-mh-hpi/master-hpi-t-plus/928481600096_EU/product.

- 16.** Osram. Zářivky T8 lumilux. [Online] [Citace: 12. Březen 2017.]
http://www.osram.cz/osram_cz/produkty/svetelne-zdroje/zarivky/zarivky-t8/lumilux-t8/index.jsp#.
- 17.** Wikipedie. Wikipedie. [Online] cs.wikipedia.org.
- 18.** Elkovo Čepelík. [Online] 2016. [Citace: 15. Únor 2016.]
<http://www.elkovo-cepelik.cz/>.
- 19.** 4-INDUSTRY, s.r.o. [Online] 2007. [Citace: 20. Říjen 2016.]
<http://www.4-construction.com/>.

11. Seznam příloh

Příloha A	Protokol – měření umělého osvětlení SLU Karviná	4 strany	Tištěná, na CD
Příloha B	Vybrané části z výpočtu umělého osvětlení	8 stran	Tištěná, na CD
Příloha C	Kniha svítidel pro projekt rekonstrukce SLU Karviná – sály	7 stran	Tištěná, na CD
Příloha D	Katalogový list původního svítidla	1 strana	Tištěná, na CD
Příloha E	Úplný výpočet	94 stran	Na CD

PROTOKOL O MĚŘENÍ

Označení a předmět PT

Měření umělého osvětlení auly SLU Karviná

Identifikace zúčastněné laboratoře včetně adresy, tel./fax spojení, odpovědné osoby

Název laboratoře

Adresa: INGE Opava spol. s.r.o.
Stará silnice 2314/3
746 01 Opava

Odpovědná osoba: Ing. Zbyněk Šimetka

Tel.: +420 553 602 100

Mob.: +420 602 771 624

E-mail: simetkaz@inge.cz

Datum měření: 16.9.2016 **Čas začátku měření:** 20:00 hod.
Čas konce měření: 23:00hod.

Průměrná naměřená hodnota napětí během měření: 232V

Zkušební popř. kalibrační metoda (ČSN, jiné normy, interní předpis)

Měření bylo provedeno dle ČSN 36 0011-3 Měření osvětlení vnitřních prostorů-
Část 3: Měření umělého osvětlení

Jména pracovníků, kteří provedli měření a vyhotovili protokol

Ing. Zbyněk Šimetka (odpovědná osoba)
Bc. Lukáš Sikora (vypracoval)

Další důležité údaje o měření:

Měřicí přístroje:

- Luxmetr PU 550 Metra Blansko, v. č.:270708/2598, kalibrační list č.242/2016
- Multimetr REVEX plus, v.č. 517741014, kalibrační list č.2025/K
- teploměr

Podmínky při měření:

Teplota: 21 °C

Stav údržby:

Svítilna v místnosti, která je předmětem měření, jsou pravidelně čištěny, trubice jsou pravidelně měněny, technický stav odpovídá stáří. Stáří svítidel bylo stanoveno na 20 let. V době měření nebyla všechna svítidla funkční.

Osvětlovací soustava:

U osvětlovací soustavy je předpokládaná doba svícení po dobu výuky a to cca 8 hod. za den. Soustava místnosti je tvořena třemi typy svítidel.

Počet kusů:	Typ optiky	Výrobce:	Sv. zdroj
31	Čirý kryt	Metasport	Halogenová výbojka 400W
51	Polykarbonátový kryt	výrobce nezjištěn	Zářivka 20W
32	Polykarbonátový kryt	výrobce nezjištěn	Zářivka 36W

Použité světelné zdroje:

Ve svítidlech jsou zářivkové trubice T-8 a halogenové výbojky o výkonu 400W.

Podmínky a postup měření:

Posluchárna – v tomto prostoru bylo úkolem změřit intenzitu osvětlení a rovnoměrnost v místech, kde jsou umístěny stoly.

Tento prostor je normou zařazen do kategorie 5.36– Vzdělávací zařízení – Školské budovy, 5.36.3 auditoria a.

Normový požadavek $E_m = 500 \text{ lx}$.

Normový požadavek rovnoměrnosti osvětlení = 0,6.

Komunikační prostory a chodby

Tento prostor je normou zařazen do kategorie 5.36– Vzdělávací zařízení – Školské budovy, 5.36.17 komunikační prostory a chodby

Normový požadavek $E_m = 100 \text{ lx}$.

Normový požadavek rovnoměrnosti osvětlení = 0,4.

Výška a sklon srovnávací roviny a rozmístění kontrolních bodů:

Výška srovnávací roviny pro:

- Posluchárna a bezprostřední okolí úkolu - 850mm
- Komunikační prostory - podlaha

Příklad výpočtu:

$$\text{Výsledná hodnota} = E_{mer} \times k_{lux} \times k_u$$

Kde E_{mer} je naměřená hodnota luxmetru
 k_{lux} je korekce luxmetru
 k_u je korekce napětí

$$\text{korekce napětí } k_u = \left[\frac{U_n}{U_m} \right]^c$$

Kde U_n je běžné provozní napětí
 U_m je skutečné napětí při měření
 c je hodnota exponentu pro různé světelné zdroje

$$\text{rovnoměrnost osvětlení} = \frac{E_{min}}{E_p}$$

Kde E_{min} je minimální naměřená hodnota osvětlení
 E_p je průměrná naměřená hodnota osvětlení

Informace o problémech při provádění zkoušky, které mohou ovlivnit výsledné hodnoty

Nejsm si vědom žádných závažných problémů, které by mohly ovlivnit výsledné hodnoty měření.

Závěr:

Rovnoměrnost osvětlení:

	Normová hodnota	Naměřená hodnota	Je splněn normový požadavek?
Katedra	0,6	0,84	ANO
Posluchárna 1.NP	0,6	0,2	NE
Posluchárna 2.NP	0,6	0,18	NE
Komunikační prostory 1.NP	0,4	0,22	NE
Komunikační prostory 2.NP	0,4	0,22	NE

Osvětlenost:

	Normová hodnota (lx)	Naměřená hodnota (lx)	Je splněn normový požadavek?
Katedra	500	358	NE
Posluchárna 1.NP	500	186,3	NE
Posluchárna 2.NP	500	301	NE
Komunikační prostory 1.NP	100	154,8	ANO
Komunikační prostory 2.NP	100	82,2	NE

Stávající světelná soustava je nedostačující, a to z důvodu stáří svítidel, jejich stavu a množství nefunkčních světelných zdrojů.

Návrhy a opatření:

Navrhují výměnu světelné soustavy

SLU Opava



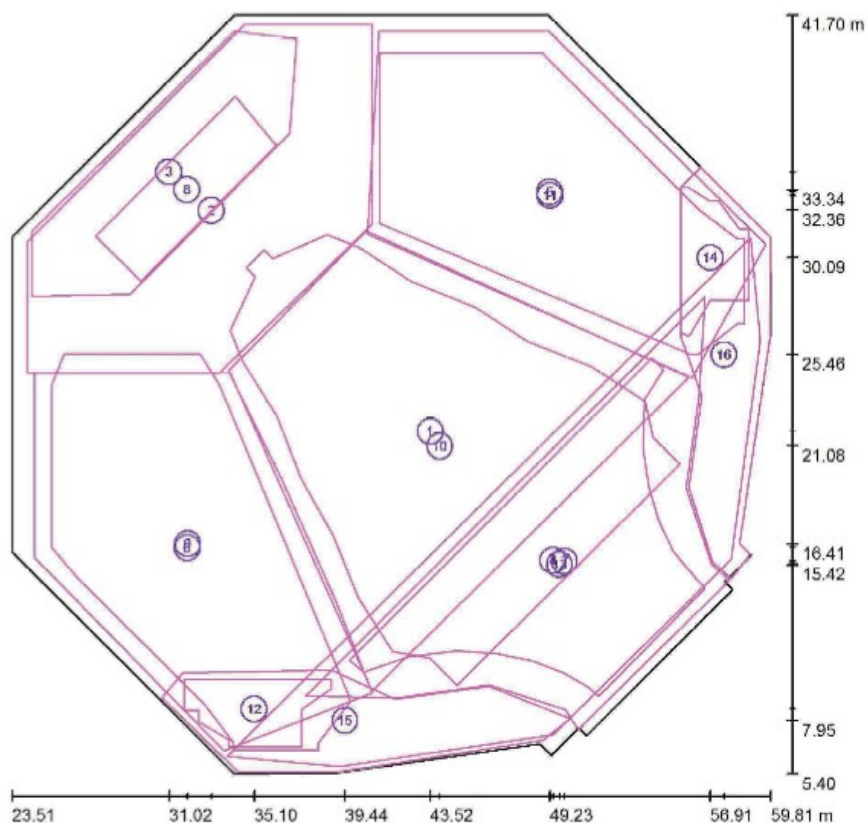
DIALux

21.03.2017

INGE Opava, spol. s.r.o.
 Stará silnice 3
 746 01 Opava, Czech republic

Zpracovatel Lukáš Sikora
 Telefon 602594443
 Fax
 e-mail techni02@inge.cz

Sál C / Výpočtové plochy (seznam souřadnic)



Měřítko 1 : 260

Seznam výpočtových ploch

Č.	Označení	Pozice [m]			Velikost [m]		Rotace [°]		
		X	Y	Z	D	Š	X	Y	Z
1	Protipanické	43.524	21.783	1.260	16.003	21.344	0.000	-7.500	-45.000
2	Protipanické	33.044	32.361	0.000	11.078	23.441	0.000	0.000	-45.000
3	Protipanické	31.021	34.196	0.800	5.501	17.654	0.000	6.000	-45.000
4	Protipanické	49.388	15.617	2.100	10.393	35.214	0.000	0.000	-45.000

Strana 21

SLU Opava



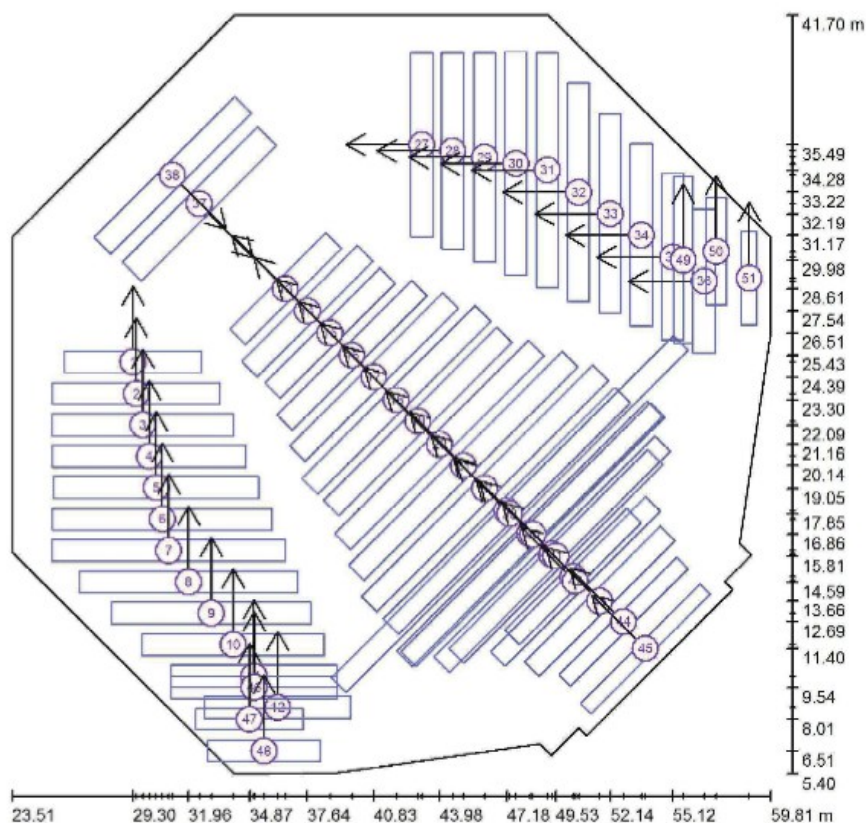
DIALux

21.03.2017

INGE Opava, spol. s.r.o.
Stará silnice 3
746 01 Opava, Czech republic

Zpracovatel Lukáš Sikora
Telefon 602594443
Fax
e-mail techni02@inge.cz

Sál C / Plochy UGR (seznam souřadnic)



Měřítko 1 : 260

Seznam ploch UGR

Č.	Označení	Pozice [m]			Velikost [m]		Směr pohledu [°]
		X	Y	Z	D	Š	
1	Výpočtová plocha UGR 1	29.304	25.110	1.200	6.522	1.045	90.0
2	Výpočtová plocha UGR 2	29.462	23.587	1.350	8.010	1.045	90.0
3	Výpočtová plocha UGR 3	29.773	22.087	1.500	8.669	1.045	90.0
4	Výpočtová plocha UGR 4	30.082	20.587	1.650	9.256	1.045	90.0

SLU Opava



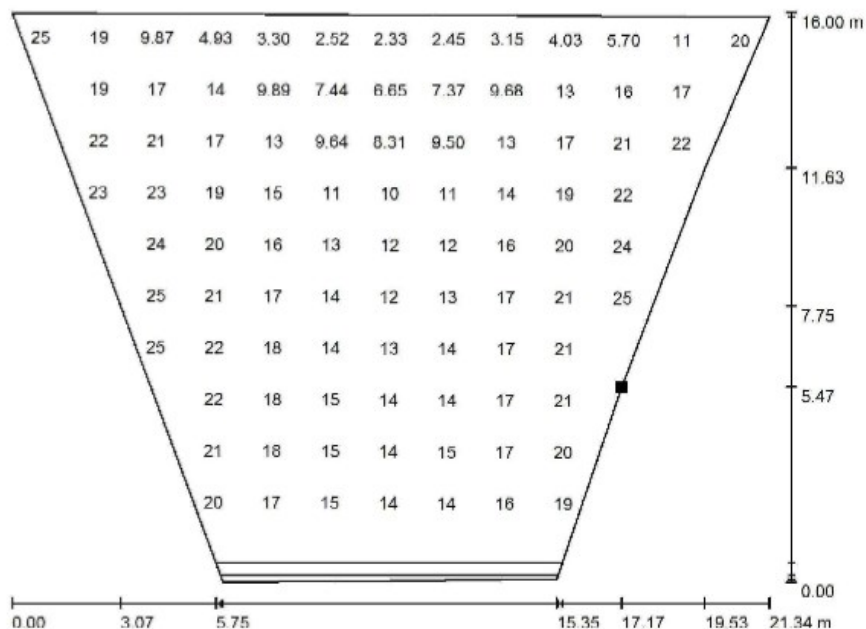
DIALux

21.03.2017

INGE Opava, spol. s.r.o.
 Stará silnice 3
 746 01 Opava, Czech republic

Zpracovatel Lukáš Sikora
 Telefon 602594443
 Fax
 e-mail technio2@inge.cz

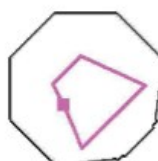
Sál C / Protipanické osvětlení / Protipanické / Hodnotový graf (E, svisle)



Hodnoty v Lux, Měřítko 1 : 153

Nelze zobrazit všechny vypočtené hodnoty.

Poloha plochy v místnosti:
 Označený bod:
 (36.364 m, 19.610 m, 0.796 m)



Rastr: 13 x 11 Body

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
16	1.80	31	0.112	0.059

SLU Opava



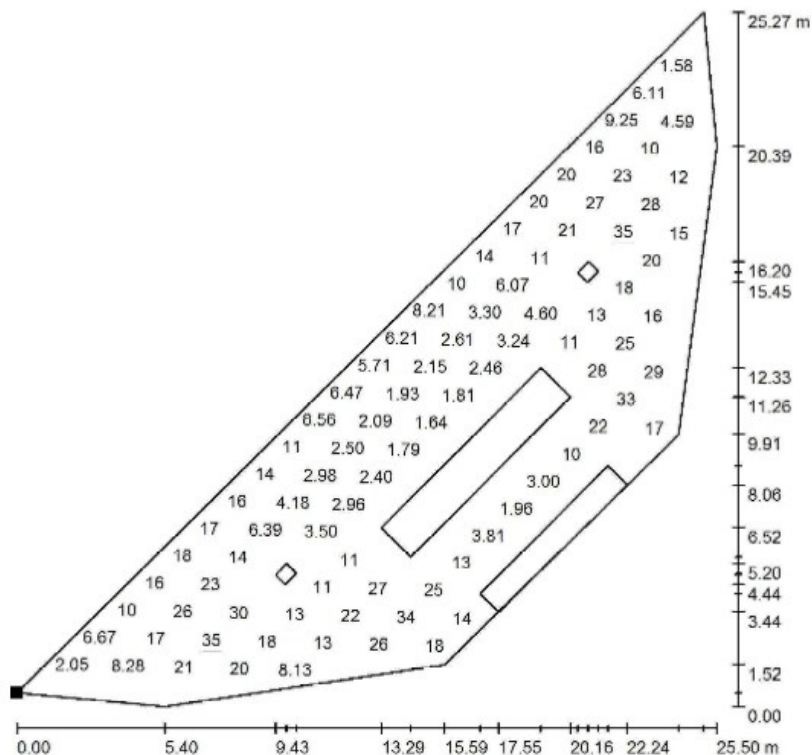
DIALux

21.03.2017

INGE Opava, spol. s.r.o.
 Stará silnice 3
 746 01 Opava, Czech republic

Zpracovatel Lukáš Sikora
 Telefon 602594443
 Fax
 e-mail technio2@inge.cz

Sál C / Protipanické osvětlení / Protipanické / Hodnotový graf (E, svisle)



Hodnoty v Lux, Měřítko 1 : 198

Nelze zobrazit všechny vypočtené hodnoty.

Poloha plochy v místnosti:
 Označený bod:
 (33.809 m, 6.258 m, 2.100 m)



Rastr: 25 x 7 Body

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
13	1.06	35	0.084	0.030

SLU Opava



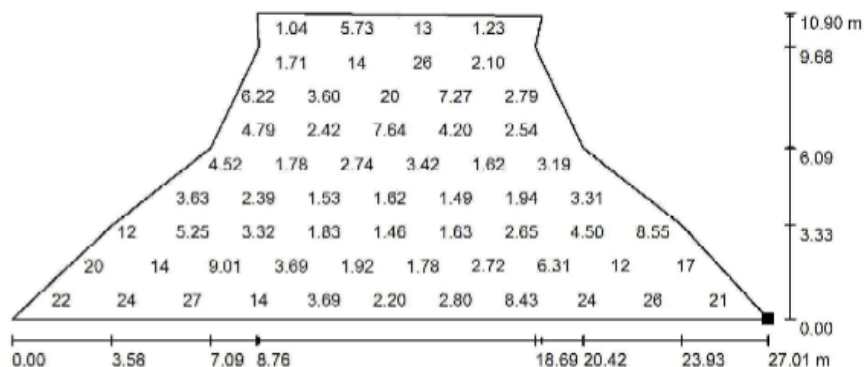
DIALux

21.03.2017

INGE Opava, spol. s.r.o.
 Stará silnice 3
 746 01 Opava, Czech republic

Zpracovatel Lukáš Sikora
 Telefon 602594443
 Fax
 e-mail technio2@inge.cz

Sál C / Protipanické osvětlení / Protipanické / Hodnotový graf (E, svisle)



Hodnoty v Lux, Měřítko 1 : 194

Nelze zobrazit všechny vypočtené hodnoty.

Poloha plochy v místnosti:
 Označený bod:
 (37.558 m, 9.126 m, 5.735 m)



Rastr: 23 x 9 Body

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
7.51	0.74	34	0.099	0.022

SLU Opava



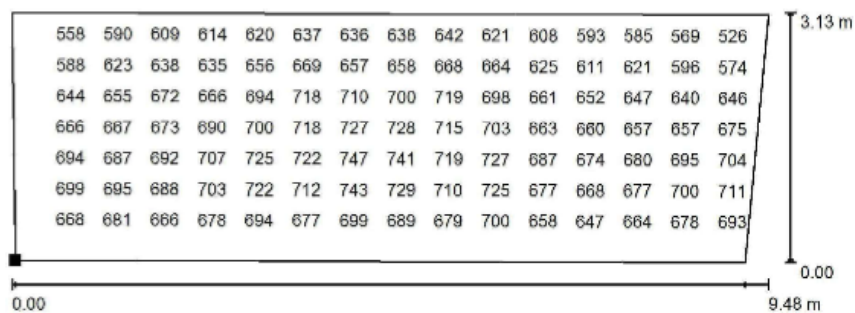
DIALux

21.03.2017

INGE Opava, spol. s.r.o.
 Stará silnice 3
 746 01 Opava, Czech republic

Zpracovatel Lukáš Sikora
 Telefon 602594443
 Fax
 e-mail technio2@inge.cz

Sál C / Umělé osvětlení / Umělé osvětlení 1.NP - katedra / Hodnotový graf (E, svisle)



Hodnoty v Lux, Měřítko 1 : 68

Nelze zobrazit všechny vypočtené hodnoty.

Poloha plochy v místnosti:
 Označený bod:
 (29.696 m, 28.984 m, 0.935 m)



Rastr: 32 x 16 Body

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
662	515	757	0.777	0.680

SLU Opava



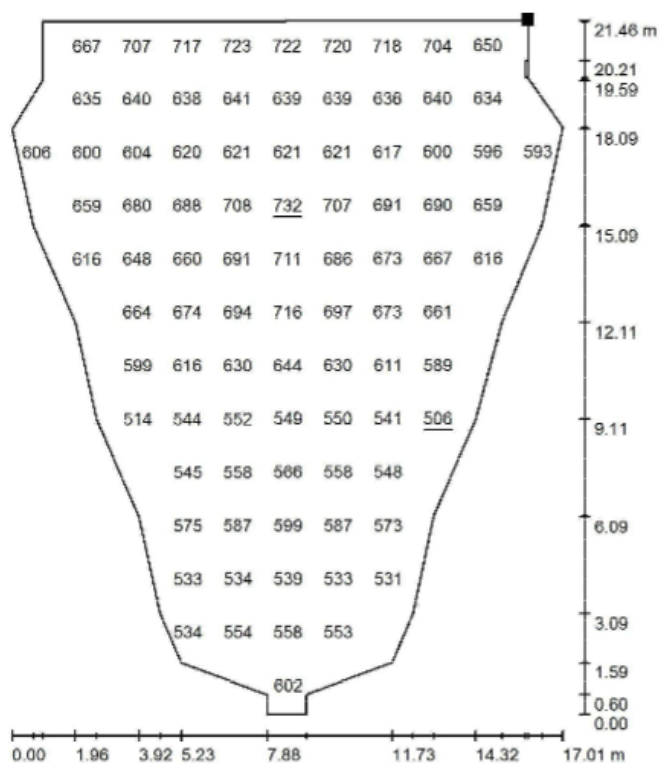
DIALux

21.03.2017

INGE Opava, spol. s.r.o.
 Stará silnice 3
 746 01 Opava, Czech republic

Zpracovatel Lukáš Sikora
 Telefon 602594443
 Fax
 e-mail technio2@inge.cz

Sál C / Umělé osvětlení / Umělé osvětlení 1.NP místa uprostřed / Hodnotový graf (E, svisle)



Hodnoty v Lux, Měřítko 1 : 168

Nelze zobrazit všechny vypočtené hodnoty.

Poloha plochy v místnosti:
 Označený bod:
 (44.791 m, 9.650 m, 2.933 m)



Rastr: 11 x 13 Body

E_m [lx]
620

E_{min} [lx]
506

E_{max} [lx]
732

E_{min} / E_m
0.817

E_{min} / E_{max}
0.691

SLU Opava



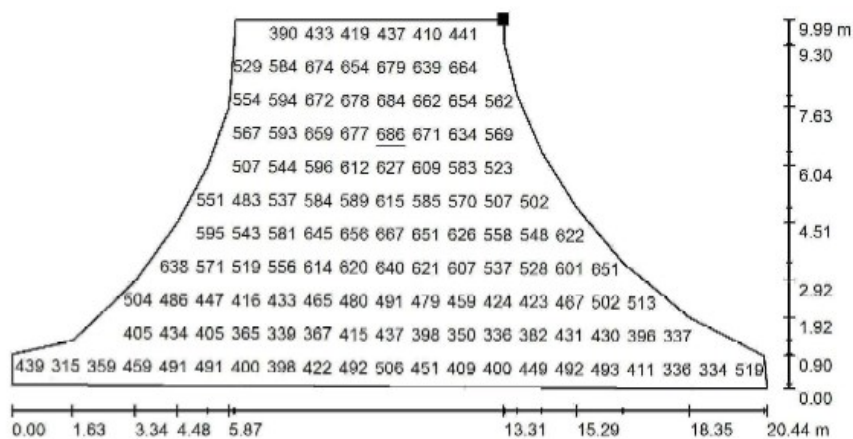
DIALux

21.03.2017

INGE Opava, spol. s.r.o.
Stará silnice 3
746 01 Opava, Czech republic

Zpracovatel Lukáš Sikora
Telefon 602594443
Fax
e-mail technio2@inge.cz

Sál C / Umělé osvětlení / Umělé osvětlení 2.NP místa uprostřed / Hodnotový graf (E, svisle)



Hodnoty v Lux, Měřítko 1 : 147

Nelze zobrazit všechny vypočtené hodnoty.

Poloha plochy v místnosti:
Označený bod:
(51.580 m, 9.108 m, 8.984 m)



Rastr: 21 x 11 Body

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
516	315	686	0.610	0.459

MARPO s.r.o.
PRŮZKUMY * ZAMĚŘENÍ * PROJEKTY
ul. 28. října 66/201,
709 00 OSTRAVA - MARIÁNSKÉ HORY

D.1.4.8

KNIHA SVÍTIDEL

REKONSTRUKCE A MODERNIZACE VELKÉHO A MALÉHO SÁLU, KARVINÁ

DOKUMENTACE PRO PROVÁDĚNÍ STAVBY (DPS)

SVĚTELNĚ-TECHNICKÉ ZAŘÍZENÍ

Investor: **Slezská Univerzita v Opavě
Na rybníčku 626/1, 746 01 Opava**

Zpracovatel: **MARPO s.r.o.
28. října 201, 709 00 Ostrava**

Vedoucí projektant: **Ing.arch. Jiří Bobek**

Projektant spec.: **Karel Žerdík, autorizovaný technik
pro technologická zařízení staveb, ČKAIT-1103102**

Zakázka číslo: **3065** Exp.: **06 / 2016**

A) IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název stavby:	REKONSTRUKCE A MODERNIZACE VELKÉHO A MALÉHO SÁLU, KARVINÁ
Umístění stavby:	Objekt „C“ a „D1“ Univerzitní náměstí 1934/3 733 40 Karviná
Investor:	Slezská Univerzita v Opavě Na rybníčku 626/1 746 01 Opava
Zhotovitel projektových prací:	MARPO s.r.o. 28. října 201 709 00 Ostrava
Zodpovědný projektant:	Ing arch. Jiří Bobek
Projektant spec.:	Karel Žerdík, autorizovaný technik pro technologická zařízení staveb ČKAIT-1103102
Výpracoval:	Ing. Zbyněk Šimetka
Stupeň projektové dokumentace:	Dokumentace pro provedení stavby (DPS)
Část:	D.1.4.8 – SVĚTELNĚ-TECHNICKÉ ZAŘÍZENÍ
Datum zpracování:	06 / 2016

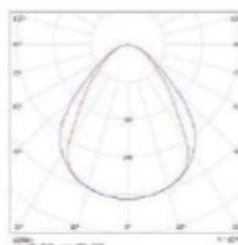
Vestavné liniové LED svítidlo



LI - L1509mm, 3550lm, 24W

HI - L1509mm, 7100lm, 49W

Z hliníkového profilu s integrovaným upevněním na stropní konstrukci, 53mm široké s mikropyramidovým krytem, nepřerušovaná linie včetně přímých spojek, Individuálně naprogramované a nastavené DALI LED drivers, CRI min.80, CCT 4000K, certifikace ENEC. Součástí svítidla je protipanické osvětlení s jednotkami pro připojení na CBS. LI - L1509mm



84ks

6ks



LI - L909mm, 1970lm, 15W

LI - L1509mm, 3550lm, 26W

HI - L1509mm, 7100lm, 49W

LI - L1794mm, 4030lm, 26W

LI - L2394mm, 5530lm, 36W

HI - L2994mm, 13440lm, 92W

LI - L2994mm, 7300lm, 45W

Vestavné liniové LED svítidlo

Z hliníkového profilu s integrovaným upevněním na stropní konstrukci, 100mm široké s mikropyramidovým krytem, nepřerušovaná linie včetně úhlových spojek, Individuálně naprogramované a nastavené DALI LED drivers, CRI min.80, CCT 4000K, certifikace ENEC. Součástí svítidla je protipanické osvětlení s jednotkami pro připojení na CBS.



1ks

3ks

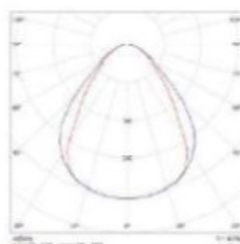
2ks

3ks

1ks

4ks

36ks

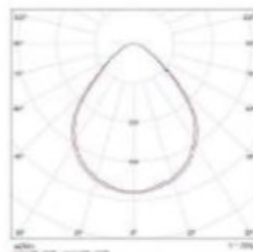




597x597mm, 5930lm, 43W
597x597mm, 7640lm, 57W

Vestavné čtvercové LED svítidlo s mikropyramidovým krytem. Kovové těleso svítidla s prvky pro upevnění na stávající konstrukci stropu. Individuálně naprogramované a nastavené DALI LED drivers, CRI min. 80, CCT 4000K, certifikace ENEC. Součástí svítidla je protipanické osvětlení s jednotkami pro připojení na CBS.

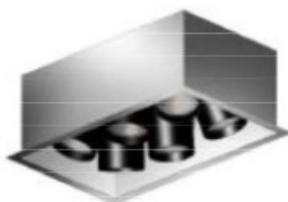
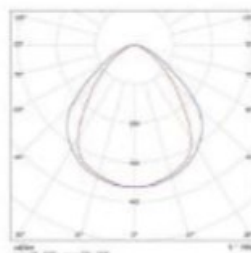
24ks
37ks



150x1200mm, 5370lm, 37W

Přisazené svítidlo LED svítidlo s mikropyramidovým krytem. Z hliníkového profilu s integrovaným upevněním na stropní konstrukci, 150mm široké s mikropyramidovým krytem. Individuálně naprogramované a nastavené DALI LED drivers, CRI min.80, CCT 4000K, certifikace ENEC. Součástí svítidla je protipanické osvětlení s jednotkami pro připojení na CBS.

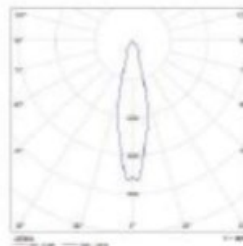
7ks

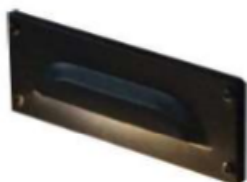


Vestavné obdélníkové svítidlo s šesti individuálně nastavitelnými LED reflektorovými jednotkami.

Kovové těleso svítidla s třmenem pro upevnění na stávající stropní konstrukci, Vysoce účinný reflektor s úzkým vyzařováním s antistatickým krytem proti vnikání nečistot. Individuálně naprogramované a nastavené DALI LED drivers, CRI min.80, CCT 4000K, certifikace ENEC.

10860lm,104W 35ks





Vestavná obdélníková svítidla do schodů

S kovovou clonou proti oslnění a mechanickému poškození. Kovové těleso svítidla s prvky pro upevnění na stávající konstrukci stropu. Individuálně nastavené LED drivery, CRI min.80, CCT 4000K. Svítidlo slouží jako protipánické osvětlení s jednotkami pro připojení na CBS v režimu trvalého nebo jen nouzového osvětlení schodiště.

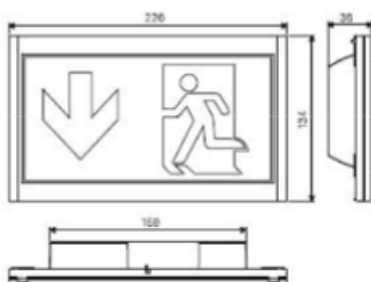
130lm, 3W

NOUZOVÉ OSVĚTLENÍ

NP1 - Nouz.svítidlo pro CBS adresné s piktogramem 20m

LED nouzové svítidlo a nouzové svítidlo s piktogramem, které splňuje požadavky mezinárodních bezpečnostních standardů s využitím nejnovější technologie LED.

Vysoce účinný optický systém. Díky krytí IP 40 a odolné konstrukci z polykarbonátu je pro široké použití v interiérových prostorách i v náročnějších provozních podmínkách.



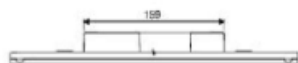
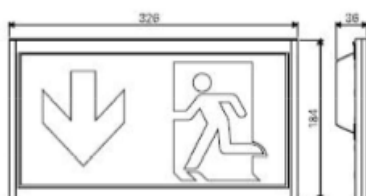
- Pozorovací vzdálenost:20m
- Světelný tok na konci jmenovité doby provozu: 100%
- Těleso: PC, PMMA, barva světle šedá RAL 7035
- Váha: 0,50kg
- Montáž: na stěnu
- Připojení: 2,5mm
- Odběr proudu – bateriový provoz:11 mA
- Napájecí příkon – provoz: 5.0 VA/2,6W
- Rozsah teplot pro použití: -20C - +40C
- Jmenovité napětí: 220 – 240 V AC, 50/60 Hz, 176V – 275 V DC
- Světelný zdroj: LED
- Velikost 226x134x36mm



NP2 - Nouz.svítilno pro CBS adresné s piktogramem 30m



LED nouzové svítidlo a nouzové svítidlo s piktogramem, které splňuje požadavky mezinárodních bezpečnostních standardů s využitím nejnovější technologie LED. Vysoce účinný optický systém. Díky krytí IP 40 a odolné konstrukci z polykarbonátu je pro široké použití v interiérových prostorách i v náročnějších provozních podmínkách.



- Pozorovací vzdálenost: 30m
- Světelný tok na konci jmenovité doby provozu: 100%
- Těleso: PC, PMMA, barva světla šedá RAL 7035
- Váha: 0,60kg
- Montáž: na stěnu
- Připojení: 2,5mm
- Odběr proudu – bateriový provoz: 11 mA
- Napájecí příkon – provoz: 5.0 VA/2,6W
- Rozsah teplot pro použití: -20C - +40C
- Jmenovité napětí: 220 – 240 V AC, 50/60 Hz, 176V – 275 V DC
- Světelný zdroj: LED
- Velikost 326x184x36mm

NP3 - Nouz.svítilno pro CBS adresné s piktogramem 17m - přisazené



LED nouzové svítidlo a nouzové svítidlo s piktogramem, které splňuje požadavky mezinárodních bezpečnostních standardů s využitím nejnovější technologie LED. Vysoce účinný optický systém. Díky krytí IP 40 a odolné konstrukci z polykarbonátu je pro široké použití v interiérových prostorách i v náročnějších provozních podmínkách. Možnost zvýšení IP krytí na IP 54

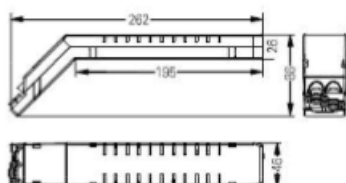
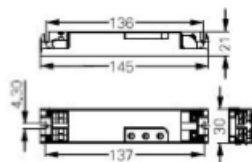


- Pozorovací vzdálenost: 17m
- Světelný tok 390 lm (bez piktogramu)
- Světelný tok na konci jmenovité doby provozu: 100%
- Těleso: Polycarbonate, barva světla šedá RAL 7035
- Váha: 0,58kg
- Montáž: na stěnu nebo strop



- Připojení: 2x3x2,5mm
- Odběr proudu – bateriový provoz: 25 mA
- Napájecí příkon – provoz: 9,5 VA/5,8W
- Rozsah teplot pro použití: -20C - +40C
- Jmenovité napětí: 220 – 240 V AC, 50/60 Hz, 176V – 275 V DC
- Světelný zdroj: 4x 1W LED
- Velikost 342x95x59,5mm

SB - Řídící CBS adresný modul pro DALI



- Ztrátový výkon v pohotovostním režimu: <1W
- Těleso: ohni odolný polykarbonát, barva šedá
- Váha: 0,47kg
- Montáž: do světel s odolností kategorie I a II
- Připojení: 2,5mm
- Připojení Dali – Bus: 1.5mm
- Rozsah teplot pro použití: -20C - +60C
- Jmenovité napětí: 220 – 240 V AC, 50/60 Hz, 176V – 275 V DC
- Stupeň krytí: IP 20
- Velikost 21x145x30mm

DSS 400

Použití svítidla

Reflektorové svítidlo DSS 400 je určeno pro osvětlování sportovních a průmyslových hal, venkovních sportovišť, skladů, železničních koridorů a nádraží, veřejných prostranství apod.

Popis svítidla

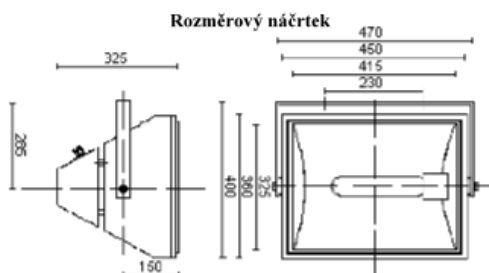
Tělo svítidla je kokilový odlitek z hliníku opatřený práškovou polyesterovou barvou. Nástavec pro předřadník je hliníkový odlitek pevně spojený s tělesem svítidla. V nastavi je kromě předřadníku umístěna také svorkovnice. Tělo svítidla je uzavřeno rámem, v němž je vsazené tvrzené sklo a silikonové těsnění. Rám z Al slitiny je k tělesu svítidla přichycen sponami. Parabolický reflektor je vyroben z vysoce leštěného Al s čistotou 99,85 %. Součástí svítidla je také výkyvná vidlice z pásovin 40 x 5 mm opatřená také práškovou polyesterovou barvou.

Předřadník ke svítidlu

K provozu svítidla je nutné použít předřadník, který je součástí svítidla. Součástí výzbroje předřadníku je tlumivka, kompenzační kondenzátor, zapalovač (není použit u předřadníků pro rtuťové výbojky) a svorkovnice.

Montáž a zapojení svítidla

Svítidlo musí být namontováno tak, aby podélná osa svítidla (shodná s osou výbojky) byla vodorovná, s tolerancí $\pm 5^\circ$. Svítidlo se uchytí k nosné konstrukci pomocí ocelového ramene šrouby s maximální velikostí M12. Svítidlo se připojuje na svorkovnici svítidla pomocí vodičů s maximálním průřezem 3 x 2,5 mm². Po připojení propojovacího kabelu ke svítidlu je nutné utěsnit průchodku



Křivka svítivosti
kladivkováný reflektor



Křivka svítivosti
hladký reflektor



Technické parametry

Typ svítidla	DSS 150 W ST	DSS 250 W ST	DSS 400 W ST	DSS 250 W MT	DSS 400 W MT	DSS 250 W QE	DSS 400 W QE
Jmenovité napětí	230 V						
Jmenovitý proud	0,8 A	1,26 A	2,01 A	1,26 A	2,1 A	1,26 A	2 A
Příkon světelného zdroje	150 W	250 W	400 W	250 W	400 W	250 W	400 W
Svítidlo třídy	I						
Provedení reflektoru	symetrické						
Povrch reflektoru	kladivkováný nebo hladký						
Frekvence	50 Hz						
Patice	E 40						
Krytí	IP 44						
Doporučený světelný zdroj OSRAM	NAV-T 150 SUPER	NAV-T 250 SUPER	NAV-T 400 SUPER	HQI-T 250/D	HQI-T 400/N	HQL 250	HQL 400
Rozměry	470 x 360 x 325 mm						
Hmotnost	maximální hmotnost 18 kg						
Způsob připojení	průchodka PG 13,5						
Maximální průřez vodičů	3 x 2,5 mm ²						

DSS 400