

# **Aplikace LED v průmyslovém osvětlení**

The Application of LED Lighting in Industry

Bc. Lubomír Dudík

---

Diplomová práce  
2017



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Lubomír Dudík**  
Osobní číslo: **A14499**  
Studijní program: **N3902 Inženýrská informatika**  
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**  
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Aplikace LED v průmyslovém osvětlení**  
Téma anglicky: **The Application of LED Lighting in Industry**

## Zásady pro vypracování:

1. Uvedte legislativní podmínky pro návrh umělého osvětlení s ohledem na bezpečnost.
2. Popište možnost provázanosti problematiky umělého osvětlení a komerční bezpečnosti.
3. Analyzujte druhy v současné době používaného osvětlení a metodiku jejich návrhu.
4. Diskutujte možnosti použití LED technologie v podmínkách umělého osvětlení.
5. Zpracujte návrh umělého osvětlení pro výrobní halu dle platné legislativy a s ohledem na bezpečnost práce.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. HABEL, Jiří. Světlo a osvětlování. Praha: FCC Public, 2013. ISBN 978-80-86534-21-3.
2. BOŠOVÁ, Daniela. Denní osvětlení budov: TP 1.8.8. Praha: pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydává Informační centrum ČKAIT, 2016. Metodické a technické pomůcky k činnosti autorizovaných osob. ISBN 978-80-87438-70-1.
3. RYBÁR, Peter. Denní osvětlení a oslunění budov. Brno: ERA group, 2002. Technická knihovna (ERA). ISBN 80-86517-33-0.
4. PLCH, Jiří, Petr SUCHÁNEK a Jitka MOHELNÍKOVÁ. Osvětlení neosvětlitelných prostor. Brno: ERA group, 2004. ISBN 80-86517-82-9.
5. FISCHER, Petr. Veřejné osvětlení: postmoderní morálka, postmoderní politika. Praha: Sociologické nakladatelství (SLON), 2008. Sociologické aktuality. ISBN 978-80-86429-91-5.
6. Časopis Světlo
7. ČSN EN 12 464-1

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Petr Neumann, Ph.D.**

Ústav elektroniky a měření

Datum zadání diplomové práce:

**3. února 2017**

Termín odevzdání diplomové práce:

**24. května 2017**

Ve Zlíně dne 3. února 2017



doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.  
*děkan*



doc. RNDr. Vojtěch Křesálek, CSc.  
*ředitel ústavu*



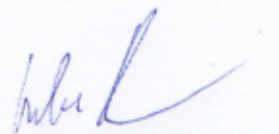
### **Prohlašuji, že**

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen přípouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

### **Prohlašuji,**

- že jsem na diplomové/bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně, dne



.....  
podpis diplomanta



## **ABSTRAKT**

Tato práce má za cíl poskytnout náhled do problematiky umělého osvětlení se zaměřením na bezpečnost práce. V teoretické části jsou popsány legislativní a normativní podmínky pro navrhování osvětlovacích soustav, jednotlivé druhy osvětlení, světelně technické veličiny a jejich měření. V praktické části je zpracován projekt umělého osvětlení, jehož cílem je splnit veškeré požadavky z oblasti BOZP.

Klíčová slova: svítidlo, LED, umělé osvětlení

## **ABSTRACT**

The aim of this thesis is to deal artificial with lightning related to work safety. The theoretical part describes legislative and normative conditions for the design of lightning systems, individual types of lightning, light oriented technical quantities and their measurement. In the practical part, the project of artificial lightning which meets all OSH requirements is designed.

Keywords: luminaire, LED, artificial lightning

*“Na počátku stvořil Bůh nebe a zemi. Země byla pustá a prázdná a nad propastnou tůňí byla tma. Ale nad vodami vznášel se Duch Boží. I řekl Bůh: "Buď světlo!" A bylo světlo. Viděl, že světlo je dobré, a oddělil světlo od tmy. Světlo nazval Bůh dnem a tmu nazval nocí. Byl večer a bylo jitro, den první.“*

(Kniha Genesis)

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

## OBSAH

ÚVOD.....	10
<b>1 TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>11</b>
1 ZÁKLADNÍ POJMY .....	12
2 HISTORIE UMĚLÉHO OSVĚTLENÍ.....	13
2.1 DEFINICE SVĚTLA .....	14
3 SVĚTELNĚTECHNICKÉ VELIČINY .....	16
4 HYGIENICKÉ A NORMATIVNÍ POŽADAVKY NA OSVĚTLENÍ.....	18
4.1 ČSN EN 12 464-1 .....	18
5 ROZDĚLENÍ OSVĚTLENÍ.....	22
5.1 KLASICKÁ ŽÁROVKA (ŽÁROVKA S VLÁKNEM).....	22
5.1.1 Parametry .....	23
5.1.2 Výhody a nevýhody klasických žárovek.....	24
5.2 KOMPAKTNÍ ZÁŘIVKA .....	24
5.2.1 Zářivky s vnějším předřadníkem.....	25
5.2.2 Zářivky s integrovaným předřadníkem.....	25
5.2.3 Výhody a nevýhody kompaktních zářivek.....	26
5.3 NÍZKOTLAKÉ VÝBOJKY .....	26
5.4 VYSOKOTLAKÉ VÝBOJKY .....	27
5.5 LINEÁRNÍ VÝBOJKY .....	28
5.6 LED SVĚTLENÉ ZDROJE.....	29
5.6.1 Konstrukce LED.....	30
5.6.2 Pokles svítivosti .....	31
5.6.3 Výhody a nevýhody LED.....	31
6 MĚŘENÍ OSVĚTLENÍ.....	33
6.1 MĚŘENÉ VELIČINY .....	33
6.2 MĚŘÍCÍ PŘÍSTROJE .....	33
6.3 VÝBĚR KONTROLNÍCH BODŮ .....	35
6.4 PŘÍPRAVA MĚŘENÍ.....	35
6.5 POSTUP MĚŘENÍ.....	36
6.6 VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ.....	37
6.7 PROTOKOL O MĚŘENÍ.....	38
7 NÁVRH OSVĚTLOVACÍ SOUSTAVY.....	39
7.1 ROZLOŽENÍ JASU .....	40
7.2 OSVĚTLENOST .....	40
7.2.1 Doporučené osvětlenosti v místě zrakového úkolu.....	41
7.2.2 Rovnoměrnost osvětlení.....	41
7.2.3 Oslnění .....	42
7.3 TEPLOTA BARVY SVĚTLA .....	42
7.4 PODÁNÍ BAREV .....	42
7.5 UDRŽOVACÍ ČINITEL.....	43
8 NOUZOVÉ OSVĚTLENÍ .....	45



8.1	POŽADAVKY NA ZŘIZOVÁNÍ .....	45
8.2	OSVĚTLENÍ ÚNIKOVÝCH CEST .....	46
8.3	PROTIPANICKÉ OSVĚTLENÍ .....	46
8.4	OSVĚTLENOST PROSTORŮ S VELKÝM RIZIKEM .....	47
8.5	BEZPEČNOSTNÍ ZNAČKY .....	47
8.6	NAPÁJENÍ NOUZOVÉHO OSVĚTLENÍ .....	48
8.6.1	Svítlidla s integrovaným akumulátorem .....	48
8.6.2	Svítlidla napájená z centrálního zdroje .....	49
<b>9</b>	<b>ŘÍZENÍ OSVĚTLOVACÍCH SOUSTAV .....</b>	<b>51</b>
9.1	ANALOGOVÉ ŘÍZENÍ .....	51
9.2	DIGITÁLNÍ ŘÍZENÍ .....	51
9.2.1	Rozhraní DSI .....	51
9.2.2	Rozhraní DMX .....	51
9.2.3	Rozhraní DALI .....	52
9.2.4	Rozhraní KNX .....	53
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>55</b>
<b>10</b>	<b>POPIS OBJEKTU A SOUČASNÉHO STAVU .....</b>	<b>56</b>
10.1	POPIS OBJEKTU .....	56
10.2	SOUČASNÝ STAV .....	56
10.2.1	Lisovna 1 .....	56
10.2.2	Lisovna 2 .....	57
10.2.3	Expediční sklad .....	59
10.2.4	Zhodnocení .....	60
<b>11</b>	<b>NÁVRHOVÉ POŽADAVKY .....</b>	<b>62</b>
11.1	POŽADAVKY ZADAVATELE .....	62
11.2	LEGISLATIVNÍ POŽADAVKY .....	62
<b>12</b>	<b>NÁVRH OSVĚTLOVACÍ SOUSTAVY .....</b>	<b>63</b>
12.1	ZÁKLADNÍ PARAMETRY .....	63
12.2	VOLBA SVÍTIDEL .....	64
12.3	ROZLOŽENÍ OSVĚTLENOSTI .....	66
12.4	VÝPOČET .....	66
12.5	VOLBA SVÍTIDEL .....	69
12.5.1	Lisovna 1 .....	69
12.5.2	Lisovna 2 .....	70
12.5.3	Sklad .....	71
<b>13</b>	<b>EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ .....</b>	<b>72</b>
<b>14</b>	<b>VYHODNOCENÍ .....</b>	<b>74</b>
14.1	MĚŘENÍ MÍRY OSVĚTLENÍ .....	74
14.2	ZÁVĚREČNÉ ZHODNOCENÍ .....	74
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>76</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>78</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>80</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>81</b>

<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>83</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>84</b>

## ÚVOD

Světlo provází člověka od prvopočátků jeho existence. Střídání dne- světla a noci- tmy určovalo jeho režim. Od nepaměti se snažil tento cyklus narušit, chtěl světlo ovládnout, zvýšit svou efektivitu.

V diplomové práci se chci zaměřit na komplexní problematiku umělého osvětlení se zaměřením na legislativní a normativní podmínky pro jejich zřizování. Hlavním cílem diplomové práce je vytvořit ucelený manuál pro návrh osvětlovací soustavy.

Diplomová práce je členěna do tematických částí. V první části se zabývám světelně technickými veličinami a legislativním a normativními podmínkami pro navrhování a zřizování osvětlovacích soustav. Ve druhé a ve třetí části se zabývám konstrukčním rozdělením světelných zdrojů, rozdělením osvětlovacích soustav a jejich případným řízením a návrhem osvětlovacích soustav.

Praktická část má sloužit jako ukázka návrhu funkční osvětlovací soustavy splňující veškeré legislativní a normativní požadavky.



## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 ZÁKLADNÍ POJMY

<b>Světelný zdroj</b>	je zařízení, které přeměňuje energii (například elektřina, plyn, atd.) na světlo.
<b>Svítilno</b>	je zařízení, které rozděljuje, filtruje nebo mění světlo, které je vyzařováno jedním nebo více světelnými zdroji.
<b>Světlo</b>	je elektromagnetické vlnění, které vyvolává zrakový vjem působením svým působením na lidské oko.
<b>Luminofor</b>	je látkou, jejíž schopností je pohlcovat energii a následně ji vyzářit ve formě světla.
<b>Zrakový úkol</b>	vizuální prvky vykonávané práce.
<b>Předřadník</b>	je zařízení, které je zapojené v napájecím obvodu jedné nebo více výbojek a omezuje jejich proud na požadovanou hodnotu.
<b>Udržovací činitel</b>	je podílem účinnosti svítidla v dané době a jeho počáteční účinnosti.
<b>Zdroj</b>	je objekt, který vyzařuje světelný tok.
<b>Nouzové osvětlení</b>	je osvětlení, které je určeno k použití v případě poruchy v napájecí síti normálního osvětlení.

[1]

## 2 HISTORIE UMĚLÉHO OSVĚTLENÍ

Pravidelný cyklus střídání dne a noci provází lidstvo od prvopočátku jeho existence. Člověk musel tomuto cyklu podřídit veškerou svou činnost, a proto se od nepaměti pokoušel s tmou bojovat a ovládnout světlo. V prvopočátcích se jednalo o udržování ohně zažehnutého bleskem, později neandrtálec pochopil, jakým způsobem jej rozdělat.

S postupujícím časem si člověk osvojil používání svítlen na rybí tuk a s postupným pochopením přírodovědných souvislostí i jiné světelné zdroje.

Světlo získávané prostřednictvím spalování olejů a plynů využíval člověk v boji se tmou jako hlavní zbraň až do konce 19. století, kdy bylo díky pokroku ve vědě umožněno využívat k výrobě světla elektrickou energii. Díky tomuto pokroku bylo umožněno vzniknout žárovce, vynálezu, který používáme do dnešních dní. Od té doby člověk definitivně vyhrál svůj souboj se tmou.

S přibývajícimi poznatky na technickém poli docházelo také k vývoji v oblasti světelných zdrojů. Už v roce 1854 sestrojil německý fyzik J. Plücker první výbojku- skleněnou trubici, ze které byl vysán veškerý vzduch, a na jejichž koncích byly zatavené elektrody. Roku 1896 se zapsal do historie M.L. Arons, který sestrojil první rtuťovou výbojku, vakuovou trubici, do níž nalil rtuť a jejíž páry při průchodu proudu vyzařovaly světlo.

Až s pokrokem vývoje na poli elektroniky bylo umožněno ubírat se i jiným směrem než zdokonalování výbojkových zdrojů světla. Tento pokrok umožnil vzniku LED diod a jejich aplikaci do osvětlovací techniky.



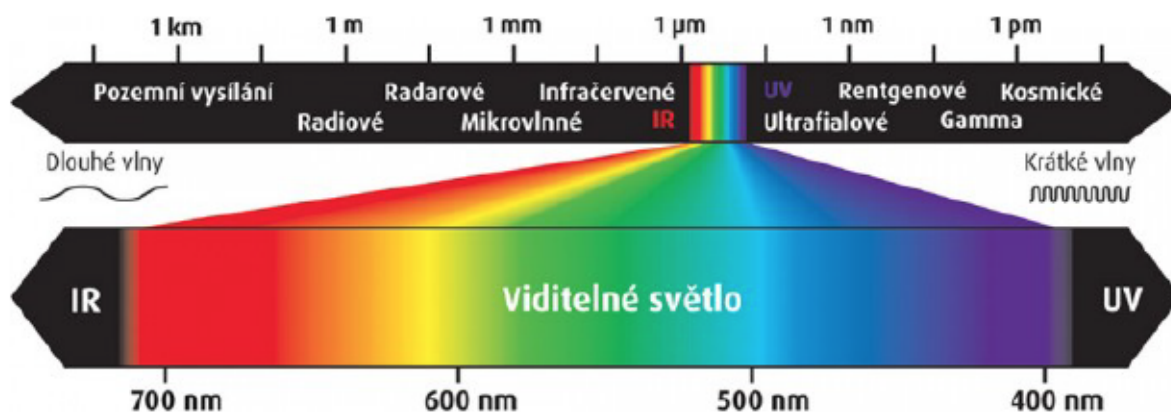


*Obrázek 1 Křižíkova oblouková lampa[11]*

## 2.1 Definice světla

Světlo můžeme popsat jako viditelné elektromagnetické vlnění (viditelná část spektra elektromagnetického záření). Elektromagnetické záření se prostorem šíří v podobě dvou vln- elektrické a magnetické. Důležitou vlastností světla je jeho rychlost  $c$ , vlnová délka  $\lambda$  a frekvence  $f$ . Rychlost světla ve vakuu pak dosahuje 300 000 000 m/s. Vlnová délka světla je dána vztahem  $\lambda=c/f$  [nm] a je udávána v nanometrech. Lidské oko dokáže vnímat světlo o vlnové délce  $\lambda=390$  až 760nm. Světlo o vlnové délce nižší než  $\lambda=390$ nm se nazývá jako ultrafialové a nad  $\lambda=760$ nm se nazývá jako infračervené.

[1]



Obrázek 2 Celkové světelné spektrum[12]

### 3 SVĚTELNĚTECHNICKÉ VELIČINY

**Zářivý tok:** je výkon, který je vyslán zdrojem záření za jednotku času.

$$\Phi = \frac{dW}{dt} \text{ [W]}$$

**Světelný tok:** veličina, která je odvozena od hodnoty zářivého toku [lm].

$$\Phi(\lambda) = K(\lambda) \Phi_e(\lambda) = K_m V(\lambda) \Phi_e(\lambda) \text{ [lm]}$$

**Svítivost:** jedná se o základní fotometrickou veličinu, která popisuje schopnost bodového zdroje vyvolat v daném bodě zrakový vjem. Svítivost je podílem světelného toku a velikosti elementárního prostorového úhlu. Základní jednotkou je Kandela [cd].

$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega} \text{ [cd]}$$

**Světelná účinnost:** jedná se o poměr lumenů na watt, kdy nám říká, kolik světelného toku je schopný zdroj vyzářit na 1 Watt elektrické energie.

$$K = \frac{\Phi_{sv}}{P_{sv}} \text{ [lm/W]}$$

**Jas:** jedná se o podíl vyzářeného světelného toku, který dopadá na plochu v daném bodě a šíří se prostorovým úhlem v daném směru a součinu tohoto prostorového úhlu a průmětu této plochy na rovinu kolmou na daný směr.

$$L = \frac{d^2\Phi}{d\Omega dA} \text{ [cd/m}^2\text{]}$$

**Index podání barev:** touto měrnou metodou se vyhodnocuje u světelného zdroje věrnost, jakou je schopný reprodukovat barvy ve srovnání s denním světlem. Rozsah měření je od 0 do 100, kdy nejvyšší hodnota CRI (color rendering index) je 100.

$$R_a = 100 - 4,6 \Delta E_a$$

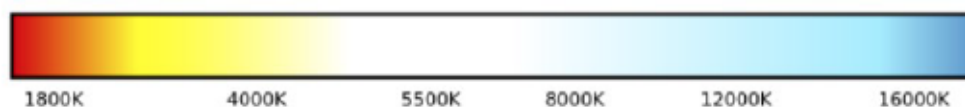
**Intenzita osvětlení (Osvětlenost):** je podílem světelného toku, který dopadá na elementární plochu, která obsahuje daný bod a velikosti této plochy.

$$E = \frac{d\Phi}{dA} \text{ [lx]}$$

**Chromatická:** je vlastností barevného podnětu, která je definována jeho trichromatickými souřadnicemi nebo náhradní, případně doplňkovou vlnovou délkou a čistotou.

**Barevná teplota (Teplota chromatičnosti):** je teplota černého tělesa, jehož záření má stejnou chromatičnost jako daný barevný podnět. Jednotka je kelvin K.





*Obrázek 3 Rozsah barevných teplot*

**Činitel odrazu:** je podílem procházejícího zářivého nebo světelného toku a dopadajícího toku za daných podmínek.

$$\rho = \frac{\Phi_p}{\Phi} [\%]$$

**Úhel vyzařování:** je úhel, který je měřený od nadíru, sevřený vertikální osou a prvním směrem pohledu, z kterého již nelze pozorovat světelné zdroje a povrchy s velkým jasem.

[1]

## 4 HYGIENICKÉ A NORMATIVNÍ POŽADAVKY NA OSVĚTLENÍ

Aby lidé mohli účinně a přesně vykonávat zrakové úkoly, musí jim být poskytnuto vhodné osvětlení. Osvětlení může být zprostředkováno denním, umělým nebo sdruženým osvětlením.

Úroveň osvětlení závisí na druhu a trvání dané činnosti.

Legislativní a normativní požadavky na umělé osvětlení v interiérech upravují zejména:

- ČSN EN 12 464-1 Světlo a osvětlování- osvětlení pracovních prostorů- část 1: vnitřní pracovní prostory
- Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci

Krom těchto stěžejních právních úprav řeší problematiku umělého osvětlení i tyto normy:

- ČSN EN 12 665:2002- Světlo a osvětlení- základní termíny a kritéria pro stanovení požadavků na osvětlení
- ČSN EN 12 193- Světlo a osvětlování- Osvětlování sportovišť
- ČSN EN 13 032-1- Světlo a osvětlování- Měření a prezentace fotometrických dat světlených zdrojů a svítidel
- CIE 117:1995- Rušivé oslnění ve vnitřním osvětlování

### 4.1 ČSN EN 12 464-1

Jedná se o stěžejní normu, která stanovuje základní požadavky na osvětlení pro vnitřní prostory z hlediska zrakové pohody a zrakového výkonu. Norma upravuje požadavky na veškeré běžné zrakové úkoly.

Tato norma neplatí pro venkovní pracovní prostory a pro podzemní doly.

Norma upravuje následující prostory:

- **Komunikační zóny a společné prostory v budovách**
  - Komunikační zóny
  - Místnosti pro odpočinek, hygienu a první pomoc
  - Dozorny

- Skladové prostory a chladírny
- Regálové sklady
- **Průmyslové činnosti a prostory**
  - Zemědělství
  - Pekárny
  - Cement, cementové zboží, beton cihly
  - Keramika, keramické obklady, sklo, sklenářské výrobky
  - Chemický, plastikářský a gumárenský průmysl
  - Elektrotechnický průmysl
  - Výroba potravin a pochutin
  - Slévárny a výroba odlitků
  - Kadeřnictví
  - Výroba šperků a hodinek
  - Prádelny a čistírny
  - Kůže a kožené zboží
  - Zpracování a opracování kovů
  - Papír a papírenské zboží
  - Elektrárny
  - Tiskárny
  - Válcovny, železárny a ocelárny
  - Výroba a zpracování textilií
  - Výroba automobilů
  - Výroba a zpracování dřeva
- **Administrativní prostory**
- **Obchodní prostory**
- **Veřejné prostory**

- Společné prostory
- Restaurace a hotely
- Divadla a koncertní sítě, kina
- Veletrhy, výstavní haly
- Muzea
- Knihovny
- Veřejná vnitřní parkoviště
- **Školská a výchovná zařízení**
  - Mateřské školy a jesle
  - Školské a vzdělávací budovy
- **Zdravotnické zařízení**
  - Místnosti pro všeobecné použití
  - Místnosti pro personál
  - Lůžkové pokoje
  - Vyšetřovny (všeobecně)
  - Oční vyšetřovny
  - ORL vyšetřovny
  - Místnosti zobrazovacích metod
  - Porodní sály
  - Ošetrovny (všeobecně)
  - Operační prostory
  - Jednotky intenzivní péče
  - Zubní ordinace
  - Laboratoře a lékárny
  - Dezinfekční prostory
  - Pitevny a prosektury



- **Dopravní prostory**
  - Letiště
  - Železniční prostory

[7]

## 5 ROZDĚLENÍ OSVĚTLENÍ

Jakékoliv zařízení, které vyzařuje viditelné záření, se nazývá světelným zdrojem. Rozeznáváme dva zdroje osvětlení- přírodní (např. slunce) a umělé (jakýkoliv uměle vytvořený světelný zdroj).

V osvětlovací technice se rozeznávají dva druhy osvětlení:

- Denní osvětlení
- Umělé osvětlení

Pod pojmem denní osvětlení chápeme jakékoliv přírodní osvětlení, kde je zdrojem sluneční záření, které do objektu proniká buď přímo, nebo pomocí odrazu. Denní osvětlení dokáže docílit velmi vysokých ekonomických úspor, kdy dokáže ve slunných dnech nahradit umělé osvětlení. Proto je při návrhu budovy potřeba využít v co nejvyšší možné míře prosvětlení.

Vzhledem k tomu, že denní osvětlení není schopné pokrýt veškeré naše požadavky na intenzitu a množství dodaného světelného toku, musí člověk pro jeho doplnění, případně nahrazení, využívat umělého osvětlení. Umělé osvětlení je tedy takový zdroj osvětlení, jehož zdroj je uměle vytvořen a to pomocí přeměny elektrické energie na světelnou.

V dalších kapitolách se budeme zabývat nejčastějšími zdroji umělého osvětlení.

[6]

### 5.1 Klasická žárovka (žárovka s vláknem)

Na rozdíl od dob Edisona, kdy bylo v žárovkách využíváno uhlíkové vlákno, je v dnešních žárovkách wolframový drátek o průměru  $d=10$  až  $120 \mu\text{m}$ , který je schopen odolat vysokým teplotám. Drátek má buď jednoduché, nebo dvojité vynutí, kdy je zafixováno přírady a podpěrnými háčky z molybdenu do čočky tyčinky, která s dalšími skleněnými polotovary tvoří tzv. nožku.

Vnější baňka je pak vyrobena ze sodnovápenatého skla a do něj zatavena samotná nožka s vláknem. Baňka může být vyrobena jako čirá, matová, barevná nebo zrcadlená. Po sestavení je z baňky vyčerpán veškerý vzduch. U žárovek do 15W je baňka pouze vakuovaná, u silnějších je pak plněna směsí dusíku, argonu, kryptonu případně xenonem. Tyto náplně

umožní vyšší provozní teploty vlákna, omezují jeho degradaci a zabraňují tzv. černání baňky. Tím zlepšují stabilitu světelného toku.

Přívody se skládají ze tří částí- vnitřní, prostřední a vnější části. Vnitřní část bývá zpravidla zhotovena z niklu, prostřední z tzv. plášťového drátu a vnější z monetu, který zajišťuje elektrický kontakt s objímkou svítidla.

Ve většině případů jsou žárovky opatřeny závitovou patičkou E27 nebo E14.

[4]



Obrázek 4 Popis klasické inkadescenční žárovky[13]

### 5.1.1 Parametry

Klasické žárovky jsou známy svou nízkou světelnou účinností. U vakuových žárovek se pouhých 7% dodané elektrické energie přemění na světelnou, u žárovek plněných plynem je tato hodnota nepatrně vyšší a to v průměru 10%. Zbývající energie se přemění na tepelnou- ztrátovou. S tím souvisí i nízká hodnota měrného výkonu, která se pohybuje okolo 16 lm/W.

Životnost žárovek se počítá v jednotkách tisíců hodin a je ovlivněna počtem spínacích cyklů. Druhý parametr, který ovlivňuje jejich životnost je dodávané napětí. Žárovky jsou velice citlivé na přepětí a to už při zvýšení napětí o 10%, kdy se snižuje jejich životnost až o 75%.

Z tohoto důvodu přistoupily výrobci k výrobě žárovek v několika napěťových kategoriích.

### 5.1.2 Výhody a nevýhody klasických žárovek

Mezi hlavní výhody klasických žárovek patří zejména:

- Jednoduchá konstrukce a z toho vyplívající nízká cena v porovnání s ostatními světelnými zdroji
- Možnost plynulé regulace jasu
- Okamžitý start do plného výkonu

Mezi hlavní nevýhody klasických žárovek patří zejména:

- Velmi nízká účinnost a s tím související vysoká spotřeba elektrické energie
- Vysoká vyzařovaná teplota
- Velmi malá mechanická odolnost
- Velmi nízká životnost v řádu maximálně jednotek tisíc hodin svitu
- Tlak na úspory elektrické energie a s ním související nahrazování klasických žárovek

Z důvodu snahy o snížení emisí skleníkových plynů a s tím související snížení spotřeby elektrické energie začala Evropská Unie vydávat směrnice, které zpřísnují efektivnost jednotlivých zařízení. Jedna z těchto směrnic se vztahuje také na světelné zdroje a to konkrétně nařízení Evropské komise číslo 244/2009 Sb.

Na základě tohoto nařízení docházelo k postupnému útlumu výroby a doprodávání zásob klasických žárovek s cílem jejich nahrazení modernějšími a výrazně efektivnějšími zdroji osvětlení.

## 5.2 Kompaktní zářivka

Výroba kompaktních zářivek započala v 80. letech 20. století s cílem postupně nahradit klasickou žárovku. Pracuje na stejném principu jako klasická lineární zářivka a vyrábí se ve spoustě variant a velikostech.

Principem se jedná o nízkotlakou rtuťovou výbojku, jejíž hlavní část světla je vyzařována přes vrstvu luminoforu, který je buzený ultrafialovým zářením výboje.

Vlastní výbojová trubice je tvořena měkkým olovnatým sklem, kdy je na obou koncích opatřena elektrodami z wolframu, na kterých je nanesena emisní hmota. Na vnitřní stěně trubice je pak nanesena směs dvou nebo tří úzkopásmových luminoforů, které jsou na bázi prvků vzácných zemin. Ve směsi tvořené výpary rtuti a vzácného plynu pak svítí výboj.

Rtuť se do zářivky dodává ve formě čistého amalgámu. Na koncích trubice jsou pak umístěny patice.

Z hlediska konstrukce můžeme kompaktní zářivky rozdělit na:

- Kompaktní zářivky s vnějším předřadníkem
- Kompaktní zářivky s integrovaným předřadníkem

[6]

### 5.2.1 Zářivky s vnějším předřadníkem

Zářivka potřebuje ke své činnosti předřadník, tj. tlumivku nebo elektronický předřadník. Toto uspořádání vyžaduje speciální svítidlo, ve kterém je umístěna buď tlumivka se startérem, nebo elektronický předřadník. Dále je ve svítidle umístěna speciální patice (např. G23, G24, 2G7, 2G11).

[6]

### 5.2.2 Zářivky s integrovaným předřadníkem

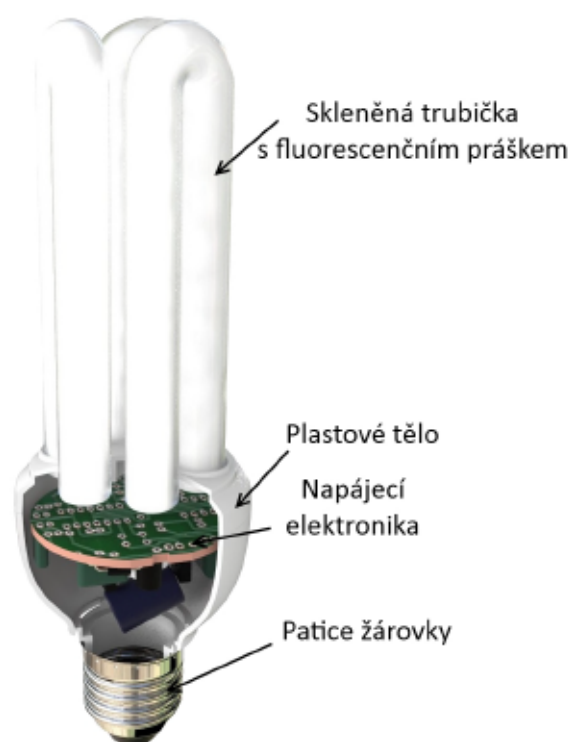
Toto provedení vzniklo jako reakce na poptávku trhu, kdy byl požadavek na přímou výměnu klasické žárovky za kompaktní zářivku bez nutnosti výměny, respektive úpravy svítidla. Tento typ zářivek je tedy opatřen nejběžnější paticí E27 a E14.

Elektronický předřadník jako takový je součástí zářivky, kdy je umístěn v plastovém krytu u patice.

K rozšíření tohoto provedení mohlo dojít až díky pokroku v technologiích, kdy se podařilo elektronické součástky předřadníku miniaturizovat do takových rozměrů, aby byla zářivka rozměrově podobná klasické žárovce. Důvod byl jediný, svítidla konstruovaná pro klasickou zářivku byla navržena pro její vyzářovací charakteristiku. V případě, že byla zářivka rozměrově větší (delší) díky integrovanému předřadníku, docházelo k nežádoucímu posunutí vyzářovací charakteristiky a tvorbě tmavých skvm na svítidle.

[6]





Obrázek 5 Zářivka s integrovaným předřadníkem[14]

### 5.2.3 Výhody a nevýhody kompaktních zářivek

Mezi výhody kompaktních zářivek patří zejména:

- Výrazná úspora elektrické energie v porovnání s klasickou žárovkou
- Násobně delší životnost
- Je možné vybírat z více barev světla

Mezi hlavní nevýhody kompaktních zářivek patří zejména:

- Vyšší pořizovací cena
- Delší náběh do plného výkonu
- Náchylnost na spínací cykly

[6]

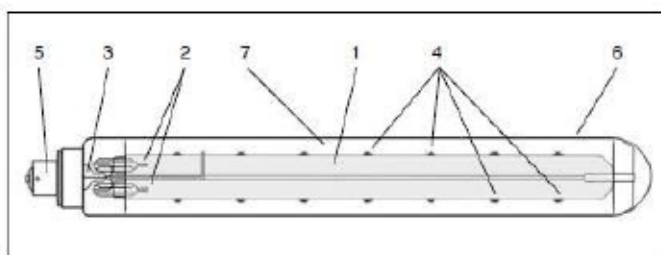
### 5.3 Nízkotlakové výbojky

V převážné většině se jedná o sodíkové výbojky, které jsou tvořeny hořákem a baňkou. Hořák je naplněn neonem a malým množstvím sodíku, který se po zažehnutí výboje vypa-

ří a vznikne výboj v sodíkových parách. Tento výboj vysílá do prostoru světlo o vlnové délce  $\lambda=589$  [nm]. Výhodou tohoto světelného zdroje je, že se vyzařované světlo blíží vlnové délce, na kterou je náš zrak nejcitlivější.

Doba náběhu se u nízkotlakých výbojek pohybuje mezi 8-15 minutami, proto jsou vhodné do prostor, kde je potřeba trvalé osvětlení, typicky venkovní osvětlení. Jejich životnost se počítá v řádu jednotek tisíc hodin svitu.

[1]



Obr. 2. Konstrukce nízkotlaké sodíkové výbojky  
1 - výbojová trubice, 2 - katoda, 3 - nožka, 4 - chladná místa,  
5 - patice, 6 - vnější baňka s odraznou vrstvou, 7 - vakuum

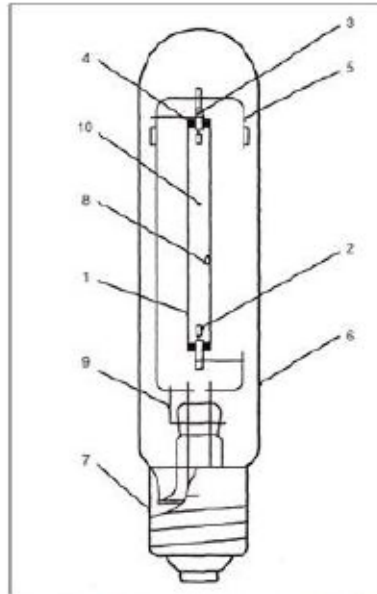
Obrázek 6 Nízkotlaká výbojka[15]

#### 5.4 Vysokotlaké výbojky

Mezi tento typ výbojek se řadí sodíkové, halogenidové a xenonové výbojky. Hořák je u tohoto typu výbojek vyroben z polykrystalického oxidu hlinitého a je plněn argonem, případně xenonem s příměsí menšího množství amalgámu sodíku.

Halogenidové výbojky mají jako příměs halogenidy kovů, případně vzácných zemí. Viditelné světlo pak vzniká vyzařováním par rtuti a štěpením halogenidů.

[1]



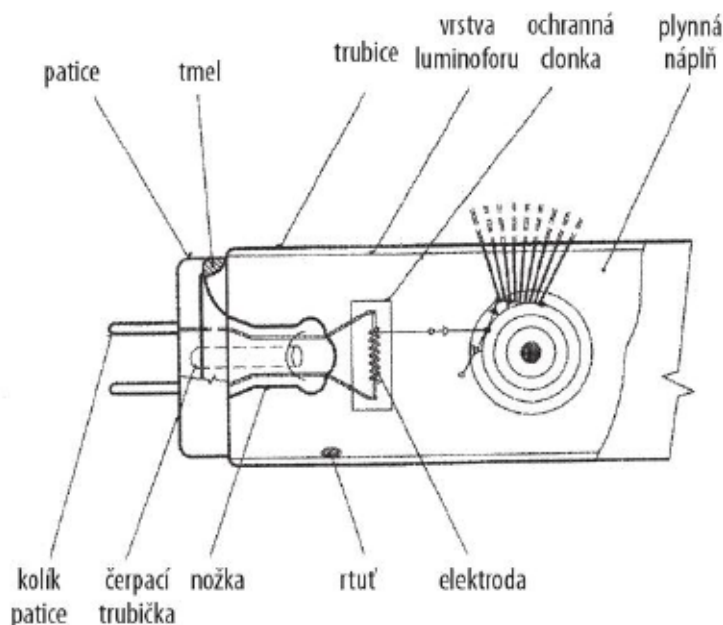
Obr. 2. Konstrukce vysokotlaké sodíkové výbojky  
 1 – korundová trubička, 2 – elektroda, 3 – niobová průchoďka, 4 – pájecí kroužek, 5 – nosný rámeček, 6 – vnější baňka, 7 – patice, 8 – amalgám sodíku, 9 – getr, 10 – plynná náplň

Obrázek 7 Vysokotlaká výbojka[15]

## 5.5 Lineární výbojky

Jedná se nízkotlakové rtuťové výbojky, ve kterých se ultrafialové záření výboje mění na viditelné záření za pomoci vrstvy luminoforu, která je nanесena na vnitřní straně zářivky. Podle typu luminoforu pak můžeme ovlivnit teplotu barvy, kterou zářivka vyzařuje. Jedná se o v současné době jeden z nejpoužívanějších světelných zdrojů díky výbornému poměru cena/výkon/životnost.

[1]



Obrázek 8 Lineární výbojka[16]

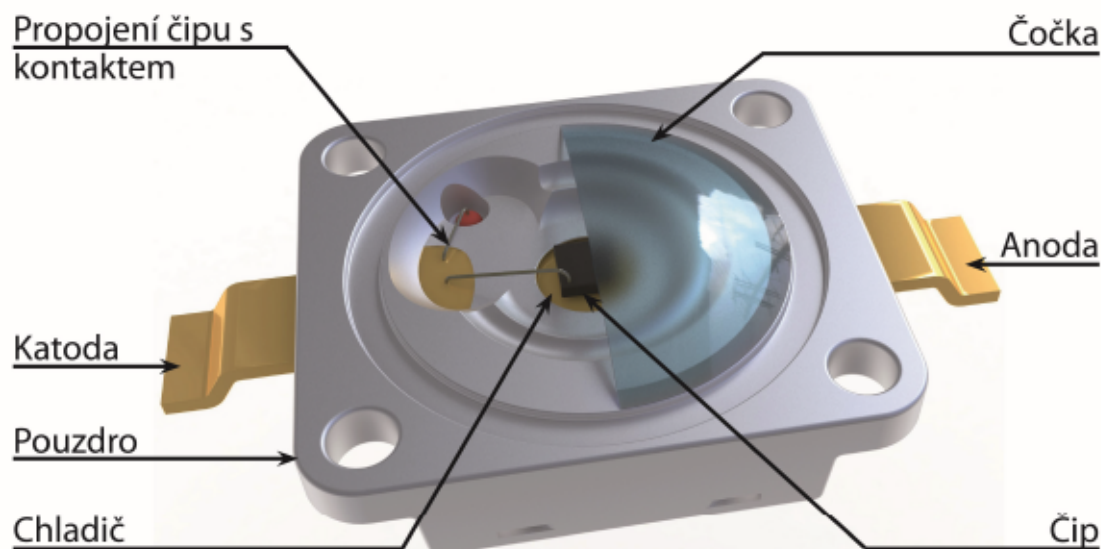
Nevýhody

- Stroboskopický efekt

## 5.6 LED světlené zdroje

Zkratka LED pochází z anglického názvu Light Emitting Diode, což v českém jazyce znamená dioda vyzařující světlo. Zlomovým datem byl rok 1965, kdy se podařilo H.J. Roudnovi zkonstruovat první LED diodu. Tyto první LED měly velmi nízký výkon a až do roku 1971 bylo jejich použití limitováno pouze červenou barvou. V tomto roce přišel zásadní zlom, kdy se podařilo emitovat i jiné barvy než červená. Tímto se možnost využití výrazně zvýšila. Červená, žlutá a zelená LED začaly postupně nahrazovat žárovkové kontrolky v přístrojích. Jejich hlavní výhodou byla vyšší životnost neomezená počtem spínacích cyklů.

[1]



Obrázek 9 Led čip [14]

### 5.6.1 Konstrukce LED

Pro vytvoření polovodičových přechodů PN se používají polovodiče o vysoké čistotě, které jsou legovány malým množstvím vhodných příměsí, které vytvářejí buď přebytek nebo nedostatek donorů nebo děr. V místě, kde se setkávají polovodiče obou typů, vzniká tzv. polovodičový přechod.

Po přivedení stejnosměrného napětí o správné polaritě na tento přechod dochází ke vzájemnému přibližování donorů a děr k diodovému přechodu a rekombinaci. Při rekombinaci každého páru donor-díra dochází k uvolnění určitého množství energie ve formě fotonů, které se následně může vyzářit do okolí. Elektrická energie se tak mění přímo na světlo o určité barvě.

Barva světla, kterou dioda vyzařuje, ovlivňuje chemické složení použitého polovodiče, kdy jsou LED světelné zdroje schopny vyzařovat od ultrafialového přes viditelné až po infračervené pásmo.

[14]



Obrázek 10 LED žárovka[14]

### 5.6.2 Pokles svítivosti

V dnešní době je výrobci LED světelných zdrojů udávána životnost v rozpětí 25 000 až 100 000 hodin svitu. Tato hodnota ovlivňuje funkčnost a životnost. Tak jako každý jiný světelný zdroj má i LED pokles své svítivosti. V porovnání s jinými zdroji jako jsou například lineární zářivky nebo sodíkové výbojky není pokles svítivosti tak markantní. U LED světelných zdrojů se jedná o snížení účinnosti o cca 15-20% na konci životnosti, kdy klasické zdroje mají tuto hodnotu dvojnásobně vyšší při čtvrtinové životnosti.

### 5.6.3 Výhody a nevýhody LED

Mezi hlavní výhody LED světelných zdrojů patří zejména:

- Extrémně dlouhá životnost, která se počítá v řádu násobků oproti jiným světelným zdrojům
- Nejvyšší měrná účinnost
- Vysoké rozmezí provozních teplot
- Oproti jiným světelným zdrojům nízká teplota povrchu



- Lze vyrábět v nepřeborném množství teplot barev
- Nemají žádný náběh. Ihned svítí do 100% svého výkonu
- Jejich životnost není omezena spínacími cykly

V současné době se dá říct, že LED světelné zdroje mají jen jednu nevýhodu a to je vyšší pořizovací cena oproti jiným světelným zdrojům. Postupem času se ale i tato nevýhoda pomálu vytrácí, kdy vlivem jejich rozšíření a snížení ceny výroby dochází k dorovnání ceny kompaktních zářivek a jejich postupnému vytlačování z trhu.

## 6 MĚŘENÍ OSVĚTLENÍ

Míru osvětlení měříme proto, abychom si ověřili, že při realizaci osvětlovací soustavy byly splněny parametry dle projektu a zda jsou naměřené hodnoty v souladu s legislativními a normativními požadavky.

### 6.1 Měřené veličiny

Základní veličiny, které charakterizují světelnou pohodu, jsou:

- Úroveň osvětlení [lx]
- Jasy ploch [-]

Dle potřeby se jako doplňkové hodnoty měří:

- Činitel odrazu světla [%]
- Činitel prostupu světla
- Činitel znečištění světelného zdroje [-]
- Teplota chromatičnosti [K]

[9]

### 6.2 Měřicí přístroje

K měření světelně technických veličin se používají tyto přístroje:

- Fotometr
  - Fotometr je optický přístroj sloužící ke stanovení koncentrace látek v roztocích absorbujících elektromagnetické záření v ultrafialové nebo viditelné oblasti. Na rozdíl od spektrofotometru umožňuje měření jen při některých vybraných vlnových délkách.
- Kolorimetr
  - Kolorimetr je optický přístroj, který slouží k měření barevného podání a teploty chromatičnosti. Principiálně se jedná o podobný přístroj, jako je luxmetr. Rozdíl je pouze v použitém fotočlánku, který obsahuje speciální filtry s upravenou spektrální citlivostí se zaměřením na trichromatické složky.
- Luxmetr

- Luxmetr je optický přístroj, který slouží k měření jedné z nejdůležitějších světelně technických veličin a to osvětlenosti. Skládá se z přijímače tvořeného křemíkovým fotoelektrickým článkem a z měřicího systému s digitální nebo analogovou stupnicí.



Obrázek 11 Luxmetr[17]

- Měřič jasu
  - Nebo-li jasoměr, je přístroj, který slouží k měření jasů ploch. Skládá se z přijímače, na který je nasazen tubus, který je v podstatě uvnitř černá trubka, který je vpředu opatřen clonou s kruhovým otvorem, čímž je vymezen prostorový úhel, v kterém dopadají paprsky z měřené plochy na přijímač.

Na základě požadavků na přesnost rozeznáváme tři kategorie měřících přístrojů:

- Přesné, které jsou určeny do náročných prostor nebo pro výzkumné účely. Jejich nejistota měření je menší než 8%.
- Provozní, které jsou určeny pro ověřování správnosti navržených hodnot a jejich průběžnou kontrolu. Jejich nejistota měření je mezi 8 až 14%.
- Orientační, které jsou určeny pro ověřování základních podmínek zrakové pohody. Jejich přesnost se pohybuje mezi 14 až 20%

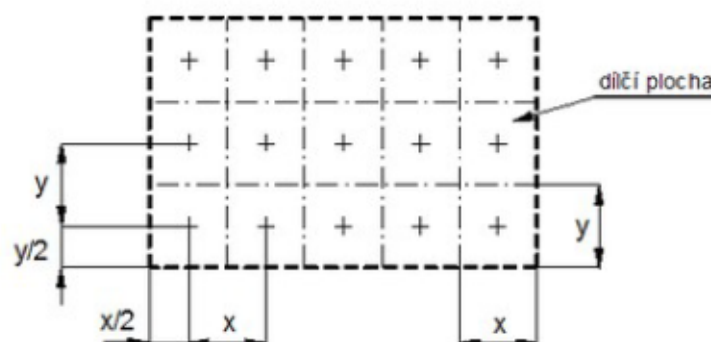
### 6.3 Výběr kontrolních bodů

Osvětlenost a její rovnoměrnost osvětlení se měří v kontrolních bodech, které jsou rozmístěné v pravidelném rastru po celé ploše měřeného prostoru nebo v jeho funkčně vymezených místech. V drtivé většině bývá srovnávací rovina vodorovná, jen ve výjimečných případech svislá.

Standartní výška vodorovné srovnávací roviny je 85 cm nad podlahou, pokud není normou určeno jinak.

Při tvorbě kontrolního rastru se měřicí body umísťují 1m od vnitřních stran stěn. Hustota se volí dle rozměrů měřeného prostoru, v menších místnostech volíme rozestup mezi 0,5 a 2m, v rozsáhlejších halách můžeme rozestup zvýšit až na 6m. Při fyzickém měření se zapíše naměřená hodnota z každého měřicího bodu do srovnávací tabulky a poté se vypočítá aritmetický průměr, který stanoví průměrnou hodnotu osvětlení.

[18]



Obrázek 12 Ukázka kontrolního rastru[18]

### 6.4 Příprava měření

Před započítím samotného měření je nutné nejdříve zjistit veškeré důležité okolnosti, které souvisí s osvětlením a podmínky měření se zabezpečí tak, aby měření probíhalo bez závad a poskytlo veškeré potřebné údaje v náležité kvalitě. Určí se veškerá měřicí místa, srovnávací roviny a kontrolní body s ohledem na tyto údaje:

- Tvar, rozměry a orientace měřené místnosti
- Rozmístění pracovních míst, druh provozovaných zrakových činností a jejich obtížnost
- Rozmístění technologií v měřeném prostoru

- Údaje o osvětlovací soustavě
- Měřené veličiny
- Potřebné měřicí přístroje

[9]

### 6.5 Postup měření

- Před započítím samotného měření provedeme kontrolu provozuschopnosti měřícího přístroje.
- Měřenou osvětlovací soustavu uvedeme do plného provozního stavu.
- Než se započne měření, provedeme kontrolu, zda-li není měření ovlivněno cizími světelnými zdroji.
- Stanoví se kontrolní body a výška srovnávací roviny.
- Proveďte se samotné měření, kdy je z důvodů objektivit nutné dbát na dodržení správné polohy čidla měřícího přístroje a dodržet správnou výšku korespondující s výškou srovnávací roviny.
- Při měření se dbá na to, aby nevznikaly žádné nežádoucí vlivy, jako je například stínění .
- V případě, že potřebujeme mít co nejpřesnější hodnoty, měření opakujeme.

[9]





*Obrázek 13 Příklad postupu měření místnosti[19]*

## 6.6 Vyhodnocení měření

- Naměřené hodnoty se upraví dle vlastností měřicího přístroje.
- Z výsledných hodnot se sestaví tabulka, aby bylo možné srovnat hodnoty s projektem.
- Stanoví se minimální, maximální a průměrná hodnota osvětlenosti a dalších měřených veličin.
- Naměřené hodnoty se porovnají s legislativními a normativními požadavky pro daný prostor.
- Na závěr se vyhodnotí, jestli osvětlovací soustava splňuje nebo nespĺňuje legislativní a normativní podmínky.
- V případě zjištěných nedostatků lze uvést doporučení pro jejich nápravu.

[9]

## 6.7 Protokol o měření

Jako výstup naměřených hodnot se zpracuje protokol o měření, který musí obsahovat zejména tyto údaje:

- Přesné označení objektu a prostor, kde měření probíhalo.
- Údaje o funkci prostoru.
- Datum a čas, kdy se měření uskutečnilo.
- Údaje o měřících přístrojích.
- Popis metodiky měření.
- Výšku a sklon srovnávací roviny, rozmístění jednotlivých měřících bodů.
- Údaje o osvětlovací soustavě.
- Naměřené hodnoty zapsané do tabulky dle rozmístění měřících bodů.
- Porovnání naměřených hodnot s legislativními a normativními požadavky.
- Závěr a vyhodnocení měření.
- Jména osob, které se zúčastnily měření.
- Podpis vedoucího měření.

## 7 NÁVRH OSVĚTLOVACÍ SOUSTAVY

Návrh osvětlení je proces, během kterého projektant volí kritéria pro osvětlení na stanoveném místě, kdy vybírá řešení, provádí světelně technické výpočty, navrhuje rozmístění svítidel, vypracovává výkresy osvětlení a stanovuje provozní funkce osvětlovací soustavy.

Osvětlovací soustava je soubor veškerých osvětlovacích prostředků, které v osvětlovacím prostoru utváří světelné prostředí.

Účelem této soustavy je zajištění požadované úrovně osvětlení, kdy se snaží splnit nároky na:

- Zrakovou pohodu, kdy se pracovníci cítí dobře a tento stav má pozitivní vliv na jejich produktivitu práce.
- Zrakový výkon, kdy jsou pracovníci schopni vykonávat po dlouhou dobu zrakové úkoly v obtížných podmínkách.
- Bezpečnost.

Osvětlovací soustavy dělíme dle zdrojů světla na:

- Denní osvětlení.
- Umělé osvětlení.
- Sdružené osvětlení.

Při návrhu osvětlovací soustavy musíme brát v potaz to, aby byly dodrženy tyto hlavní parametry:

- Rozložení jasu.
- Osvětlenost.
- Oslnění.
- Směrovost světla.
- Podání barev a barevný tón světla.
- Míhání světla.
- Denní světlo.

## 7.1 Rozložení jasu

Jedná se o stěžejní parametr, který určuje úroveň adaptace zraku, která ovlivňuje viditelnost úkolu. Vyváženost jasu je potřeba pro zvýšení:

- Zrakové ostrosti.
- Kontrastní citlivosti.
- Účinnosti zrakových funkcí.

Vzhledem k tomu, že rozložení jasu ovlivňuje zrakovou pohodu, je potřeba zamezit:

- Příliš vysokým jasům, které mohou zvětšit oslnění.
- Příliš velkým kontrastům jasů, které mohou způsobit únavu.
- Příliš malým jasům, které vedou k nestimulujícímu pracovnímu prostředí.

Pro usnadnění návrhu stanovuje norma ČSN EN 12 464-1 rozsah odrazů povrchů místností:

- Strop
  - 60-90%
- Stěny
  - 30-80%
- Pracovní roviny
  - 20-60%
- Podlahy
  - 10-50%

[7]

## 7.2 Osvětlenost

Jedná se o parametr, který má zásadní vliv na to, jak rychle a bezpečně vnímá a vykonává osoba zrakový úkol.

### 7.2.1 Doporučené osvětlenosti v místě zrakového úkolu

Norma ČSN EN 12 464-1 stanovuje minimální úroveň osvětlení, pod kterou nesmí míra osvětlenosti klesnout bez ohledu na stáří a stav osvětlovací soustavy. Tato hodnota se stanovuje na základě:

- Psychofyziologických hledisek.
- Požadavků na zrakové úkony.
- Zrakové ergonomie.
- Praktických zkušeností.
- BOZP.
- Hospodárnosti.

Doporučená řada osvětlenosti je dle normy:

20 – 30 – 50 – 75 – 100 – 150 – 200 – 300 – 500 – 750 – 1000 - 1500 - 2000 - 3000 – 5000

Kdy:

Se při hodnotě osvětlenosti 20lx začínají rozlišovat obrysy lidského obličeje a hodnota 200lx je stanovena jako nejnižší možná míra osvětlenosti v místech, kde se předpokládá trvalý pobyt osob.

[7]

### 7.2.2 Rovnoměrnost osvětlení

Při návrhu osvětlovací soustavy musí být snahou dosáhnout co nejvyšší rovnoměrnosti osvětlení. Rovnoměrnost osvětlení je poměrem mezi nejsilněji osvětleným místem a nejméně osvětleným místem. V ideálním případě by bylo dosaženo hodnoty 1, kdy v praxi není možné této hodnoty dosáhnout, protože na rovnoměrnost mají negativní vliv překážky (o které se světlo láme) a rozložení svítidel. Proto je v normě ČSN EN 12 464-1 stanoveno, jaké minimální rovnoměrnosti osvětlení má být pro určité prostory dosaženo.

[7]

### 7.2.3 Oslnění

Oslnění je jev, který je způsoben odrazem od ploch s velkým jasem. Zkratkou se označuje jako UGR (unified glare rating). Vzhledem k tomu, že se jedná o negativní jev, který je nutné co nejvíce omezit, je jeho maximální míra stanovena normou ČSN EN 12 464-1.

Oslnění se omezuje pomocí vhodného clonění světelných zdrojů.

[7]

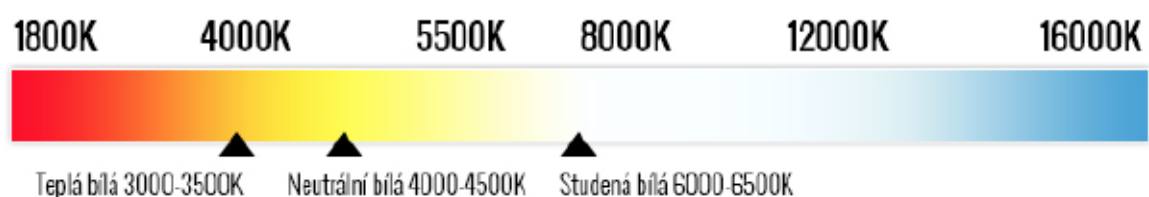
### 7.3 Teplota barvy světla

Volba teploty barvy světelného zdroje je především záležitostí psychologie a estetiky.

V praxi používáme tři základní teploty bílé barvy:

- Teplou bílou.
  - do 3000 K
- Denní bílou.
  - 4000 – 5300 K
- Studenou bílou.
  - nad 5500K

[7]



Obrázek 14 Rozložení teploty barev[20]

### 7.4 Podání barev

Pro zrakový výkon je důležité, aby barvy předmětů v prostředí, kde je použito umělé osvětlení, byly věrné, přirozené a nedocházelo k jejich zkreslování. Tato skutečnost má vliv na psychiku člověka, jeho pracovní výkon, ale také na bezpečnost práce. Bezpečnostní barvy musí být věrně podány, aby byla zabezpečena jejich rozlišitelnost.

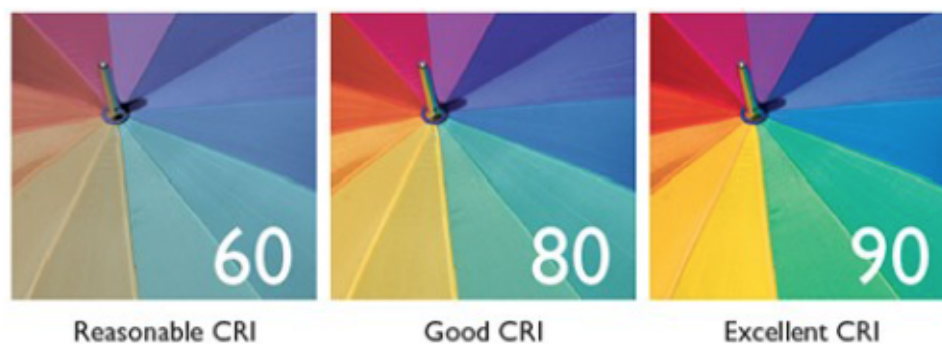


Aby bylo možno objektivně charakterizovat jednotlivé světelné zdroje, byl zaveden index podání barev Ra (CRI - color rendering index), kdy je jeho maximální hodnota 100. Tato hodnota se snižuje spolu se zhoršováním jakosti podání barev světelného zdroje.

Světelné zdroje, které nedosahují indexu podání barev vyššího než 80, nesmějí být používány ve vnitřních prostorech, kde je uvažován trvalý pobyt osob. Výjimky lze připustit ve specifických prostorech. Jako příklad lze uvést šicí dílnu, kdy lze uvažovat použití světelného zdroje, který bude mít nižší index podání barev, aby bylo lépe vidět bílé nitě.

Minimální hodnota podání barev je opět specifikována v normě ČSN EN 12464-1.

[7]

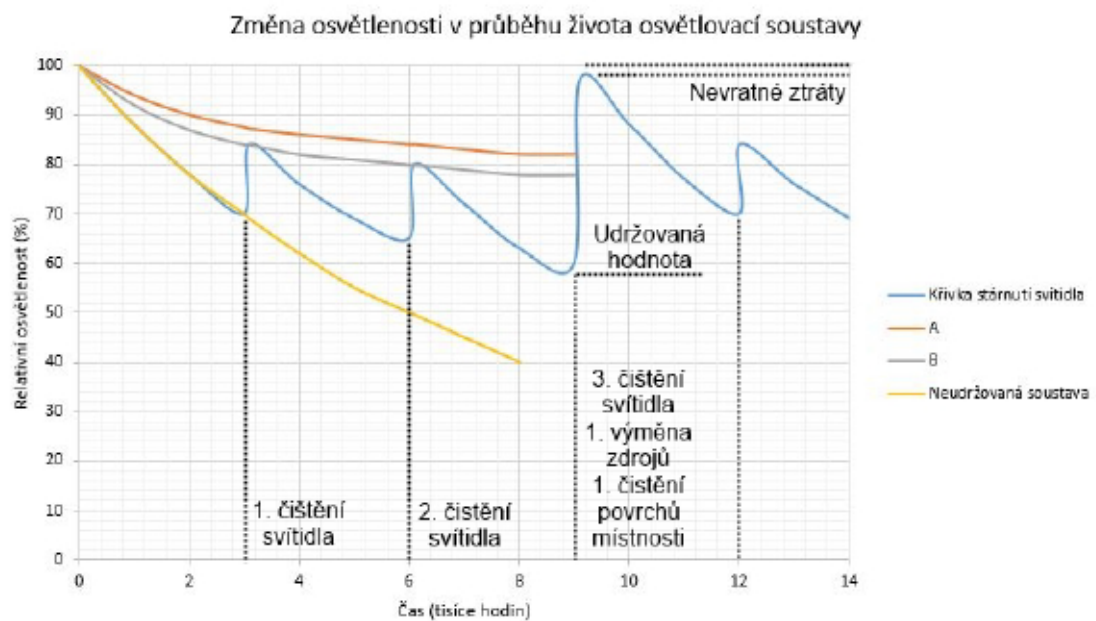


Obrázek 15 Ukázka rozložení barev CRI[21]

## 7.5 Udržovací činitel

Při návrhu osvětlovací soustavy musí být uvažováno i s udržovacím činitelem. Udržovací činitel bere v potaz pokles svítivosti způsobený zanášením případně degradací světelného zdroje. Při návrhu osvětlovací soustavy se musí počítat s takovým udržovacím činitelem, aby byla dosažena požadovaná míra osvětlenosti po celou dobu životnosti světelných zdrojů.

[10]



Obrázek 16 pokles svítivosti v průběhu života osvětlovací soustavy[22]

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

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

## 8 NOUZOVÉ OSVĚTLENÍ

Specifikem v oblasti osvětlovací techniky je nouzové osvětlení. Toto je zřizováno za účelem použití v případě výpadku normálního osvětlení zapříčiněného například výpadkem elektrické energie vlivem poruchy nebo havárie a je proto napájeno ze separátního zdroje.

Jedná se o velmi důležitou osvětlovací soustavu, která má zajistit bezpečný únik osob z ohroženého prostoru.

Nouzové osvětlení se dělí do několika kategorií:

- **Nouzové osvětlení únikových cest**, kdy je účelem zajistit přítomným osobám bezpečné opuštění objektu poskytnutím dostatečných podmínek pro určení směru úniku.
- **Nouzové osvětlení bezpečnostních značek**, kdy je účelem zajistit přítomným osobám bezpečné určení únikových cest.
- **Protipanické osvětlení**, kdy je účelem snížit pravděpodobnost vzniku paniky a zajistit přítomným osobám bezpečný pohyb směrem k únikovým cestám.

Při návrhu nouzového osvětlení se musí počítat s nejhorším stavem - úplným výpadkem svítidel a veškeré příspěvky vzniklé odrazem případně prostupem vnějšího osvětlení musí být zanedbány.

[8]

### 8.1 Požadavky na zřizování

Problematiku nouzového osvětlení upravují normy ČSN EN 1838, EN 60598-2-22, EN 50172 a EN 62034.

Z důvodu zajištění viditelnosti při evakuaci je požadováno plošné osvětlení. Značky, které jsou umístěny nad každým východem a podél všech únikových cest musí být osvětleny tak, aby jednoznačně ukazovaly směr úniku.

Nouzové svítidlo, které splňuje požadavky normy ČSN EN 60598-2-22 musí být umístěno tak, aby byla zajištěna dostatečná osvětlenost v blízkosti všech únikových východů a v místech, kde je nutné zdůraznit možné nebezpečí nebo výskyt bezpečnostního zařízení.

Místa, která mají být zdůrazněna:

- V blízkosti všech dveří, které slouží jako nouzový východ.

- V blízkosti schodiště.
- V blízkosti jakékoliv změny úrovně- např. mezi podlaží.
- Při každé změně směru úniku.
- Na každém místě, kde dochází ke křížení chodeb.
- V blízkosti každého místa první pomoci, kde na skříňce první pomoci musí být dosaženo hodnoty osvětlenosti minimálně 5lx.
- V blízkosti každého hasícího přístroje a požárního hlásiče, kdy musí být dosaženo hodnoty osvětlenosti minimálně 5lx.

[8]

## 8.2 Osvětlení únikových cest

Pro únikové cesty do šířky 2m nesmí být osvětlenost nižší než 1lx, přičemž rovnoměrnost nesmí být menší než 1:40. Oslnění musí být minimalizováno omezením svítivosti svítidel v zorném poli.

Při návrhu nouzového osvětlení musí být uvažovány svítidla, které mají index podání barev Ra (CRI) <40, aby byla zajištěna rozlišitelnost bezpečnostních barev a jejich náběh na 50% výkonu musí proběhnout do 1s a 100% svítivosti musí být dosaženo do 5s.

Dle charakteru provozu budovy se volí svítidla, která jsou schopna svítit po výpadku proudu 30, 60 nebo 90 minut.

[8]

## 8.3 Protipanicové osvětlení

Osvětlenost musí dosahovat minimálně hodnoty osvětlenosti 0,5 lx, přičemž rovnoměrnost nesmí být menší než 1:40.

Při návrhu protipanicového osvětlení musí být uvažovány svítidla, které mají index podání barev Ra<40, aby byla zajištěna rozlišitelnost bezpečnostních barev a jejich náběh na 50% výkonu musí proběhnout do 5s a 100% svítivosti musí být dosaženo do 60s.

Dle charakteru provozu budovy se volí svítidla, která jsou schopna svítit po výpadku proudu 30, 60 nebo 90 minut.

[8]



#### 8.4 Osvětlenost prostorů s velkým rizikem

V prostorech s velkým rizikem musí být udržovaná osvětlenost minimálně 10% požadované udržované osvětlenosti s tím, že nesmí být nižší než  $>15$  lx a rovnoměrnost musí být  $< 0,1$ .

Při návrhu osvětlení musí být uvažovány svítidla, které mají index podání barev  $Ra < 40$ , aby byla zajištěna rozlišitelnost bezpečnostních barev, a jejich náběh na svítivosti musí být dosažen do 0,5s.

Doba svitu musí být rovna době trvání nebezpečí. Tato hodnota musí být stanovena provozatelem objektu.

[8]

#### 8.5 Bezpečnostní značky

Bezpečnostní značky zahrnují veškeré značky a doplňkové šipky, které jsou požadovány při nouzovém úniku. Tyto musí splňovat fotometrické požadavky dle ČSN ISO 3864-1 a designové dle ČSN EN ISO 7010.

U všech značek musí být zajištěna jejich dobrá viditelnost čitelnost a spolehlivé rozeznání bezpečnostních barev. Dosáhnout toho lze:

- Vnější osvětlením značky.
- Vnitřním osvětlením značky.

[8]



Obrázek 17 bezpečnostní značky[22]

## 8.6 Napájení nouzového osvětlení

Z pohledu napájení rozeznáváme dva druhy nouzového osvětlení:

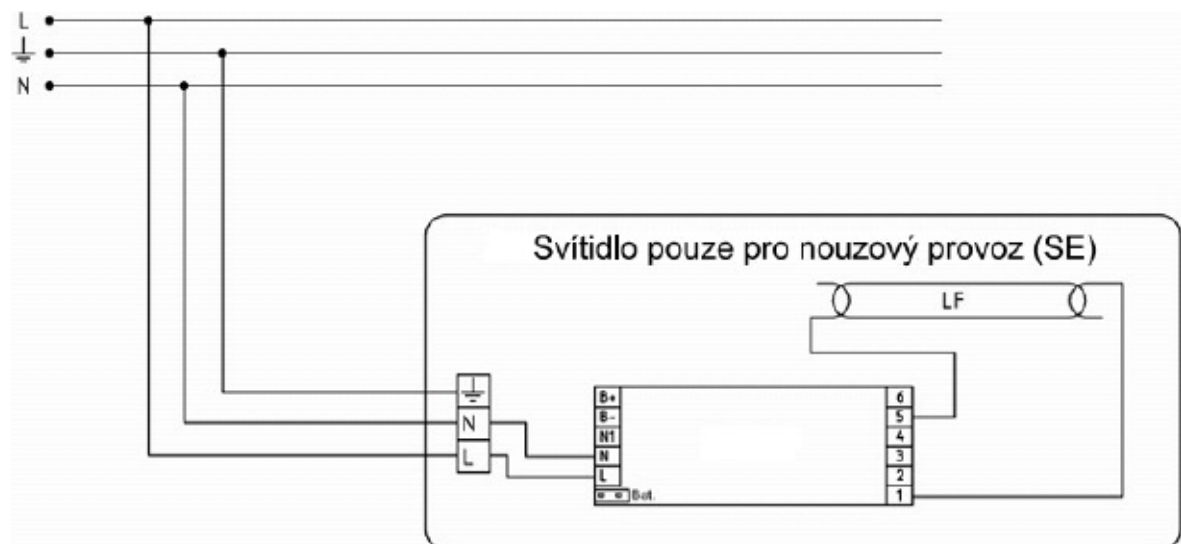
- Svítidla s integrovaným akumulátorem
- Svítidla napájená z centrálního zdroje

### 8.6.1 Svítidla s integrovaným akumulátorem

Jedná se o variantu zapojení, kdy je svítidlo v případě výpadku proudu napájeno z vlastního- integrovaného akumulátoru. K dobíjení slouží rozvod normálního osvětlení.

Svítidlo s integrovaným akumulátorem se z pohledu jeho využití dále dělí na:

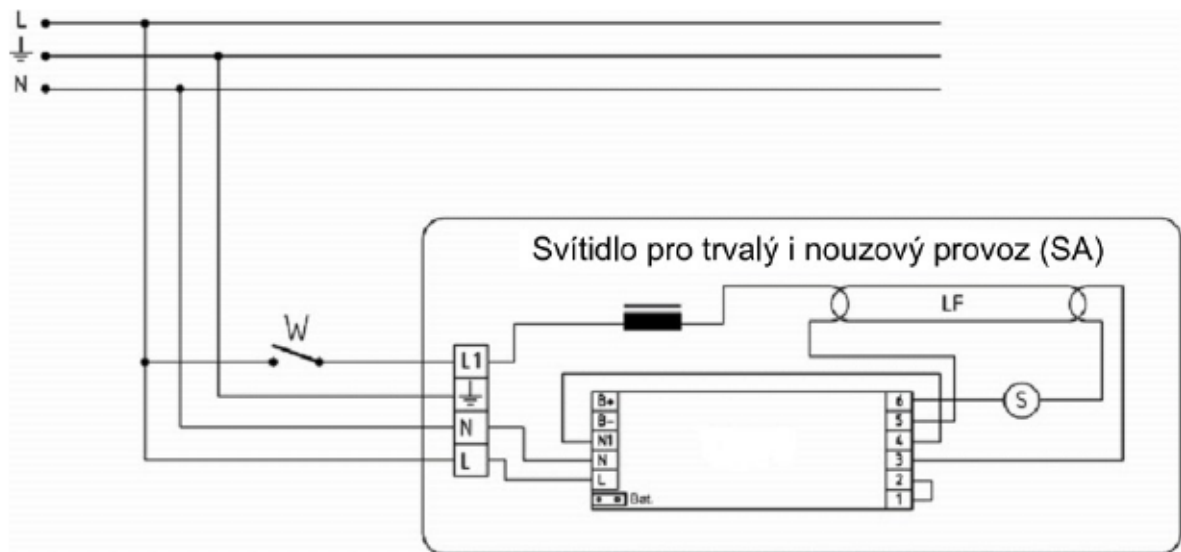
- Nouzové svítidlo určené pouze pro nouzový režim



Obrázek 18 Zapojení svítidla pouze pro nouzový provoz[24]

- Nouzové svítidlo určené pro trvalý i nouzový režim





Obrázek 19 Zapojení svítidla pro trvalý i nouzový provoz[24]

Výhody:

- Každé svítidlo je zcela autonomní a je minimální pravděpodobnost, že dojde k vybití nebo poškození všech svítidel najednou
- Při instalaci není třeba řešit přívod se zvýšenou požární odolností

Nevýhody:

- Nutnost kontroly stavu všech svítidel a akumulátorů a jejich pravidelná výměna

[24]

### 8.6.2 Svítidla napájená z centrálního zdroje

V této variantě je napájení řešeno napojením na externí zdroj energie. Ve většině případů je tento zdroj realizován ve formě akumulátorovny případně diesel agregátu. Rozvod elektrické energie pak musí být řešen pomocí kabelu se zvýšenou protipožární odolností pro eliminování rizika prohoření v případě požáru.

Centrální zdroj pak musí být spolu s rozvaděčem nouzového osvětlení umístěn v samostatném požárním úseku, většinou v rozvodně určené pro požárně bezpečnostní zařízení.



*Obrázek 20 Akumulátorovna[25]*

Výhody:

- Snadná kontrola a případná výměna baterií

Nevýhody:

- Při poruše centrálního zdroje nefunguje žádné nouzové svítidlo
- Nutnost instalace dražších kabelů se zvýšenou požární odolností

[24]

## 9 ŘÍZENÍ OSVĚTLOVACÍCH SOUSTAV

Ve snaze uspořít co nejvíce nákladů na elektrické energie a co nejvíce zefektivnit systém osvětlení, se začalo s vývojem řídicích systémů.

Pro řízení osvětlení používáme dva základní metody:

- Analogové řízení.
- Digitální řízení.

### 9.1 Analogové řízení

U analogového řízení dochází k řízení předřadníků pomocí změny řídicího napájení, které je na vstup předřadníku přivedeno dvou vodičovým signálním vedením. Samotné řízení pak probíhá změnou řídicího napětí v rozsahu 1-10V.

[1]

### 9.2 Digitální řízení

V současné době se od analogového řízení upouští a postupně jej vytlačuje digitální řízení, které na rozdíl od analogu dokáže kromě řízení poskytovat i další výstupy typu sledování spotřeby, sledování nefunkčnosti zdrojů, spojování jednotlivých svítidel do scén atd.

[1]

#### 9.2.1 Rozhraní DSI

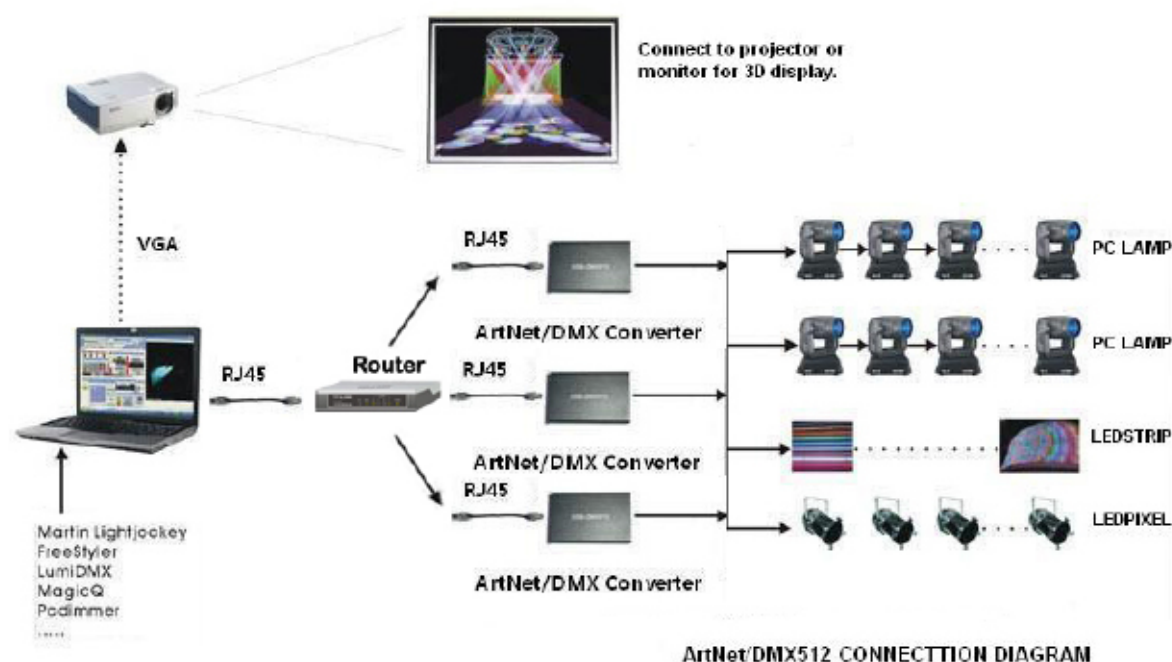
Funguje na principu převodu analogových signálů z tlačítek a senzorů na digitální signály, které následně přenáší k předřadníkům.

[1]

#### 9.2.2 Rozhraní DMX

Jedná se o mezinárodně uznávaný řídicí protokol, který si našel uplatnění zejména v oblasti řízení pódiových osvětlení a světelných efektů. Protokol pracuje dle průmyslového standardu EIA485. Maximální délka linky je 300m a lze na ni umístit až 32 zařízení připojených do série.

[1]



Obrázek 21 Rozhraní DMX[26]

### 9.2.3 Rozhraní DALI

Jedná se o mezinárodně uznávaný řídicí protokol, který byl vyvinut komisí IEC a umožňuje digitální komunikaci mezi jednotlivými komponenty osvětlovací soustavy.

Největší výhodou rozhraní DALI je, že se jedná o protokol, který specifikuje veškeré parametry přenosu, příkazy a jejich odpovědi a definuje datové struktury. Díky tomu zaručuje kompatibilitu mezi prvky různých výrobců.

Sběrnice DALI slouží také k napájení veškerých prvků v systému. Celkový příkon na sběrnici však nesmí překročit 250 mA a délka trasy 300m. Maximální počet periferií na jedné sběrnici je omezen na 64ks.

Jednotlivé prvky jsou pak rozděleny:

- Typ 0, který je určen pro digitální předřadníky lineárních a kompaktních zářivek.
- Typ 1, který je určen pro veškeré prvky nouzového osvětlení.
- Typ 2, který je určen pro vysokotlaké výbojky.
- Typ 3, který je určen pro nízkonapěťové halogenové zdroje.



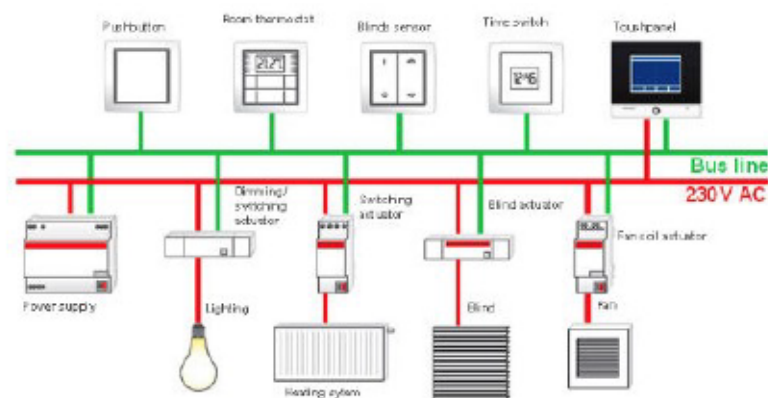


- Monitorování odpočtových měřidel.
- Vizualizace a vzdálený přístup.

Ke komunikaci se používají 4 základní metody:

- Kroucený pár metalických vodičů.
- Silové rozvody.
- Síť Lan a Internet.
- Rádiové spojení.

[6]



Obrázek 23 Rozhraní KNX[28]



## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 10 POPIS OBJEKTU A SOUČASNÉHO STAVU

### 10.1 Popis objektu

Projektovaný objekt je kombinovanou průmyslovou halou, která je rozdělena na dvě části a to lisovnu a sklad. Tyto prostory jsou dále rozděleny na části lisovna 1, lisovna 2, sklad hotových výrobků a expediční sklad. Největším prostorem je sklad hotových výrobků, který není součástí zadání.

Celý objekt je využíván k výrobě plastových dílů, zejména nárazníků určených pro osobní vozidla.

Objekt byl vybudován v 90. letech a od té doby neprošel, vyjma technologií, žádnou zásadní rekonstrukcí. Veškerá elektroinstalace a osvětlovací soustava jsou v původním stavu, kdy byly pouze měněny spotřební části, jako jsou například výbojky.

### 10.2 Současný stav

#### 10.2.1 Lisovna 1

V prostorech lisovny 1 je hlavní osvětlení řešeno sodíkovými výbojkami, jejichž výrobcem je firma VM elektro, o nominálním výkonu  $P=250W$ . Svítidla jsou svěšeny ze stropu do výšky 6m od podlahy. Celá osvětlovací soustava je napájena z jednoho centralizovaného rozvaděče, který je umístěn u vchodu do haly. Veškeré rozvody jsou zhotoveny z měděného kabelu a zavěšení je realizováno pomocí uchycení na vaznících.

Jako doplňkové osvětlení slouží svítidla osazená lineárními zářivkami o výkonu  $P=2 \times 58W$  a  $P=2 \times 36W$ , které jsou umístěny nad jednotlivými pracovními stoly a u všech lisovacích strojů.

Nouzové osvětlení je řešeno pomocí piktogramů nad východy a osvětlením únikových cest, které je umístěno na vaznících. Toto osvětlení není předmětem řešení, protože bylo vybudováno v roce 2012.



*Obrázek 24 Lisovna 1*



*Obrázek 25 Lisovna 1*

### 10.2.2 Lisovna 2

V prostorech lisovny 2 je hlavní osvětlení řešeno sodíkovými výbojkami, jejichž výrobcem je firma VM elektro, o nominálním výkonu  $P=400W$ . Svítidla jsou svěšeny ze stropu do výšky 7,6m od podlahy. Celá osvětlovací soustava je napájena z jednoho centralizovaného

rozvaděče, který je umístěn u vchodu do haly. Veškeré rozvody jsou zhotoveny z měděného kabelu a zavěšení je realizováno pomocí uchycení na vaznících.

Jako doplňkové osvětlení slouží svítidla osazená lineárními zářivkami o výkonu  $P=2 \times 58W$  a  $P=2 \times 36W$ , které jsou umístěny nad jednotlivými pracovními stoly a u všech lisovacích strojů.

Nouzové osvětlení je řešeno pomocí piktogramů nad východy a osvětlením únikových cest, které je umístěno na vaznících. Toto osvětlení není předmětem řešení, protože bylo vybudováno v roce 2012.



*Obrázek 26 Lisovna 2*





*Obrázek 27 Lisovna 2*

### 10.2.3 Expediční sklad

V prostorech expedičního skladu je hlavní osvětlení řešeno sodíkovými výbojkami, jejichž výrobcem je firma VM elektro, o nominálním výkonu  $P=250W$ . Svítidla jsou svěšeny ze stropu do výšky 6m od podlahy. Celá osvětlovací soustava je napájena z jednoho centralizovaného rozvaděče, který je umístěn u vchodu do haly. Veškeré rozvody jsou zhotoveny z měděného kabelu a zavěšení je realizováno pomocí uchycení na vaznících.

Nouzové osvětlení je řešeno pomocí piktogramů nad východy a osvětlením únikových cest, které je umístěno na vaznících. Toto osvětlení není předmětem řešení, protože bylo vybudováno v roce 2012.



*Obrázek 28 Expediční sklad*



*Obrázek 28 Expediční sklad*

#### **10.2.4 Zhodnocení**

Celkově lze stav osvětlovací soustavy zhodnotit jako nedostatečný. Při měření, které bylo provedeno v době obhlídky, byly naměřeny hodnoty, které nesplňují legislativní a normativní požadavky na dané prostory. Po celou dobu životnosti svítidel, byla jejich údržba



zanedbávána a světelné zdroje byly měněny až ve chvíli, kdy jejich výpadek měl přímý dopad na výrobu. Tímto se dostal investor do situace, kdy osvětlení nesplňuje:

- Normativní požadavky.
- Kvalitativní požadavky pro správnou funkci CCTV, které z bezpečnostních důvodů monitoruje prostory expedičního skladu, kde dochází ke zvýšenému pohybu externích osob.
- Vnitropodnikové směrnice s ohledem na BOZP.
- Kvalitativní požadavky pro kontrolu kvality výrobků.

Z těchto důvodů není požadavkem investora pouze ušetřit provozní náklady výměnou klasických světelných zdrojů za LED světelné zdroje, ale i celkové posílení osvětlovacího výkonu tak, aby byly splněny legislativní, normativní a vnitropodnikové požadavky.

## 11 NÁVRHOVÉ POŽADAVKY

Při osobní obhlídce prostor došlo k zaměření a jednání se zadavatelem za účelem zjištění jeho požadavků.

### 11.1 Požadavky zadavatele

Hlavním záměrem k rekonstrukci osvětlení nebylo snížení nákladů na provoz osvětlovací soustavy, ale splnění legislativních a normativních požadavků na kvalitu osvětlení. Vzhledem k tomu, že zadavatel své výrobky dodává odběrateli, který má na výrobu od subdodavatelů své specifické požadavky a ty ověřuje každoročním auditem, musí investor tyto požadavky bezpodmínečně splnit.

Vzhledem k nutnosti provádět veškeré instalační práce za plného provozu nepřichází v úvahu varianta změny dispozice osvětlení a s tím spojenou změnu vedení kabelových tras. Z toho důvodu bude nutné v tomto projektu zvolit taková svítidla, která budou přímou náhradou stávajících výbojkových svítidel.

### 11.2 Legislativní požadavky

Řešené prostory jsou dvojího využití - lisovna a sklad. Dle interních směrnic a ČSN EN 12 464-1 spadají prostory do:

- Kategorie 2.5.3 trvale obsluhovaná pracovní místa ve výrobních provozech, která stanovuje hodnotu  $E=300$  lx pro plošné osvětlení prostor lisoven.
- Kategorie 2.5.8 řezání, konečná povrchová úprava, kontrola, která stanovuje hodnotu  $E=750$  lx pro kontrolní stoly.
- Kategorie 1.4.1 skladiště a zásobárny, která stanovuje hodnotu  $E=200$ lx na podlaze pro sklad.

Dále norma stanovuje hodnotu indexu podání barev  $R_a < 80$ , která bude díky použití technologie LED bez problémů splněna a oslnění UGR, která musí být nižší než 25.

Po dohodě se zadavatelem budou pro maximální světelnou pohodu zvoleny světelné zdroje o teplotě chromatičnosti 4500 K.

## 12 NÁVRH OSVĚTLOVACÍ SOUSTAVY

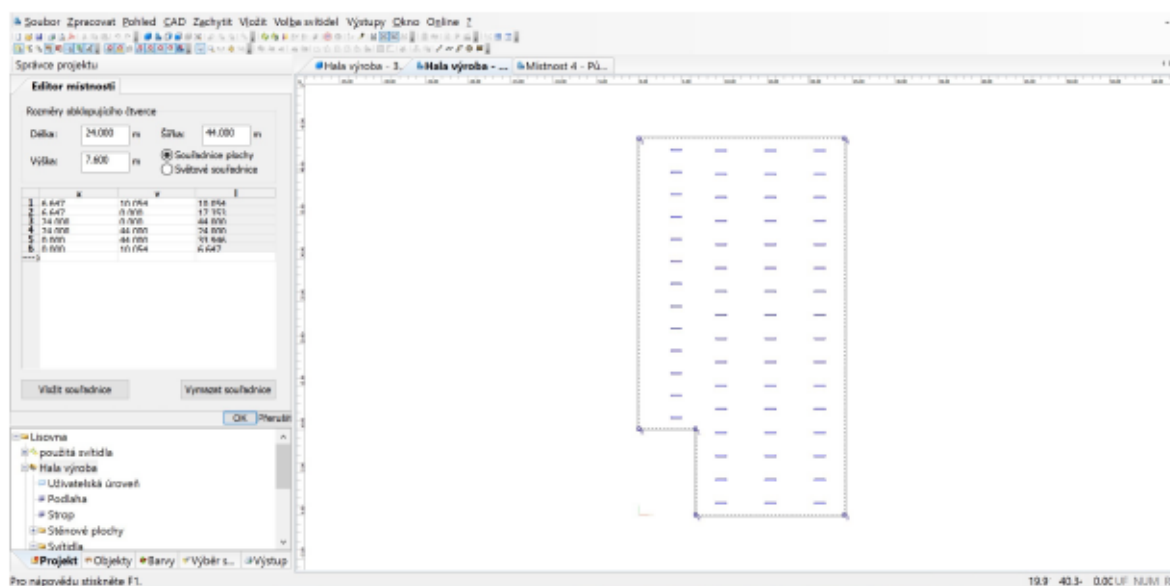
Po zhodnocení situace na místě, osobní rozpravě se zadavatelem a nastudování veškerých požadavků, následuje nejdůležitější část - správný návrh osvětlovací soustavy, která bude splňovat veškeré požadavky ze strany zadavatele a platné legislativy.

Při návrhu máme tři odlišné prostory o jiných výškách svítidel a jiných požadavcích na míru osvětlení. U všech prostor ovšem platí, že musí být z důvodu nutnosti instalace za plného provozu zachován současný systém rozmístění svítidel.

Pro tvorbu projektu bude použitý výpočtový software Dialux od německé společnosti Dial.

### 12.1 Základní parametry

V prvotní fázi je třeba zhotovit 3D model projektovaných prostor. Za účelem jeho tvorby sloužila osobní obhlídka prostor, kde byly veškeré potřebné rozměry a parametry (rozmístění technologií, stávajícího osvětlení, atd.) zaměřeny.

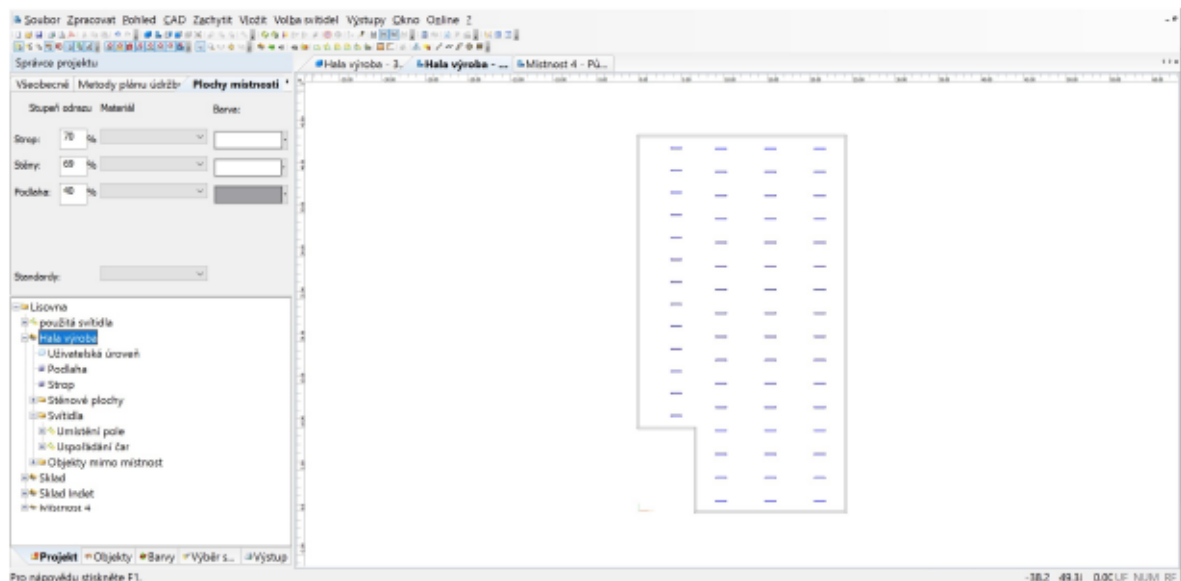


Obrázek 29 Půdorys haly

Dispoziční rozmístění svítidel je dané zadavatelem- z časového hlediska ponechání původního rastru. Proto je tento zanesen do výpočtového softwaru.

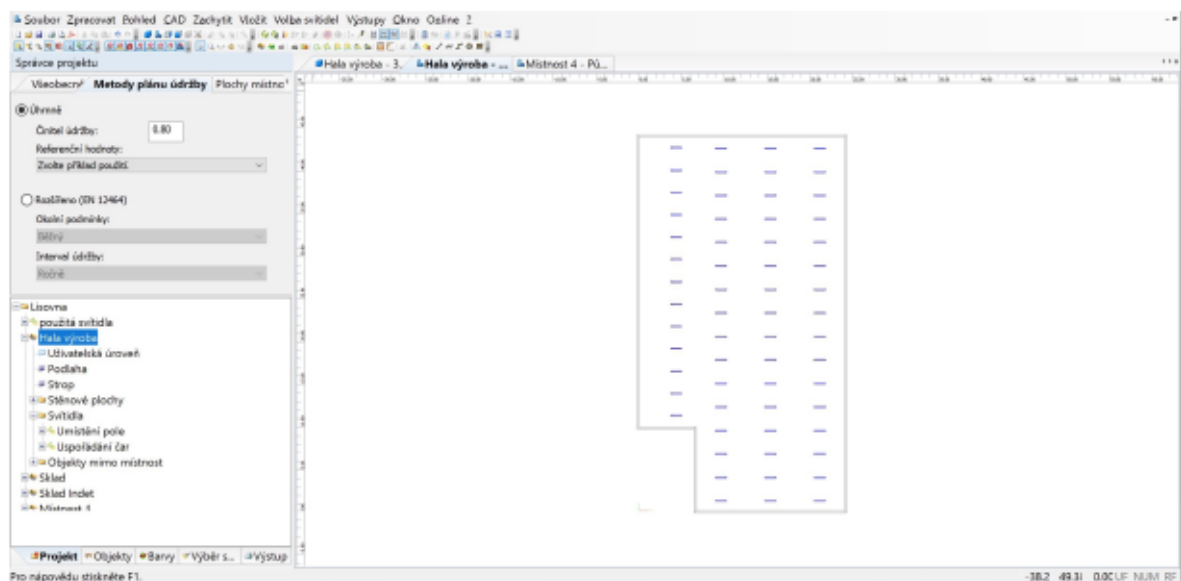
Pro výpočet osvětlení není potřeba znát pouze rozměry haly, ale je potřeba také stanovit:

- Odrazivosti jednotlivých ploch, které mají zásadní vliv na vypočtenou hodnotu.



Obrázek 30 Odrazivosti jednotlivých ploch

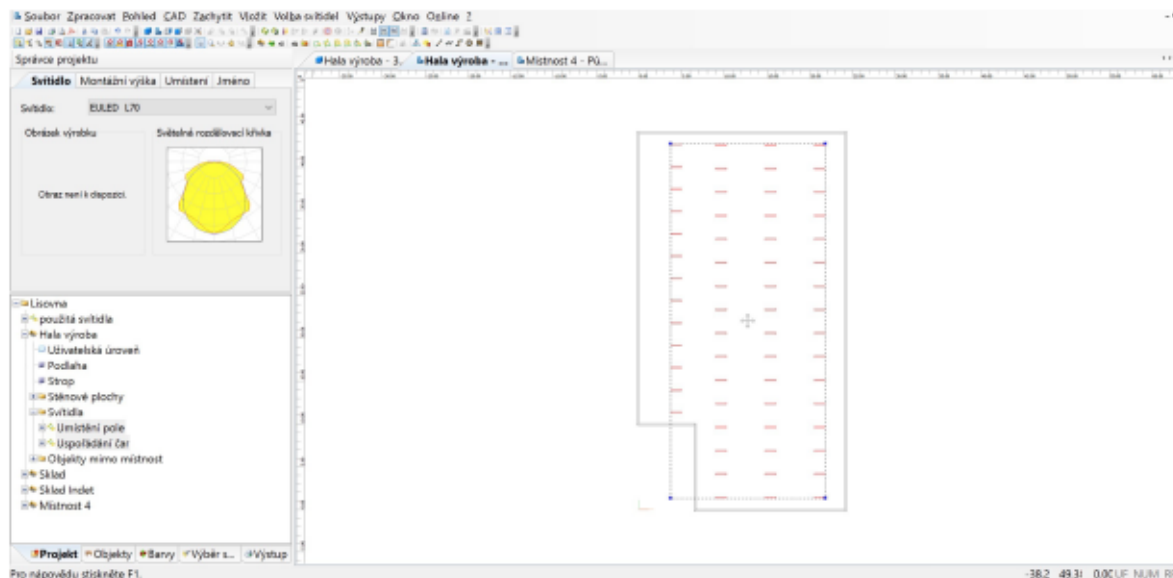
- Činitel údržby a srovnávací rovinu



Obrázek 31 Udržovací činitel osvětlení

## 12.2 Volba svítidel

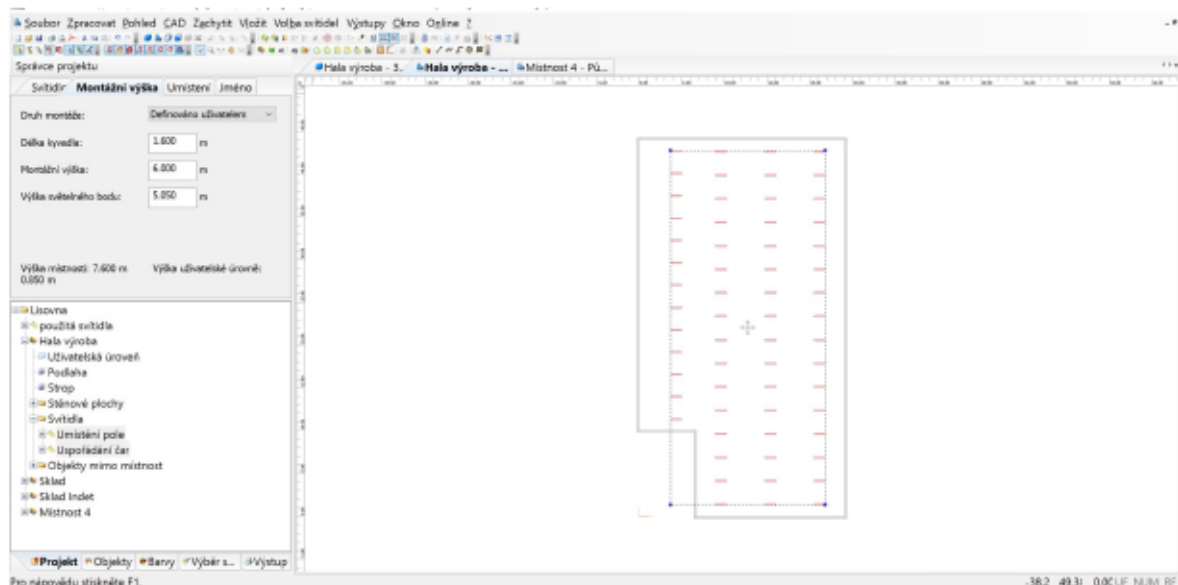
Při obhlídce bylo zjištěno, že v jednotlivých místech je odlišná výška svítidel, odlišný typ svítidel a také odlišné požadavky na míru osvětlení. Z toho důvodu nebudou ve všech prostorech použity stejné typy svítidel. Vzhledem ke skutečnosti, že jsme limitováni rozmístěním, bude volba svítidel metodou pokusu a omylu, kdy budou do výpočtového programu importovány data různých svítidel, které mám k dispozici a podle vypočtených hodnot bude zvoleno to, které v daném prostoru bude splňovat požadavky na míru osvětlení.



Obrázek 32 Volba svítidla

Osvětlovací soustava nebude umístěna přímo na stropě, ale svítidla budou svěšena na úroveň vazníků, které budou použity jako konstrukce pro jejich uchycení a k vedení kabelových tras. Výpočtový software Dialux má ve standartním nastavení výšku svítidel shodnou s výškou stropu. Proto musím provést manuální korekci na požadovanou výškou. Se změnou tohoto parametru se mění také míra osvětlení, protože čím nižší budou svítidla umístěna, tím vyšší svítivosti bude dosahováno na srovnávací rovině. Má to ovšem jeden negativní aspekt a to, že se snižující výškou klesá rovnoměrnost osvětlení, tj. poměr maximální a minimální hodnoty [lx]. Velkou výhodou LED svítidel je, že čipy mohou být osazeny čočkou, která se stará o dokonalý rozptyl světelného toku. Pro velké výšky se tedy použije užší úhel, protože se vyzařovací charakteristiky na srovnávací rovině budou překrývat a naopak pro nízké výšky se použije širší úhel, který eliminuje pokles rovnoměrnosti osvětlení.

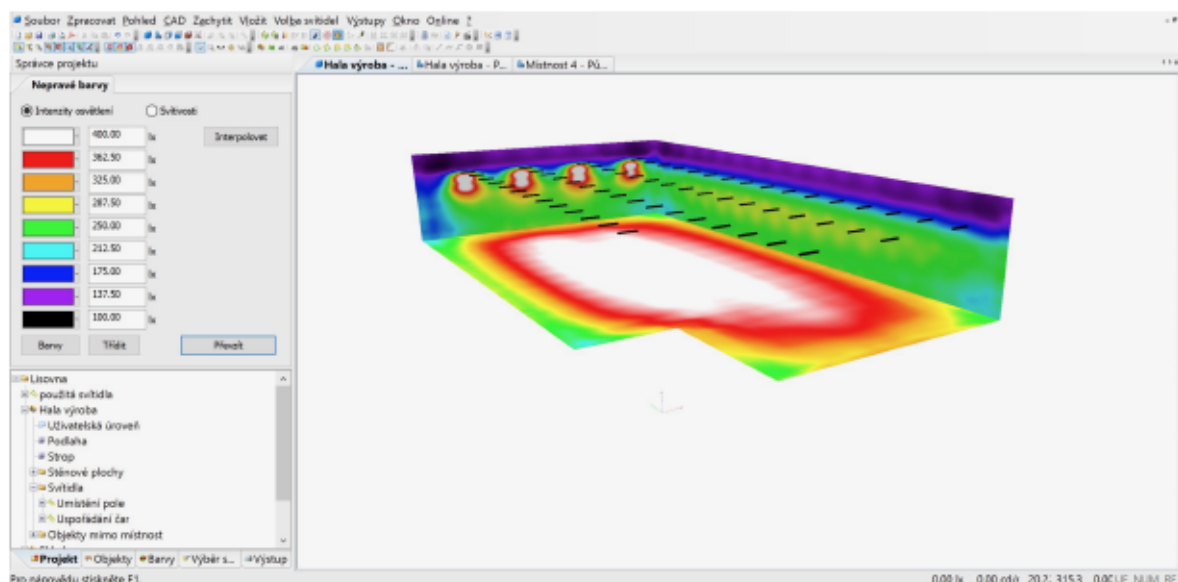




Obrázek 33 Dispoziční rozmístění svítidel

### 12.3 Rozložení osvětlenosti

Po nastavení veškerých proměnných hodnot se spustí výpočtový algoritmus, který spočítá výslednou míru osvětlení a jeho rovnoměrnost. Veškeré výstupy lze exportovat ve 2D a 3D variantě, u které lze nastavit i renderování v nepravých barvách.



Obrázek 34 3D renderování v nepravých barvách

### 12.4 Výpočet

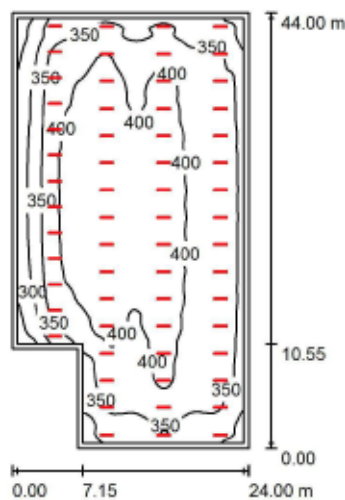
Posledním krokem ve tvorbě projektu je samotný výpočet umělého osvětlení. Algoritmus ve výpočtovém softwaru dokáže vypočítat veškeré veličiny v osvětlovací technice. Nás



bude zajímat zejména míra osvětlení a rovnoměrnost, kterou se budeme snažit držet co nejvyšší i přes limitování rozvržení svítidel.



### Hala výroba / Výstup ve formě jednoho listu



Výška místnosti: 7.800 m, Montážní výška: 6.000 m, Činitel údržby: 0.80

Hodnoty v Lux, Měřítko 1:566

Plocha	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Uživatelská úroveň	/	378	205	435	0.545
Podlaha	40	359	205	422	0.572
Strop	70	143	99	163	0.694
Stěny (6)	69	215	105	497	/

#### Uživatelská úroveň:

Výška:	0.850 m
Rastr:	128 x 128 Body
Okrajová zóna:	0.500 m

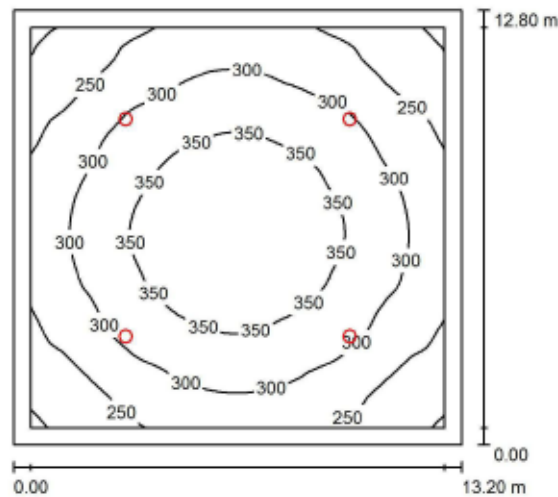
#### Kusovník svítidel

Č.	ks	Označení (Opravný faktor)	$\Phi$ (Svítidlo) [lm]	$\Phi$ (Zdroje:) [lm]	P [W]
1	61	EULED L70 (1.000)	6750	6851	71.4
Celkem:			411734	417911	4355.4

Specifický příkon:  $4.40 \text{ W/m}^2 = 1.17 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Základní plocha:  $989.18 \text{ m}^2$ )

Zpracovatel  
Telefon  
Fax  
e-mail

Místnost 1 / Výstup ve formě jednoho listu



Výška místnosti: 7.650 m, Montážní výška: 7.650 m, Činitel údržby: 0.80      Hodnoty v Lux, Měřítko 1:165

Plocha	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Uživatelská úroveň	/	302	188	389	0.621
Podlaha	20	271	161	367	0.595
Strop	70	55	36	1441	0.651
Stěny (4)	50	114	41	212	/

**Uživatelská úroveň:**

Výška: 0.850 m  
Rastr: 64 x 64 Body  
Okrajová zóna: 0.500 m

**Kusovník svítidel**

Č.	ks	Označení (Opravný faktor)	$\Phi$ (Svítilo) [lm]	$\Phi$ (Zdroje:) [lm]	P [W]
1	4	EULED K150 HS 90° průmyslové svítidlo (1.000)	19639	19640	153.0
Celkem:			78554	78560	612.0

Specifický příkon:  $3.62 \text{ W/m}^2 = 1.20 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Základní plocha: 168.96 m<sup>2</sup>)

Obrázek 36 Výstup z výpočetního software

## 12.5 Volba svítidel

Na základě výpočtu nám vyšlo, že budeme potřebovat dva typy svítidel a to:

### 12.5.1 Lisovna 1

V prostorech lisovny 1 se nám díky nízké výšce osvětlení podařilo nahradit stávající osvětlení svítidly o výkonu  $P=70W$ . Vzhledem k tomu, že se konstrukčně jedná o klasické polykarbonátové svítidlo, které je původně určeno pro lineární zářivky a je pouze upraveno pro použití s LED čipy (čirý difuzor vyměněn za opálový z důvodu omezení rušivého oslnění), jeho cena je velmi zajímavá.

<b>Příkon</b>	70 W
<b>Světelný výkon</b>	8545 lm
<b>Teplota chromatičnosti</b>	4500 K
<b>Index podání barev</b>	83
<b>Pracovní teplota</b>	-40 až +50°C
<b>Účinnost</b>	> 0,95
<b>Napájecí napětí</b>	AC 100-277 V 50-60 Hz
<b>Stupěň krytí</b>	IP 66
<b>Úhel osvětlení</b>	120 st.
<b>Životnost</b>	>50000h

*Tabulka 1 Technické parametry svítidla 70W*



Obrázek 37 Svítidlo 70W

### 12.5.2 Lisovna 2

Vzhledem k vyšší výšce lisovny 2 a vyššímu výkonu původních sodíkových výbojek nebude možná jejich náhrada svítidly o výkonu  $P=70W$ . Dle projektu je možno místo 8 původních svítidel požit 4 svítidla o výkonu  $P=150W$ . Se zadavatelem byla tato možnost projednána a odsouhlasena. Volné pozice budou ponechány a pouze zakončeny do krabice. Vzhledem k nutnosti dodržení rozumné rovnoměrnosti osvětlení budou použita svítidla s 90 stupňovou vyzařovací charakteristikou.

Příkon	150 W
Typ LED diod	Nichia
Světelný výkon	19 640
Teplota chromatičnosti	5000 K
Napájecí zdroj	Mean Well
Index podání barev	83
Pracovní teplota	-40 až +50°C
Účinnost	> 0,95
Napájecí napětí	AC 85-265 V 50-60 Hz
Stupěň krytí	IP 65
Úhel osvětlení	90 st.
Hmotnost	6,7 kg
Životnost	>50000h
Regulace	1-10 VDC/DALI/Zigbee

*Tabulka 2 Technické parametry svítidla 150W*



*Obrázek 38 Svítidlo 150W*

### 12.5.3 Sklad

Prostor skladu je specifický v tom, že bylo výslovným přáním zadavatele, provést prostou náhradu bez projektu. Všechny 6 výbojek bude nahrazeno 1:1 za svítidla o výkonu  $P=70W$ .



### 13 EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ

I přesto, že nebylo hlavním záměrem zadavatele ušetřit náklady na elektrickou energii pro osvětlení, ale splnit normativní podmínky, pro rozhodnutí mezi konvenčními zdroji a LED zdroji je úspora spolu s výrazně delší dobou životnosti světelných zdrojů v porovnání s konvenčními zdroji rozhodujícím kritériem. Celé ekonomické vyhodnocení je řešeno v příložené tabulce.

LED osvětlení			
	Lisovna 1	Lisovna 2	Sklad
	Sazba za kWh: 2,50 Kč		
<u>Stávající osvětlení</u>	Sodíková výbojka 250 W	Sodíková výbojka 400 W	Sodíková výbojka 250 W
Příkon (W)	275	450	275
Cena světelného zdroje	2 000 Kč	3 000 Kč	2 000 Kč
PHE-recyklační poplatek	5,21 Kč	5,21 Kč	5,21 Kč
Počet zdrojů (ks)	61	8	6
Doba svícení (h/den)	24	24	24
Doba provozu (den/rok)	360	360	360
Roční spotřeba (kWh)	144936,00	31104,00	14256,00
Měsíční spotřeba (kWh)	12078,00	2592,00	1188,00
<b>Cellk. roční spotřeba (kWh)</b>	<b>190296,0</b>		
Roční náklady (Kč)	362 340 Kč	77 760 Kč	35 640 Kč
Měsíční náklady (Kč)	30 195 Kč	6 480 Kč	2 970 Kč
<b>Cellk. roční náklady (Kč)</b>	<b>475 740 Kč</b>		
<u>Nový stav LED</u>	L70	K150 HS	L70
Příkon (W)	71,4	151,4	71,4
Cena světelného zdroje	3 650 Kč	8 473 Kč	3 650 Kč
PHE-recyklační poplatek	5,21 Kč	5,21 Kč	5,21 Kč
Počet LED zdrojů (ks)	61	4	6
Doba svícení (h/den)	24	24	24
Doba provozu (den/rok)	360	360	360
Roční spotřeba (kWh)	37630,66	5232,38	3701,38
Měsíční spotřeba (kWh)	3135,89	436,03	308,45
<b>Cellk. roční spotřeba (kWh)</b>	<b>46564,4</b>		
Roční náklady (Kč)	94 077 Kč	13 081 Kč	9 253 Kč
Měsíční náklady (Kč)	7 840 Kč	1 090 Kč	771 Kč
<b>Cellk. roční náklady (Kč)</b>	<b>116 411 Kč</b>		
Roční úspora (kWh)	143731,6	Roční úspora (Kč)*	377 329 Kč
*V roční úspoře je započítána částka 1500 Kč/měsíc na údržbu stávajícího osvětlení.			
<b>Úspora nákladů (%)</b>	<b>76%</b>		
Požizovací cena LED	278 812 Kč		
Návratnost prostá (měsíce)	8,866912627		

Tabulka 3 Ekonomické vyhodnocení výměny konvenčního osvětlení za LED



Tabulka porovnává původní stav a nový stav. Hlavní proměnné jsou:

- Původní světelné zdroje.
- Navrhované světelné zdroje.
- Cena elektrické energie.
- Provozní hodiny osvětlovací soustavy.

Tyto hodnoty jsou porovnávány a jejich výsledkem jsou procentuální úspora na provozních nákladech a návratnost investice oproti investici do konvenčního osvětlení.

Vzhledem k tomu, že by zadavatel musel osvětlení řešit bez ohledu na uvažovanou výměnu za LED světelné zdroje, je potřeba porovnat i náklady, které by do rekonstrukce osvětlení musel investovat v případě, že by se rozhodl pro sodíkové výbojky.

Z praktických zkušeností mohu říct, že se investice do LED osvětlení vyplatí ve dvou případech:

- Provozní hodiny nemusí být vysoké v případě, že je v dané oblasti drahá elektrická energie.
- V případě, že je levná elektrická energie, musí být dosaženo minimálně 8 provozních hodin denně, aby byla rozumná návratnost investice.

U řešeného projektu se sešlo několik aspektů, které ovlivnily výbornou návratnost dosahující necelého roku:

- Nepřetržitý provoz, který i přes ne příliš nízkou cenou elektrické energie dokáže sám o sobě vygenerovat zajímavou návratnost.
- Skutečnost, že se nám podařilo nahradit původní 250W výbojkové svítidla LED svítidly o výkonu  $P=70W$ , díky čemuž se nám podařilo dosáhnout 76% úspory na provozních nákladech oproti současnému stavu.

## 14 VYHODNOCENÍ

### 14.1 Měření míry osvětlení

Ihned po realizaci rekonstrukce osvětlení proběhl měsíční zkušební provoz. Tento má za cíl odhalit možné závady před oficiálním předáním a spuštěním záruční doby. Obvykle trvá zkušební provoz 14 dní, nicméně vzhledem k tomu, že do této doby vstoupily vánoční svátky, před kterými realizace proběhla, byl zkušební provoz prodloužen na 30 dní. Během této doby by se měly projevit případné závady způsobené transportem svítidel a jejich montáží. Během této doby nedošlo k žádné závadě.

Součástí předávacího aktu bylo také měření míry osvětlení, které mělo prokázat splnění legislativních a normativních podmínek pro daný prostor.

	původní osvětlovací soustava	LED osvětlovací soustava
	Naměřené hodnoty [lx]	
Datum	11.10.16	20.01.17
Lisovna 1	217-298 [lx]	307-379 [lx]
Lisovna 2	223-301 [lx]	298-345 [lx]

Z naměřených hodnot je patrné, že požadované míry osvětlenosti 300lx bylo dosaženo a zároveň došlo ke zvýšení míry osvětlenosti z průměrných 257lx na 343lx na lisovně 1 a z 262lx na 321lx na lisovně 2.

Vzhledem k pouhé výměně osvětlení kus za kus v prostorech skladu, nebyl tento prostor měřen.

### 14.2 Závěrečné zhodnocení

Z naměřených hodnot po realizaci je patrné, že v obou sledovaných prostorech došlo k nepatrnému navýšení míry osvětlenosti a zároveň byly splněny veškeré zadávací, legislativní a normativní podmínky.

Jako významný úspěch se jeví doba návratnosti a úspora na elektrické energii oproti konvenčnímu osvětlení.

Úspora elektrické energie se pohybuje kolem 76% a prostá návratnost vychází na necelých 9 měsících.

Takto dobrých výsledků je dosaženo díky výrazně vyšší měrné účinnosti LED světelných zdrojů oproti konvenčním světelným zdrojům, celkový pokles ceny LED svítidel a velmi vhodné provozní podmínky pro aplikaci LED technologie- nepřetržitý provoz.

Z předložených výsledků je patrné, že LED je více než silnou konkurencí klasickým světelným zdrojům. V případech jako je tento je zjevné, že investice do klasického osvětlení postrádá logiku. Při takto krátké návratnosti dokáže LED osvětlovací soustava generovat oproti konvenční osvětlovací soustavě takové úspory, které nejsou zanedbatelné ani pro velký podnik, pro který jsou náklady na provoz osvětlovací soustavy minimální v porovnání s náklady na provoz výrobních technologií.



Obrázek 39 Nainstalované svítidlo150W

## ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo vytvořit ucelený a srozumitelný náhled do problematiky umělého osvětlení. V současné době rostou nároky na bezpečnost práce a spolu s nimi je vyvíjen tlak na zlepšování pracovního prostředí.

Riziko úrazu při výpadku hlavního osvětlení, nemocí z povolání způsobených nedostatečným osvětlením a nízká kvalita výrobků, zapříčiněná nemožností dostatečné vizuální kontroly jsou tak vysoké, že vlivem kontrol ze strany úřadů a auditů ze strany odběratelů, nutí firmy investovat do rekonstrukcí svých osvětlovacích soustav.

Důležitou funkci má umělé osvětlení také v oblasti ochrany života, zdraví a majetku, kdy nedostatečně osvětlené prostory vybízí pachatele trestné činnosti k jejímu páchání.

V diplomové práci bylo kromě základního rozdělení osvětlení a fyzikálních principů také popsáno, co by měla osvětlovací soustava splňovat a jakým způsobem následně jednotlivé světelně technické veličiny měřit.

Vzhledem k tomu, že jsou na umělé osvětlení kladeny přísné požadavky ze strany BOZP, byl v teoretické části věnován prostor problematice nouzového osvětlení.

Součástí diplomové práce je také dopodrobna rozepsaný vzorový návrh funkční osvětlovací soustavy, která splňuje veškeré legislativní a normativní nároky na její provoz.

## ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

The aim of this thesis was the creation of a comprehensive and clear overview of artificial lighting. These days demands for work safety are rising and pressure to improve the work environment is rising as well.

Injuries due to major light failure, illnesses caused by insufficient light or low quality productions due to insufficient visual inspection. These risks are so high that together with official controls and customer audits force companies to invest in reconstructions of lighting systems.

An important feature has artificial lighting also in a field of life, health and property protection, where insufficient lighted areas encourage criminals to commit crimes.

In this thesis was described, besides the basic classification of lighting systems and physical principles, which requirements the lighting system should meet and how to measure light oriented technical quantities.

Because of strict requirements on artificial lighting by OSH, this part of this thesis deals with emergency lighting.

Part of the thesis is a detailed description of the functional design of lighting systems that meet all legislative and normative requirements for operation.



**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] HABEL, Jiří. *Světlo a osvětlování*. Praha: FCC Public, 2013. ISBN 978-80-86534-21-3.
- [2] BOŠOVÁ, Daniela. *Denní osvětlení budov: TP 1.8.8*. Praha: pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydává Informační centrum ČKAIT, 2016. Metodické a technické pomůcky k činnosti autorizovaných osob. ISBN 978-80-87438-70-1.
- [3] RYBÁR, Peter. *Denní osvětlení a oslunění budov*. Brno: ERA group, 2002. Technická knihovna (ERA). ISBN 80-86517-33-0.
- [4] PLCH, Jiří, Petr SUCHÁNEK a Jitka MOHELNÍKOVÁ. *Osvětlení neosvětlitelných prostor*. Brno: ERA group, 2004. ISBN 8086517829.
- [5] FISCHER, Petr. *Veřejné osvětlení: postmoderní morálka, postmoderní politika*. Praha: Sociologické nakladatelství (SLON), 2008. Sociologické aktuality. ISBN 978-80-86429-91-5.
- [6] *Světlo: časopis pro světelnou techniku a osvětlování*. Praha: FCC public, 1998-. ISSN 1212-0812.
- [7] ČSN EN 12464-1. *Osvětlení pracovních prostorů*. 2014. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.
- [8] ČSN EN 1838. *Světlo a osvětlení - Nouzové osvětlení*. 2015. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015.
- [9] ČSN 36 0011. *Měření osvětlení prostorů*. 2014. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.
- [10] ČSN EN 12 665. *Světlo a osvětlení - Základní termíny a kritéria pro stanovení požadavků na osvětlení*. 2012. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.
- [11] *Křížikova oblouková lampa měla premiéru v plzeňské papírně* [online]. Plzeň: Plzeňský deník, 2016 [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: [http://plzensky.denik.cz/zpravy\\_region/krizikova-obloukova-lampa-mela-premieru-v-plzenske-papirne-20161116.html](http://plzensky.denik.cz/zpravy_region/krizikova-obloukova-lampa-mela-premieru-v-plzenske-papirne-20161116.html)
- [12] *Zelené a UV lasery* [online]. Mega Blog, 2012 [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: <http://www.mega-blog.cz/lasery/zelene-a-uv-lasery/>
- [13] *Žárovky a halogenové žárovky* [online]. Elkovo Čepelík [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: <http://www.elkovo-cepelik.cz/zarovky-a-halogenove-zarovky>
- [14] *Co je LED?* [online]. Elko Lighting [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: <http://eshop.elkolighting.cz/dokument/co-je-LED>



- [15] *Dnešní světelné zdroje ve veřejném osvětlení* [online]. CNE [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: <http://www.cne.cz/seniori/verejne-osvetleni/cesty-k-usporam-verejne-osvetleni/svetelne-zdroje/>
- [16] *SVĚTELNÉ ZDROJE: lineární zářivky* [online]. Profi elektřina [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: <http://elektřina.cz/data/clanky/svetelne-zdroje-linearni-zarivky>
- [17] *Luxmetr Voltcraft LX-1108, 400 000 lx* [online]. Conrad [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: [http://www.conrad.cz/luxmetr-voltcraft-lx-1108-400-000-lx.k121885#utm\\_source=hledej-ceny&utm\\_medium=agregator&utm\\_campaign=2017&utm\\_content=121885](http://www.conrad.cz/luxmetr-voltcraft-lx-1108-400-000-lx.k121885#utm_source=hledej-ceny&utm_medium=agregator&utm_campaign=2017&utm_content=121885)
- [18] *Měření denního osvětlení* [online]. tzb info, 2012 [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/denni-osvetleni-a-osluneni/8491-mereni-denniho-osvetleni>
- [19] *Měření osvětlení* [online]. světlo [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: <http://svetlo.cz/mereni-osvetleni>
- [20] *Jak vybrat správný odstín bílého světla?* [online]. oled shop [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: <http://www.oledshop.cz/show-free.htm?fid=20>
- [21] *Co je to CRI?* [online]. Led me [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: <https://ledme.cz/content/29-co-je-to-cri>
- [22] *Udržovací činitel světelné soustavy* [online]. Top osvětlení [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: <http://www.top-osvetleni.cz/navrhy-osvetleni/profesionalni-navrhy-osvetleni/446-udrzovaci-cinitel-svetelne-soustavy>
- [23] *Bezpečnostní značení* [online]. Lapo fire [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: <http://www.lapofire.cz/bezpecnostni-znaceni>
- [24] *Nouzové osvětlení* [online]. Tzb info [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: <http://www.tzbinfo.cz/pozarni-bezpecnost-staveb/14667-nouzove-osvetleni>
- [25] *Rozvodná zařízení* [online]. Vyšší odborná škola Strakonice [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/11496420/>
- [26] *Artnet-DMX lighting system* [online]. Sonimax [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: <http://www.eth2u.com/product-info.asp?id=265>
- [27] *DALI (Digital Addressable Lighting Interface) has been around for several years.* [online]. Article [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: <http://www.automatedbuildings.com/news/aug07/articles/ice/070724095808hodge.htm>
- [28] *KNX Systems Topology* [online]. mySmart [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: <http://www.mysmart.com.au/about-knx/knx-systems-topology/>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

ČSN Význam první zkratky.

EN Význam druhé zkratky.

ES Význam třetí zkratky.

LED Light Emitting Diode

RGB Barevný model červené, zelené a modré barvy

UGR Index oslnění osvětlovací soustavy

Ra (CRI) Index podání barev

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1 Křížikova oblouková lampa[11]</i> .....	14
<i>Obrázek 2 Celkové světelné spektrum[12]</i> .....	15
<i>Obrázek 3 Rozsah barevných teplot</i> .....	17
<i>Obrázek 4 Popis klasické inkadescenční žárovky[13]</i> .....	23
<i>Obrázek 5 Zářivka s integrovaným předřadníkem[14]</i> .....	26
<i>Obrázek 6 Nízkotlaká výbojka[15]</i> .....	27
<i>Obrázek 7 Vysokotlaká výbojka[15]</i> .....	28
<i>Obrázek 8 Lineární výbojka[16]</i> .....	29
<i>Obrázek 9 Led čip [14]</i> .....	30
<i>Obrázek 10 LED žárovka[14]</i> .....	31
<i>Obrázek 11 Luxmetr[17]</i> .....	34
<i>Obrázek 12 Ukázka kontrolního rastru[18]</i> .....	35
<i>Obrázek 13 Příklad postupu měření místnosti[19]</i> .....	37
<i>Obrázek 14 Rozložení teploty barev[20]</i> .....	42
<i>Obrázek 15 Ukázka rozložení barev CRI[21]</i> .....	43
<i>Obrázek 16 pokles svítivosti v průběhu života osvětlovací soustavy[22]</i> .....	44
<i>Obrázek 17 bezpečnostní značky[22]</i> .....	47
<i>Obrázek 18 Zapojení svítidla pouze pro nouzový provoz[24]</i> .....	48
<i>Obrázek 19 Zapojení svítidla pro trvalý i nouzový provoz[24]</i> .....	49
<i>Obrázek 20 Akumulátorovna[25]</i> .....	50
<i>Obrázek 21 Rozhraní DMX[26]</i> .....	52
<i>Obrázek 22Rozhraní DALI[27]</i> .....	53
<i>Obrázek 23 Rozhraní KNX[28]</i> .....	54
<i>Obrázek 24 Lisovna 1</i> .....	57
<i>Obrázek 25 Lisovna 1</i> .....	57
<i>Obrázek 26 Lisovna 2</i> .....	58
<i>Obrázek 27 Lisovna 2</i> .....	59
<i>Obrázek 28 Expediční sklad</i> .....	60
<i>Obrázek 29 Půdorys haly</i> .....	63
<i>Obrázek 30 Odrazivosti jednotlivých ploch</i> .....	64
<i>Obrázek 31 Udržovací činitel osvětlení</i> .....	64
<i>Obrázek 32 Volba svítidla</i> .....	65

---

<i>Obrázek 33 Dispoziční rozmístění svítidel</i> .....	66
<i>Obrázek 34 3D renderování v nepravých barvách</i> .....	66
<i>Obrázek 35 Výstup z výpočetního software</i> .....	67
<i>Obrázek 36 Výstup z výpočetního software</i> .....	68
<i>Obrázek 37 Svítidlo 70W</i> .....	70
<i>Obrázek 38 Svítidlo 150W</i> .....	71
<i>Obrázek 39 Nainstalované svítidlo 150W</i> .....	75

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tabulka 1 Technické parametry svítidla 70W</i> .....	69
<i>Tabulka 2 Technické parametry svítidla 150W</i> .....	71
<i>Tabulka 3 Ekonomické vyhodnocení výměny konvenčního osvětlení za LED</i> .....	72



## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Technický list svítidla 70W.....	85
Příloha 2 Technický list svítidla 150W.....	86

## PŘÍLOHA P I: TECHNICKÝ LIST SVÍTIDLA 70W

### Technický list Euled Industry L







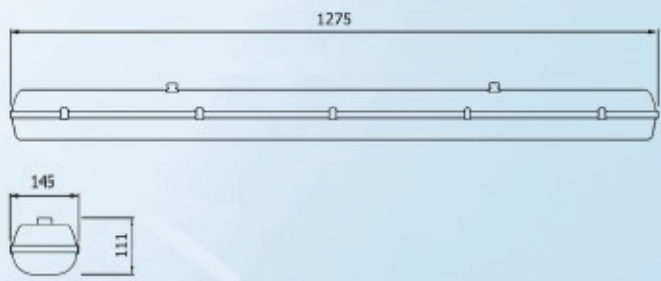
**Euled Industry L**

	Euled Industry L35	Euled Industry L60	Euled Industry L70
Příkon	35 W	60 W	70 W
Barva		3000 / 4000	
Světelný Výkon	3800 lm	7324 lm	8545 lm
Účinnost		> 0.95	
Rozměry		1272 x 145 x 111 mm	
Stupeň krytí		IP66	
Životnost		> 50 000 h	
Úhel osvětlení		120°	
Index podání barev		> 80 Ra	
Napájecí napětí		100 - 277 AC 50 - 60 Hz	

**Technické parametry**

**Optický systém svítidla**  
PC - polykarbonátový kryt s vysokou odolností proti nárazu, stabilní proti UV záření.

**Tělo svítidla**  
Odolný polykarbonát (PC) šedé barvy. Spojení s optickým krytem pomocí spon z polyamidu se skelným vláknem, nebo pomocí kovových spon z nerezové oceli.

**Technické nákresy**[www.euled.cz](http://www.euled.cz)

Příloha 1 Technický list svítidla 70W

## PŘÍLOHA P II: TECHNICKÝ LIST SVÍTIDLA 150W

### Technický list EuledK HS

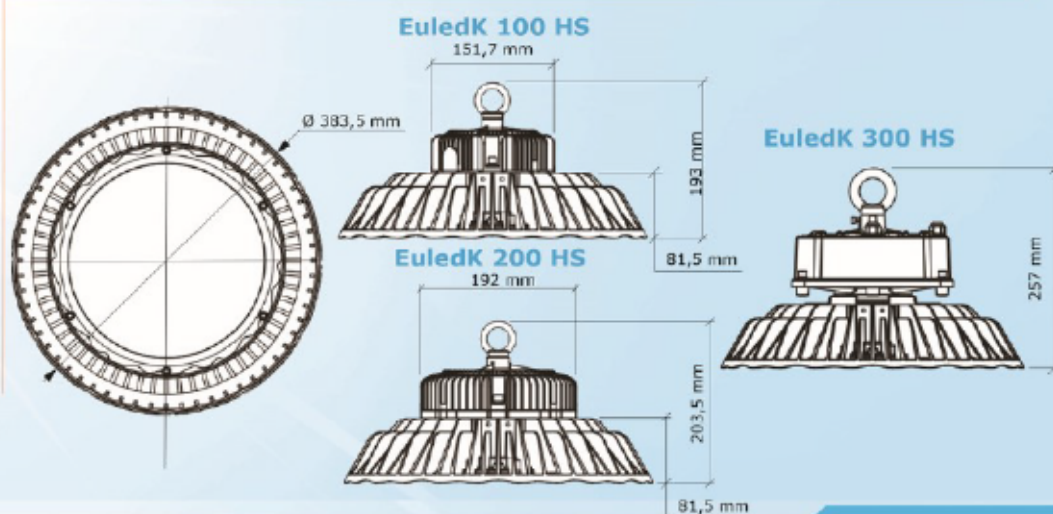


EuledK HS

Technické parametry

	EuledK 100 HS	EuledK 200 HS	EuledK 300 HS
Příkon	100 - 150 W	160 - 200 W	300 W
Typ LED	Nichia	Nichia	Nichia
Světelný výkon	13360 - 19640 lm	20900 - 26000 lm	40000 lm
Barva	5000 K	5000 K	5000 K
Napájecí zdroj	Mean Well	Mean Well	Mean Well
Index podání barev	83 Ra	83 Ra	83 Ra
Pracovní teplota	-40 °C ~ +55 °C	-40 °C ~ +55 °C	-40 °C ~ +55 °C
Účinnost	> 0.95	> 0.95	> 0.95
Napájecí napětí	AC 85 - 265 V 50 - 60 Hz	AC 85 - 265 V 50 - 60 Hz	AC 85 - 265 V 50 - 60 Hz
Stupeň krytí	IP 65, IK 08 / 10	IP 65, IK 08 / 10	IP 65, IK 08 / 10
Úhel osvětlení	50° / 90° / 120°	50° / 90° / 120°	50° / 90° / 120°
Hmotnost	6,7 kg	7,3 kg	9 kg
Životnost	> 50000 h	> 50000 h	> 50000 h
Stmívání	1 - 10 VDC / DALI / Zigbee	1 - 10 VDC / DALI / Zigbee	1 - 10 VDC / DALI / Zigbee

Technické nákresy



[www.euled.cz](http://www.euled.cz)