

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Návrh osvětlení výrobní haly

Abstrakt

Předkládaná bakalářská práce je zaměřena na návrh vnitřního osvětlení konkrétní výrobní průmyslové haly a to z důvodu již nevyhovujícímu technickému stavu a pro zlepšení pracovních podmínek. Jsou zde stanoveny zásady pro návrh osvětlovací soustavy, podle kterých je proveden návrh ekonomicky výhodné soustavy pomocí výpočtového softwaru Dialux, tak aby osvětlovací soustava splňovala odpovídající technická a bezpečnostní kritéria daná místem provozu.

Klíčová slova

Světlo, pravidla návrhu, bezpečnostní parametry, metody výpočtu, postup rekonstrukce, návrh osvětlovací soustavy

Abstract

My bachelor thesis is focused on the proposal of the inner lighting system in the certain industrial production factory unit. The purpose of the proposal is to improve working conditions because of the unsatisfactory technical state there. The principles of the lighting system proposal are described there and the proposal of the economical money saving system is presented too. Computation software Dialux is involved there to fulfil the technical requirements and safety parameters in the mentioned factory unit.

Key words

Light, principles of proposal, safety parameters, methods of computation, process of reconstruction, proposal of lighting system.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

.....
podpis

V Plzni dne 4.6.2015

Josef Kubík

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Karlu Noháčovi, Ph.D. za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.

Obsah

ÚVOD	7
Světlo a osvětlení	7
1 PRAVIDLA NÁVRHU OSVĚTLENÍ PRACOVNÍCH PROSTORŮ	9
Návrh umělého osvětlení	9
1.1 Rozložení jasu	9
1.2 Osvětlenost	10
1.3 Oslnění	10
1.4 Směrovost	11
1.5 Podání barev a barevný tón světla	11
1.6 Míhání světla a stroboskopický jev	11
1.7 Udržovací činitel	11
1.8 Energetická hlediska	12
1.9 Denní světlo	12
2 TECHNICKÉ MOŽNOSTI SVÍTIDEL VHODNÝCH PRO OSVĚTLENÍ	12
2.1 Bezpečnostní parametry	13
2.1.1 Krytí	13
2.1.2 Ochrana před nebezpečným dotykovým napětím	14
2.2 Technické parametry	14
2.3 Umělé elektrické světelné zdroje	14
2.4 Teplotní zdroje	14
2.4.1 Žárovky	14
2.4.2 Halogenová žárovka	15
2.5 Výbojové zdroje	15
2.5.1 Zářivky	15
2.5.2 Indukční výbojky	16
2.5.3 Rtuťové výbojky	16
2.5.4 Halogenidové výbojky	18
2.5.5 Sodíkové výbojky	17
2.6 Luminiscenční	18
2.6.1 Svítící diody LED	20
2.6.2 Lasery	21
3 POSTUP REALIZACE REKONSTRUKCE VE VÝROBNÍ HALE	22
3.1 Výchozí podklady	22
3.2 Požadavky na osvětlení	22
3.3 Volba zdrojů a svítidel	22
3.3.1 Zvažovaná kritéria při návrhu	23
3.4 Dimenzování soustavy a kontrolní výpočty	23
3.4.1 Radiometrické veličiny	23
3.4.2 Fotometrické veličiny	25
3.4.3 Metoda poměrných příkonů	26
3.4.4 Metoda toková	28
3.4.5 Metoda bodová	30
3.5 Zpracování dokumentace	30
4 NÁVRH KONKRÉTNÍ OSVĚTLOVACÍ SOUSTAVY	32
4.1 Osvětlovaný prostor	32
4.1.1 Původní stav	32
4.1.2 Práce spojené s rekonstrukcí	33
4.2 Práce v programu DIALUX	33
4.2.1 Postup návrhu	34
5 ZÁVĚR	36
6 POUŽITÁ LITERATURA	37

ÚVOD

Světlo a osvětlení

Světlo je druh energie, na kterém je každý žijící organismus na Zemi závislý. Světlo umožňuje živočichům vidět (získávat informace o svém bezprostředním okolí, pomocí zrakového vjemu, člověk zrakem získává 80 až 90 % informací). Rostlinám, v tomto případě denní osvětlení (Slunce), umožňuje fotosyntézu působením viditelného záření probíhá v zelených částech za přítomnosti chlorofylu jako katalyzátoru chemický proces, při němž z oxidu uhličitého a z vody vznikají některé organické sloučeniny.

Vývoj názorů o světle

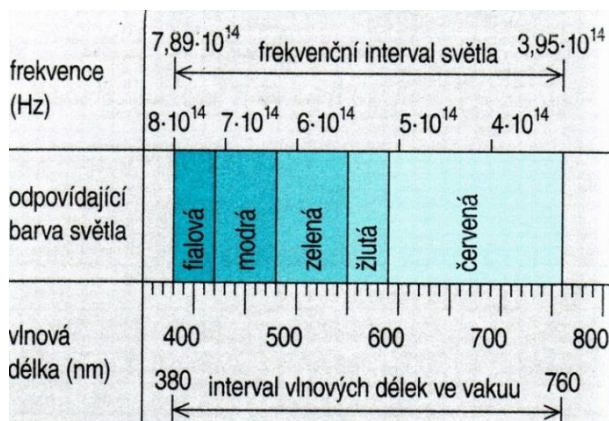
Řeční myslitelé (Ptolemaios 70-147 p.n.l.) uvažovali, že paprsky světla vycházejí z oka. Mezi odpůrci této úvahy byl například Demokritos (460-432 p.n.l.), tvrdil, že vidění je podmíněno nepatrnými nezničitelnými tělisky, které vycházejí od pozorovaných předmětů a dopadají na povrch oka.

Až na přelomu 17. a 18. století vznikla nová konkurenční teorie. Isaac Newton (1646-1727), pohlížel na světlo jako na proud různě velkých bodových částic vycházejících ze svítících předmětů a dopadajících do oka (korpuskulární teorie). Cristiaan Huygens (1629-1695), považoval světlo za podélné vlnění speciálního prostředí vyplňujícího celý prostor. Zlom v názorech na vznik světla přinesl až rok 1873. James Clerc Maxwell (1831-1879). Podářilo se mu sjednotit teorii elektrických a magnetických jevů. Předložil obecný matematický popis elektromagnetického pole (Maxwellovy rovnice). Albert Einstein (1879-1955), ukázal, že světlo má jak korpuskulární tak i vlnové vlastnosti.

Co je světlo

Pokud se budeme snažit shrnout odpověď na otázku: co je světlo, pak odpověď by tedy zněla dle Einsteinovy teorie. Světlo má charakter elektromagnetického vlnění různých vlnových délek. Z toho viditelné záření tvoří přibližně oblast v intervalu vlnových délek 380 nm až 780 nm (obr.1). Viditelným zářením označujeme optické záření schopné přímo vyvolat zrakový vjem. Viditelné světlo je absorbováno a emitováno elektrony v atomech a molekulách, když přecházejí mezi energetickými hladinami. Různé frekvence a vlnové délky světla vidíme jako barvy, od červené po fialovou. Červená má nejnižší frekvenci a nejdelší vlnovou délku, naopak fialová má nejvyšší frekvenci a nejkratší vlnovou délku.

Rozdělení záření a jednotlivé vlnové rozsahy pro hlavní barevná pásma viditelného světla jsou uvedeny na obrázku (Obr. 1).



Obr.1 Barevné spektrum viditelného světla [1]

Umělé osvětlení

Už od dávné minulosti lidé přemýšleli, jak vytvořit „umělé slunce“ s cílem prodloužit si den. Původním zdrojem světla byl oheň: pryskyřičné louče a pochodně, olejové lampy. Dále pak okolo 5. století před n.l. se objevily, lojové, stearínové a parafínové svíčky. Od roku 1783 se začaly používat, lampy na svítiplyn či petrolej k osvětlení místností, továren, ulic. Počátkem 19. století byla vynalezena F. Křižíkem oblouková lampa.

První zmínky o primitivní žárovce sahají do roku 1820, kdy G. De La Rue přišel s nápadem zatavit platinový drátek do skleněného válce a zavést do něj elektrický proud. Padesát let po té, roku 1872 přišel další zdařilý pokus o sestavení žárovky, která svítila až 800 hodin. Na to navázal v roce 1878 Th. A. Edison a použil vlákno uhlíkové. To bylo později nahrazeno wolframem. Konečná verze přišla na trh okolo roku 1913 kdy bylo vlákno obklopeno netečným plynem.

Výbojová lampa byla vynalezena roku 1854 německým fyzikem J. Plückerem, která byla pojmenována po svém výrobcí Geisslerovou trubicí. Byla to skleněná trubice, ze které byl téměř vyčerpán vzduch, měla na svých koncích zatavené elektrody spojené se sekundárním vinutím Ruhmkorffova induktoru. Při průchodu proudu svítil plyn v pastelových barvách či matně bíle. Tato trubice pak byla vylepšena udržením velmi nízkého tlaku plynu uvnitř. Roku 1896 sestavil německý fyzik M. L. Arons rtuťovou lampu. Ve vakuové trubici tvaru U byla nalita rtuť. Po připojení napětí začal rtuť procházet proud a rtuťové páry vyzařovaly světlo.

Toto byl počátek vývoje výbojek a zářivek. Teprve rozvoj elektroniky a dalších technologií vedl k vývoji nových světelných zdrojů.

1 PRAVIDLA NÁVRHU OSVĚTLENÍ PRACOVNÍCH PROSTORŮ

Tuto problematiku řeší příslušná Česká technická norma ČSN EN 12464-1 (Světlo a osvětlení). Rozlišujeme tři druhy osvětlení:

Denní osvětlení (Slunce)

- má nezastupitelnou důležitost, neboť ovlivňuje metabolické funkce a psychickou náladu (pohodu) člověka. Nejvýznamnější rozdíl mezi denním světlem a umělým je jeho spektrální složení. Denní osvětlení je hodně proměnlivé. Pravidelné změny způsobují periodické změny vyplývající z rotace Země kolem Slunce, kdežto nepravidelné změny tohoto osvětlení závisí na stavu atmosféry, hlavně na oblačnosti a znečištění vzduchu.

Umělé

- světlo vzniká transformací jiného druhu energie například elektrické. Umělé osvětlení vhodně doplňuje nebo zcela nahrazuje denní osvětlení v případě jeho nedostatku a tím přispívá ke zlepšení zrakové pohody člověka.

Sdružené

- je kombinací obou předešlých. Je použito v prostorách, kde denní osvětlení nestačuje a je potřeba ho doplnit osvětlením umělým.

Ne vždy jsme schopni zajistit jen osvětlení ze zdroje denního světla např. pracovní prostory, sportoviště, komunikace..., proto má správně navržené umělé osvětlení své opodstatnění.

Správný návrh osvětlení je důležitý nejen pro vytvoření bezpečného prostředí, ale i vytvoření zrakové pohody člověka (správné rozložení osvětlení, kontrast, jas, barva). Při návrhu je vycházeno z potřeb konkrétního prostoru, z jeho rozměrů, rozložení předmětů a vlastností použitých povrchů.

Návrh je realizován „osvětlovací soustavou“ - správné rozmístění osvětlovacích těles, do kterých jsou umístěny odpovídající světelné zdroje. Je zde snaha splnit požadavky na osvětlenost, vyhovět hygienickým normám za ekonomicky schůdných podmínek (náklady spojené s realizací, úsporou el. energie a následnou údržbou).

Pro návrh osvětlení je vhodné se snažit uspokojit tři základní lidské potřeby (zraková pohoda, zrakový výkon, bezpečnost) a respektovat následující kritéria:

1.1 Rozložení jasu

Rozložení jasu v zorném poli určuje jak se zrak adaptuje a ovlivňuje viditelnost dané vykonávané činnosti.

Velmi dobře vyvážený adaptační jas je potřebný ke zvětšení:

- zrakové ostrosti (ostrosti vidění)
- kontrastní citlivosti (rozlišení malých poměrných rozdílů jasu)
- účinnosti zrakových funkcí (jako akomodace, konvergence, zmenšování zornice, očních pohybu atd.).

Rozložení jasu v zorném poli ovlivňuje také zrakovou pohodu. Z tohoto důvodu je nutné vyloučit:

- příliš velké jasy, jež mohou zvětšit oslněný
- příliš velké kontrasty jasu, jež mohou způsobit únavu v důsledku trvalé adaptace zraku
- příliš malé jasy a kontrasty jasu, jež vedou k monotónnímu nestimulujícímu pracovnímu prostředí.

Účelný rozsah činitelů odrazu hlavních povrchů místnosti:

- strop 0,6 až 0,9
- stěny 0,3 až 0,8
- pracovní roviny 0,2 až 0,6
- podlaha 0,1 až 0,5.

1.2 Osvětlenost

Osvětlenost a její rozložení má velký vliv na to, jak rychle bezpečně a pohodlně osoba vnímá své okolí.

Doporučené osvětlenosti v místě zrakového úkolu:

v normálních podmínkách osvětlení se požaduje přibližně 20 lx, při nichž právě začíná rozlišování rysů lidského obličeje, a tato hodnota byla přijata jako nejnižší pro řadu osvětleností.

Doporučená řada osvětleností (v luxech) je:

20 – 30 – 50 – 75 – 100 – 150 – 200 – 300 – 500 – 750 – 1 000 – 1500 – 2000 – 3000 – 5000. V prostorech s trvalým pobytem osob nesmí být udržovaná osvětlenost menší než 200 lx (tzv. hygienické minimum“).

Rovnoměrnost osvětlení

Osvětlení místa zrakového úkolu musí být co nejrovnoměrnější. Doporučuje se, aby poměr průměrných osvětleností při celkovém nebo odstupňovaném osvětlení mezi sousedními propojenými prostory (např. dveřmi) nebyl menší než 1:5 (0,2).

1.3 Oslnění

Oslnění je nepříznivé působení světla na zrak příliš velkým jasem v zorném poli, který překračuje adaptabilitu oka.

Dle působení jasu na lidské oko rozeznáváme oslnění:

- rušivé
- omezující
- oslepující

Dle příčiny:

- absolutní
- relativní

Rušivé oslnění

Index oslnění přímo od svítidel osvětlovací soustavy vnitřního prostoru musí být stanoven. Jednotným systémem hodnocení oslnění tabulkovou metodou podle vzorce:

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

Kde	L_b	je jas pozadí v $\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$ vypočítaný jako E_{ind}/π .
	E_{ind}	svíslá nepřímá osvětlenost očí pozorovatele,
	L	jas svítící části každého svítidla ve směru očí pozorovatele v $\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$
	ω	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.

Aby se zabránilo tomuto jevu, tak se zdroje světla vhodně cloní.

1.4 Směrnost světla

Směr světla je důležitý pro modulaci tvaru, tvorbu stínů a pro zobrazení struktury povrchu. V místech kam světlo nedopadá, je stín.

1.5 Podání barev a barevný tón světla

Psychologicky je žádoucí, aby barva umělého světla, přesněji spektrum světelného zdroje, odpovídaly co nejvíce barvě světla přirozeného. Barva světla nesmí způsobovat větší zkreslení barevných odstínů.

1.6 Míhání světla a stroboskopické jevy

Míhání působí rušivě a může vyvolat fyziologické projevy jako bolest hlavy. stroboskopické jevy mohou vést k nebezpečným situacím při změně vnímaného pohybu strojů s točivým nebo s vratným pohybem.

1.7 Udržovací činitel

Projekt osvětlení musí být zpracován s uvažováním celkového udržovacího činitele vypočítaného pro zvolené osvětlovací zařízení, prostředí a plán údržby. Doporučená osvětlenost pro každý zrakový úkol se provádí jako udržovaná osvětlenost. Udržovací činitel závisí na provozních charakteristikách světelných zdrojů a předřadníku, svítidel, prostředí a na plánu údržby.

Projektant musí:

- uvést udržovací činitel a přehled předpokladů přijatých při odvození jeho hodnoty,
- specifikovat osvětlovací zařízení vhodné pro užití v daném prostředí,
- připravit kompletní plán údržby, včetně intervalu výměny světelných zdrojů, čištění svítidel a místností a způsobu jeho provádění.

1.8 Energetická hlediska

Osvětlovací soustava musí vyhovovat požadavkům na osvětlení daného prostoru bez plýtvání energií. Přesto je důležité nedělat kompromisy z hlediska vizuálního a jednoduše nezmenšovat spotřebu energie.

1.9 Denní světlo

Denní světlo může poskytnout úplné nebo částečné osvětlení pro zrakový úkol. Jeho úroveň a spektrální složení se s časem mění, a tím se mění i vnitřní prostor. Denní světlo vytváří zvláštní modelaci a rozložení jasů v důsledku téměř vodorovného směru jeho toku od bočních oken. Okna mohou poskytovat kontakt s okolním světlem. Tomuto kontaktu většina lidí dává přednost. V místnostech s bočními okny se poskytované světlo prudce zmenšuje se vzdáleností od oken. K zajištění požadovaného osvětlení na pracovních místech a k vyrovnání rozložení jasů v místnosti je nutné doplňkové osvětlení. K zajištění vhodného spolupůsobení umělého a denního osvětlení může být použito manuální nebo automatické spínání anebo stmívání. [4]

2 TECHNICKE MOŽNOSTI SVÍTIDEL VHODNÝCH PRO OSVĚTLENÍ - OBECNĚ

Možnosti svítidel jsou odvozeny od účelu použití a od typu osvětlovaného prostoru. Každé uvažované svítidlo musí být posuzováno dle toho, zda splňuje:

2.1 Bezpečnostní parametry

2.1.1 Krytí

- tento bezpečnostní parametr je uveden v normě ČSN EN 60529
- stupeň ochrany se označuje písmeny IP (Ingress Protection). Za tímto označením následuje dvojčíslí a případně doplňkové písmeno, která specifikují způsob zkoušky.

IP XXXX

- první číslice vyjadřuje stupeň ochrany osob před nebezpečným dotykem živých částí a stupeň ochrany zařízení před vniknutím cizích předmětů (od 0 do 6).
- druhá číslice vyjadřuje stupeň ochrany před vniknutím vody (od 0 do 8).
- přídatné písmeno (nepovinné) specifikuje stupeň ochrany před nebezpečným dotykem (A, B, C, D)
- doplňkové písmeno (nepovinné) se používá k doplňkovým informacím (H, M, S, W)

Nejmenší krytí svítidel na nízké napětí je IP 20. Pro venkovní prostředí je třeba krytí před deštěm, tedy alespoň IP 23. Krytí IP 54 je běžné krytí svítidel proti stříkající vodě. Konstrukčně obdobně jsou tvořena svítidla s krytím IP 65, která však mají mnohem vyšší užitnou hodnotu. Vyšší ochrana proti vniknutí prachu a vody znamená prodloužení života optického systému svítidla a snížení nákladů na jeho údržbu (čištění).

Tab.1 Význam označení krytí svítidel.

A. První číslice: ochrana před dotykem osobou a vniknutím těles				B. Druhá číslice: ochrana proti vodě			
stupeň ochrany**	značka	ochrana před	příklad použití	stupeň ochrany	značka	ochrana před	příklad použití
IP 0X	žádná	nechráněno	uzavřené bezprašné prostory bez osob, např. transformační stanice	IP X0	žádná	nechráněno	suché prostory, ve kterých se sráží kondenzovaná voda
IP 1X max. 50 mm	žádná	velká cizí tělesa Ø ≥ 50 mm, hřbet ruky	bezprašné vnitřní prostory, ve kterých pracuje obsluha, např. rozvodny	IP X1		svisle kapající voda	v místech jen s vertikálně kapající vodou
IP 2X max. 12 mm	žádná	středně velká cizí tělesa Ø ≥ 12,5 mm, prst	bezprašné místnosti s většími volnými předměty, např. zakryté motory	IP X2		kapající voda ve sklonu do 15°	místa, kde provozní prostředky nejsou vystaveny stříkající vodě ze země
IP 3X max. 2,5 mm	žádná	malá cizí tělesa Ø ≥ 2,5 mm, nástroj	bezprašné vnější a vnitřní prostory s drobnými a tenkými volnými předměty	IP X3		kropení (déšť) ve sklonu 60°–90°	chráněné prostředí venku bez přímých povětrnostních vlivů
IP 4X max. 1 mm	žádná	pevná cizí tělesa Ø ≥ 1 mm, silný drát	vnější a vnitřní prostory, bez prachu, např. mechanické dílny v zemědělství	IP X4		stříkající voda ze všech směrů	venku, s malým vlivem počasí nebo v trvale vlhkém prostředí
IP 5X prach		chráněno před prachem a drátem	svorkovnice v prašném prostředí, např. v zemědělství	IP X5		tryskající voda ze všech směrů	nechráněné místo venku nebo v podnebí se stálou relativní vlhkostí 80 %
IP 6X prach		prachotěsné	plně prachotěsné přístroje např. v prostoru s hořlavým prachem	IP X6		intenzivně tryskající voda ze všech směrů	provozní prostředky, které jsou krátkodobě vystaveny silně tryskající vodě ze všech směrů
IP - označení dalšími písmeny: 1. písmeno A ochrana před dotykem hřbetem ruky B ochrana před dotykem prstem C ochrana před dotykem nástrojem v provozu D ochrana před dotykem drátem 2. písmeno H zařízení pro vysoké napětí M vyzkoušena odolnost proti vniknutí vody při běhu stroje W vhodné pro použití za stanovených povětrnostních podmínek S vyzkoušena odolnost proti vniknutí vody při klidu stroje				IP X7		dočasné ponoření	přenosná čerpadla s krátkodobým ponořením
				IP X8		trvalé ponoření	pro trvalý provoz pod vodou, také pod tlakem
Příklad IP 23 CS: chráněno proti vniknutí pevných těles o Ø 12,5 mm, chráněno před deštěm, chráněno před dotykem nástrojem do délky 100 mm a o Ø 2,5 mm, vyzkoušeno na průniku vody při zařazení v klidu.							
**Pokud je udána jen jedna číslice, je místo další číslice písmeno X, např. IP X5 nebo IP 2X.							

Zvláštní kategorií tvoří svítidla v nevybušném provedení, která se mohou používat v prostorách s nebezpečím výbuchu, např. v dolech. Podle požární bezpečnosti se svítidla dělí na ta, která jsou určena pro bezprostřední montáž na hořlavý materiál a svítidla pro montáž na nehořlavý materiál.

2.1.2 Ochrana před nebezpečným dotykovým napětím

- tuto problematiku řeší norma ČSN 34 1010 a 36 0000-1

- Třída 0 má pouze základní izolaci, to znamená, že nemá prostředky na připojení ochranného vodiče.
- Třída I znamená, že svítidlo má prostředek pro připojení vodivých částí na ochranný vodič.
- Třída II obsahuje jako ochranu před nebezpečným dotykem dvojitou nebo zesílenou izolaci.
- Třída III označuje svítidla na bezpečné napětí.

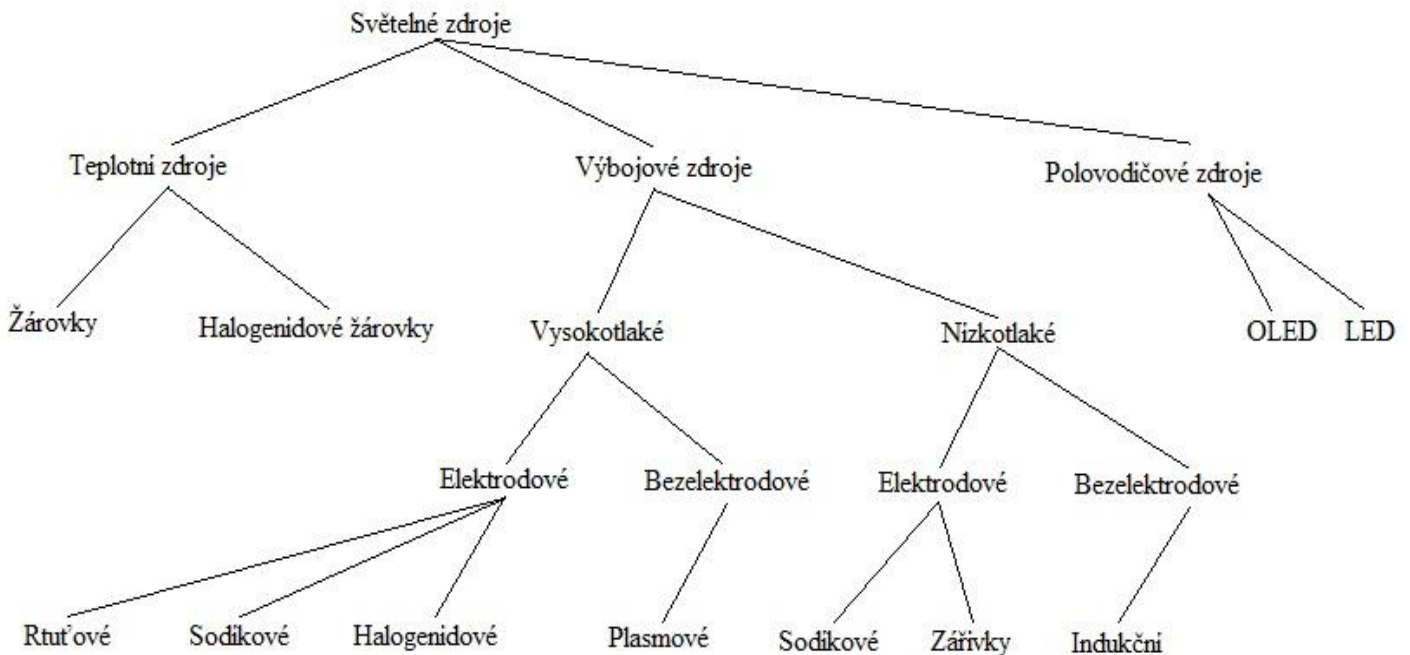
2.2 Technické parametry

Parametry světelných zdrojů:

- elektrický příkon P_p
- světelný tok
- měrný výkon světelného zdroje
- doba života
- barevná jakost – teplota chromatičnosti T_c
- kvalita vjemu barev povrchů – index podání barev R_a
- stabilita světelného toku
- provozní vlastnosti
- rozdělení toku do prostoru
- rozměry, tvar, hmotnost
- pořizovací a provozní náklady

2.3 Umělé elektrické světelné zdroje

Rozdělení dle následujícího schématu



Obr.2 Rozdělení světelných zdrojů [2]

2.4 Teplotní zdroje

2.4.1 Žárovky

Klasické žárovky, v minulost nejrozšířenějším světelným zdrojem. Baňka žárovky je vyrobena ze sodno-vápenatého skla. Zdrojem světla je svinuté wolframové vlákno, podpírané molybdenovými háčky. Patice se vyrábějí z mosazi nebo hliníku. Náplň žárovek plněných plynem je argon nebo krypton s příměsí dusíku. Žárovky se používají převážně pro osvětlení vnitřních prostor, zejména v domácnostech.

K největším výhodám žárovek patří:

- jednoduchá konstrukce, malé rozměry, malá hmotnost
- vysoce automatizovaná výroba, podmiňující nízkou cenu zdroje
- okamžitý start bez blikání a stabilní svícení bez mihání
- spojité spektrum vyzařovaného světla, vynikající podání barev
- možnost řízeného napájení ze sítě bez předřadných obvodů
- jednoduchý provoz a výměna
- široký interval přípustných provozních teplot okolního prostředí.

Hlavními nevýhodami jsou:

- relativně krátký technický život zdroje
- velký pokles světelného toku v průběhu života
- výrazná závislost technických parametrů na stabilitě napájecího napětí
- zejména malý měrný výkon žárovek.

Energetická účinnost přeměny elektrické energie na světelnou je podle typu zdroje 7 až 10 %. Vztáhne-li se tento parametr na citlivost lidského oka, jsou uvedené hodnoty ještě nižší, a to 1,5 až 2 % u žárovek vakuových a 3 až 4 % u žárovek plněných plynem.



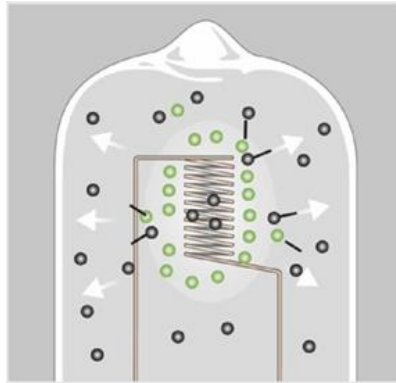
Obr.3 Klasická žárovka [7]

2.4.2 Halogenidové žárovky

U halogenových žárovek se do plnicího plynu přidává halový prvek, což si vyžádalo podstatné změny v její konstrukci na rozdíl od klasického zdroje. Baňka je vyrobena z křemenného skla, vlákno je i zde wolframové. Plynou náplň obvykle tvoří krypton a sloučenina halogenu, např. metyljodid, metylenbromid apod. Patice je keramická nebo kolíková z niklu.

Zjednodušený popis halogenového regeneračního cyklu:

- wolfram odpařený z vlákna putuje k baňce
- v blízkosti baňky wolfram chladne a slučuje se jodem či bromem
- poté se vrací k vláknu
- zde se vlivem teploty štěpí zpět na původní složky
- cyklus probíhá kolmo k vláknu



Obr.4 Halogenidová žárovka [7]

Výhodou halogenových žárovek oproti klasickým je:

- zvýšení světelného toku přibližně o 30 % a přibližně dvojnásobný technický život zdroje.
- kompaktní rozměry svítícího tělesa dovolují snadno podle potřeby přerozdělovat světelný tok žárovky pomocí optiky svítidla a konstruovat malá a materiálově úsporná svítidla.

Jejich využívání stále roste, zejména v automobilovém průmyslu a při osvětlování interiérů i exteriérů. Tyto žárovky procházejí etapou bouřlivého vývoje. Používají reflexní selektivní povrchy – multivrstvy pro zpětný odraz tepelného záření na vlákno, jehož cílem je zvýšení měrného výkonu halogenových vrstev. Z podobných důvodů je do baněk dodáván xenon. Sklo baňky se dotuje certitem z důvodu k potlačení UV záření

Energetických úspor lze dosahovat, jako u klasických žárovek stmíváním a použitím v situacích s krátkou dobou provozu. Na rozdíl do klasických je jejich teplota chromatičnosti vyšší a jejich světlo studenější.



Obr.5 Halogenidová žárovka [7]

2.5 Výbojové zdroje

2.5.1 Zářivky

Lineární zářivky jsou nízkotlaké rtuťové výbojky, v nichž se ultrafialové záření výboje transformuje vrstvou luminoforu na viditelné světlo. Trubice zářivky je vyrobena z určitého druhu sodno-vápenatého skla, na její vnitřní straně je nanášena jedna až tři vrstvy luminoforu.

Na obou koncích trubice jsou elektrody, tvořené wolframovými spirálami pokrytými emisní hmotou na bázi uhličitanů barya, stroncia a vápníku. Dvoukolíkové patice jsou z hliníku. Vlastní výboj probíhá v parách rtuť. Zdroj není možné přímo napojit na síť bez předřadných obvodů. Moderní osvětlovací zářivkové systémy používají elektronické startéry a elektronické předřadníky, které jsou zabudovány přímo do osvětlovacích těles.

Vyspělá technika umožnila konstrukční změny vlastního tělesa zářivky a poskytla podmínky pro rozvoj tzv. kompaktních zářivek s integrovaným elektronickým předřadníkem a paticí – speciální nebo závitovou, zabudovanými v tělese zdroje. Nyní se tyto zdroje se svým světelným tokem, geometrickými tvary a kvalitou podání barev vyrovnávají klasickým žárovkám

Rozhodujícími přednostmi v porovnání s běžnými žárovkami jsou:

- až o 80 % nižší spotřeba elektrické energie
- desetkrát delší doba života, a tím i menší nárok na údržbu
- široký sortiment vyráběných zdrojů, a tím i mnohostranné možnosti použití s volbou příkonu a barevného podání, vhodného pro daný účel.



Obr.6 Zářivka [7]

2.5.2 Indukční výbojky

Jsou novým typem zdroje, které patří do okruhu nízkotlakých výbojových zdrojů. Do baňky je zatavena trubice, do níž se vkládá feritové jádro s indukční cívkou. Na vnitřní stěnu trubice je nanášena vrstva luminoforu. Baňka nemá žádné elektrody, obsahuje pouze inertní plyn a páry rtuť. Bezelektrodovou konstrukcí je dosaženo extrémně dlouhého života, až 60 000 hodin, což předurčuje tento světelný zdroj za zdroj budoucnosti.

Princip funkce:

Do baňky je zatavena z jedné strany otevřená trubice, do níž se vkládá feritové vlákno indukční cívkou napájenou proudem o frekvenci 2,65 MHz. Baňka nemá žádné elektrody, obsahuje pouze inertní plyn a páry rtuť. Atomy rtuť vybuzené vysokofrekvenčním polem vytvářeným cívkou, emitují ultrafialové záření, které je transformováno luminoforem na viditelné světlo



Obr.7 Indukční výbojka [7]

2.5.3 Rtuťové výbojky

Se provozují za podstatně vyšších pracovních teplot a tlaků, což má vliv na použité materiály. Hořák je trubice zhotovená z křemenného skla, do níž jsou zataveny hlavní wolframové elektrody pokryté emisní hmotou kysličníku barya, stroncia a vápníku a zpravidla jedna elektroda pomocná. Vnější baňka je zhotovena z měkkého skla (do příkonu 125 W) nebo pro vyšší příkony z tvrdého bóro-křemičitého skla. Z vnitřní strany je pokryta ortofosfátovým luminoforem pro zabezpečení transformace UV záření. Náplní je inertní plyn na bázi směsi argonu a dusíku. Pro provoz těchto výbojek je nutná tlumivka. Do série se rtuťovým hořákem může být zapojeno wolframové vlákno, které zároveň plní funkci předřadníku (tlumivky).

Vysokotlaké rtuťové výbojky i v provedení jako výbojky se smíšeným světlem se převážně používají pro osvětlování komunikací.



Obr.8 Vysokotlaká rtuťová výbojka [7]

2.5.4 Halogenidové výbojky

Jsou vysokotlaké výbojky, jejichž světlo vzniká převážně zářením par rtuti a produktů štěpení halogenidů.

Z hlediska konstrukce jsou příbuzné rtuťovým výbojkám. Používají se halogenidy sodíku, thalia, india, skandia, cínu a prvků vzácných zemin.

Tyto výbojky vyžadují zapalovač, který k inicializaci výboje používá napěťový impuls 4,5 kV

Halogenidové výbojky se používají pro osvětlení v průmyslu, ve výstavnictví, pro nasvětlování a osvětlování volných ploch, tam kde jsou požadavky na barevné podání. Jsou ideálním zdrojem pro přesné světlometry.

Nevýhody:

- nelze je stmívat
- vysoká cena
- nemožnost okamžitého zapálení, musí se nechat vychladnout

- mají pomalý náběh
- nižší doba života



Obr.9 Halogenidová výbojka [7]

2.5.5 Sodíkové výbojky

Jsou světelné zdroje, v nichž světlo vzniká hlavně zářením sodíkových par, které se uvolňují ze sodíkového amalgamu rtuti. Vzhledem k nedostatečné odolnosti skla proti sodíku musí být hořák těchto výbojek vyroben z polykrystalického korundu. Hořáková trubice je uzavřena proudovými průchodkami z niobu, přepájenými skleněnou pájkou. K čelu průchodky je titanem připájena wolframová elektroda, jež je pokryta emisní vrstvou wolframu barya.

Hořák je vložen do vnější baňky, vyčerpané na vysoké vakuum, pro jehož udržení je v baňce zabudován odpařitelný baryový getr. Getr je aktivní materiál, který chemicky váže nebo adsorbuje atomy či molekuly plynu a při daných podmínkách je dále neuvolňuje. Getrových materiálů se užívá hlavně ve vakuových aplikacích, kde zajišťují vytvoření, zlepšení nebo udržení parametrů vakua). Vysokotlaké sodíkové výbojky je nutné provozovat v obvodu s tlumivkou a se zapalovacím zařízením. Patice sodíkových výbojek jsou většinou z poniklované mosazi.

Vysokotlaké sodíkové výbojky se používají pro osvětlení komunikací a venkovních prostor v průmyslových závodech, na stadionech a pro nasvícení budov.



Obr.10 Sodíková výbojka [7]

2.6 Luminiscentní svítící zdroje

2.6.1 Svítící diody LED

Vývoj:

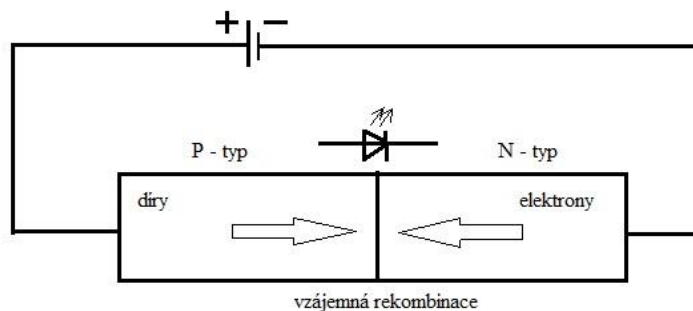
- 1907 objev elektroluminiscence
- 1962 první světelná dioda- červená
- 1979 – 93 modrá dioda v laboratoři
- 1995 bílá dioda
- 1999 výkonová dioda
- 2005 – 10 COB LED

Rozdělení dle výkonu:

- dle výkonu - standartní, výkonové HP LED, vícečipové COB LED
- dle vzniku bílého světla - modrá + luminoflor, RGB LED
- dle principu přechodu elektronu na vyšší hladinu – fotoluminiscence, tribonoluminiscence, elektroluminiscence, katodoluminiscence, injekční luminiscence

LED (z anglického Light-Emitting Diode – dioda emitující světlo).

Je polovodičová součástka s jedním PN přechodem. Prochází-li přechodem elektrický proud v propustném směru, přechod vyzařuje (emituje) nekoherentní světlo s úzkým spektrem. Může emitovat i jiné druhy záření. Pásmo spektra záření diody je závislé na chemickém složení použitého polovodiče. LED jsou vyráběny s pásmy vyzařování od ultrafialových, přes různé barvy viditelného spektra, až po infračervené pásmo.



Obr.11 Princip funkce LED [7]

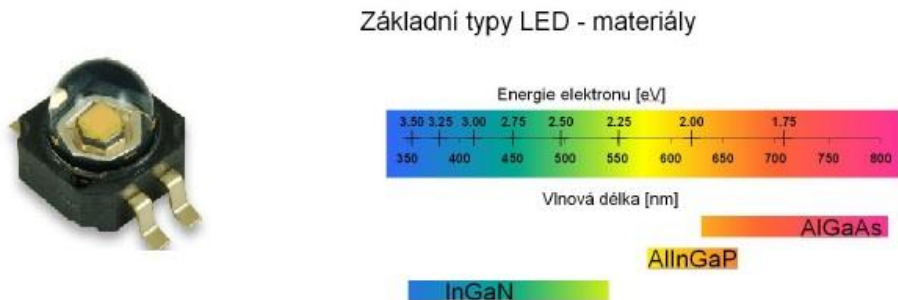
Z principu funkce LED nelze přímo emitovat bílé světlo - starší bílé zářící diody většinou obsahují trojici čipů vybíraných tak, aby při smíšení v rozptýlném materiálu vrchlíku obalu diody bylo dosaženo vjemu bílého světla. Nový způsob - diody emitují modré světlo, část tohoto světla je přímo na čipu luminoforem transformována na žluté světlo a díky mísení těchto barev vzniká bílá, nebo jiné emitují ultrafialové záření a to je luminoforem transformováno na bílé světlo.

Základní monokrystaly diod bývají překryty kulovými vrchlíky z epoxidové pryskyřice nebo akrylového polyesteru. Materiály, z nichž se LED vyrábějí, totiž mají poměrně vysoký index lomu a velká část vyzařovaného světla by se odrážela totálním odrazem zpět na rovinném rozhraní se vzduchem. Oproti jiným elektrickým zdrojům světla

(žárovka, výbojka, doutnavka) mají LED tu výhodu, že pracují s poměrně malými hodnotami proudu a napětí.

Konstrukčně představují LED součástku, v níž je kontaktovaný čip (nebo kombinace čipů) zastříknut materiálem s požadovanými optickými vlastnostmi (LED se vyrábějí v bodovém či rozptýlném provedení, s různým vyzařovacím úhlem). Kontakty mohou být v provedení pro povrchovou montáž (SMD) nebo ve tvaru ohebných či poddajných přívodů.

V současné době se LED diody poměrně úspěšně používají jako náhrada za starší světelné zdroje jako žárovky, zářivky a nejvíce výkonné LED dnes nahrazují i nízkotlaké výbojky.

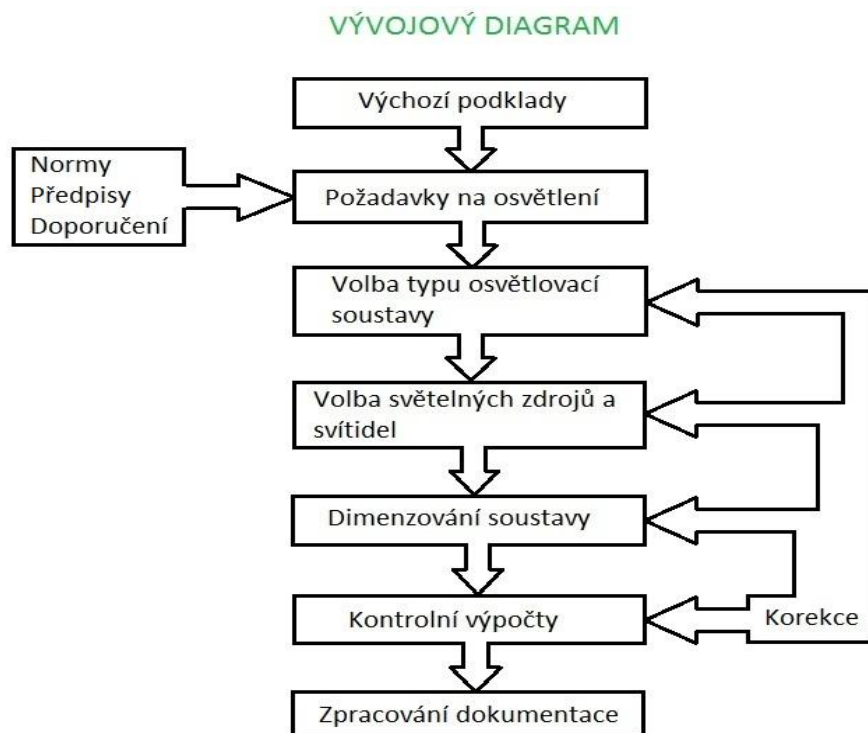


Obr.12 LED [7]

2.6.2 Lasery

Laser (kvantový generátor světla) je zdroj a zesilovač monochromatického a velmi intenzivního a prostorově omezeného svazku světelného paprsku. Záření lze čočkami a zrcadly soustředit do velmi malé plochy a tím získat účinný zdroj tepla, který lze použít k protavení, svařování nebo řezání. Také se laseru využívá v lékařství, měřicí technice a ve světelné technice ke světelným efektům.

3 POSTUP REALIZACE REKONSTRUKCE VE VÝROBNÍ HALE



Obr.13 Princip návrhu osvětlení

3.1 Výchozí podklady

Svítilna

Těmi jsou převážně katalogy výrobců. Zde jsou uvedeny údaje o možném použití světelných těles, výkonu, krytí, napětí, použitém materiálu, rozměrech, apod.

Osvětlovaný prostor

- rozměrové údaje - rozměry celého prostoru, polohy a rozměry osvětlovaných rovin popis hlavních povrchů povrchové struktury a barvy místnosti.
- charakteristika vizuální činnosti - popis vykonávané práce, zraková obtížnost
- údaje o využití prostoru - roční doby svícení, doba pohybu.
- charakteristika zásobování objektu elektrickou energií - jmenovité napětí, frekvence kolísání napětí
- charakteristika a vyhodnocení denního osvětlení a charakteristika prostředí
- ostatní údaje o objektu - zvláštní požadavky, estetická a provozní hlediska.

3.2 Požadavky na osvětlení

- se mohou lišit a to podle různých prostor a činností, které se v nich provozují. Stručný neúplný přehled určený pro představu vyňatý z příslušné normy (příklady) :

Tab.2 Výňatek z normy ČSN EN 12464-1

Druh prostoru	Druh prostoru	Em (lx)	UGRI	Ra
Komunikační zóny a společné prostory	Místnosti pro odpočinek, hygienu a první pomoc	200	22	80
	Regálové sklady	150	22	60
	Dozorny	200	25	60
Průmyslové činnosti a prostory	Zemědělství	200	25	80
	Pekárny	500	22	80
	Elektrárny	500	16	80
Administrativní prostory	Kanceláře	500	19	80
Veřejné prostory	Muzea	dle požadavků na prezentaci		
	Knihovny	500	19	80
Školská a výchovná zařízení	Školy a školky	750	16	80
Zdravotnická zařízení	Vyšetřovny	500	19	80
	Lůžkové pokoje	200	22	80
Dopravní prostory	Operační sály	1000	19	90
	Letiště	200	22	80
	Nádraží	200	22	80
Em - osvětlenost				
UGRI - jednotné omezení oslnění				
Ra - index podání barev				

3.3 Volba osvětlovacích zdrojů a svítidel

Svítidlo se skládá z několika funkčně odlišných částí, které na sebe ovšem musí navazovat a vzájemně se doplňovat.

Konstrukční část

- upevnění světelného zdroje
- upevnění samotného svítidla přímo na navržené místo v soustavě
- musí splňovat krytí před vniknutím pevných částí a vody
- musí vyhovovat z hlediska ochrany před nebezpečným dotykovým napětím
- patří sem např.: objímky, svorkovnice, upevňovací ústrojí, apod.

Světelně činná část

- slouží ke změně, rozložení světelného toku
- k rozptylu
- snížení jasu
- k zábraně oslnění
- patří sem např.: reflektor, refraktor, čočka, difuzor, filtr, clona

Abychom dosáhli kvalitního a energeticky úsporného osvětlení musíme zvolit odpovídající svítidlo na základě vhodností pro umístění do daných podmínek

osvětlovaného prostoru. Musíme posoudit bezpečnost, vzájemnou ovlivnitelnost mezi svítidlem a prostředím.

Při návrhu bychom si měli uvědomit, jaké chceme, aby svítidlo splňovalo požadavky a jaké by mělo mít provedení

3.3.1 Zvažovaná kritéria při návrhu

Vlastnosti svítidel

- světelná stálost - působením ultrafialového záření, které je zesíleno teplem a vlhkostí dochází k trvalým nevratným změnám (změna barvy, zkřehnutí)
- tepelná stálost - pokud jsou překračovány hodnoty kritických teplot na hranici přípustnosti například použitím výkonnějších zdrojů (žárovky) dochází k deformaci, zuhelnění, praskání
- odolnost kovů proti korozi – musí být zajištěna vhodnou povrchovou úpravou např.: lakování, pokovení, nanesením umělých hmot.
- mechanická pevnost – je mírou stability konstrukčních prvků, především u plastů a křemenných skel

Montáž, čištění, výměna

U svítidel dochází k trvalému poklesu světelného toku do prostoru vlivem stárnutí a znečištění. Tyto vlivy nabývají s délkou provozu podstatného významu. Po té je nutné posoudit, zda je lepší výměna či očista.

Náběhový proud

Tento parametr je důležité při návrhu např. pro průmyslový závod. Musí se použít svítidlo s malým náběhovým proudem, je odolné proti míhání a dále negativně neovlivňuje okolní zařízení.

Míhání světla

- mechanická nestabilita - ta se vyskytuje v těžkých provozech, kde se kmitání konstrukce strojů přenese na svítidla.
- nestabilita vlastního zdroje - což je možné odstranit elektronickým předradníkem.

Doba znovu zapálení

Ta je velice důležitá pokud při návrhu rozhoduje doba opětovného rozsvícení. Např. halogenidová výbojka se znovu zapálí až když vychladne.

3.4 Dimenzování světelné soustavy a kontrolní výpočty - základní veličiny používané při práci a výpočtech se světlem

3.4.1 Radiometrické veličiny

Charakterizují množství energie přenesené na ozařované těleso a používají se v případě, kdy je potřeba hodnotit záření dopadající na těleso nebo prochází-li určitou částí prostoru.

Do této skupiny patří:

- zářivý tok – rozlišujeme zářivý tok Φ_e a spektrální zářivý tok $\Phi_{e\lambda}$. Zářivý tok je zářivá energie (Q_e) o všech přípustných vlnových délkách procházející určitou plochou za jednotku času. Spektrální zářivý tok je zářivá energie o jedné specifické vlnové délce λ procházející určitou plochou za jednotku času.

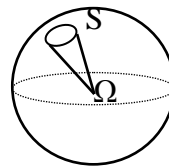
$$\Phi_{e\lambda} = \frac{d\Phi_e}{d\lambda} \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-1}, \text{W}, \text{m}] \quad (1)$$

$$\Phi_e = \int_0^\infty \Phi_{e\lambda} d\lambda \quad [\text{W}, \text{W} \cdot \text{m}^{-1}, \text{m}] \quad (2)$$

- zářivá energie Q_e – je to energie přenášená elektromagnetickým zářením (fotony) nebo zářením látkovým (elektrony) do okolí. Jde tedy o součin zářivého toku a času

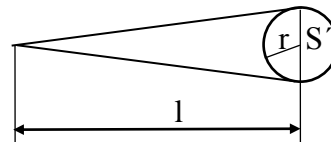
$$Q_e = \int_0^t \Phi_e dt \quad [\text{J}, \text{W}, \text{s}] \quad (3)$$

- prostorový úhel Ω – je roven velikosti plochy vyřáté na povrchu jednotkové kružnice ($r=1\text{m}$) obecnou kuželovou plochou, která obepíná sledovaný předmět a která má vrchol ve středu jednotkové koule.



$$\Omega = \frac{S}{r^2} \quad [\text{sr}, \text{m}^2, \text{m}] \quad (4)$$

- pro malé zorné úhly



$$\Omega = \frac{S}{l^2} \quad [\text{sr}, \text{m}^2, \text{m}] \quad (5)$$

- zářivost I_e – je podíl zářivého toku, který vyzáří zdroj v některém směru od elementárního prostorového úhlu a velikosti tohoto úhlu

$$I_e = \frac{d\Phi_e}{d\Omega} \quad [\text{W} \cdot \text{sr}^{-1}, \text{W}, \text{st}] \quad (6)$$

- zář L_e - podíl zářivého toku, který vychází, dopadá nebo přechází elementární plochou v daném bodě a šíří se elementárním prostorovým úhlem v daném směru a součinu tohoto prostorového úhlu a této plochy na rovinu kolmou na daný směr

$$L_e = \frac{d^2\Phi_e}{\cos \theta d\Omega dS} \quad [\text{W} \cdot \text{sr}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}, \text{W}, \text{st}, \text{m}^2] \quad (7)$$

- intenzita vyzařování M_e - umožňuje porovnávat různě velké zdroje záření. Udává, jaké množství energie daný zdroj záření vyzáří do svého okolí za dobu 1 s z plochy 1 m^2

$$M_e = \frac{d\Phi_e}{dS} \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2}, \text{W}, \text{m}^2] \quad (8)$$

- intenzita ozáření E_e - podíl zářivého toku, který dopadá na element této plochy obsahující daný bod a velikosti tohoto plošného elementu

$$E_e = \frac{d\Phi_e}{dS} \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2}, \text{W}, \text{m}^2] \quad (9)$$

- dávka ozáření H_e - podíl množství záření a velikosti ozářené plochy, případně součin intenzity ozáření a času

$$H_e = \int_0^t E_e dt \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2}, \text{W} \cdot \text{m}^{-2}, \text{s}] \quad (10)$$

3.4.2 Fotometrické veličiny

Fotometrické veličiny jsou veličiny vztažené k elektromagnetickému záření, které je viditelné lidským okem a kvantitativně hodnotí tohoto záření velikostí možného vizuálního vjemu.

Mezi základní fotometrické veličiny patří:

- světelný tok Φ - schopnost zářivého toku vzbudit zrakový vjem
 - je definován formálně stejně jako zářivý tok. Popisuje energii, kterou zdroj vyzáří do prostoru v oboru viditelného záření.

$$\Phi = \frac{dE}{dt} \quad [\text{W}, \text{W} \cdot \text{m}^{-2}, \text{s}] \quad (11)$$

- světelné množství Q - součin světelného toku a času, používá se pro ekonomické posouzení zdrojů světla

$$Q = \int_0^t \Phi_e dt \quad [\text{J}, \text{W}, \text{s}] \quad (12)$$

- svítivost I – prostorová hustota světelného toku. Energie vyzářená bodovým zdrojem za jednotku času do jednotkového prostorového úhlu.

$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega} \quad [\text{cd}, \text{W}, \text{W}] \quad (13)$$

- jas **L** - podíl světelného toku, který vychází, dopadá nebo prochází elementární plochou v daném bodě a šíří se elementárním prostorovým úhlem v daném směru a součinu tohoto prostorového úhlu a průmětu této plochy na rovinu kolmou na daný směr

$$L = \frac{dI}{dS \cdot \cos \alpha} \quad [\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}, \text{cd}, \text{m}^2] \quad (14)$$

- světlení **M** - podíl světelného toku vyzařovaného elementem této plochy, obsahující daný bod, a velikosti tohoto plošného elementu

$$M = \frac{d\Phi}{dA} \quad [\text{lm} \cdot \text{m}^{-2}, \text{W}, \text{m}^2] \quad (15)$$

- intenzita osvětlení (osvětlenost) **E** – podíl světelného toku, který dopadá na element této plochy obsahující daný bod a velikosti tohoto plošného elementu

$$E = \frac{d\Phi}{dS} \quad [\text{lx}; \text{lm}, \text{m}^2] \quad (16)$$

Tyto výpočty nám pomáhají při návrhu osvětlovacích soustav nebo při kontrole zda kvalita osvětlení odpovídá normám, předpisům či konkrétním požadavkům. Díky těmto výpočtům jsme schopni určit výkon, počet světelných zdrojů a svítidel. Lze použít různé metody

3.4.3 Metoda poměrných příkonů

Používá se pouze pro předběžný návrh osvětlovací soustavy pomocí tabulek, pro výpočet potřebného příkonu světelných zdrojů a pro stanovení počtu svítidel. Základem metody je tabulka s poměrnými příkony různých zdrojů osvětlení, v závislosti na jasu stěn a směru či typu osvětlení. Udává poměrné příkony potřebné k dosažení průměrného osvětlení 1 lx na ploše 1 m². V tabulce se vyhledá pro požadovaný druh osvětlení velikost poměrného příkonu, ten se násobí plochou podlahy a žádanou průměrnou intenzitou osvětlení. Takto je zjištěn potřebný příkon všech zdrojů, dělíme-li jej počtem světelných zdrojů získáme příkon jednoho zdroje.

Tab.3 Příklad části tabulky měrných příkonů pro dosažení průměrné hladiny osvětlenosti při měrném výkonu světelných zdrojů

Osvětlení	Činitel η	Stěny a strop osvětlovaného prostoru		
		Světlé	Středně osvětlené	Tmavé
Přímé	2	25	28	30
	2 až 4	19	20	22
	4	15	16	18
Smišené	2	42	60	80
	2 až 4	28	36	48
	4	20	26	32

Činitel η – je roven poměru šířky k výpočtové výšce místnosti

$$P = p \cdot S \cdot \frac{E_{pk}}{100} \quad [W, W \cdot m^{-2}, m^2, lx] \quad (17)$$

- p poměrný příkon z tabulky
 S osvětlovaná plocha
 η_z měrný výkon použitých zdrojů
 E_{pk} požadovaná osvětlenost

3.4.4 Metoda toková

Využívá se ke stanovení průměrné osvětlenosti vnitřních prostorů, průměrného jasu stěn a stropu. Cílem této metody je stanovení celkového příkonu osvětlovací soustavy. Při návrhu osvětlovací soustavy ve vnitřním prostoru se vychází ze základního vztahu:

$$\Phi_z = \frac{E_{pk} \cdot S}{z \cdot \eta_e} \quad [lm; lx, m^2, -] \quad (18)$$

- Φ_z světelný tok zdrojů, které je potřeba instalovat
 E_{pk} místně průměrná a časově minimální hladina osvětlenosti
 S velikost osvětlované plochy
 z udržovací činitel
 η_e činitel využití pro výpočet osvětlenosti

Činitel využití η_e

Závisí na rozložení světelného toku svítidel, odraznosti povrchu stěn a stropu a na tvaru osvětlovaného prostoru. Udává se pro každé svítidlo zvlášť v závislosti na indexu místnosti m a součinitelích odrazu podlahy, stěn a stropu. Hodnotu nalezneme v katalogu od výrobce svítidel.

Udržovací součinitel z

Stárnutí zdrojů je údržbou ovlivnitelné velice málo a přitom je jeho součástí. Bývá obvykle v rozmezí hodnot 0,5 - 0,7. hodnota $z \geq 0,5$ je předepsána normou

$$Z = Z_z \cdot Z_s \cdot Z_{po} \cdot Z_{fz}$$

- Z_z stárnutí zdrojů
 Z_s stárnutí a znečištění svítidel
 Z_{po} znečištění povrchu osvětlovaného prostoru
 Z_{fz} funkční spolehlivost zdrojů

Činitel stárnutí zdroje z_z

Určuje míru poklesu světelného toku zdroje během jeho života, za celkovou provozní dobu.

Činitel znečištění a stárnutí svítidel z_s

Znečištění a stárnutí svítidel je nejvýznamnější příčinou ztrát světelného toku soustavy a poklesu osvětlení. Můžeme je eliminovat čištěním. Pro zjištění činitele stárnutí

a znečištění svítidel je zapotřebí svítidlo správně zatřídit do skupin podle normy. Lze-li svítidlo zařadit do více skupin, přiřadí se mu kategorie číselně nižší. [8]

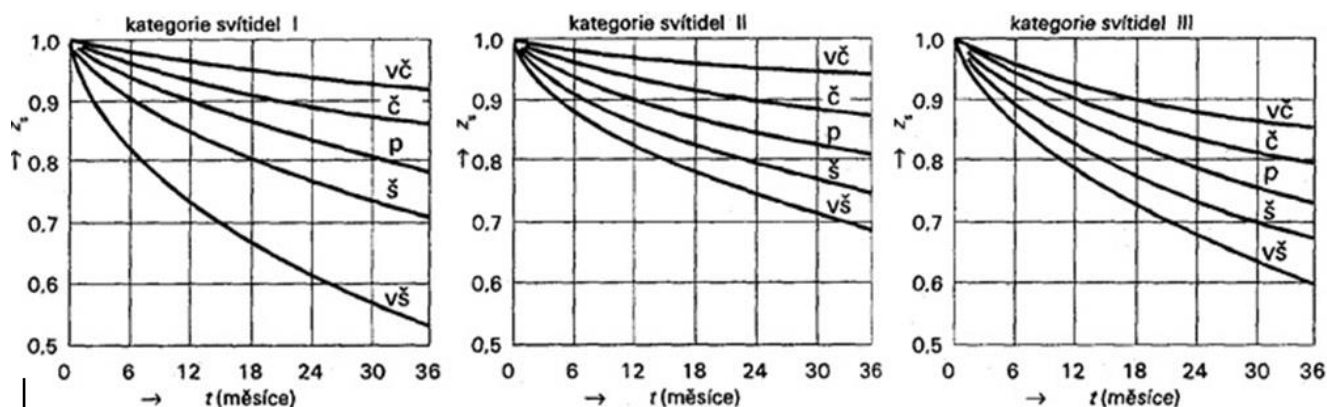
Tab.4 Zatřídění svítidel podle ČSN 36 0450

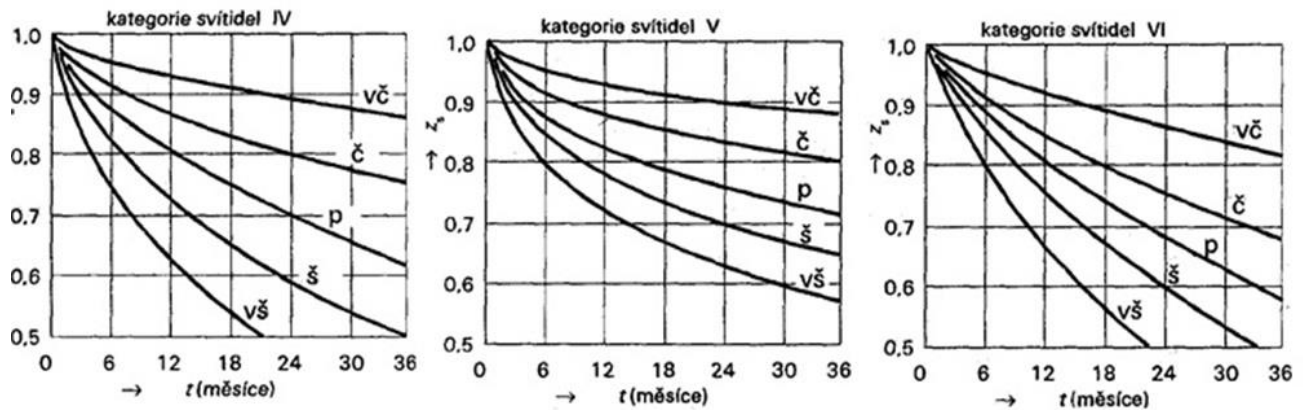
Kategorie svítidla	Kryt v horní části svítidla	Kryt v dolní části svítidla
I	1. žádný	1. žádný
II	1. žádný 2. průhledný s otvory 15 % 3. průsvitný s otvory 15 % 4. neprůsvitný s otvory 15 %	1. žádný 2. mřížky nebo lamely
III	1. žádný 2. průhledný s otvory 15 % 3. průsvitný s otvory 15 % 4. neprůsvitný s otvory 15 %	1. žádný 2. mřížky nebo lamely
IV	1. průhledný bez otvorů 2. průsvitný bez otvorů 3. neprůsvitný bez otvorů	1. žádný 2. mřížky
V	1. průhledný bez otvorů 2. průsvitný bez otvorů 3. neprůsvitný bez otvorů	1. průhledný bez otvorů 3. průsvitný bez otvorů
VI	1. žádný 2. průhledný 3. průsvitný 4. neprůsvitný	1. průhledný 2. průsvitný 3. neprůsvitný

Míry znečištění prostoru

Nečistota	Prostředí				
	velmi čisté	čisté	průměrné	špinavé	velmi špinavé
vznikající	žádná	velmi malá	znatelná	rychle se shromažďuje	stále hromadění
z okloních prostor	nedostává se do prostoru	téměř žádná	určitá se dostává do prostoru	velké množství se dostává do prostoru	téměř žádná se neodstraňuje
filtrace nečistoty	výborné	nadprůměrné	podprůměrné	pouze větráky nebo dmýchadly	žádné
adheze nečistoty	žádná	malá	viditelná po měsících	vysoká	vysoká
příklady prostorů	operační sály, laboratoře	rýsovný, studovny	restaurace, prostory pro sport	lakovny, kotelny	jako špinavé

Grafy 1 Časových změn činitele znečištění svítidel pro kategorie I až VI a pro různé úrovně znečišťování prostředí velmi čisté (vč), čisté (č), průměrné (p), špinavé (š), velmi špinavé (vš) z předešlé tabulky v osvětlovaném prostoru. [8]

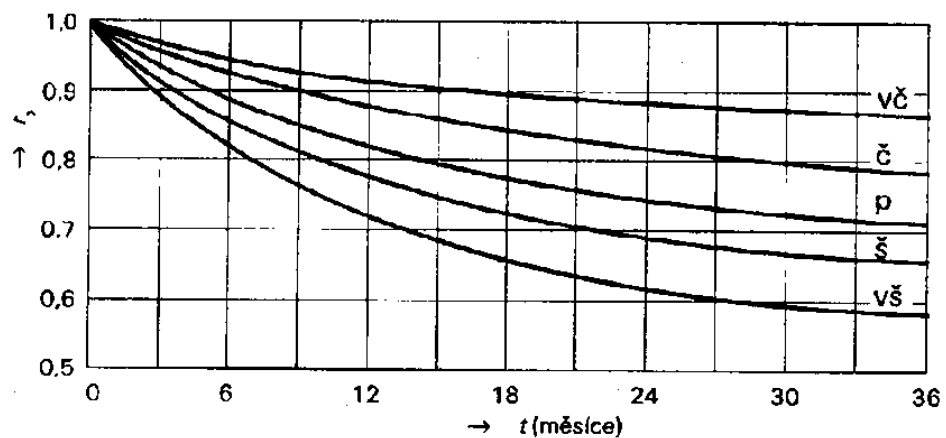




Činitel znečištění povrchu osvětlovaného prostoru z_{po}

Tímto činitelem se hodnotí změna osvětlení v důsledku snížení odrazů světla od znečištěných povrchů místnosti. [8]

Graf 2 Činitel snížení odraznosti povrchů v různých prostředích vč, č, p, š, vš.

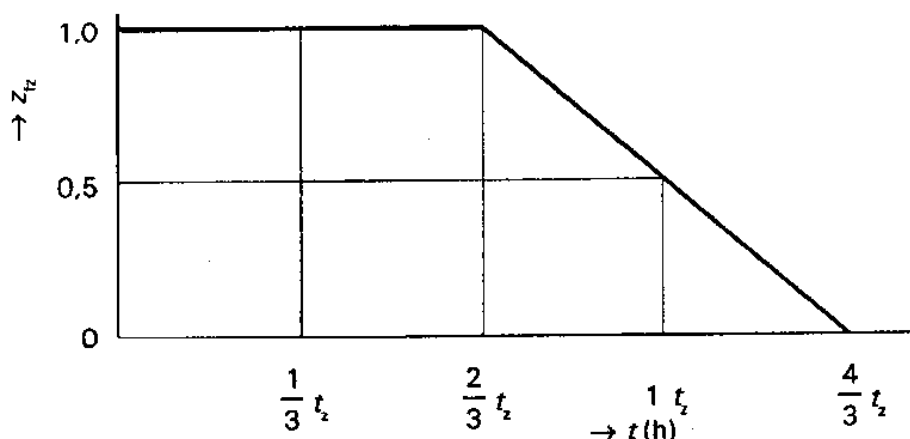


Činitel funkční spolehlivosti zdrojů z_{fz}

V praxi nastávají tyto případy:

- vadné zdroje se ihned vyměňují – individuální výměna $z_{fz} = 1,0$
- vadné zdroje se nevyměňují ihned, ale uceleně po skupinách $z_{fz} \leq 1,0$
- průběh činitele funkční spolehlivosti pro hromadnou výměnu [8]

Graf 3 Spolehlivost zdrojů



t doba života zdroje

3.4.5 Metoda bodová

Uplatňuje se pro výpočet a kontrolu osvětlení komunikací, chodníků, parkovišť, mostů a sportovišť. Bodová metoda se používá pro bodový zdroj světla. V daném kontrolním bodě se kontroluje osvětlenost, popř. jasy. Tato kontrola se provádí v bodech vodorovných, svislých i obecně nakloněných rovin.

Nevýhodou metody je, že v získaných výsledcích nejsou zahrnuty odražené světelné toky. Skutečný zdroj světla má však určité rozměry, což způsobuje chyby výpočtu. Aby se tato chyba zmenšila, rozdělují se zdroje podle poměru jejich rozměrů ke vzdálenosti od kontrolního místa. Rozdělení je na zdroje bodové, přímkové a plošné. Z nichž každý má svůj způsob výpočtu.

3.5 Zpracování dokumentace

V dokumentaci světelně technického projektu musí být uvedeny zejména údaje o:

- výchozích podkladech
- použitých světelných zdrojích a svítidlech
- udržovacích činitelích a o způsobu a plánu údržby osvětlení
- požadavcích na povrchovou úpravu prostoru a návrh na jeho barevné řešení
- požadavcích na elektrický rozvod, členění světelných okruhů, zapojení svítidel a zdrojů do jednotlivých fází elektrického rozvodu, ovládání osvětlení, řízení provozu osvětlovacích soustav, ale také údaje o způsobu instalace svítidel
- řešení pomocného, náhradního či nouzového osvětlení, pokud je požadováno.

Vzhledem k tomu, že případný kontrolní orgán je oprávněn požadovat doložení navržených parametrů osvětlení, je třeba mít k dispozici popis použité výpočtové metody, postup výpočtu ukazatelů, včetně výchozích údajů a výsledků a rovněž zdůvodnění a charakteristiku osvětlovací soustavy.

Výkresová dokumentace obsahuje zejména půdorysné plány osvětlovaných prostorů se zakresleným rozmístěním všech svítidel. Ve složitějších případech se kreslí i podélné a příčné

řezy s vyznačením umístění, popřípadě upevnění svítidel, doplněné podle potřeby výkresem návrhu úpravy upevňovacích konstrukcí, či údaji o směřování svítidel apod. V jednoduchých případech postačuje uvést závěsnou výšku svítidel.

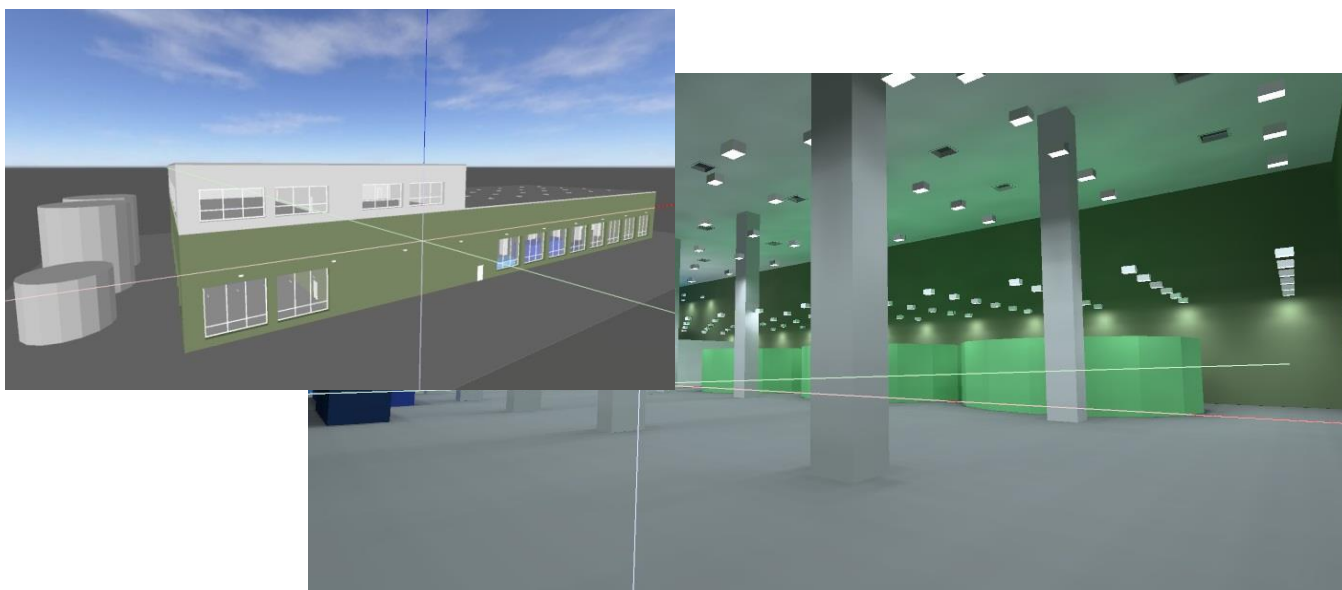
Do výkresové dokumentace se zakreslují i vybraná místa úkolu a směr pohledu pro hodnocení oslnění. Vyznačují se také části místnosti s odlišnými navrhovanými hodnotami osvětlenosti.[3]

4 KONKRÉTNÍ NÁVRH OSVĚTLOVACÍ SOUSTAVY

Je zde popisována nedávná rekonstrukce haly, aby byl patrný záměr a přínos, který je shrnut v závěru kapitoly v porovnání původního a současného stavu.

4.1 Osvětlovaný prostor

Jako osvětlovaný prostor jsem zvolil prostor výrobní haly, určený k plnění „stáčení“ lahví v pivovaru - potravinářský průmysl.



Obr.14 Osvětlovaný prostor

4.1.1 Původní stav

V hale byly původně použity vysokotlaké výbojky a zářivková tělesa. Ty ovšem vlivem působením vnějších klimatických podmínek přestaly vyhovovat svým technickým stavem. Svítidla byla převážně poškozena vodními a chemickými parami v oblasti sanitační stanice, kde se nachází nádrže s kyselinami a louhem. Tyto vlivy měly za

následek urychlení stárnutí (plastové a skleněné kryty začali značně měnit svou barvu, samotná tělesa zkřehla a vnitřní elektroinstalace byla zkorodována).



Obr.15 Původní osvětlení

4.1.2 Práce spojené s rekonstrukcí

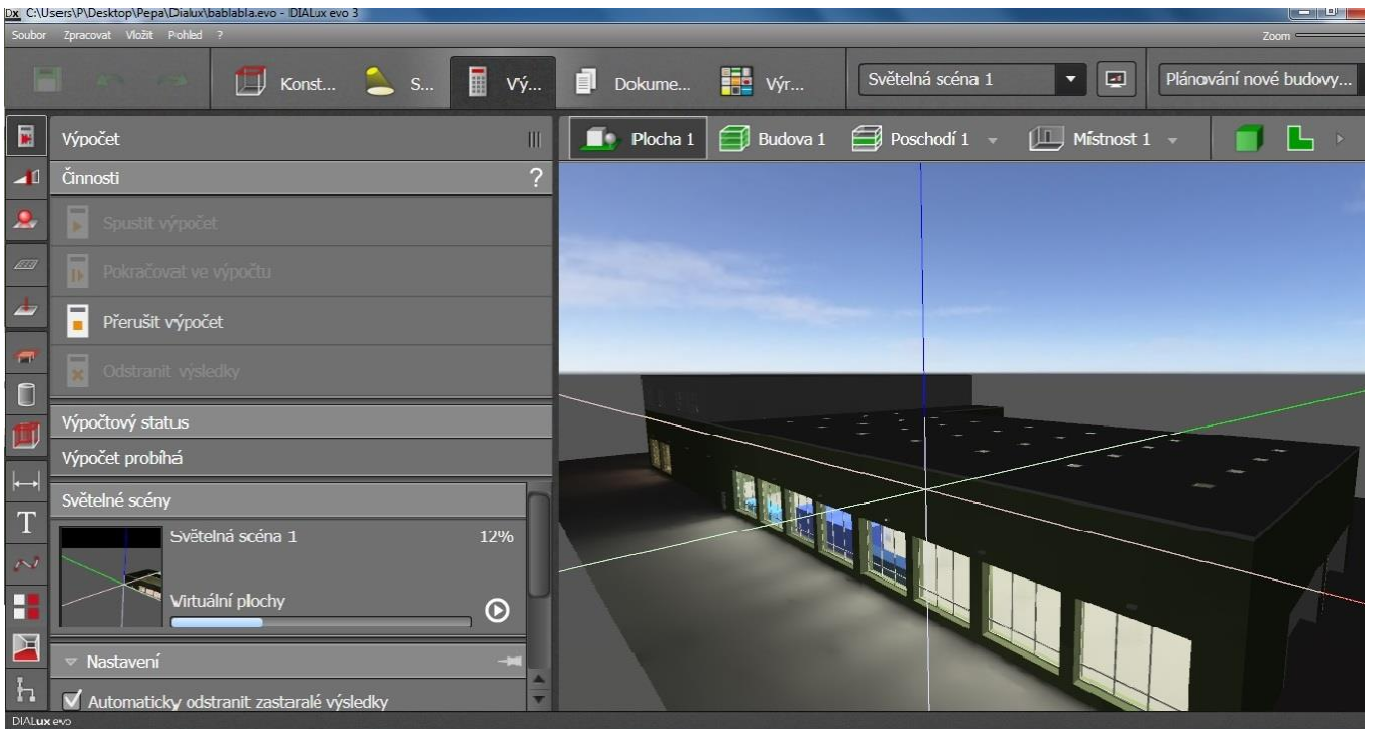
S rostoucím počtem nutných oprav, které byly značně komplikované z důvodu dostupnosti (mobilní plošina), rostla nutnost celé rekonstrukce osvětlovací soustavy. Ta představovala následující kroky:

- vyhotovení projektu
- odstavení provozu
- vybudování lešení
- demontáž staré elektroinstalace, vyčištění a oprava stavby
- zavěšení nových těles, natažení kabelových tras, osazení nového rozvaděče
- oživení soustavy
- provedení výstupní revize

Pro návrh a výpočet byl použit následující software.

4.2 Práce v programu DIALux

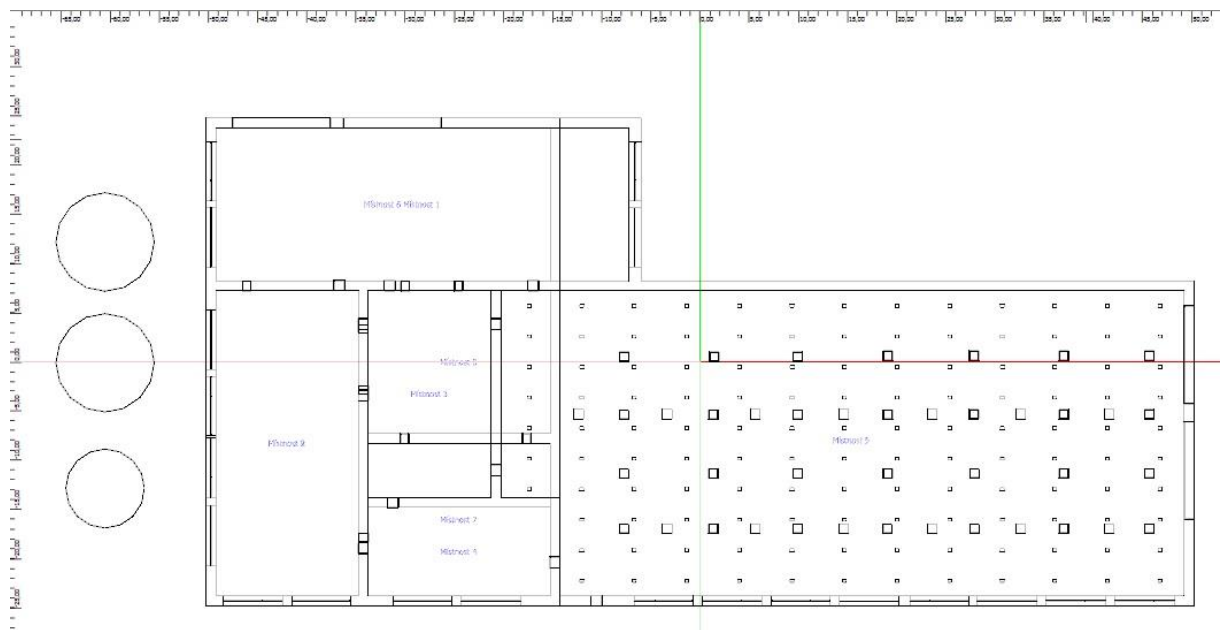
DIALux je produkt stejnojmenné německé firmy, který je volně ke stažení na www.dialux.de. Za zmínku stojí, že program pracuje v mnoha jazycích včetně češtiny, což značně usnadňuje práci. Při světelně-technických výpočtech se řídí evropskými normami určenými pro osvětlování (např. EN 13201-2, 3 a dalšími). Pomocí programu je možné navrhovat různé druhy osvětlení (jako: vnitřních prostor, venkovního osvětlení a uličního osvětlení sportovišť a jiné). Je zde možné použít online databázi svítidel mnoha výrobců, což uživateli umožňuje obrovskou variabilitu a také mu usnadní práci se sháněním dat o daném svítidle.



4.2.1 Postup návrhu

Po spuštění programu DIALux je nutné:

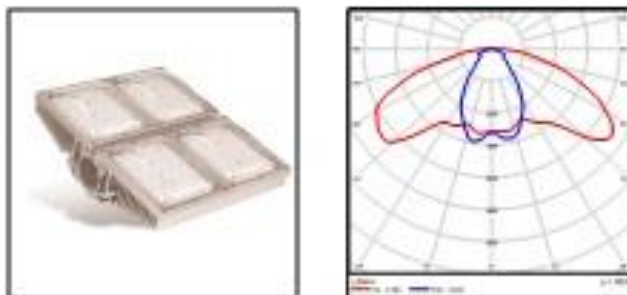
- nejprve „založit projekt“. To znamená vypsát data typu: iniciály projektovaného místa a projektanta.....
- nakreslit situační plán - půdorys osvětlovaného místa i s otvory a překážkami dle skutečných rozměrů. Také jsem mohl pro usnadnění využít importu plánu i z jiného programového prostředí například z AUTOCADu ve formátu .DWG.



Obr.17 Situační plán

- zvolit stupně odrazu stěn – v mém případě byly dány jejich barvou

- zvolit činitel údržby
- vybrat z předem nainstalovaných elektronických katalogů výrobců těleso, které vyhovovalo svou konstrukcí a použitým světelným zdrojem daným požadavkům:
 - LED Streetlight 4 modules 120W GR-SL4-55C120S160NWRV.
 - provozní účinnost: 86,35 %
 - světelný tok: 7556 lm
 - výkon: 125,5 W



Obr.18 Použité těleso

Výběr nainstalovaných katalogů se odvíjí od toho, jak je preferován výrobce na základě již získaných zkušeností, které se týkají kvality zpracování, četností oprav a pořizovací cenou viz. příloha číslo 2

- zvolit požadovanou střední hodnotu osvětlenosti dle příslušné normy ČSN EN 12464-1. Tedy E_m 200 lx

ČSN EN 12464-1

2.7 Výroba potravin a pochutin

Referenční číslo	Druh prostoru, úkolu nebo činnosti	\bar{E}_m (lx)	UGR_L -	R_a -	Poznámky
2.7.1	pracovní místa a zóny – v pivovarech, sladovnářích – umývárkách, ve stáčárnách, čistárnách, filtraci a loupárnách – ve várnách konzerváren a čokoládoven – v cukrovarech – v sušárnách a fermentárnách tabáku, ve fermentačních sklepích	200	25	80	

Obr.19 Norma ČSN EN 12464-1

- rozmístit tělesa. To jsem provedl v programu automaticky. Na základě E_m 200 lx jsem volil a upravoval postupně počty řad ve svislém a vodorovném směru. Když jsem dosáhl správné mezní hodnoty, tak jsem ještě připočítal rezervu. Dále jsem dodatečně manuálně upravil nevyhovující polohy a výšku některých jednotlivých těles

Po provedení všech potřebných úkonů program provedl vlastní výpočet viz. příloha číslo 1

5 ZÁVĚR

Po uskutečnění celkové rekonstrukce osvětlovací soustavy se značně zlepšily hygienické pracovní podmínky, celý prostor haly se prosvětřil a stal se tak bezpečnějším a zrakově pohodovějším.

6 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] VACULÍK, Radim: *Optika jednoduše* [online]. ©2006, [cit. 26.10.2014]. Dostupné z: <http://optika.kuratkoo.net/vlastnosti.htm>
- [2] KOUDELKA, Ctírad. *Světlo a osvětlování* [online]. Ostrava: VŠB-TUO, Fakulta elektrotechniky a informatiky. Poslední změna 2006. [cit. 26.10.2014]. Dostupné z: <http://fei1.vsb.cz/kat420/vyuka/Magisterske%20nav/prednasky/svetloAosvetlovani05.pdf>
- [3] HABEL, Jiří, ŽÁK, Petr. *Elektrické světlo 1*. Praha. 2011
- [4] SOKANSKÝ, Karel a kolektiv. *Základy základů světelné techniky*. Ostrava. 2007
- [5] KNÍŽEK, Josef. *Technická zařízení budov 40. Pomůcka pro cvičení*.
- [6] Technická norma ČSN EN 12464-1. *Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů Část 1. Vnitřní a pracovní prostory*. 2004
- [7] Technická norma ČSN EN 34 1010 a 36 0000-1. *Všeobecné předpisy pro ochranu před nebezpečným dotykovým napětím*. 1966
- [8] Technická norma ČSN EN 60529. *Stupně ochrany krytem (krytí - IP kód)*. 1993
- [9] Linda, J.: *Přednášky z předmětu elektrické světlo*

Příloha č.1

Výrobní průmyslová hala

Návrh umělého vnitřního osvětlení: Projekt má za úkol výpočet umělého vnitřního osvětlení výrobní průmyslové haly s ohledem na platnou normu ČSN 12464-1. Osvětlení je navrženo jako nejdostupnější spojení ceny a kvality, s ohledem na snadnou údržbu.

Datum: 08.04.2015

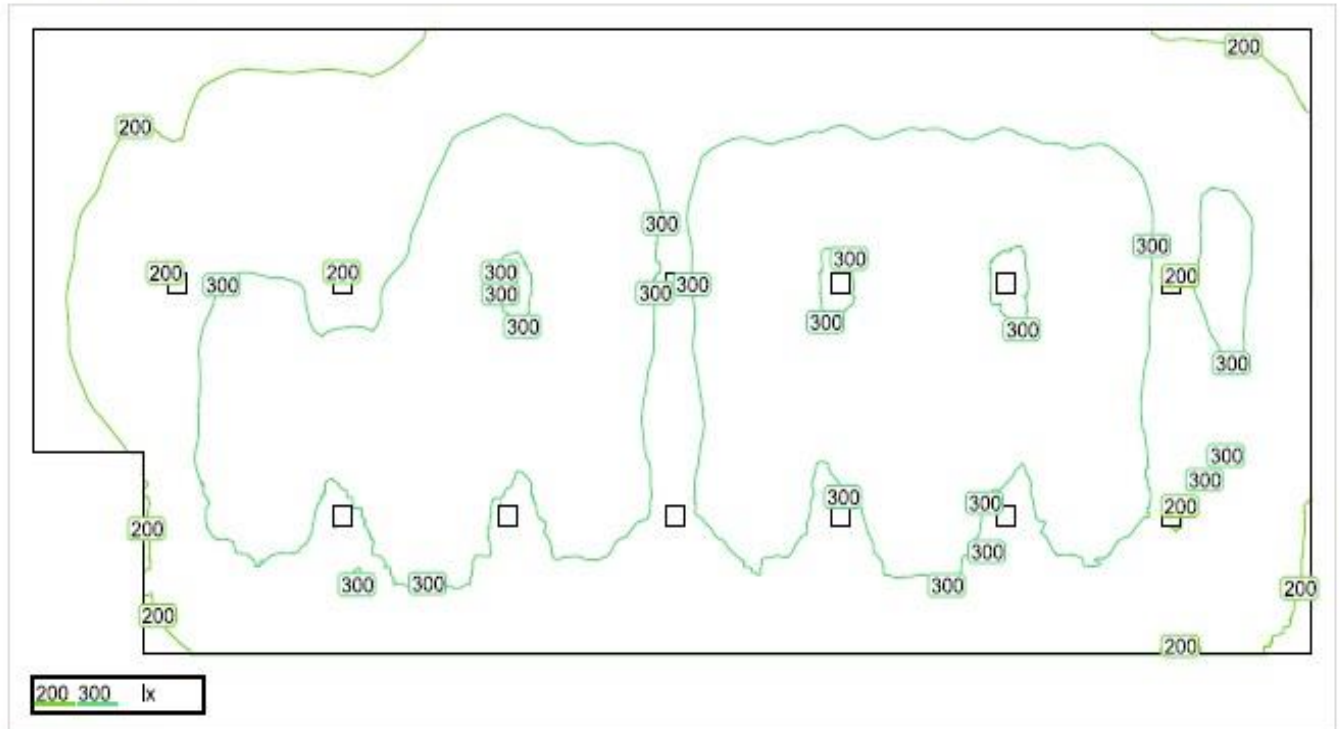
Zpracovatel: Josef Kubík

Bakalářská práce

22.11.2014

DIALux

Placha 1 / Budova 1 / Poschodí 1 / Místnost 5 / Shrnutí prostoru

Shrnutí prostoru

Měřítko: 1 : 378

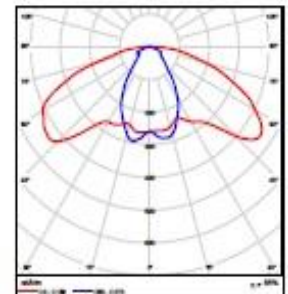
Svislá intenzita osvětlení (adaptivní)

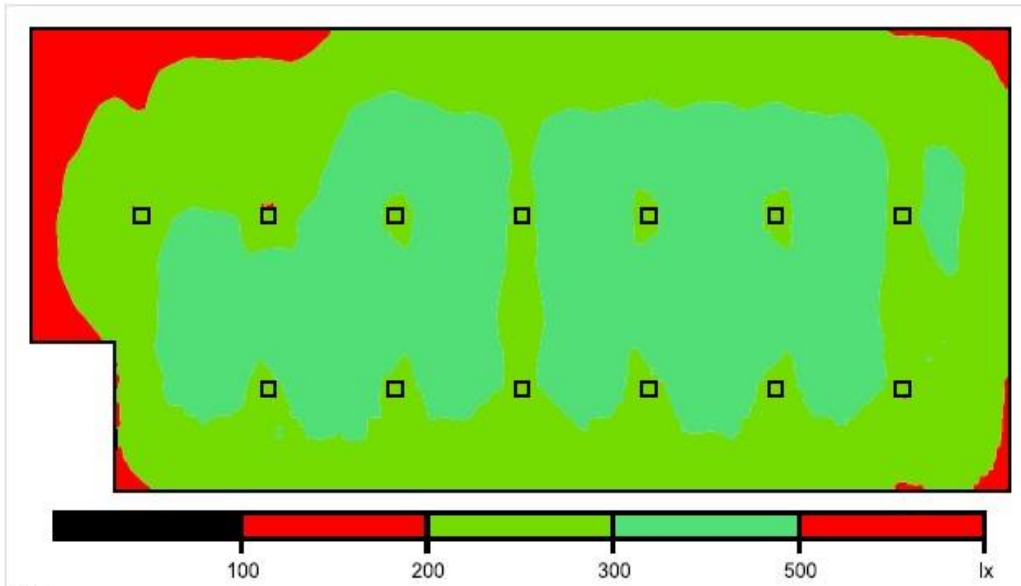
Jméno	Průměr [lx]	Min [lx]	Max [lx]	Min/střední	Min/Max	Body (z toho relevantní)
Uživatelská úroveň 5	279	103	344	0.389	0.299	2048 x 2048 (4050518)

Výška místnosti: 11.000 m, Výška pracovní roviny: 0.800 m, Okrajová zóna: 0.000 m, Stupně odrazu: Strop 70,0%, Stěny 28,4%, Podlaha 20,0%,
Činitel údržby: 0,80

Č.	Počet kusů
1	127

Green Ray LED LED Streetlight 4 modules 120w
GR-SL4-55C120S160NWRV
Provozní účinnost: 86.35%
Světelný tok: 7556 lm, Výkon: 125.5 W



Uživatelská úroveň 5 / Nepravé barvy/Svislá intenzita osvětlení (adaptivní)

Měřítko: 1 : 500

Svislá intenzita osvětlení (Plocha)

Průměr: 279 lx, Min: 103 lx, Max: 344 lx, Min/střední: 0.369, Min/Max: 0.299, Body: 2048 x 2048 (z toho relevantní: 4050518)

Výška pracovní roviny: 0.800 m, Okrajová zóna: 0.000 m

Relevantní body jsou body jedné plochy, které nejsou zakryty prvky místnosti. Souhrnné výsledky se zakládají na těchto relevantních bodech, neboť ostatní body by výrazně zkreslily výsledky.

Příloha č.2

Uvažované typy svítidel

Datum: 08.04.2015
Zpracovatel: Josef Kubík

Dále mezi uvažované typy byli zařazeny tyto tělesa, která se vyskytují na trhu s podobnými technickými parametry:



LED průmyslové osvětlení 120W HB8131
provozní účinnost: 89 %
světelný tok: 10800 lm

Obr. 20 Uvažovaný typ svítidla



LED průmyslové osvětlení 120W ASL-
provozní účinnost: 92 %
světelný tok: 10000 lm

Obr. 21 Uvažovaný typ svítidla