ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

OPTIMALIZACE VÝPOČTU UMĚLÉHO OSVĚTLENÍ

PLZEŇ 2012 **Bc. Václav KOŠAN**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: **2011/2012**

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení:	**Bc. Václav KOŠAN**
Osobní číslo:	**E09N0123P**
Studijní program:	**N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor:	**Elektroenergetika**
Název tématu:	**Optimalizace výpočtu umělého osvětlení**
Zadávající katedra:	**Katedra elektroenergetiky a ekologie**

Zásady pro vypracování:

1. Stanovte kritéria pro výběr svítidel pro osvětlování vnitřních prostorů.
2. Porovnejte charakteristické typy svítidel používaných pro vnitřní osvětlování.
3. Pro vybraná svítidla navrhněte osvětlovací soustavu, optimalizujte parametry výpočtu.
4. Zhodnoťte vliv volby parametrů výpočty na jednotlivé kvalitativní a kvantitativní parametry osvětlovací soustavy.

Rozsah grafických prací:	**podle doporučení vedoucího**
Rozsah pracovní zprávy:	**30 - 40 stran**
Forma zpracování diplomové práce:	**tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. **Habel, J. a kol. : Světelná technika a osvětlování, FCC Public Praha, 1995**
2. **Linda, J. : Elektrické světlo I. II. III., ZČU v Plzni 1993, 1995**

Vedoucí diplomové práce:	**Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.** Katedra elektroenergetiky a ekologie
Konzultant diplomové práce:	**Ing. Jana Lepší** Státní zdravotní ústav se sídlem v Plzni
Datum zadání diplomové práce:	**17. října 2011**
Termín odevzdání diplomové práce:	**11. května 2012**

Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan

L.S.

Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 17. října 2011

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci zpracovanou na závěr magisterského studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

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

V Plzni dne: …….

Podpis diplomanta

Poděkování

Touto cestou bych chtěl poděkovat mému vedoucímu diplomové práce Doc. Ing. Karlu Noháčovi Ph.D. za cenné rady a připomínky při zpracování.

Rád bych také poděkoval všem ostatním, bez nichž by tato práce nevznikla.

Anotace

Optimalizace výpočtu umělého osvětlení

Tato práce se zabývá problematikou návrhu osvětlovací soustavy. V úvodní části jsou popsány základní veličiny, jednotky charakterizující světlo, kvantitativní a kvalitativní parametry osvětlovací soustavy. Hlavním bodem této práce je návrh umělého osvětlení pro určitá svítidla a zhodnocení vlivu volby parametrů výpočtů na kvantitativní a kvalitativní parametry osvětlovací soustavy. Návrh je řešen pomocí programu RELUX.

Klíčová slova:

Umělé osvětlení, návrh osvětlení, kvantitativní a kvalitativní parametry, fotometrické veličiny, toková metoda, bodová metoda

Annotation

Optimalization calculation artificial lighting

This work deal with problems suggestion illuminating system. In the beginning of the work is solved basic quantities, troop characterizing light, quantitative and qualitative parametres of the illuminating systém. Main aim of the thesis is suggestion artificial lifting for definite light fitting and and estimation influence election parameter calculation on quantitative and qualitative characteristics illuminating systém. The project is solid with the program RELUX.

Key words:

Artificial lifting, light project, quantitative and qualitative parameters, photometric guantities, flow method, point method

Obsah

0 Úvod ... 7

1 Základní světelné veličiny a jednotky ... 8

1.1 Světelný tok Φ ... 8
1.2 Svítivost I ... 9
1.3 Osvětlenost E ... 9
1.4 Prostorový úhel Ω ... 10
1.4 Jas svazku světelných paprsků L ... 10
1.5 Světlení M ... 11

2 Kvantitativní a kvalitativní parametry osvětlení ... 11

2.1Úroveň osvětlenosti ... 12
2.2 Rovnoměrnost osvětlení ... 12
2.3 Rozložení jasu v zorném poli pozorovatelů ... 12
2.4 Oslnění ... 13
2.5 Chromatičnost světla a barevné podání ... 14
2.6 Stálost osvětlení ... 15
2.7 Směr světla a stínivost ... 16

3 Svítidla ... 17

3.1 Kriteria pro výběr svítidel ... 17
3.1.1 Světelný tok svítidla Φ_s ... 18
3.1.2 Rozložení svítivosti ... 19
3.1.3 Jas svítidla ... 22
3.1.4 Hodnota indexu oslnění UGR ... 23
3.1.5 Světelná účinnost svítidla η_{sv} ... 23
3.1.6 Elektromechanické vlastnosti ... 24
3.1.7 Rozměry, hmotnost a vzhled svítidel ... 25
3.1.8 Snadnost montáže, čištění a výměny svítidel ... 27
3.1.9 Možnost regulace světelného výkonu ... 27
3.1.10 Náběhový proud, kompenzace účiníku a míhání světla ... 27
3.1.11 Doba znovuzapálení ... 28
3.1.12 Cena svítidla ... 28
3.2 Porovnání svítidel ... 29

3.2.1 Porovnání svítidel z hlediska vyzařovaného světelného toku 29
3.2.2. Porovnání svítidel z hlediska tvaru křivek svítivosti 31
3.2.3 Porovnání svítidel z hlediska konstrukce optických částí svítidel 32
3.2.3.1 Svítidla se zrcadlovým reflektorem 33
3.2.3.2 Svítidla s difuzními reflektory 33
3.2.3.3 Svítidla s difuzorem 34
3.2.3.4 Svítidla s refraktorem 34
3.2.3.4 Svítidla s kombinovaným systémem 35
3.2.4 Porovnání svítidel z hlediska krytí 35
3.2.5 Porovnání svítidel z hlediska stylu umístění 37
4 Výpočet umělého osvětlení 38
4.1 předběžný výpočet osvětlení 39
4.2 Metoda poměrného příkonu 39
4.3 Toková metoda 41
4.4 Bodová metoda 42
5 Návrh osvětlení 43
5.1 Osvětlovaný prostor 43
5.1.1 Kancelář 43
5.1.2 Volba svítidel 44
5.2 Výpočetní program RELUX 46
5.3 Navržené varianty osvětlení 46
6 Zhodnocení vlivu volby parametrů výpočtu na kvantitativní a kvalitativní parametry osvětlovací soustavy 48
6.1 Závislost kvantitativních a kvalitativních parametrů na výšce svítidla 48
6.2 Závislost kvantitativních a kvalitativních parametrů na udržovacím činiteli 50
6.3 Závislost kvantitativních a kvalitativních parametrů na činiteli odrazu stěn 51
6.4 Závislost kvantitativních a kvalitativních parametrů na činiteli odrazu stropu 53
6.5 Závislost kvantitativních a kvalitativních parametrů na činitelu odrazu podlahy 54
7 Závěr 56
8 Literatura 57

0 Úvod

Důležitou součástí civilizovaného světa je světlo, ať už denní nebo umělé. Umělé světlo hraje důležitou roli v životě člověka, neboť mu slouží pro uspokojování nejrůznějších potřeb. Užívá se pro osvětlení pracovních prostorů, domácností, uměleckých děl, venkovních komunikací či prostranství.

Základní úlohou osvětlovací techniky je zajistit vytvoření vhodných podmínek pro práci zraku v různých typech osvětlovacích prostorů. Každý prostor má své specifické parametry, které je nutno brát v úvahu. V prostorech, kde se pracuje, je kriterium pro stanovení požadovaných parametrů osvětlení především zrakový výkon. Zde potom dochází s rostoucími parametry osvětlení ke zvyšování bezpečnosti a produktivity práce, zlepšení jakosti výroby a poklesu únavy. Při dodržení zásad správného osvětlení lze dosáhnout zrakové pohody. Zrakovou pohodu využíváme především ve společenských místnostech, kde chceme navodit příjemné světelné prostředí a zároveň umožnit optimální zrakovou funkci člověka. Pro dosažení zrakového výkonu či zrakové pohody jsou velice důležité kvantitativní a kvalitativní parametry. Význam těchto parametrů se mění podle typu osvětlovaného prostoru.

V dnešní době se stále zvyšují požadavky na kvalitu, efektivnost, úspornost a ekologičnost umělého osvětlení. To vyžaduje kvalitní výzkum a vývoj světelných zdrojů, svítidel a dalších pomocných zařízení.

1 Základní světelné veličiny a jednotky

Základní světelné veličiny se používají k popisu vlastností světelných zdrojů, svítidel a posouzení kvality světelného pole, které tyto osvětlovací prostředky vytvářejí. Světelným polem se označuje část prostoru, ve kterém se šíří světelná energie. Světelné veličiny, které se k tomuto účelu využívají, jsou různého druhu – skalární i vektorové.[1]

1.1 Světelný tok Φ

Světelný tok Φ je světelná veličina, která odpovídá zářivému toku a vyjadřuje schopnost zářivého toku způsobit zrakový vjem. Jednotkou světelného toku je 1 lumen [lm]. Světelný tok Φ monochromatického záření s vlnovou délkou λ, jehož zářivý tok je Φ_e, se určí ze vztahu:

$$\Phi(\lambda) = K(\lambda) \,.\, \Phi_e(\lambda) = K_m \,.\, V(\lambda) \,.\, \Phi_e(\lambda) = 683\, V(\lambda) \,.\, \Phi_e(\lambda) \quad [\mathrm{lm};\ \mathrm{lm.W^{-1}},\ -,\ \mathrm{W}] \quad (1.1)$$

Veličina K(λ) [$\mathrm{lm.W^{-1}}$] je světelná účinnost monochromatického záření rovná poměru světelného toku a jemu odpovídajícímu zářivému toku. Maximum K_m veličiny K(λ) bylo stanoveno poměrně přesnými měřeními a výpočty pro normálního fotometrického pozorovatele při fotopickém vidění a záření základní vlnové délky $\lambda = \lambda_m = 555{,}155\mathrm{nm}$ a činí $K_m = 683\ \mathrm{lm.W^{-1}}$.
Poměrná světelná účinnost V(λ) monochromatického záření je definováno vztahem:

$$V(\lambda) = \frac{K(\lambda)}{K_m} = \frac{K(\lambda)}{683} \qquad [-;\ \mathrm{lm.W^{-1}},\ \mathrm{lm.W^{-1}}] \qquad (1.2)$$

Z hlediska individuálního pozorovatele je veličina V(λ) totožná s poměrnou spektrální citlivostí pozorovatele.[4]

1.2 Svítivost I

Svítivost I je prostorová hustota světelného toku. Jednotkou je 1 kandela [cd]. Pouze pro bodový zdroj lze stanovit svítivost, to znamená pro zdroj, jehož rozměry jsou zanedbatelné v porovnání se vzdáleností zdroje od kontrolního bodu. Svítivost Iγ od bodového zdroje ve směru určeného úhlem γ je rovna světelnému toku, který je obsažený v jednotkovém prostorovém úhlu a je definován vztahem:

$$I_\gamma = \frac{d\Phi}{d\Omega} \qquad [\text{cd; lm, sr}] \qquad (1.3)$$

Kde dΩ je prostorový úhel, jehož osa je položena ve směru určeném úhlem γ a v jehož mezích uvažovaný zdroj vyzařuje tok dΦ.

1.3 Osvětlenost E

Osvětlenost E je definovaná jako plošná hustota světelného toku, který dopadá na osvětlovanou plochu a je daná vztahem :

$$E = \frac{d\Phi}{dA} \qquad [\text{lx; lm, m}^2] \qquad (1.4)$$

Jednotkou osvětlenosti je 1 lux [lx].

1.4 Prostorový úhel Ω

Prostorový úhel je důležitá geometrická veličina užívaná ve světelné technice. Velikost prostorového úhlu je daná velikostí plochy vyťaté obecnou kuželovou plochou na povrchu koule o jednotkovém poloměru, jejíž střed (vrchol prostorového úhlu) je totožný s vrcholem uvažované kuželové plochy. Prostorový úhel Ω, pod nímž je ze středu koule o poloměru r vidět plocha A vyťatá na povrchu této koule, se stanoví ze vztahu:

$$\Omega = \frac{A}{r^2} \qquad [\mathrm{sr};\ \mathrm{m}^2,\ \mathrm{m}] \qquad (1.5)$$

Jednotkou prostorového úhlu je 1 steradián [sr].

1.4 Jas svazku světelných paprsků L

Jas svazku světelných paprsků L je definován jako plošná a prostorová hustota světelného toku a je vázaná na určitý směr. Na jas bezprostředně reaguje zrakový orgán. Pro jas svazku světelných paprsků platí:

$$L_\gamma = \frac{d^2\Phi}{d\Omega_\gamma dA} \qquad [\mathrm{cd.m^{-2}};\ \mathrm{lm},\ \mathrm{m^2.sr}] \qquad (1.6)$$

Jednotkou jasu je 1 candela na čtverečný metr [$\mathrm{cd.m^{-2}}$].

1.5 Světlení M

Světlení M je definováno jako plošná hustota vyzařovaného světelného toku a je vyjádřeno vztahem:

$$M = \frac{d\Phi_v}{dA} \qquad [\mathrm{lm.m^{-2}};\ \mathrm{lm},\ \mathrm{m^2}] \qquad (1.7)$$

Jednotkou světlení 1 lumen na čtverečný metr [$\mathrm{lm.m^{-2}}$].

2 Kvantitativní a kvalitativní parametry osvětlení

Osvětlení vnitřního prostoru je spolu s vytápěním, akustikou, klimatizací složkou, která dotváří prostředí pro pobyt člověka. Osvětlení má v každém prostoru zajistit optimální podmínky pro zrakovou činnost pozorovatelů a vyvolat odpovídající zrakovou pohodu při jejich práci i odpočinku. Vytvoření těchto podmínek závisí na celé řadě faktorů, které je třeba uplatňovat v jejich souhrnu a mezi které patří:

- úroveň osvětlenosti,
- rovnoměrnost osvětlení,
- rozložení jasu v zorném poli pozorovatelů,
- oslnění,
- chromatičnost světla a barevné podání,
- směr světla a stínění,
- stálost osvětlení.

Je třeba uvést, že podcenění nebo nerespektování některého ukazatele může nepříznivě ovlivnit celkové působení osvětlení na člověka. Při návrhu osvětlení by mělo platit, že technické a hygienické faktory osvětlení budou zajištěny s minimálními pořizovacími a provozními náklady.[2]

2.1Úroveň osvětlenosti

Osvětlenost je základním kvantitativním parametrem osvětlení. Osvětlenost a její rozložení v místě zrakového úkonu a jeho bezprostředním okolí má veliký vliv na to jak rychle, bezpečně a pohodlně osoba vnímá a vykonává zrakový úkon.

2.2 Rovnoměrnost osvětlení

Rovnoměrnost umělého osvětlení r je kvalitativní parametr osvětlení a je stanoven ze vztahu:

$$r = \frac{E_{\min}}{E_p} \qquad [-] \qquad (2.1)$$

Kde E_{min} je nejmenší osvětlenost v místě zrakového úkonu,

E_p je osvětlenost místně průměrná na srovnávací rovině.

2.3 Rozložení jasu v zorném poli pozorovatelů

Veliké rozdíly v jasech povrchů vnitřního prostoru vedou k častější adaptaci zraku, která způsobuje únavu a zhoršuje zrakovou pohodu a zrakový výkon. Z uvedených důvodů je důležité, aby se usilovalo ve vnitřních prostorech o optimálním rozložení jasů a jejich dostatečně vysokou úroveň. Při umělém osvětlení se doporučuje rozložení jasů, které jsou závislé na rozložení osvětlenosti a činitelích odrazu světla. Tyto hodnoty jsou uvedeny v tab. 2.1.

Tab. 2.1: Doporučené hodnoty jasů

Povrch místnosti	Jas [%]	Osvětlenost[%]	Rozmezí činitele odrazu
Místo úkolu	100	100	0,6 – 1,0
Okolí úkolu	40	100	0,2 – 0,5
Stěny	30	50-80	0,3 – 0,8
Strop	30	30-90	0,4 – 0,8
Podlaha	25	25	0,2 – 0,3

2.4 Oslnění

Oslnění je pro zrak nepříznivým stavem, který je vyvolán velkým jasem v porovnání s jasem adaptačním, nevhodným rozložením jasů v zorném poli nebo případně velkým prostorovým či časovým kontrastem jasu. Oslnění může zásadním způsobem ovlivnit úroveň vidění a to tak, že je narušena zraková pohoda a zrakový výkon nebo je dokonce znemožněno vidění. Přímé i odražené světlo může vyvolat oslnění. Přímé oslnění vzniká při dopadu světla od zdroje přímo do oka pozorovatele. Odražené oslnění je vyvoláno zrcadlovým odrazem světla od lesklých ploch stěn, stropu. Omezit oslnění jde cloněním svítidel, užitím optického systému (tvarem mřížky, refraktorem), nepřímým osvětlením, antireflexními úpravami povrchů.

Oslnění lze rozdělit podle stupně působení na:

- rušivé – při něm dochází k narušení zrakové pohody,
- omezující – při něm dochází k narušení rozlišování zraku a vzniku únavy,
- oslepující – znemožňuje vidění.

Podle příčiny vzniku se dělí na:

- přechodové – vznikne při náhlé změně jasu zorného pole, díky adaptaci zraku brzy odezní,
- kontrastové – vznikne díky plochám, které mají značně rozdílné jasy, oko se mu nemůže přizpůsobit pomocí adaptace zraku
- závojové – vznikne, je-li mezi okem pozorovatele a pozorovaným předmětem jasnější prostředí.

Vliv oslnění a jeho hodnocení je složitá problematika. Ve vnitřních prostorech předpokládá eliminace omezujícího oslnění a proto se přímé oslnění hodnotí a omezuje na základě systému rušivého oslnění.

2.5 Chromatičnost světla a barevné podání

Teplota chromatičnosti T_c je rovna teplotě černého zářiče, jehož záření má tutéž chromatičnost jako uvažované záření. Jednotkou chromatičnosti je 1 kelvin [K].

Tab. 2.2: Rozdělení světelných zdrojů podle teploty chromatičnosti

Teplota chromatičnosti T_c	Barevný tón světla	Světelné zdroje
< 3300	Teple bílý	Žárovky, halogenidové žárovky, sodikové výbojky, vysokotlaké halogenidové výbojky zářivky
3300 - 5300	bílý	Zářivky, halogenidové výbojky, rtuťové výbojky s luminoforem
> 5300	denní	Zářivky, halogenidové výbojky, rtuťové výbojky čiré

Index podání barev R_a udává informaci o jakosti barevného podání. Podle tohoto parametru je možné rozdělit světelné zdroje na:

Tab. 2.3: Dělení světelných zdrojů podle jakosti podání barev

Stupeň jakosti podání	Hodnoty indexu podání barev R_a	Požadavky na kvalitu vjemu barev	Barevný ton světla	Příklady použití
1	$R_a \geq 90$	Velmi vysoké	Teple bílý denní	Galerie,diagnostika

2	$80 \leq R_a < 90$	Vysoké	Teple bílý denní	Byty, hotely, nemocnice
3	$60 \leq R_a < 80$	Střední	Teple bílý denní bílý	Kanceláře, školy, sportoviště
4	$40 \leq R_a < 60$	Malé	Teple bílý denní bílý	Běžná výroba v průmyslu
5	$20 \leq R_a < 40$	Velmi nízké	Teple bílý	Komunikace

V jedné místnosti by měli být použity světelné zdroje stejného barevného podání, aby byli splněny požadavky na zrakovou pohodu. Nevhodná volba chromatičnosti světla a indexu podání barev R_a může podnítit vznik depresí, nepříjemných pocitů a může ovlivnit zrakový výkon. Proto se pro prostory s trvalým pobytem osob doporučuje R_a zdrojů doplňujícího umělého osvětlení nejméně 60 a při hodnotách osvětlenosti E=200 – 750 Lx doplňujícího umělého osvětlení dobře osvědčily světelné zdroje s teplotou chromatičnosti T_c =4000 – 5000 K a R_a nejméně 80.

2.6 Stálost osvětlení

Rychlé časové změny světelného toku Φ a osvětlenosti E ovlivňují nepříznivě zrakovou činnost. Tyto rychlé změny jsou vyvolané elektrickými a mechanickými příčinami. Změny světelného toku mohou vyvolat stroboskopický efekt, kdy se při pohybu lesklých předmětů a točivých částí jeví pohyb jako přerušovaný či se zdánlivě zastaví. Takto vzniklá milná zraková informace byla příčinou už mnoha pracovních úrazů. Vzniku stroboskopického efektu lze zabránit:

- připojením sousedních svítidel na různé fáze,
- u vícezdrojových svítidel zajištěním vhodného fázového posunu mezi proudy jednotlivých zdrojů,
- užitím elektronických předřadníků u výbojkových zdrojů světla.

2.7 Směr světla a stínivost

Umělé světlo musí vytvořit v místě zrakového úkolu co největší kontrast mezi kritickým detailem a jeho bezprostředním okolí, ale také podmínky pro správné vnímání a prostorové rozlišování detailu trojrozměrných předmětů. Toho se dosáhne splněním základních parametrů umělého osvětlení (úroveň osvětlenosti, rovnoměrnost osvětlení, rozložení jasů), ale také zajištěním vhodné směrovosti a stínivosti světla.[2]

Světlo má dopadat převážně zleva zhora, což lze ovlivnit rozmístěním svítidel osvětlovací soustavy vzhledem k poloze jednotkových pracovišť.[2]

Pro dosažení dobré plastičnosti vidění a pro jasné zobrazení tvaru pozorovaných předmětů je nutná určitá stínivost, kterou lze zajistit částečným směrováním osvětlení. Směrovost osvětlení a tím i stínivost je ve vnitřním prostoru ovlivněna rozložením světelného toku použitých svítidel. Vysoké stínivosti, při které vznikají tmavé a ostré stíny, se dosáhne při použití přímých svítidel s malým úhlem vyzařování. Zvětšováním podílu světelného toku svítidel vyzařovaného do horního poloprostoru, se zvyšují světelné toky odražené a stínivost klesá. Použijí-li se svítidla nepřímá, světlo je mnohonásobnými odrazy dokonale rozptýleno a stíny zmizí úplně.[2]

Posouzení stupně stínivosti osvětlovací soustavy je možno uskutečnit pomocí Nordenova činitele S_n, který je vyjádřen vztahem:

$$S_n = \frac{E_d}{E} = \frac{E_d}{E_d + E_n} \qquad [-] \qquad (2.2)$$

Kde E_d je přímá složka osvětlenosti, která odpovídá světelným tokům dopadajícím do okolí uvažovaného bodu přímo ze svítidel,

E je výsledná osvětlenost ve sledovaném bodě osvětlované roviny,

E_n je nepřímá složka osvětlenosti, která odpovídá světelným tokům dopadajícím do okolí kontrolního bodu po odrazu světelných toků od ploch vnitřního prostoru.

3 Svítidla

Světelné zdroje obvykle nemají vhodné rozložení světelného toku, mají příliš vysoký jas, a tudíž způsobují oslnění a neodolávají škodlivému a nebezpečnému prostředí. Proto se světelné zdroje umisťují do svítidel. Svítidlo je samostatné zařízení, které tvoří základní prvky osvětlovacích soustav. Skládají se ze světelně činných částí a konstrukčních částí. Světelně činné části slouží ke změně rozložení světelného toku, k rozptylu toku, k zábraně oslnění, snížení jasu, po případě ke změně spektrálního rozložení světla. Jedná se o zrcadlové reflektory, refraktory, čočky, rozptylovače, stínidla a filtry. Konstrukční části svítidla slouží k upevnění světelného zdroje, k upevnění světelně činných částí, ke krytí zdrojů i světelně činných částí před vniknutím cizích předmětů a vody, musí vyhovovat z hlediska ochrany před nebezpečným dotykovým napětím. Do této skupiny patří těleso svítidla, objímka světelného zdroje, upevňovací ústrojí, svorkovnice, přívodní kabeli, případně předřadník a další elektrorozvodné prvky. Svítidla musí taktéž splňovat podmínky jednoduché a snadné montáže, jednoduché údržby, dlouhého života a spolehlivosti. Nesmí se zapomenout ani na estetické požadavky, neboť stále důležitější se stává vzhled svítidla. Kromě svítidel se ve světelné technice používají světlomety, které se od svítidel liší tím, že vyzařují směrově soustředěný svazek paprsků a používají se k osvětlování z velkých vzdáleností.

3.1 Kriteria pro výběr svítidel

Volba svítidla úzce souvisí s výběrem světelného zdroje a druhu osvětlovací soustavy s ohledem na účel a charakteristiku osvětlovaného prostoru a požadavky na osvětlení. Přitom se posuzují zejména tyto vlastnosti svítidla[4]:

- světelný výkon (celkový světelný tok zdrojů ve svítidle),
- rozložení svítivosti,
- jas svítidla,
- hodnota indexu oslnění UGR,
- světelná účinnost svítidla a její časová stálost (charakteristika znečištění) z hlediska dosažení maximálního činitele využití při požadovaném rozmístění svítidel,
- elektromechanických vlastností svítidel,
- rozměry, hmotnost a vzhled svítidel,
- snadnost montáže, čištění a výměny svítidel,
- možnost regulace světelného výkonu,
- náběhový proud, kompenzace účiníku a míhání světla,
- doba znovuzapálení (u výbojkových zdrojů světla),
- cena svítidla.

Použití svítidla je více než u světelného zdroje předurčeno jeho konstrukcí a provedením, to znamená, že svítidla jsou vyvíjena k určitému účelu a jejich sortiment by měl všechny potřebné oblasti pokrývat. Variability světelně technických vlastností svítidel se dosahuje stavebnicovým řešením a unifikací konstrukčních částí.[4]

3.1.1 Světelný tok svítidla Φ_s

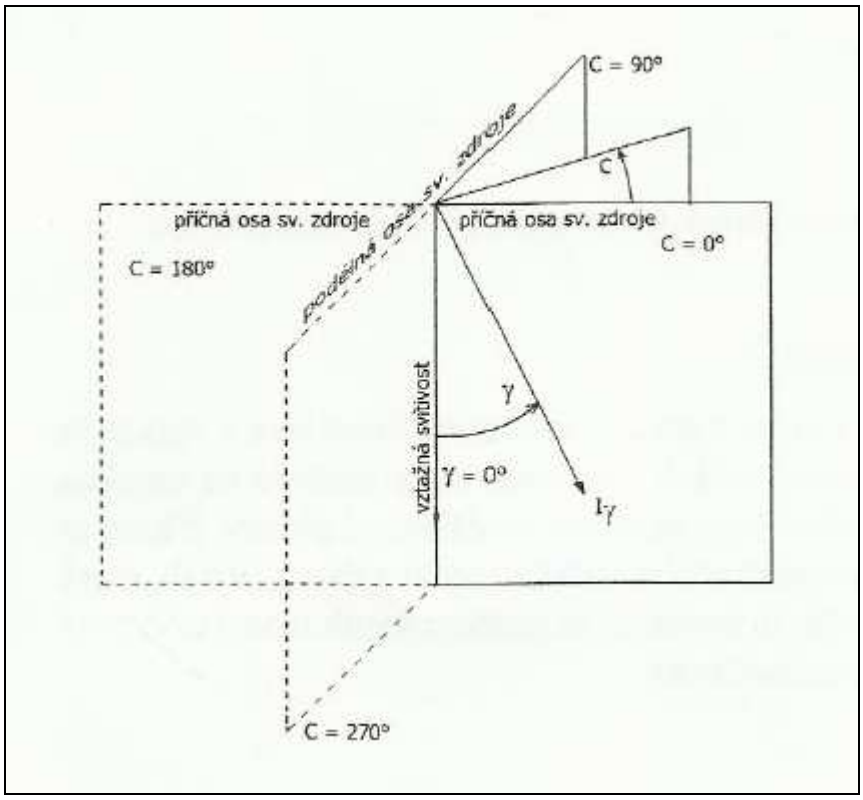
Světelný tok svítidla Φ_s vycházející do prostoru je opticky upravený světelný tok zdrojů Φ_z instalovaných ve svítidle. Pro uvedené toky platí vztah:

$$\Phi z = \Phi s + \Phi ztr \qquad [lm] \qquad (3.1)$$

Kde Φ_{ztr} je ztrátový světelný tok při zpracování toku Φz ve svítidle.
Při snižování ztrátového světelného toku k nule přestává svítidlo plnit funkce související s úpravou světelného toku a zhoršují se jeho další parametry, např. oslnění.[2]

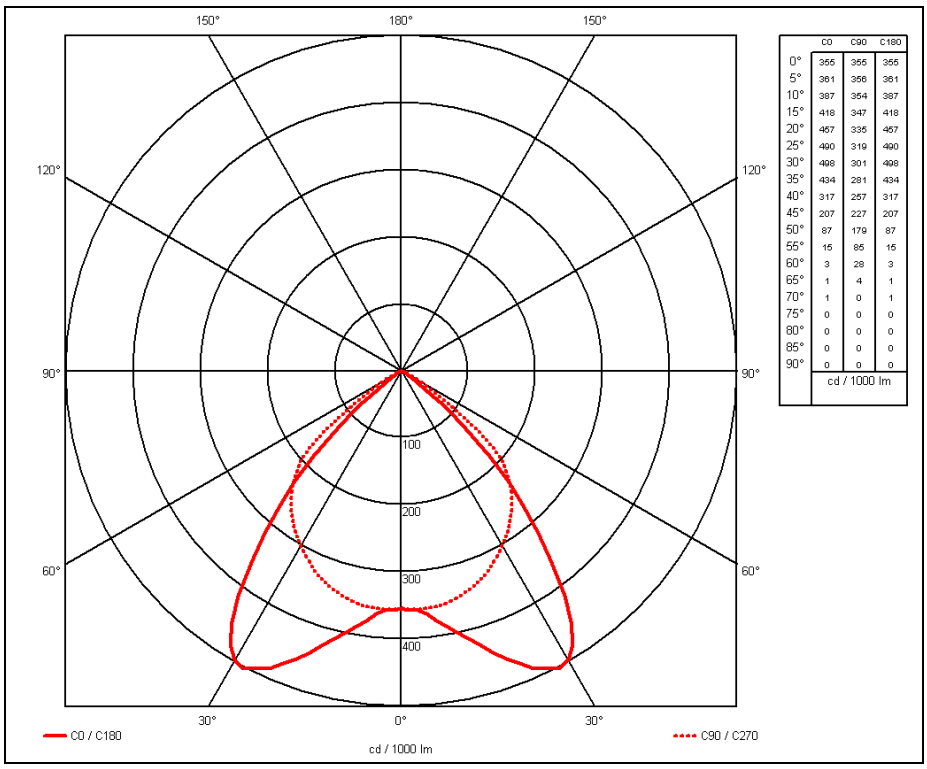
3.1.2 Rozložení svítivosti

Rozložení svítivosti svítidla v prostoru je důležitý parametr pro volbu svítidla. Rozložení svítivosti se popisuje prostřednictvím fotometrických ploch svítivosti. Mezinárodní komise pro osvětlování CIE definovala tři soustavy fotometrických rovin A-α, B-β, C-γ. Pro praktické využití se nejčastěji používá soustava C-γ, která je zobrazena na obrázku obr. 1.



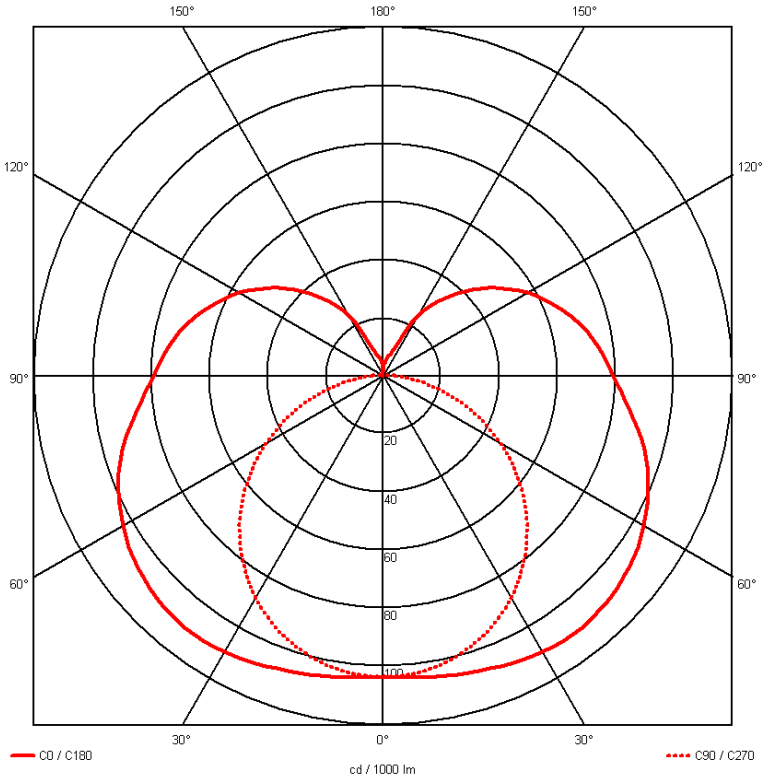
Obr. 1 Zobrazení fotometrické soustavy C-γ.

Při výpočtech (i volbě svítidla) obvykle postačuje znát jen některé řezy fotometrické ploch svítivosti, a to rovinami procházejícími bodovým zdrojem a vztažným směrem svítivosti. V rovinách řezů tak vzniknou křivky svítivosti v polárních souřadnicích. Na následujících obrázcích jsou k vidění různé druhy křivek svítivostí.[7]



	C0	C90	C180
0°	355	355	355
5°	361	356	361
10°	387	354	387
15°	418	347	418
20°	457	335	457
25°	490	319	490
30°	498	301	498
35°	434	281	434
40°	317	257	317
45°	207	227	207
50°	87	179	87
55°	15	85	15
60°	3	28	3
65°	1	4	1
70°	1	0	1
75°	0	0	0
80°	0	0	0
85°	0	0	0
90°	0	0	0
	cd / 1000 lm		

Obr. 2 Křivka svítivosti svítidla SITECO Rasterleuchte M 5LF51B71FW 1*49W.



	C0	C90	C180
0°	103	103	103
10°	105	102	105
20°	107	97	107
30°	110	88	110
40°	110	77	110
50°	108	63	108
60°	103	47	103
70°	97	30	97
80°	87	13	87
90°	79	4	79
100°	73	2	73
110°	66	1	66
120°	57	1	57
130°	47	1	47
140°	36	1	36
150°	24	1	24
160°	9	1	9
170°	5	1	5
180°	0	0	0
	cd / 1000 lm		

Obr. 3 Křivka svítivosti svítidla EUROPLEX® 5LJ23471A 1*18W.

Počátek diagramu svítivosti se umisťuje do světelného středu zdroje či svítidla. Aby křivky svítivosti svítidel udávané v katalozích byly nezávislé na skutečném světelném toku použitých světelných zdrojů, přepočítávají se křivky svítivosti na světelný tok zdroje 1000 lm. Skutečná svítivost I_γ svítidla se zdrojem, jehož tok je $\Phi_{z,}$ se pak určí vynásobením svítivosti I'_γ přečtené z křivky svítivosti pro 1000 lm poměrem $\Phi_z/1000$.[7]

Používají se i jiné způsoby popisu vyzařovacích charakteristik např. izokandelový diagram, BZ křivky.

Podle tvaru křivky svítivosti je možné dělit svítidla (viz. Tab. 3.1). Ten je popsán úhlovým pásmem, ve kterém se nachází maximální svítivost a činitelem tvaru křivky svítivosti K_F, který je definován jako[7]:

$$K_F = \frac{I_{\max}}{I_{stř}} \quad [-] \qquad (3.2)$$

Kde Imax je maximální svítivost svítidla,

Istř je střední svítivost svítidla.

Tab. 3.1: Rozdělení svítidel podle tvaru křivky svítivosti.

Tvar křivky svítivosti		Úhlové pásmo maximální svítivosti [°]	Činitel tvaru křivky svítivosti
označení	název		
a	koncentrovaná	0 až 15	$K_F \geq 3$
b	hluboká	0 až 30; 150 až180	$2 \leq K_F < 3$
c	kosinusová	0 až 35; 145 až 180	$1,3 \leq K_F < 2$
d	pološiroká	35 až 55; 125 až 145	$1,3 \leq K_F$
e	široká	55 až 85; 95 až 125	$1,3 \leq K_F$
f	rovnoměrná	0 až 180	$K_F \leq 1,3$ přičemž $I_{min} > 0,7\ I_{max}$
g	sinusová	70 až 90; 90 až 110	$1,3 < K_F$ přičemž $I_o < 0,7\ I_{max}$

Kde I_o je svítivost v optické ose svítidla,

I_{min} je minimální hodnota svítivosti,

I_{max} je maximální hodnota svítivosti.

U svítidel s rotačně symetrickou plochou svítivosti postačí křivka v jedné fotometrické rovině. U zářivkových svítidel se zpravidla udávají dvě křivky a to v rovinách C_0 a C_{90}.

3.1.3 Jas svítidla

Dalším kriteriem pro volbu svítidla je jeho jas, zejména jasy, které se mohou ocitnout v zorném poli osob nacházejících se v osvětlovaném prostoru. Vysoké jasy způsobují oslnění, které může značně ztěžovat vidění (omezující oslnění), nebo je dokonce znemožňovat (oslepující oslnění – to může být příčinou přechodného nebo dokonce trvalého poškození zraku). Oslnění však nemusí být na první pohled vždy patrné. Často si je pozorovatel ani neuvědomuje, přesto na něj působí. Jasy svítidla tedy velmi důležité. Jas svítidla $L\gamma$ do určitého směru daném úhlem γ stanovit pomocí vztahu:

$$L_\gamma = \frac{I_\gamma}{A_\gamma} = \frac{I_\gamma}{S.\cos\gamma} \qquad [cd.m^{-2}; cd, m^2] \qquad (3.3)$$

Kde $I\gamma$ je svítivost svítidla ve směru úhlu γ,

$A\gamma$ je průmět svítící plochy svítidla do roviny kolmé na sledovaný směr.

Z uvedeného vztahu zřejmé, že čím bude větší svítivost, tím jasnější bude svítidlo. Čím bude svítící plocha větší, tím bude jas menší. U svítidel pro osvětlování vnitřních prostorů se pro kontrolu na oslnění udávají často jasy v kritické oblasti úhlů od 45° do 85° ve vodorovném směru pohledu. Ve většině případů se výběr svítidla podle jasového kritéria neobejde bez výpočtu pro konkrétní prostor. Výpočet ukáže, zda vyhovuje svítidlo z hlediska omezení oslnění.

3.1.4 Hodnota indexu oslnění UGR

Hodnocení oslnění v interiérech se vesměs zaměřuje na přímé oslnění a je založeno na výsledcích výzkumu rušivého oslnění. Rušivé oslnění se vyšetřuje statistickým zpracováním výsledků a hodnocení situace při nejrůznějších činnostech většího počtu pozorovatelů v četných modelových prostorech.[6]

V rámci Mezinárodní komise pro osvětlování a rovněž v rámci evropských předpisů (přijatých i v ČR) se v současnosti míra rušivého oslnění posuzuje podle tzv. **Jednotného systému hodnocení oslnění (UGR)** hodnotou indexu oslnění UGR, který se počítá podle Sorensenova vzorce:

$$UGR = 8.\log_{10}.\left(\frac{1}{4}\sum_{i=1}^{n}\frac{L_{zi}^{2}.\Omega_i}{L_p.P_i^{2}}\right) \quad \text{[-; cd.m-2, sr, cd.m-2, -]} \qquad (3.4)$$

Kde L_{zi} je jas i-tého oslňujícího zdroje ve směru k pozorovatelů,

Ω_i je prostorový úhel, pod kterým pozorovatel vidí i-tý oslňující zdroj,

L_p je jas pozadí, který se počítá z hladiny nepřímé osvětlenosti En v rovině oka pozorovatele,

P je činitel charakterizující vliv polohy oslňujícího zdroje.

3.1.5 Světelná účinnost svítidla η_{sv}

Účinnost svítidla charakterizuje hospodárnost svítidla a její hodnota je dána poměrem světelného toku svítidla ke světelnému toku zdrojů dle vztahu:

$$\eta_{sv} = \frac{\Phi_{sv}}{\Phi_Z} < 1 \qquad \text{[-]} \qquad (3.5)$$

Kde Φ_{sv} je světelný tok svítidla,

Φ_z je součet světelných toků všech zdrojů ve svítidle.

Maximální účinnost by měl z tohoto hlediska holý světelný zdroj v objímce. Ten však není možné použít z hlediska oslnění, nevhodné směrování vyzařovaného světelného toku, a nedostatečnou ochranu vůči okolnímu prostředí. Z hlediska maximálního využití elektrické energie je třeba dosahovat vysokých hodnot této veličiny. U běžných svítidel se pohybuje účinnost v rozmezí 0,3 až 0,9.

Svítidla se světelnými zdroji, jejichž světelný tok závisí na teplotě (zářivky) se uvádí optická a provozní účinnost. Optická účinnost η_{sopt} se vyjadřuje vztahem:

$$\eta_{sopt} = \frac{\Phi_{sv}(\vartheta)}{\Phi z(\vartheta)} \quad [-] \quad (3.6)$$

a provozní účinnost η_{spr} výrazem:

$$\eta_{spr} = \frac{\Phi_{sv}(\vartheta)}{\Phi z} \quad [-] \quad (3.7)$$

Kde $\Phi_{sv}(\upsilon)$ je světelný tok svítidla při teplotě υ,

$\Phi_z(\upsilon)$ je světelný tok zdroje při teplotě υ,

Φ_z je jmenovitý světelný tok zdroje.

3.1.6 Elektromechanické vlastnosti

Vlastnosti materiálů, ze kterých je svítidlo zhotoveno musí splňovat určité požadavky. Jsou to především:

- světelná stálost,
- tepelná stálost,
- odolnost proti korozi,
- mechanická pevnost.

Světelná stálost je důležitý faktor, který určuje u mnoha materiálů jejich životnost. Stálým působením světelného a ultrafialového záření, zesíleného teplem a vlhkostí, dochází k trvalým změnám, např. žloutnutí, vybělení, zkřehnutí, tvoření trhlin nebo praskání.

Tepelná stálost konstrukčních prvků má důležitý význam, protože provozní teploty na svítidle dosahují často hodnot na hranicích přípustnosti. Pokud jsou tyto hodnoty překročeny, dochází k trvalým změnám, např. k deformaci, zkřehnutí, zuhelnění a praskání - tvoření trhlin.

Odolnost kovů proti korozi musí být zajištěna účelnou povrchovou ochranou, která mimo to ovlivní též vzhled a světelně technické vlastnosti materiálu. Aby se vyhovělo přípustným podmínkám použití, požadovaným světelně technickým parametrům a estetickým požadavkům, používají se následující povrchové úpravy: lakování poniklování, pochromování, emailovaní, pozinkování, kadmiování, nanášení umělých hmot, leštění a eloxování. U plastů je odolnost proti korozi zaručena, a proto nevyžadují dodatečná opatření.

Mechanická pevnost je mírou stability konstrukčních prvků, především u plastů a křemenných skel. Vlivem záření, tepla, chladu a vlhkosti se může změnit mechanická pevnost, která ovlivní spolehlivost svítidla.

3.1.7 Rozměry, hmotnost a vzhled svítidel

Během několika krátkých let se ve všech oblastech lidského konání začal klást důraz na vzhled výrobků. Kvalitní značka se vyznačuje i estetickým řešením. Výtvarné řešení osvětlení je důležité především v architektonickém návrhu interiérů. V interiérech se navrhují svítidla tak, aby byl v rovnováze vzhled a ergonomie. Svítidla jsou architektonickými detaily osvětlovaného prostoru a musí být navrženy velice citlivě. Svítidla mohou na sebe poutat pozornost stejně jako socha nebo mohou být naopak diskrétně v pozadí. Vynikající vzhled kombinuje estetiku a ergonomii s dalšími kvalitami produktu: technická kvalita, skvělé materiály, precisní výroba a další faktory. Vyřešit dobré osvětlení znamená dokonale skloubit potřeby lidí, požadavky technických předpisů s architekturou prostoru a vzhledem osvětlovací soustavy. Tvar svítidla a celá jeho konstrukce je ovlivněna požadavky na jeho fotometrické a mechanické vlastnosti.

Stejně jako v jiných oblastech, musí prvky osvětlovacích soustav naplnit vysoké požadavky na kvalitu a výkon. Ukázky moderního vzhledu jsou zobrazeny na následujících obrázcích.[9]

Obr. 4 Příklad moderního vzhledu závěsného svítidla.[11]

Obr. 5 Moderní design nástěnného a závěsného svítidla.[10]

Rozměry a hmotnost jsou důležité z hlediska návrhu osvětlení, neboť je nutné svítidla zabudovat do stěn či stropů. Projektant proto musí znát rozměry svítidla, aby měl jistotu, že například zapuštěné svítidlo se vejde do sádrokartonového podhledu.

3.1.8 Snadnost montáže, čištění a výměny svítidel

Díky tomu, že svítidlo stárne a znečišťuje se, dochází k trvalému poklesu světelného toku a distribuce toku do osvětlovaného prostoru. Zpočátku je tento vliv zanedbatelný, později však nabývá na podstatném významu. Proto je nutné posoudit, zda je lepší vyměnit či vyčistit svítidla, díku tomu je důležitá snadnost montáže a čištění svítidla.

3.1.9 Možnost regulace světelného výkonu

Možnost regulace světelného výkonu je důležitá například z pohledu návrhu osvětlení obytných prostorů, protože zadavatel může požadovat, aby se světlo dalo stmívat.

3.1.10 Náběhový proud, kompenzace účiníku a míhání světla

Tento parametr je například důležitý, když se navrhuje osvětlení pro velký průmyslový závod, kde je důležitá kompenzace účiníku a bezpečnost práce. Projektant musí použít svítidlo, které má malý náběhový proud, neovlivňuje negativně ostatní zařízení a je odolné vůči míhání světla (to negativně ovlivňuje lidi). Nestálost světla může být dvojího typu:

- mechanická nestabilita,
- nestabilita vlastního zdroje světla.

Mechanická nestálost se vyskytuje například v těžkých provozech, kde se kmitání konstrukce přenese na svítidla a ty se pak můžou nepravidelně či pravidelně rozkmitat. Potom je nutné volit svítidla s vhodným upevněním, které eliminuje mechanickou nestabilitu (např. odpružený závěs).

Nestabilitu vlastního zdroje světla je možné odstranit volbou svítidla s elektronickými předřadníky, které mimo to nabízejí další výhody jako zvýšení životnosti světelného zdroje či možnost řídit velikost světelného toku.

3.1.11 Doba znovuzapálení

Pří návrhu osvětlení může nastat požadavek na rychlost znovu zapálení. Doba znovuzapálení je důležitá, protože kdyby se zvolilo svítidlo osazené nevhodným světelným zdrojem (např. halogenidovou výbojkou), nemohlo by se použít.(z důvodu, že nelze znovu ihned zapálit, když ještě nevychladla)

3.1.12 Cena svítidla

Cena svítidla je důležitá z hlediska ekonomického zhodnocení navržení osvětlovací soustavy.

3.2 Porovnání svítidel

Porovnávat svítidla můžeme z hlediska:

- vyzařovaného světelného toku,
- křivek svítivosti,
- konstrukce optických částí svítidel,
- krytí,
- stylu umístění.

3.2.1 Porovnání svítidel z hlediska vyzařovaného světelného toku

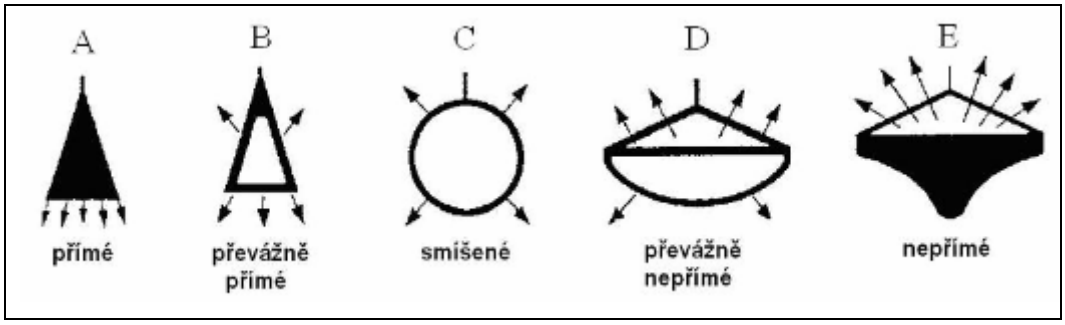
Podle toho jak svítidlo vyzařuje světelný tok lze rozdělit svítidla na pět druhů. Toto dělení je ukázáno v tab. 3.2.

Tab. 3.2: Dělení svítidel podle rozložení jejich světelného toku.

Označení svítidla	Světelný tok do dolního poloprostoru [%]	Světelný tok do horního poloprostoru [%]	Obrázek 6
přímé	90 až 100	0 až 10	A
převážně přímé	60 až 90	10 až 40	B
smíšené	40 až 60	40 až 60	C
převážně nepřímé	10 až 40	60 až 90	D
nepřímé	0 až 10	90 až 100	E

Toto dělení je ovlivněno druhem a jejich uspořádáním světelně činných částí svítidla. Typ svítidla podle rozložení světelného toku bude u osvětlovací soustavy ovlivňovat i další světelné parametry jako možnost vniku oslnění, směrovost a stínivost osvětlení. Tyto parametry se nejvýrazněji projevují u přímých svítidel. Rozložení

světelného toku ovlivňuje i energetickou náročnost umělého osvětlení, která je nejvyšší při užití nepřímých svítidel.[2]



Obr. 6 Zobrazení dělení svítidle podle rozložení jejich světelného toku.[8]

Přímé svítidlo:

- osvětluje jen prostor pod ním,
- užívá se pro venkovní osvětlení, vysoké průmyslové haly.

Převážně nepřímé osvětluje kromě pracovní plochy částečně i strop.

Smíšené svítidlo:

- osvětluje celý prostor,
- rovnoměrné osvětlení,
- užívají se pro byty, kanceláře.

Převážně nepřímé svítidlo:

- osvětluje hlavně strop a horní části stěn,
- dobrá rovnoměrnost osvětlení,
- menší možnost oslnění.

Nepřímé svítidlo:

- osvětluje strop,
- je vyloučeno osnění,
- nevznikají žádné stíny,
- užívají se pro nemocniční pokoje.

3.2.2. Porovnání svítidel z hlediska tvaru křivek svítivosti

Dalším důležitým parametrem pro porovnání svítidel je tvar křivky svítivosti. Tvary křivek jsou uvedeny v tab. 3.3 a obr. 7.

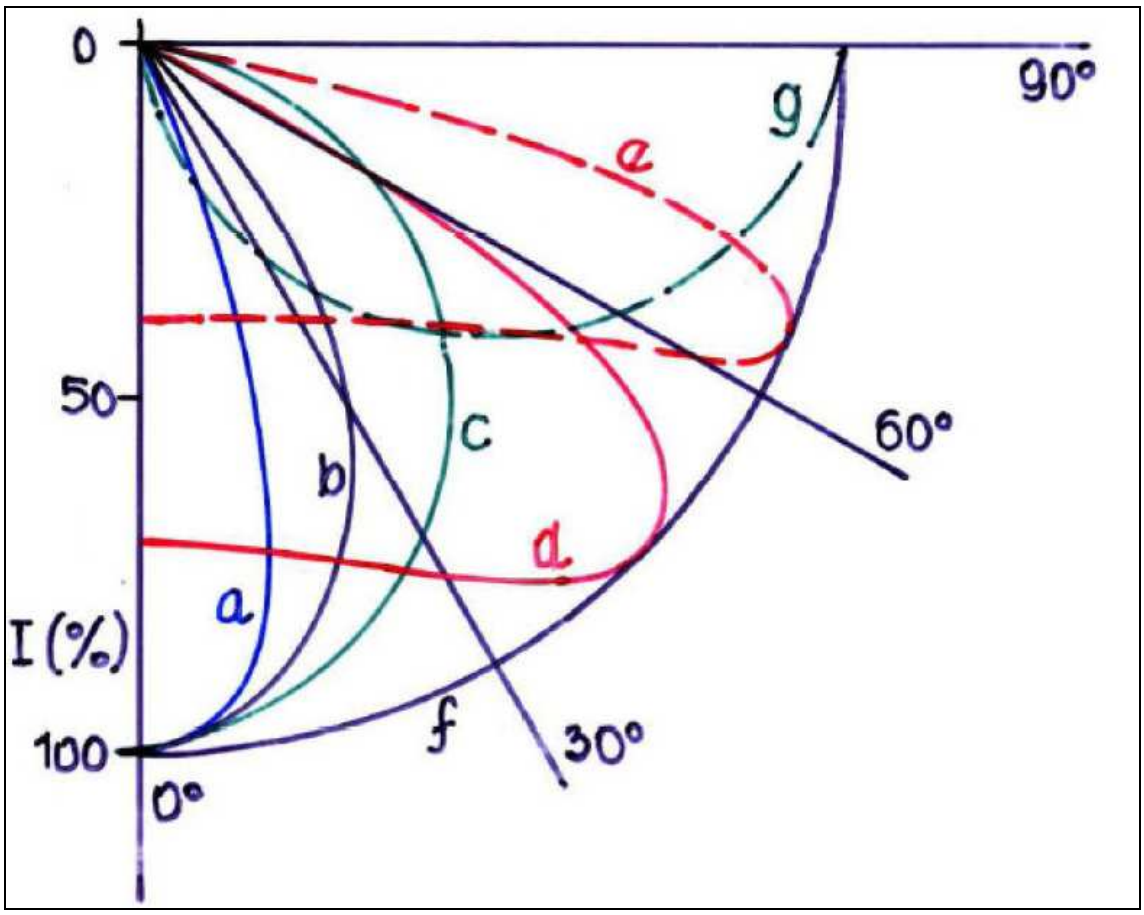
Tab. 3.3: Rozdělení svítidel podle tvaru křivky svítivosti.

Tvar křivky svítivosti		Úhlové pásmo maximální svítivosti [°]	Činitel tvaru křivky svítivosti
označení	název		
a	koncentrovaná	0 až 15	$K_F \geq 3$
b	hluboká	0 až 30; 150 až180	$2 \leq K_F < 3$
c	kosinusová	0 až 35; 145 až 180	$1,3 \leq K_F < 2$
d	pološiroká	35 až 55; 125 až 145	$1,3 \leq K_F$
e	široká	55 až 85; 95 až 125	$1,3 \leq K_F$
f	rovnoměrná	0 až 180	$K_F \leq 1,3$ přičemž $I_{min} > 0,7\ I_{max}$
g	sinusová	70 až 90; 90 až 110	$1,3 < K_F$ přičemž $I_o < 0,7\ I_{max}$

Kde I_o je svítivost v optické ose svítidla,

I_{min} je minimální hodnota svítivosti,

I_{max} je maximální hodnota svítivosti.



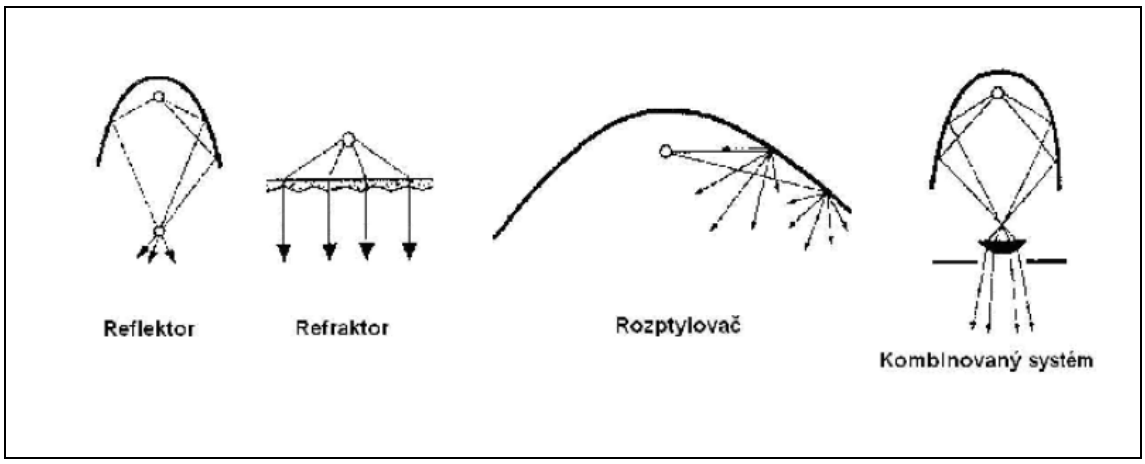
Obr. 7 Zobrazení tvarů křivek svítivosti.[12]

Příklady užití některých křivek:

- pološiroká křivka se užívá pro osvětlení škol,
- hluboká křivka se užívá na osvětlení regálů.

3.2.3 Porovnání svítidel z hlediska konstrukce optických částí svítidel

Při návrzích konstrukcí optických systémů svítidel se využívají světelně technické vlastnosti materiálů. Podle způsobu odrazu či prostupu světelného toku existují zrcadlový, rozptylný nebo smíšený odraz či prostup, popřípadě lom světla (viz. obr. 8).



Obr. 8 Princip usměrnění světelného toku.[8]

3.2.3.1 Svítidla se zrcadlovým reflektorem

Tato svítidla se vyznačují velkou světelnou účinností a zároveň velkými možnostmi úpravy rozložení světelného toku. Z těchto důvodů se prosazují ve všech oblastech světelné techniky (např. průmyslové osvětlení). Světelně technické vlastnosti závisejí hlavně na přesnosti tvaru plochy reflektoru a na jejích odrazných vlastnostech, protože tvar reflektoru přímo ovlivňuje křivku svítivosti svítidla. Zrcadlový reflektor se nejčastěji vyrábí z vysoce čistého hliníku (99,8 %) s další povrchovou úpravou zaručují odraznost světla až 95 %. Povrch reflektoru je hladký, vytvarovaný podle požadovaného směrování světla. Kde nejsou tak vysoké nároky na přesnost směrování, lze upravit reflektor na kladívkovaný. Výhoda je v nižších nárocích na přesné tvarování reflektorové plochy.

3.2.3.2 Svítidla s difuzními reflektory

Tyto svítidla jsou v současné době nejpoužívanější pro vnitřní osvětlování. Světelný tok je usměrněn pomocí difuzního odrazu , přičemž vznikají mnohonásobné odrazy. Na výrobu rozptylovačů se používají materiály nepropouštějící běžné světlo s povrchovou úpravou zaručující difuzní odraz světla. Je to například plech ošetřený světlorozptylným lakem nebo vysoce čistý hliník s povrchovou úpravou vytvářející difuzní odraz. Aby svítidla neměla nízkou světelnou účinnost, musí povrchy difuzorů

odrážet nejméně 60 % dopadajícího světelného toku. Nejkvalitnější mohou dosáhnout odraznosti srovnatelné se zrcadlovými reflektory. Největší výhodou těchto svítidel je jejich jednoduchá a levná výroba. Nevýhodou oproti svítidlům se zrcadlovým reflektorem je malá světelná účinnost a malá možnost úpravy křivky svítivosti.

3.2.3.3 Svítidla s difuzorem

Jsou určena především pro osvětlování vnitřního prostorů s čistým prostředím a se světlými stěnami. Světelný tok je směrován na základě propustných vlastností a ne na základě odrazných vlastností použitých materiálů. Propustnost závisí na tloušťce materiálu a jeho optických vlastnostech. Difuzor většinou v rozhodné míře směrování neovlivňuje. Často má hlavně funkci ochrany svítidla, zábrany oslnění a je tvarován tak, aby při průchodu světla docházelo k minimálním ztrátám. Výhody svítidel s difuzory jsou jednoduchá výroba a nízká cena.

3.2.3.4 Svítidla s refraktorem

Zde se neusměrňuje světelný tok pomocí odrazných vlastností použitých materiálů, nýbrž díky jejich propustných vlastností. Jejich konstrukce je zaměřena na usměrnění světelného toku na principu lomu světla na rozhraní dvou prostředí (např. vzduchu a skla). Tyto svítidla mají velkou světelnou účinnost a velikou možnost úpravy rozložení svítivosti. Světelná účinnost může dosáhnout až 85 %. Refraktory mohou být konstruovány s vnější či vnitřní nosnou vrstvou, na které jsou vytvořeny lámavé hranoly. Nejpoužívanější materiál pro výrobu refraktoru je polymetylmatakrylát (PMMA). Dalším používaným materiálem je polykarbonát (PC), jehož propustné vlastnosti při stejné tloušťce jsou o 10 % horší, avšak má lepší mechanické vlastnosti (použití na svítidla antivandalského provedení). Polykarbonát má ještě jednu nepříznivou vlastnost - rychle u něj dochází ke stárnutí, takže ztrácí propustnost.

3.2.3.4 Svítidla s kombinovaným systémem

Kombinované systémy kombinace uvedených způsobů usměrňování světelného toku. Tyto systémy obsahují zároveň reflektory, refraktory, rozptylovače. Světelný tok u těchto svítidel je obvykle vícekrát zpracován, odražen než opustí svítidlo. Čím více nastane odrazů, tím budou větší ztráty a tím pádem menší účinnost svítidla.

3.2.4 Porovnání svítidel z hlediska krytí

Pro krytí svítidel platí ČSN EN 60 529 (33 0330), podle níž se druh krytí svítidla označuje zkratkou IP (International Protection) a dvojčíslím. První číslice (od 0 do 6) vyjadřuje ochranu před nebezpečným dotykem živých nebo pohybujících se částí a před vniknutím cizích předmětů, druhá (od 0 do 8) ochranu před vniknutím vody (osvětlení významu číslic je vedeno v tab. 3.4). 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). [4]

Tab. 3.4: Význam číslic pro krytí svítidel.

První číslice	Stupeň ochrany před nebezpečným dotykem a vniknutím cizích předmětů	Druhá číslice	Stupeň ochrany před vniknutím vody
0	bez ochrany	0	bez ochrany
1	před vniknutím pevných těles větších než 500 mm (hřbetu ruky)	1	před svisle kapající vodou
2	před vniknutím pevných těles větších než 12,5 mm (prstu)	2	před kapající vodou při sklonu 15°
3	před vniknutím pevných těles větších než 2,5 mm (jemného nástroje)	3	před dopadající vodou při sklonu 60° (déšť)
4	před vniknutím těles větších než 1 mm (drátu)	4	před stříkající vodou (z libovolného směru)
5	před prachem (částečně, prach však nemůže narušit funkce svítidla)	5	před tryskající vodou (tj. tlakovou vodou)
6	úplně před prachem	6	před intenzivně stříkající vodou
		7	při dočasném ponoření (při určeném tlaku a čase)
		8	při trvalém ponoření

Zvláštní kategorii tvoří svítidla v nevýbušném 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.[4]

Rozdělení svítidel podle elektrotechnických vlastností odpovídá elektrotechnickým předpisům. Podle ochrany před nebezpečným dotykovým napětím tak lze v souladu s ČSN 34 1010 a 36 0000-1 rozlišit svítidla třídy 0, I, II a III.

- 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.

3.2.5 Porovnání svítidel z hlediska stylu umístění

Podle stylu umístění se svítidla dělí do dvou skupin – stacionární a nestacionární. Stacionární svítidla jsou pevně připevněna. Do této skupiny patří svítidla stropní, nástěnná, závěsná, vestavná, výložníková. Nestacionární svítidla mají pohyblivý přívod a proměnné umístění. Do této skupiny patří svítidla stolní, stojanová, ruční přilbová.

4 Výpočet umělého osvětlení

Při navrhování a projektování umělého osvětlení vnitřních prostorů pracujeme s celou řadou světelně technických výpočtů, které umožňují lépe navrhnout osvětlovací soustavu. Díky tomu se snižují investiční i provozní náklady na osvětlení. Cílem výpočtů je:

- stanovit výkon a potřebný počet světelných zdrojů, svítidel a celkový instalovaný příkon pro osvětlení daného prostoru,
- v navržené osvětlovací soustavě ověřit dodržení ukazatelů jakosti osvětlení.

Metody základních světelně výpočtů lze rozdělit do dvou skupin:

- metody tokové,
- metody bodové.

Do první skupiny metod lze zařadit kromě tokové metody i předběžné stanovení příkonu osvětlovací soustavy využitím hodnot poměrných příkonů. Při užití tokové metody se vychází z požadované průměrné hladiny celkové osvětlenosti (obvykle vodorovné výpočtové roviny) a stanovuje se k tomuto účelu potřebný světelný tok zdrojů a příkon osvětlovací soustavy, z čehož vyplívá i počet světelných zdrojů a svítidel. Tokovou metody můžeme využít k určení střední hodnoty jasů stěn a stropu zadaného prostoru. Vliv zastínění částí srovnávací roviny velkými předměty umístěnými do osvětlovaného prostoru se u této metody neuvažuje

Pomocí bodové metody výpočtu se dají zjistit hodnoty ukazatelů jakosti osvětlení (nejčastěji hodnoty osvětleností různě natočených pracovních rovin či hodnoty střední kulové nebo válcové osvětlenosti) v různých bodech zadaného osvětlovaného prostoru, stanovují se maximální a minimální hodnoty sledovaných veličin a hodnoty jejich rovnoměrností.

Toková ani bodová metoda výpočtu není metodou univerzální. Obě metody mají určitá omezení a předpoklady správného použití. Při volbě výpočtové metody se musí tyto okolnosti zohlednit.

Uvedené metody se používají ve fázi projekční přípravy k územnímu nebo stavebnímu řízení. Ve fázi realizační projektové dokumentace jsou světelně technické výpočty prováděny na počítači s využitím výpočetních programů. Do těchto programů lze stáhnout údaje od výrobců světelných zdrojů a svítidel.

4.1 předběžný výpočet osvětlení

K zabezpečení určité průměrné hladiny osvětlenosti v bodech uvažovaných výpočtových rovin je třeba v osvětlovaných prostorech instalovat a vhodně rozmístit určité množství světelných zdrojů a svítidel a zajistit potřebný elektrický příkon navržené osvětlovací soustavy. K předběžnému odhadu elektrického příkonu osvětlovací soustavy se v praxi často používají hodnoty poměrných příkonů. Ve vnitřních prostorech se poměrné příkony vztahují na jednotku osvětlované plochy.[4]

S místně průměrnými hodnotami světelně technických veličin, zejména osvětleností a jasů, se pracuje i při návrhu osvětlovacích soustav tokovou metodou. Průměrné hodnoty veličin odpovídají úhrnným světelným tokům dopadajícím na uvažovanou výpočtovou rovinu v osvětlovaném prostoru. Ve vnitřních prostorech se berou v úvahu toky dopadlé na srovnávací rovinu jak přímo ze svítidel, tak i po odrazu od světelně činných ploch v daném prostoru, zvláště od stropu a stěn. Výpočet osvětlení vnitřního prostoru tokovou metodou vychází proto z předpokladu, že svítidla soustavy celkového osvětlení jsou v půdorysu osvětlovaného prostoru rozložena rovnoměrně.[4]

4.2 Metoda poměrného příkonu

K orientačnímu stanovení elektrického příkonu P [W] osvětlovací soustavy potřebného k zajištění průměrné hladiny osvětlenosti E_p [lx] srovnávací roviny v daném vnitřním prostoru se v projektové praxi běžně využívají poměrné příkony p.

$$p = \frac{P}{A} \qquad [\mathrm{W.m^{-2}};\ \mathrm{W},\ \mathrm{m^2}] \qquad (4.1)$$

Poměrné příkony závisí nejen na způsobu osvětlení a nadrbe a rozmístění zdrojů, svítidel, ale i na geometrických a světelně technických vlastnostech osvětlovaného prostoru. K odhadu poměrných příkonů osvětlovacích soustav vnitřních prostorů lze například použít údaje z tab. 5.

Potřebný elektrický příkon P osvětlovací soustavy se s využitím hodnot poměrného příkonu p [$\mathrm{W.m^{-2}}$] přepočtených z tab. 4.1 stanoví po lineárním přepočtu

z hladiny osvětlenosti 100 lx na požadovanou hodnotu osvětlenosti E_p a z hodnoty μ_z =10lm/W na skutečný měrný výkon použitých světelných zdrojů, tj. za vztahu:

$$P = p.A.\frac{10}{\mu_z}.\frac{E_p}{100} \qquad [W;\ W.m^{-2},\ m^2,\ lm.W^{-1},\ lx] \qquad (4.2)$$

Kde μ_z je měrný výkon použitých zdrojů,

E_p je požadovaná průměrná hladina osvětlenosti v bodech srovnávací roviny,

A je osvětlovaná plocha srovnávací roviny.

Tab. 4.1: Poměrné elektrické příkony p[W.m^{-2}] k dosažení průměrné osvětlenosti E_p=100lx při měrném výkonu světelných zdrojů μ_z =10lm/W.

Osvětlení	Činitel μ*	Stěny a strop osvětlovaného prostoru		
		světlé p[W.m^{-2}]	středně světlé p[W.m^{-2}]	tmavé p[W.m^{-2}]
přímé	2	25	28	30
	2 až 4	19	20	22
	4	15	16	18
smíšené	2	42	60	80
	2 až 4	28	36	48
	4	20	26	32
nepřímé	2	56	86	160
	2 až 4	36	56	106
	4	26	40	74
nepřímé stropními římsami	-	64	96	-

*Poznámka: Činitel μ je roven poměru šířky místnosti š k výšce zdrojů nad srovnávací rovinou h_v (μ=š/h_v).

Známe-li celkový příkon osvětlovací soustavy, můžeme již snadno při určitém předpokládaném příkonu jednoho svítidla určit i počet svítidel, které je třeba použít pro osvětlení uvažovaného prostoru. Tento předběžný návrh je nutné dále zpřesňovat dalšími metodami např. tokovou a zejména pak bodovou.[4]

4.3 Toková metoda

Toková metoda se nejčastěji používá k předběžnému návrhu osvětlení pracovního prostoru. Nejběžněji se toková metoda užívá ke stanovení celkového, počátečního světelného toku Φ_z zdrojů světla potřebného k zajištění určité průměrné hladiny celkového osvětlení v bodech vodorovné srovnávací roviny. Světelný tok Φ_z zdrojů, které se musí v uvažovaném prostoru instalovat, se určí ze vztahu:

$$\Phi_z = \frac{P_{pk}.A}{z.\eta_E} = \frac{E_{p0}.A}{\eta_E} \qquad [\text{lm; lx, m}^2, -] \qquad (4.3)$$

Kde E_{pk} je místně průměrná a časově minimální hodnota osvětlenosti v bodech srovnávací roviny,

A je velikost osvětlované plochy,

Z je udržovací činitel,

E_{p0} je místně průměrná a časově maximální hodnota osvětlenosti v bodech srovnávací roviny,

η_E je činitel využití pro výpočet osvětlenosti.

Vydělí-li se tok Φ_z (vypočtený z rovnice 4.3) tokem zdrojů umístěných v jednom svítidle, zjistí se, kolik je třeba svítidel umístit do osvětlovaného prostoru. Takto stanovený počet svítidel se musí vhodně zaokrouhlit, zejména s přihlédnutím k předpokládanému rozmístění svítidel. Zaokrouhlením se ovšem změní celkový tok zdrojů Φ_z, a tudíž je nutné ověřit, zda je i v tomto případě dodržená požadovaná osvětlenost E_{pk}. K tomu se užije vztah vyplívající z rovnice 4.3 :

$$E_{pk} = \frac{\Phi_z}{A}.z.\eta_E \qquad [\text{lx; lm, m}^2, -] \qquad (4.4)$$

4.4 Bodová metoda

Bodová metoda výpočtu platí přesně pouze pro bodový zdroj světla. Je to zdroj, jehož rozměry jsou zanedbatelné v porovnání se vzdáleností od osvětlovaného okolí kontrolního bodu. Skutečný zdroj (svítidlo) má vždy určité rozměry a zaujímá určitý objem, což způsobuje určitou chybu výpočtu. Aby byla tato chyba menší, rozdělují se světelné zdroje (svítidla) podle poměru jejich rozměrů ke vzdálenosti od kontrolního místa na zdroje či svítidla bodového, přímkového, plošného případně objemového typu. Pro jednotlivé typy jsou vypracovány různé způsoby výpočtu sledovaných veličin.

Vztahy, které jsou odvozeny pro výpočet integrálních charakteristik v poli bodového zdroje, jsou jednoduché a je snadná i jejich praktická aplikace.

Pokud je největší rozměr svítící plochy svítidla roven nejméně 1/3 vzdálenosti od nejbližšího kontrolního bodu a ostatní rozměry svítících částí svítidla jsou v porovnání s touto vzdáleností zanedbatelné, jedná se o přímkový zdroj. Jedná například o zářivková svítidla, obzvláště když jsou instalovány v řadě za sebou. Pro tyto zdroje je nutné pak používat vztahy odvozené pro přímkové zdroje.

Dále se setkáváme se svítidly, u nichž ve srovnání se vzdáleností zdroje od kontrolního bodu nelze zanedbat ani délku ani šířku vyzařovací plochy svítidel. V takových případech se používají k výpočtu charakteristik vztahy odvozené pro plošné zdroje. Nejčastěji má vyřazovací plocha tvar obdélníka. Za plošný zdroj se používají taková svítidla, u kterých délka respektive šířka vyzařovací plochy je nejméně rovna 1/3 vzdálenosti středu zdroje od nejbližšího kontrolního místa a případný třetí rozměr vyzařovací části svítidel je vzhledem k uvedené vzdálenosti zanedbatelný. Jedná se například o světelné stropy nebo o různé provedení zářivkových svítidel se třemi nebo čtyřmi zářivkami. Do této skupiny zdrojů patří také stěny a strop jako sekundární zdroje světla.[4]

5 Návrh osvětlení

5.1 Osvětlovaný prostor

Jako osvětlovaný prostor byl zvolen kancelářský prostor. Prostor musí splňovat požadovaný parametry umělého osvětlení dle normy ČSN EN 12464-1. Pro prostor jsou provedeny tři návrhy. Návrhy osvětlení byly prováděny ve výpočetním programu RELUX.

5.1.1 Kancelář

Doporučené hodnoty osvětlenosti pro kanceláře se pohybují od 300 lx do 750 lx. Hodnoty osvětlenosti závisí na druhu vykonávané činnosti. Příklady jsou uvedeny v tab. 5.1. Pro návrh se zvolila požadovaná hodnota osvětlenosti 500 lx, která odpovídá činnosti – psaní čtení.

Tab. 5.1: Požadavky na osvětlení administrativních prostorů (ČSN EN 12464-1).

Typ prostoru, úkolu, činnosti	E_m [lx]	UGR [-]	Ra [-]
Zakládání dokumentů, kopírování	300	19	80
Psaní, psaní na stroji, čtení, zpracování dat	500	19	80
Technické kreslení	750	16	80
Konferenční a zasedací místnosti	500	19	80

V osvětlovaném prostoru jsou následující parametry konstantní, měnil se pouze návrh umělého osvětlení (změna světelných zdrojů, svítidel případně jejich rozmístění).

- délka místnosti $l = 10$ m
- šířka místnosti $š = 6$ m
- plocha místnosti $S = 60$ m^2
- výška místnosti $h = 2.8$ m
- činitel odrazu stropu $\rho_1 = 0.7$

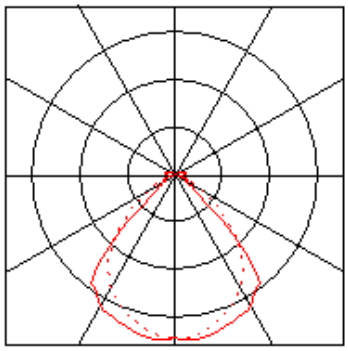
- činitel odrazu stěn $\rho_2 = 0.5$
- činitel odrazu podlahy $\rho_3 = 0.2$

5.1.2 Volba svítidel

Pro návrh osvětlovací soustavy jsem zvolil tyto svítidla:

1. Novaluna (5MC22B72PS 2*28W)

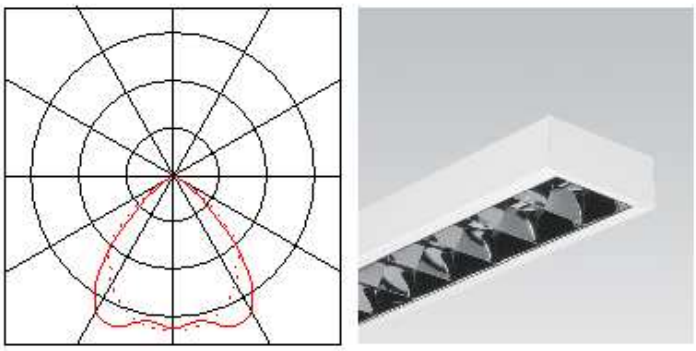
Údaje o svítidle			**Osazeno**		
Účinnost svítidla	:	73.2%	Počet	:	2
Luminaire efficacy	:	60.42 lm/W	Označení	:	T16 (OSRAM)
Classification	:	A51 93.7% ↑6.3%	Výkon	:	28 W
CIE Flux Codes	:	67 92 98 94 73	Barva	:	
Předřadník	:	ECG	Světelný tok	:	2600 lm
Celkový příkon systému	:	63 W			
Délka	:	1203 mm			
Šířka	:	266 mm			
Výška	:	48 mm			



Obr. 9 Svítidlo Novaluna (5MC22B72PS 2*28W).

2. Siteco Rasterleuchte (5LL21211C 1*36W)

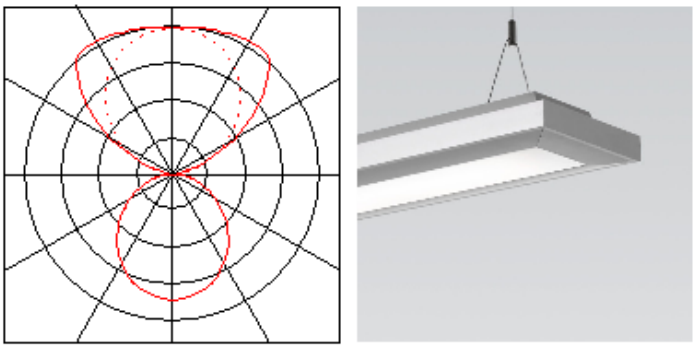
Údaje o svítidle			**Osazeno**		
Účinnost svítidla	:	60.9%	Počet	:	1
Luminaire efficacy	:	46.37 lm/W	Označení	:	T26 (OSRAM)
Classification	:	A60 100.0% ↑0.0%	Výkon	:	36 W
CIE Flux Codes	:	74 99 100 100 61	Barva	:	
Předřadník	:	L-LCG	Světelný tok	:	3350 lm
Celkový příkon systému	:	44 W			
Délka	:	1249 mm			
Šířka	:	210 mm			
Výška	:	87 mm			



Obr. 10 Svítidlo Siteco Rasterleuchte (5LL21211C 1*36W).

3. Comfolight 2 (5MF23W71QS 1*35W)

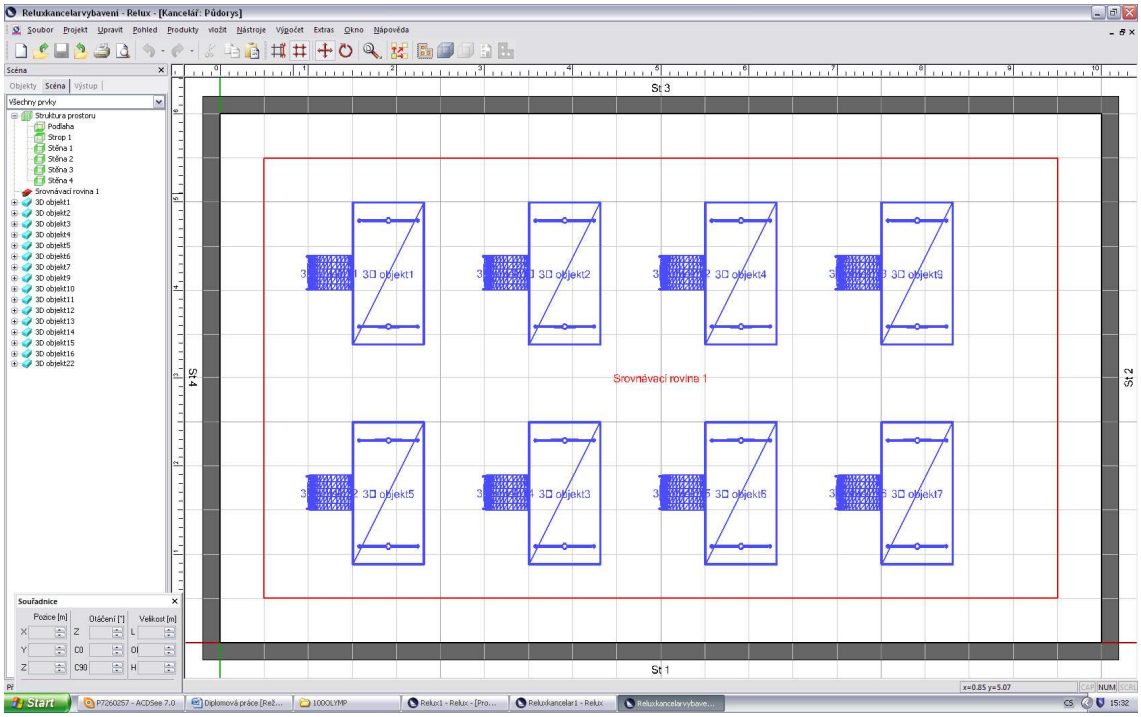
Údaje o svítidle			**Osazeno**		
Účinnost svítidla	:	86%	Počet	:	1
Luminaire efficacy	:	72.77 lm/W	Označení	:	T16 (OSRAM)
Classification	:	C43 42.3% ↑57.7%	Výkon	:	35 W
CIE Flux Codes	:	49 80 96 42 86	Barva	:	
Předřadník	:	ECG	Světelný tok	:	3300 lm
Celkový příkon systému	:	39 W			
Délka	:	1554 mm			
Šířka	:	162 mm			
Výška	:	56 mm			



Obr. 11 Svítidlo Comfolight 2 (5MF23W71QS 1*35W).

5.2 Výpočetní program RELUX

Výpočetní program RELUX patří do světové špičky mezi programy pro navrhování osvětlení. Tento švýcarský program umožňuje udělat kompletní návrh osvětlovací soustavy. Časově neomezenou verzi tohoto programu lze stáhnout zdarma na internetových stránkách firem, které přispěly k jeho realizaci. Do tohoto programu lze velice snadno implementovat světelně technická data svítidel a světelných zdrojů od různých výrobců. RELUX umí vypočítat denní i umělé osvětlení dále umožňuje vkládání různého nábytku, oken, dveří.



Obr. 12 Ukázka programu RELUX.

5.3 Navržené varianty osvětlení

V první variantě při použití svítidla č.1 Novaluna (5MC22B72PS 2*28W) pro zajištění požadovaných hodnot osvětlenosti, UGR vyšlo, že se musí použít 12 kusů svítidel.

V druhé variantě při použití svítidla č.2 Siteco Rasterleuchte (5LL21211C 1*36W) pro zajištění požadovaných hodnot osvětlenosti, UGR vyšlo, že se musí použít 20 kusů svítidel.

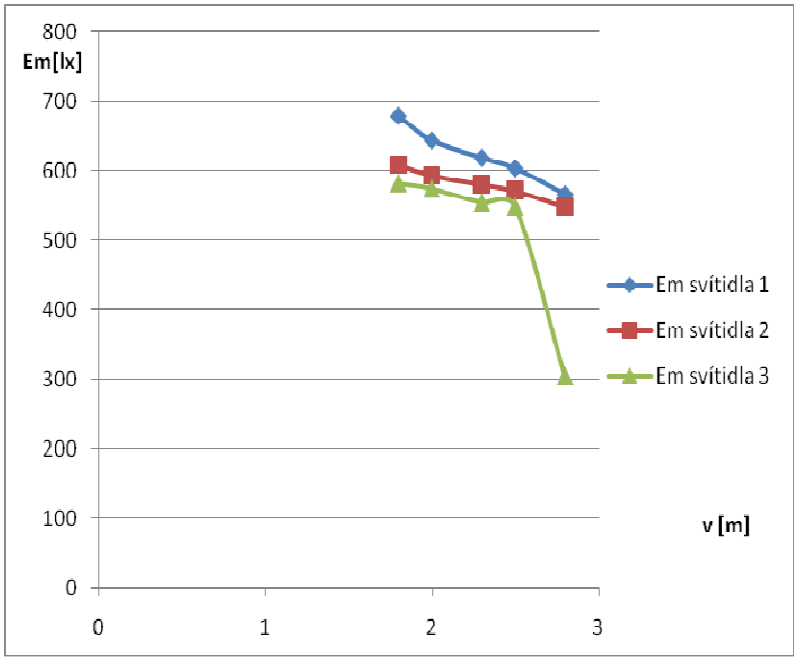
V třetí variantě při použití svítidla č.3 Comfolight 2 (5MF23W71QS 1*35W) pro zajištění požadovaných hodnot osvětlenosti, UGR vyšlo, že se musí použít 20 kusů svítidel.

V přílohách je z důvodu přehlednosti uveden podrobný návrh umělého osvětlení pro vybraná svítidla.

6 Zhodnocení vlivu volby parametrů výpočtu na kvantitativní a kvalitativní parametry osvětlovací soustavy

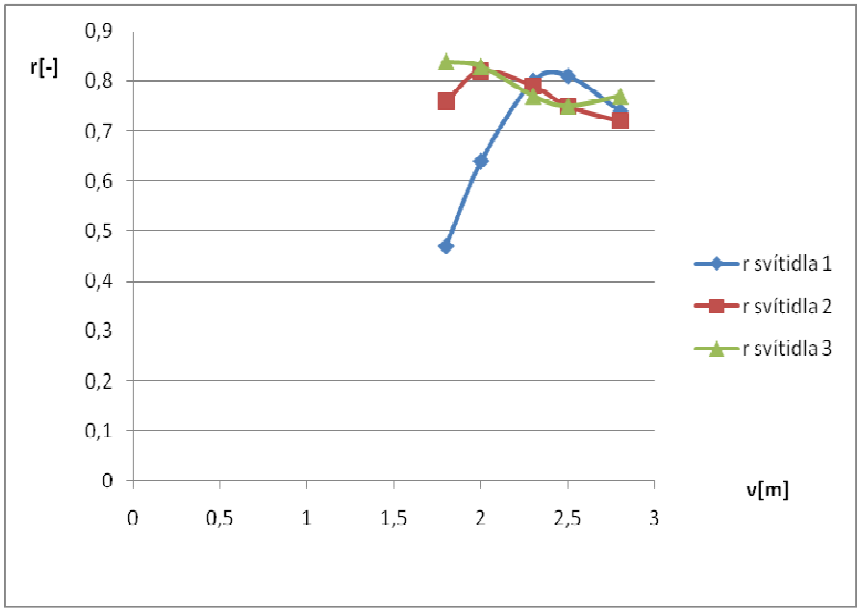
Sledované parametry jsou vyneseny do grafů, kde je sledován vliv daného parametru na kvantitativní a kvalitativní parametry osvětlovací soustavy. Zbylé parametry zůstanou konstantní. Výsledné hodnoty simulací jsou uvedeny v tabulkách v příloze.

6.1 Závislost kvantitativních a kvalitativních parametrů na výšce svítidla



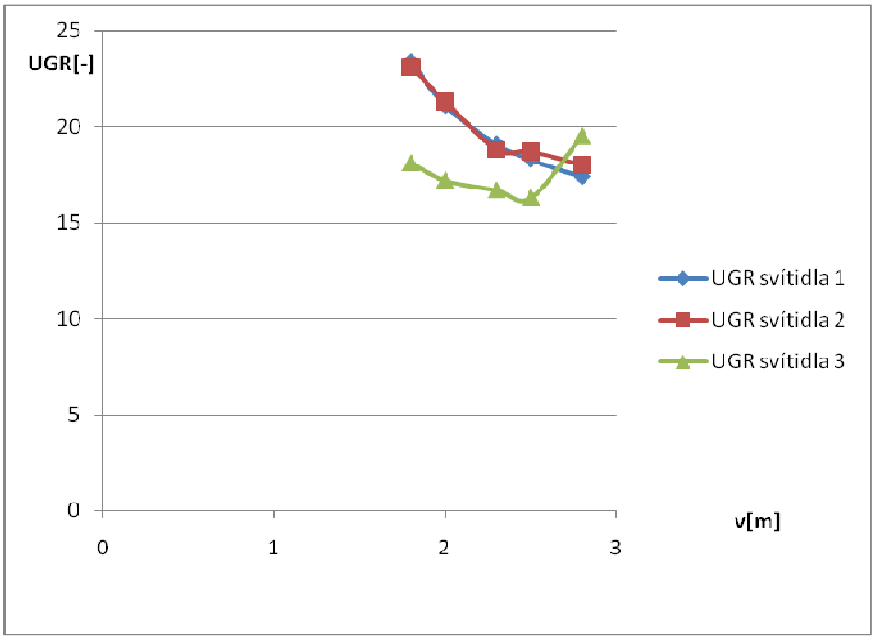
Obr. 13 Závislost osvětlenosti na výšce svítidla.

Z grafu je patrné, že čím je svítidlo níž je osvětlenost větší. Skok u svítidla 3 je způsoben tím, že je to svítidlo typu nepřímé-přímé. Svítidlo nemůže vyzařovat světlo do horního poloprostoru, neboť mu v tom brání upevnění na strop(není už zavěšené).



Obr. 14 Závislost rovnoměrnosti osvětlení na výšce svítidla.

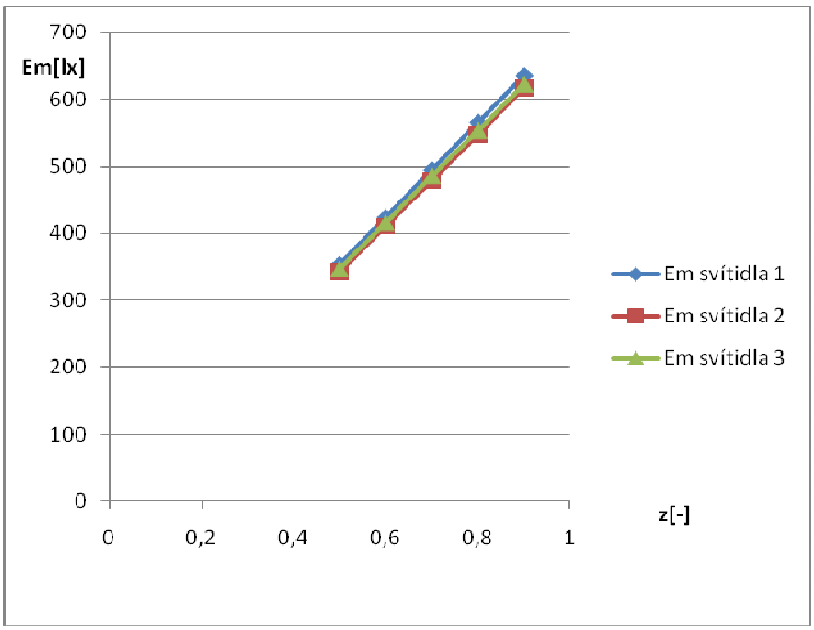
Z obrázku 14 je vidět , že u svítidla 1 je rovnoměrnost osvětlení nejvíce závislé na výšce svítidla. U zbylých dvou svítidel je závislost menší.



Obr. 15 Závislost UGR na výšce svítidla.

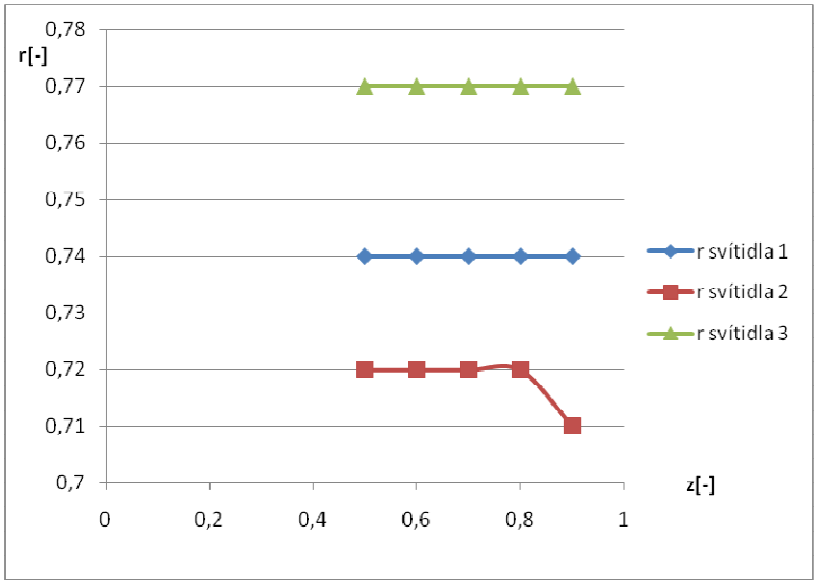
Z grafu je patrné, že čím je svítidlo umístěné níže, tím hrozí větší nebezpečí vzniku osnění.

6.2 Závislost kvantitativních a kvalitativních parametrů na udržovacím činiteli



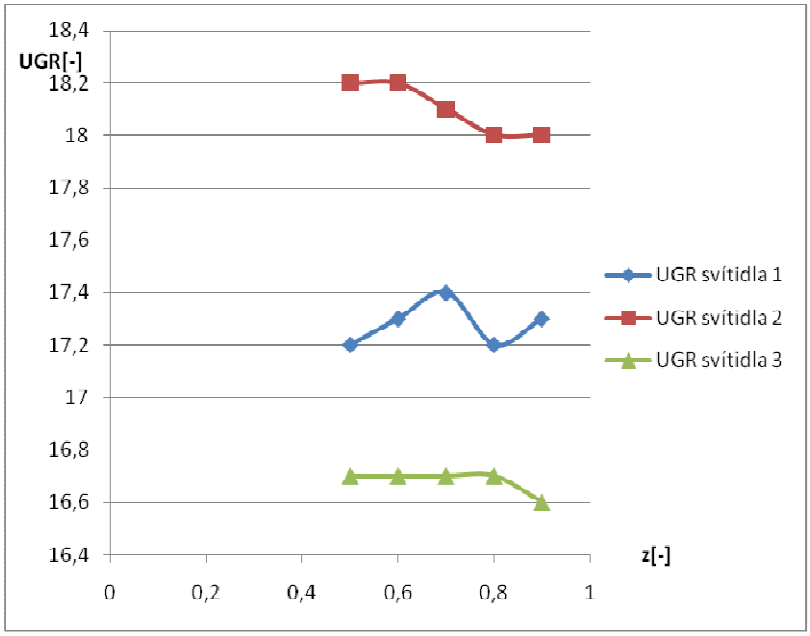
Obr. 16 Závislost osvětlenosti na udržovacím činiteli.

Na tomto grafu je vidět, že čím je menší udržovací činitel, tím je menší hodnota osvětlenosti.



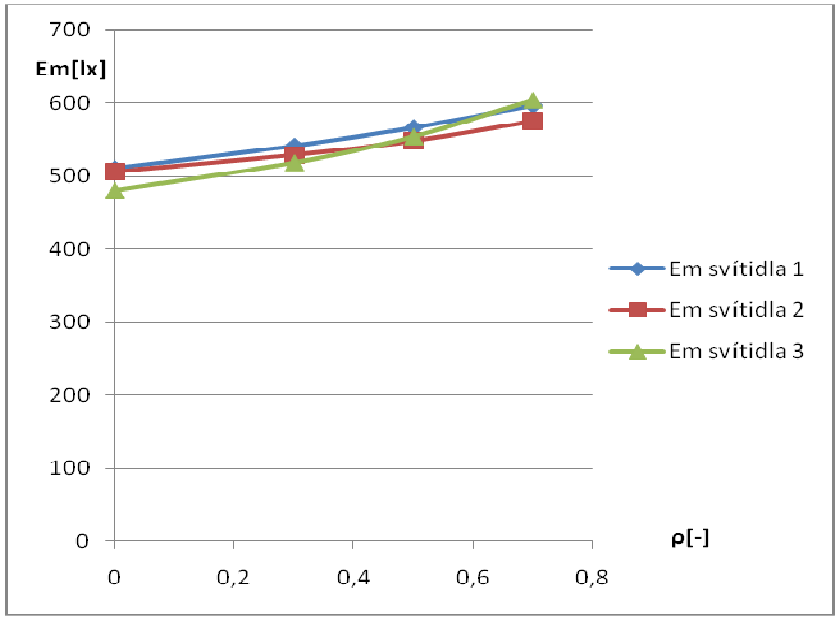
Obr. 17 Závislost rovnoměrnosti osvětlení na udržovacím činiteli.

Závislost rovnoměrnosti osvětlení na udržovacím činiteli je u svítidel konstantní kromě svítidla 2, kde mírně rovnoměrnost zhoršila.



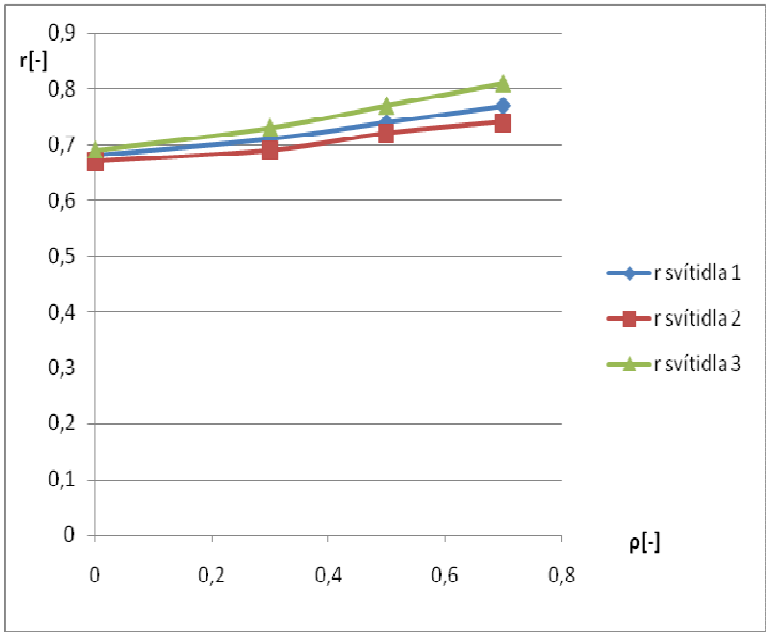
Obr. 18 Závislost UGR na udržovacím činiteli.

6.3 Závislost kvantitativních a kvalitativních parametrů na činiteli odrazu stěn



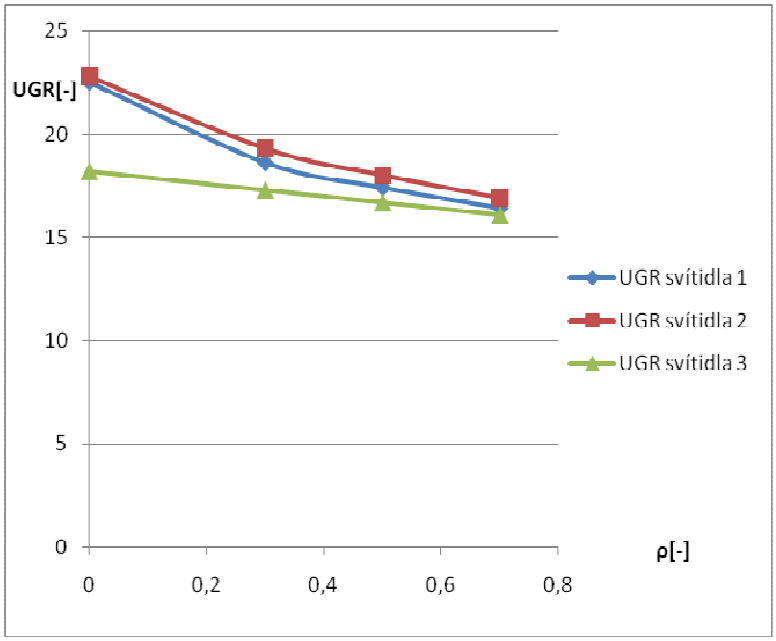
Obr. 19 Závislost osvětlenosti na činiteli odrazu stěn.

Zde je vidět , že všechna svítidla jsou přibližně stejně ovlivňována činitelem odrazu stěn. Křivky mejí roztoucí charakter.



Obr. 20 Závislost rovnoměrnosti osvětlení na činiteli odrazu stěn.

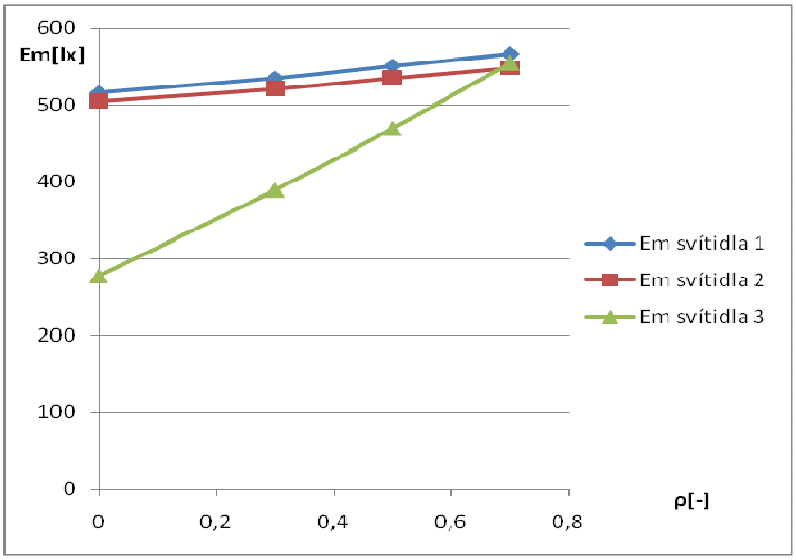
Zde je vidět, jak rovnoměrnost osvětlení lineárně roste s hodnotou činitele odrazu stěn.



Obr. 21 Závislost UGR na činiteli odrazu stěn.

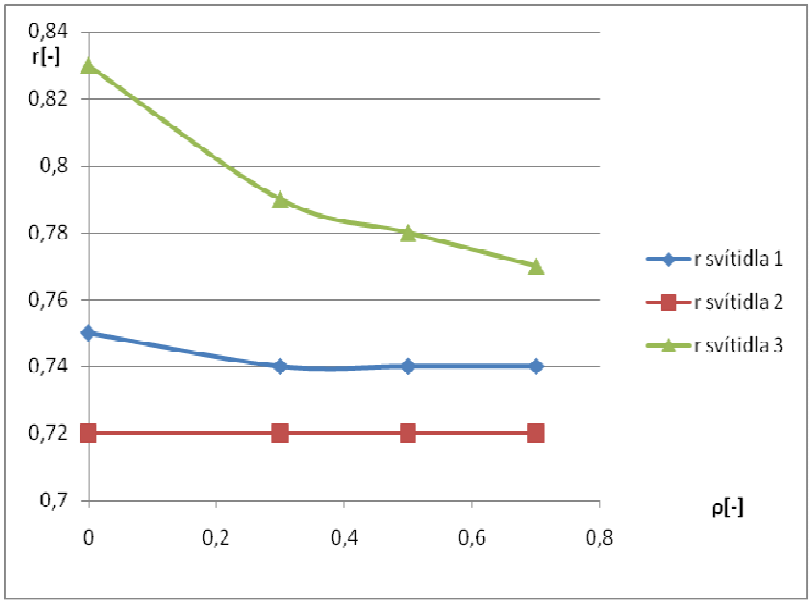
Z grafu je patrné, že svítidla 1 a 2 mají horší závislost hodnoty oslnění UGR než svítidlo 3.

6.4 Závislost kvantitativních a kvalitativních parametrů na činiteli odrazu stropu



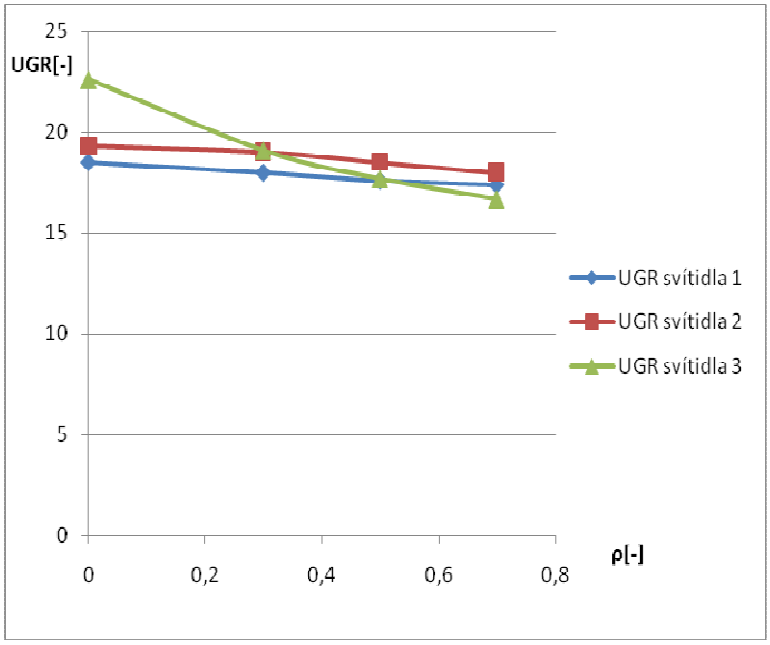
Obr. 22 Závislost osvětlenosti na činiteli odrazu stropu.

Svítidla 1a 2 jsou přímého typu a proto jsou málo ovlivňovány činitelem odrazu stropu. Naopak svítidlo 3 je nepřímo přímé a je značně závislé na velikosti činitele odrazu stropu.



Obr. 23 Závislost rovnoměrnosti osvětlení na činiteli odrazu stropu.

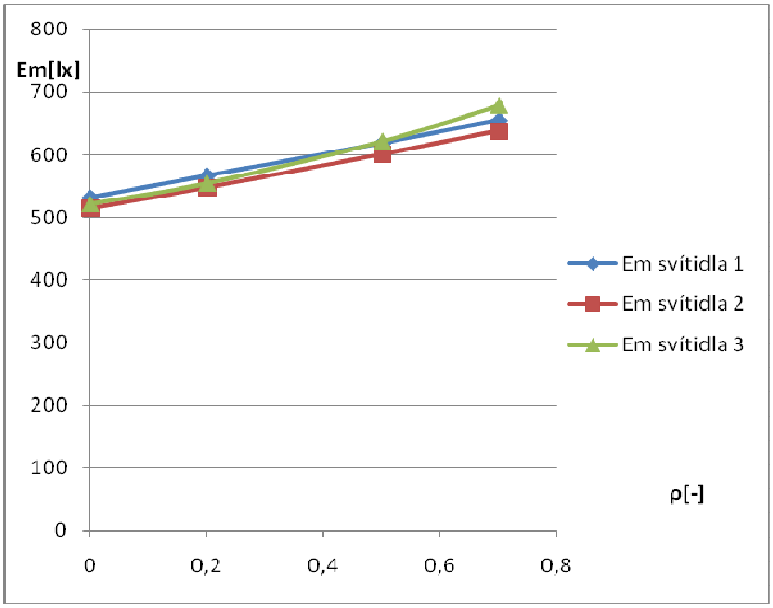
Jelikož svítidla 1 a 2 nevyzařují světlo do horního poloprostoru neovlivňuje činitel odrazu stropu výrazně rovnoměrnost osvětlení.



Obr. 24 Závislost UGR na činiteli odrazu stropu.

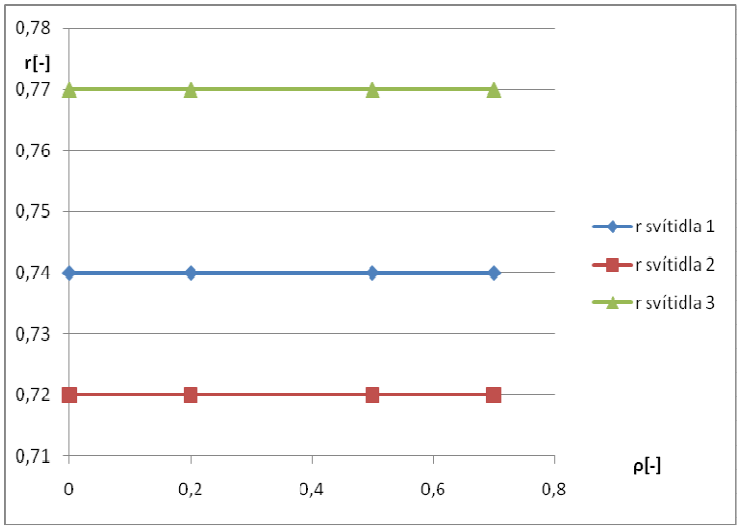
Z grafu je patrné, že oslnění od svítidel 1a 2 málo ovlivňuje činitel odrazu stropu, ale u svítidla 3 je vidět větší závislost na činiteli odrazu stropu.

6.5 Závislost kvantitativních a kvalitativních parametrů na činitelu odrazu podlahy



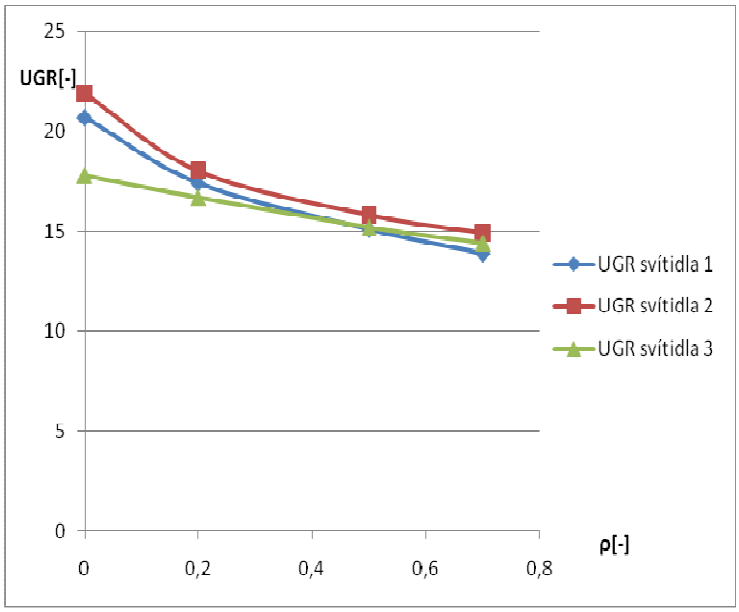
Obr. 25 Závislost ovětlenosti na činitelu odrazu podlahy.

Z grafu je patrné, že se zvětšujícím činitelem odrazu podlahy rozte osvětlenost u všech svítidel lineárně.



Obr. 26 Závislost rovnoměrnosti osvětlení na činitelu odrazu podlahy.

Zde je vidět, že činitel odrazu podlahy neovlivnil rovnoměrnost osvětlení.



Obr. 27 Závislost UGR na činitelu odrazu podlahy.

Svítidla 1 a 2 mají podobnou závislost UGR na činiteli odrazu podlahy (přímá svítidla).

Závislost svítidla 3 je méně závislá na činitely odrazu podlahy.

7 Závěr

Je nevyvratitelné, že světlo je základem života, zdraví a pohody. Dobré světelné podmínky motivují člověka k činnosti, k práci, povzbuzují náladu a vytváří příjemnou atmosféru. Špatné světlo naopak utlumuje, snižuje pracovní výkonnost a bezpečnost. Vnitřní prostředí může být osvětleno světlem denním, umělým nebo oběma současně (sdružené osvětlení). Umělé osvětlení se používá k vytvoření světelného klimatu v době, kdy denní osvětlení není dostatečné nebo nelze použít. Osvětlení umělými zdroji světla musí respektovat kvalitativní a kvantitativní parametry světla a musí vytvořit dobré podmínky pro zrakovou pohodu a zrakový výkon.

Na začátku této práce jsem popsal základní fotometrické veličiny, kvalitativní a kvantitativní parametry osvětlovací soustavy. Dále jsem stanovil kriteria pro výběr svítidel pro vnitřní osvětlování a porovnal používaná svítidla.

Návrh osvětlovací soustavy kanceláře jsem provedl pro tři typy svítidel. Pro první variantu jsem vybral svítidlo Novaluna (5MC22B72PS 2*28W), druhá varianta využívá svítidla Siteco Rasterleuchte (5LL21211C 1*36W) a pro třetí variantu vybral svítidla Comfolight 2 (5MF23W71QS 1*35W). Při návrhu jsem pracoval s výpočetním programem RELUX.

Na závěr jsem se zaměřil na zhodnocení vlivu volby parametrů výpočty na kvantitativní a kvalitativní parametry osvětlovací soustavy.

8 Literatura

[1] Linda, J.: Elektrické světlo 1., ZČU Plzeň 1993

[2] Linda, J.: Elektrické světlo 2., ZČU Plzeň 1995

[3] Linda, J.: Elektrické světlo 3., ZČU Plzeň 1995

[4] Habel, J. a kol. : Světelná technika a osvětlování, FCC Public Praha, 1995

[5] ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlení – Osvětlení vnitřních prostorů Část 1: Vnitřní prostory

[6] Časopis Světlo 2008/6

[7] Časopis Světlo 2008/6

[8] Sokanský, K. a kol. : Racionalizace v osvětlování kancelářských, školských a bytových prostor, VŠB-TU Ostrava 2004

[9] Časopis Světlo www.siteco.cz

[10] Časopis Světlo 2007/6

[11] Časopis Světlo 2010/2

[12] Linda, J.: Přednášky z předmětu elektrické světlo

Přílohy:

Tabulky vypočítaných hodnot v programu RELUX

Návrh osvětlovací soustavy se svítidlem Novaluna (5MC22B72PS 2*28W)

Návrh osvětlovací soustavy se svítidlem Siteco Rasterleuchte (5LL21211C 1*36W)

Návrh osvětlovací soustavy se svítidlem Comfolight 2 (5MF23W71QS 1*35W)

Tabulky vypočítaných hodnot v programu RELUX

Tab. 1:Závislost kvantitativních a kvalitativních parametrů na výšce svítidla

Svítidlo 1 – Novaluna (5MC22B72PS 2*28W)						
Výška svítidla v [m]	Em [lx]	r [-]	UGR ze směru sever	UGR ze směru východ	UGR ze směru jih	UGR ze směru západ
2,8	566	0,74	17,8	17,4	18	17,6
2,5	603	0,81	17,3	18,3	17,1	18,4
2,3	618	0,80	19,3	19,1	19,4	19,4
2	643	0,64	20,8	21,1	21	21,3
1,8	678	0,47	18,4	23,4	18,4	23,1

Tab. 2: Závislost kvantitativních a kvalitativních parametrů na udržovacím činiteli z

Svítidlo 1 – Novaluna (5MC22B72PS 2*28W)						
Udržovací činitel z	Em [lx]	r [-]	UGR ze směru sever	UGR ze směru východ	UGR ze směru jih	UGR ze směru západ
0,9	636	0,74	17,8	17,3	18	17,6
0,8	566	0,74	17,8	17,2	17,8	17,3
0,7	495	0,74	17,9	17,4	17,9	17,4
0,6	424	0,74	17,9	17,3	17,7	17,6
0,5	354	0,74	17,8	17,2	17,6	17,3

Tab. 3: Závislost kvantitativních a kvalitativních parametrů na činiteli odrazu stěn

Svítidlo 1 – Novaluna (5MC22B72PS 2*28W)						
Činitel odrazu stěn ρ	Em [lx]	r [-]	UGR ze směru sever	UGR ze směru východ	UGR ze směru jih	UGR ze směru západ
0,7	596	0,77	17	16,4	19,8	16,5
0,5	566	0,74	17,8	17,4	18	17,6
0,3	541	0,71	19	18,6	19,1	18,5
0	510	0,68	22,4	22,5	22,4	21,8

Tab. 4: Závislost kvantitativních a kvalitativních parametrů na činiteli odrazu stropu

Svítidlo 1 – Novaluna (5MC22B72PS 2*28W)						
Činitel odrazu stropu ρ	Em [lx]	r [-]	UGR ze směru sever	UGR ze směru východ	UGR ze směru jih	UGR ze směru západ
0,7	566	0,74	17,8	17,4	18	17,6
0,5	551	0,74	18,1	17,6	18,2	17,6
0,3	535	0,74	18,4	18	18,4	18,2
0	516	0,75	18,9	18,5	18,8	18,7

Tab. 5: Závislost kvantitativních a kvalitativních parametrů na činiteli odrazu podlahy

Svítidlo 1 – Novaluna (5MC22B72PS 2*28W)						
Činitel odrazu podlahy ρ	Em [lx]	r [-]	UGR ze směru sever	UGR ze směru východ	UGR ze směru jih	UGR ze směru západ
0,7	655	0,74	14,9	13,9	14,7	14,1
0,5	618	0,74	15,7	15,1	15,8	15,4
0,2	566	0,74	17,8	17,4	18	17,6
0	531	0,74	20,9	20,7	21	20,4

Tab. 6: Závislost kvantitativních a kvalitativních parametrů na výšce svítidla

Svítidlo 2 – Siteco Rasterleuchte (5LL21211C 1*36W)						
Výška svítidla v [m]	Em [lx]	r [-]	UGR ze směru sever	UGR ze směru východ	UGR ze směru jih	UGR ze směru západ
2,8	548	0,72	16,5	18	16,8	18,2
2,5	571	0,75	18,3	18,7	18,2	18,5
2,3	580	0,79	18	18,8	18,2	18,8
2	593	0,82	21,9	21,3	21,9	21,1
1,8	608	0,76	23,6	23,1	23,6	23,2

Tab. 7:Závislost kvantitativních a kvalitativních parametrů na udržovacím činiteli z

Svítidlo 2 – Siteco Rasterleuchte (5LL21211C 1*36W)						
Udržovací činitel z	Em [lx]	r [-]	UGR ze směru sever	UGR ze směru východ	UGR ze směru jih	UGR ze směru západ
0,9	618	0,71	16,4	18	16,5	18
0,8	548	0,72	16,5	18	16,8	18,2
0,7	479	0,72	16,7	18,1	16,5	18,2
0,6	411	0,72	16,6	18,2	16,7	18,2
0,5	342	0,72	16,7	18,2	16,7	18,2

Tab. 8: Závislost kvantitativních a kvalitativních parametrů na činiteli odrazu stěn

Svítidlo 2 – Siteco Rasterleuchte (5LL21211C 1*36W)						
Činitel odrazu stěn ρ	Em [lx]	r [-]	UGR ze směru sever	UGR ze směru východ	UGR ze směru jih	UGR ze směru západ
0,7	575	0,74	15,3	16,9	15,6	16,9
0,5	548	0,72	16,5	18	16,8	18,2
0,3	529	0,69	17,8	19,3	17,8	19,4
0	506	0,67	21,4	22,8	21,4	22,2

Tab. 9:Závislost kvantitativních a kvalitativních parametrů na činiteli odrazu stropu

Svítidlo 2 – Siteco Rasterleuchte (5LL21211C 1*36W)						
Činitel odrazu stropu ρ	Em [lx]	r [-]	UGR ze směru sever	UGR ze směru východ	UGR ze směru jih	UGR ze směru západ
0,7	548	0,72	16,5	18	16,8	18,2
0,5	535	0,72	16,9	18,5	16,6	18,5
0,3	521	0,72	17,2	19	17,2	18,7
0	505	0,72	17,5	19,3	17,4	19,3

Tab. 10:Závislost kvantitativních a kvalitativních parametrů na činiteli odrazu podlahy

Svítidlo 2 – Siteco Rasterleuchte (5LL21211C 1*36W)						
Činitel odrazu podlahy ρ	Em [lx]	r [-]	UGR ze směru sever	UGR ze směru východ	UGR ze směru jih	UGR ze směru západ
0,7	638	0,72	13,5	14,9	13,8	15,7
0,5	601	0,72	14,4	15,8	14,5	15,7
0,2	548	0,72	16,5	18	16,8	18,2
0	515	0,72	20,3	21,9	20,3	21,8

Tab. 11: Závislost kvantitativních a kvalitativních parametrů na výšce svítidla

Svítidlo 3 - Comfolight 2 (5MF23W71QS 1*35W)						
Výška svítidla v [m]	Em [lx]	r [-]	UGR ze směru sever	UGR ze směru východ	UGR ze směru jih	UGR ze směru západ
2,8	304	0,77	19	19,5	19,1	19,5
2,5	548	0,75	15,9	16,3	15,9	16,3
2,3	554	0,77	16,5	16,7	16,3	16,8
2	574	0,83	17,2	17,2	17,2	17,1
1,8	582	0,84	18,3	18,1	18,6	18,3

Tab. 12: Závislost kvantitativních a kvalitativních parametrů na udržovacím činiteli z

Svítidlo 3 - Comfolight 2 (5MF23W71QS 1*35W)						
Udržovací činitel z	Em [lx]	r [-]	UGR ze směru sever	UGR ze směru východ	UGR ze směru jih	UGR ze směru západ
0,9	623	0,77	16,2	16,6	16,3	16,7
0,8	554	0,77	16,5	16,7	16,3	16,8
0,7	486	0,77	16,3	16,7	16,4	16,8
0,6	416	0,77	16,3	16,7	16,4	16,8
0,5	347	0,77	16,3	16,7	16,4	16,8

Tab. 13: Závislost kvantitativních a kvalitativních parametrů na činiteli odrazu stěn

Svítidlo 3 - Comfolight 2 (5MF23W71QS 1*35W)						
Činitel odrazu stěn ρ	Em [lx]	r [-]	UGR ze směru sever	UGR ze směru východ	UGR ze směru jih	UGR ze směru západ
0,7	604	0,81	15,6	16,1	15,6	16,3
0,5	554	0,77	16,5	16,7	16,3	16,8
0,3	518	0,73	16,8	17,3	16,9	17,3
0	480	0,69	17,9	18,2	17,9	18,1

Tab. 14: Závislost kvantitativních a kvalitativních parametrů na činiteli odrazu stropu

Svítidlo 3 - Comfolight 2 (5MF23W71QS 1*35W)						
Činitel odrazu stropu ρ	Em [lx]	r [-]	UGR ze směru sever	UGR ze směru východ	UGR ze směru jih	UGR ze směru západ
0,7	554	0,77	16,5	16,7	16,3	16,8
0,5	469	0,78	17,3	17,7	17,3	17,7
0,3	389	0,79	18,8	19,1	18,7	19,1
0	277	0,83	22,6	22,6	22,3	22,8

Tab. 15: Závislost kvantitativních a kvalitativních parametrů na činiteli odrazu podlahy

Svítidlo 3 - Comfolight 2 (5MF23W71QS 1*35W)						
Činitel odrazu podlahy ρ	Em [lx]	r [-]	UGR ze směru sever	UGR ze směru východ	UGR ze směru jih	UGR ze směru západ
0,7	678	0,77	13,9	14,4	14	14,4
0,5	621	0,77	14,9	15,2	14,8	15,4
0,2	554	0,77	16,5	16,7	16,3	16,8
0	521	0,77	17,4	17,8	17,4	17,8

Evidenční list

Souhlasím s tím, aby moje diplomová práce byla půjčována k prezenčnímu studiu v Univerzitní knihovně ZČU v Plzni.

Datum: Podpis:

Uživatel stvrzuje svým čitelným podpisem, že tuto diplomovou práci použil ke studijním účelům a prohlašuje, že ji uvede mezi použitými prameny.

Jméno	Fakulta/Katedra	Datum	Podpis

Kancelář1

Popis : Kancelář

Číslo projektu	:	Diplomová práce
Zákazník	:	Václav Košan
Vypracoval	:	Václav Košan
Datum	:	23.04.2012

Následující hodnoty vycházejí z přesných výpočtů kalibrovaných světelných zdrojů, svítidel a jejich rozmístění. V praxi se mohou projevit určité odchylky.Záruční reklamace na data svítidel jsou vyloučeny.

Relux a výrobci svítidel nepřijímají žádnou odpovědnost za následné škody a škody, které vzniknou uživateli nebo třetím stranám.

1 Údaje o svítidle

1.1 Siteco, Novaluna® (5MC22B72PS)

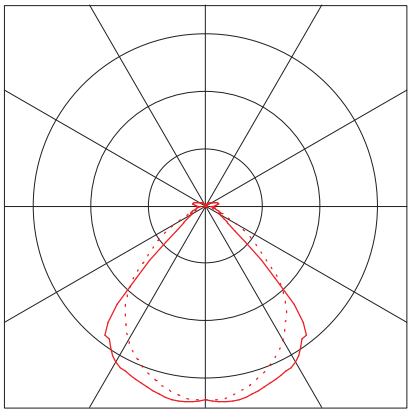
1.1.1 Specifikace svítidla

Výrobce: Siteco

5MC22B72PS linear fluorescent luminaire-ceiling mounted Novaluna®
Novaluna®, linear fluorescent luminaire, primary light control with specular reflector, of aluminium, primary anti-glare with ELDACON®, primary optical cover: cover panel, of PMMA, prismatic structure, light emission: direct distribution, primary light characteristic: symmetric, installation type: surface-mounted, for 2 x T16 28W, ballast: ECG, with terminal, 3-pole, max. 2.5mm², mains connection: 230V, AC, 50Hz, luminaire housing, of sheet steel, coated, metallic grey (RAL 9006), length: 1.203 mm, width: 266 mm, height: 55mm, protection rating (complete): IP20, insulation class (complete): insulation class I (protective earthing), certification: CE, ENEC 10, VDE, protection symbol: F, permissible ambient temperature for indoor applications: <= +25°C, standard: EN 50419, packaging unit: 1 piece,

Údaje o svítidle		
Účinnost svítidla	:	73.2%
Luminaire efficacy	:	60.42 lm/W
Classification	:	A51 93.7% ↑6.3%
CIE Flux Codes	:	67 92 98 94 73
Předřadník	:	ECG
Celkový příkon systému	:	63 W
Délka	:	1203 mm
Šířka	:	266 mm
Výška	:	48 mm

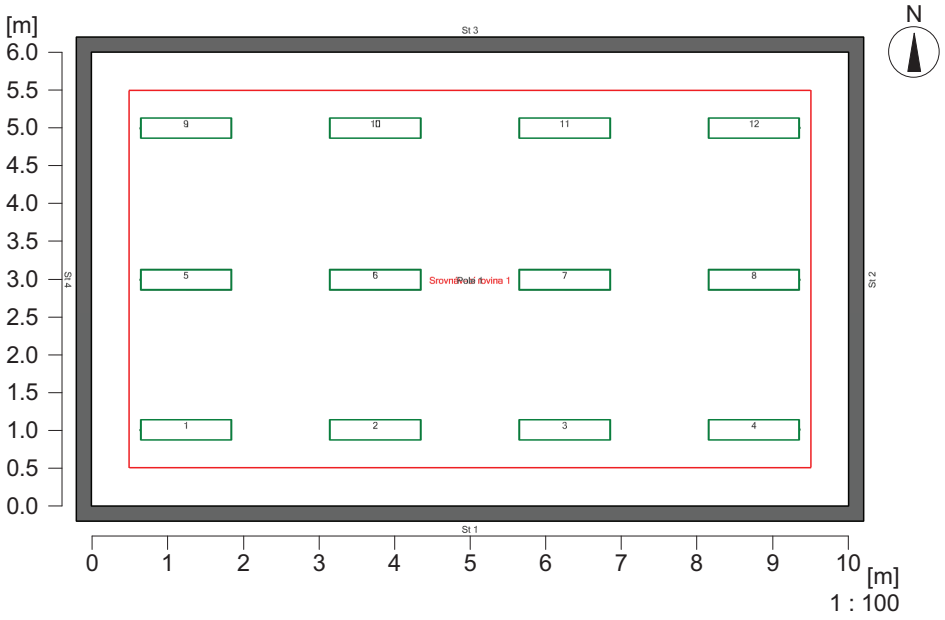
Osazeno		
Počet	:	2
Označení	:	T16 (OSRAM)
Výkon	:	28 W
Barva	:	
Světelný tok	:	2600 lm



2 Kancelář

2.1 Popis, Kancelář

2.1.1 Půdorys



Údaje o prostoru:

W1	: 10.00	50.0 %
W2	: 6.00	50.0 %
W3	: 10.00	50.0 %
W4	: 6.00	50.0 %
W5	: -----	-----
W6	: -----	-----
Podlaha:	-----	20.0 %
Strop:	-----	70.0 %
Výška místnosti [m]:		2.80
Výška srovnávací roviny [m]:		0.75
Výška roviny svítidel [m]:		2.80

Činitelé odrazu:

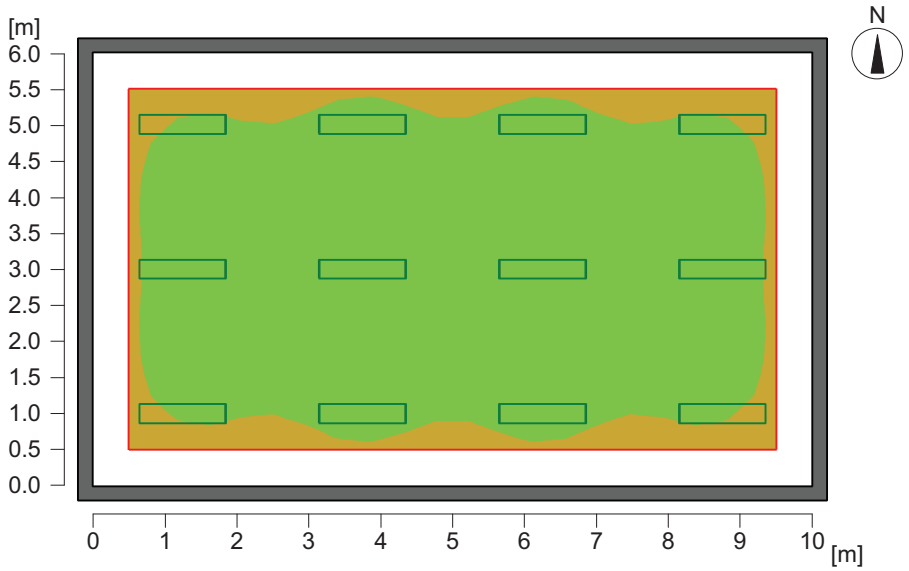
Konstrukční prvky

Pi : Pilíř
Př : Příčka
Pp : Reálná pracovní plocha
m : Virtuální měřicí plocha
Sv : Světlík
Ob : Obráz
Ok : Okno
D : Dveře
Ná : Nábytek

2 Kancelář

2.2 Přehled výsledků, Kancelář

2.2.1 Přehled výsledků, Srovnávací rovina 1



Intenzita osvětlení [lx]

Obecně

Použitý algoritmus výpočtu	centrální podíl nepřímé složky
Výška hodnotící plochy	0.75 m
Výška roviny svítidel	2.80 m
Udržovací činitel	0.80
Celkový světelný tok všech zdrojů	62400 lm
Celkový výkon	756 W
Celkový výkon na ploše (60.00 m2)	12.60 W/m2 (2.23 W/m2/100lx)

Intenzity osvětlení

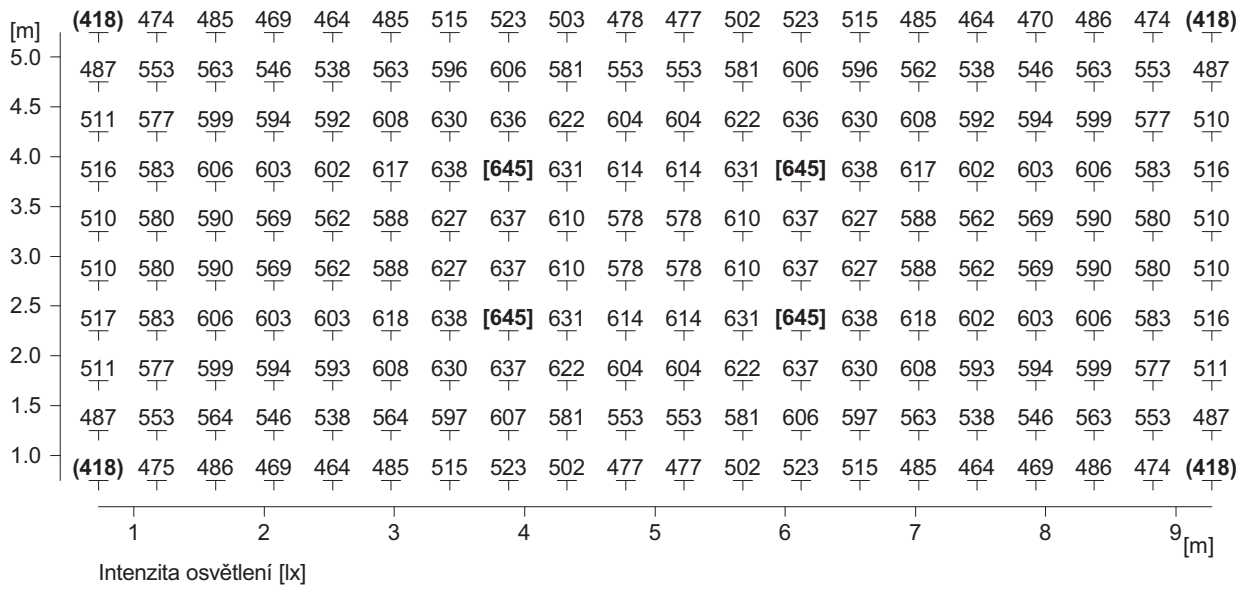
Udržovaná osvětlenost	Em	566 lx
Minimální osvětlenost	Emin	418 lx
Maximální osvětlenost	Emax	645 lx
Rovnoměrnost g1	Emin/Em	1:1.35 (0.74)
Rovnoměrnost g2	Emin/Emax	1:1.54 (0.65)

Typ	Č.	výrobce
		Siteco
8	12	Objednací č. : 5MC22B72PS
		Název svítidla : Novaluna®
		Osazení : 2 x T16 (OSRAM) 28 W / 2600 lm

2 Kancelář

2.3 Výsledky výpočtu, Kancelář

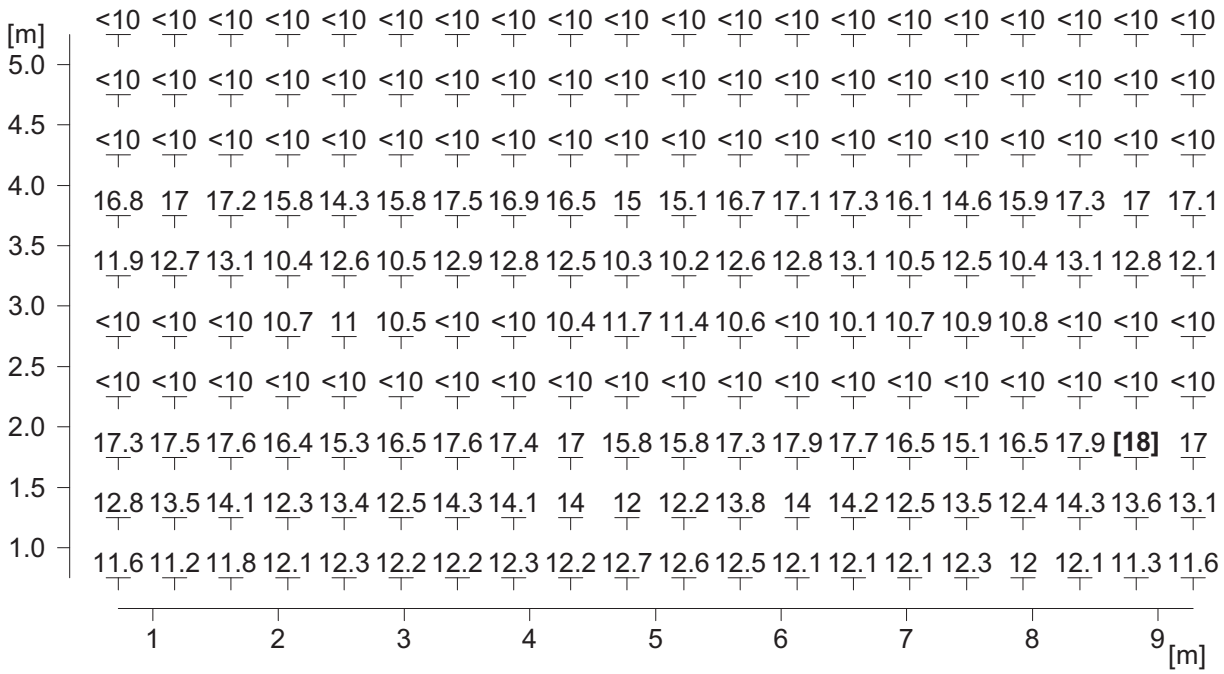
2.3.1 Tabulka, Srovnávací rovina 1 (E)



Výška srovnávací roviny		: 0.75 m
Udržovaná osvětlenost	Em	: 566 lx
Minimální osvětlenost	Emin	: 418 lx
Maximální osvětlenost	Emax	: 645 lx
Rovnoměrnost g1	Emin/Em	: 1 : 1.35 (0.74)
Rovnoměrnost g2	Emin/Emax	: 1 : 1.54 (0.65)

2.3 Výsledky výpočtu, Kancelář

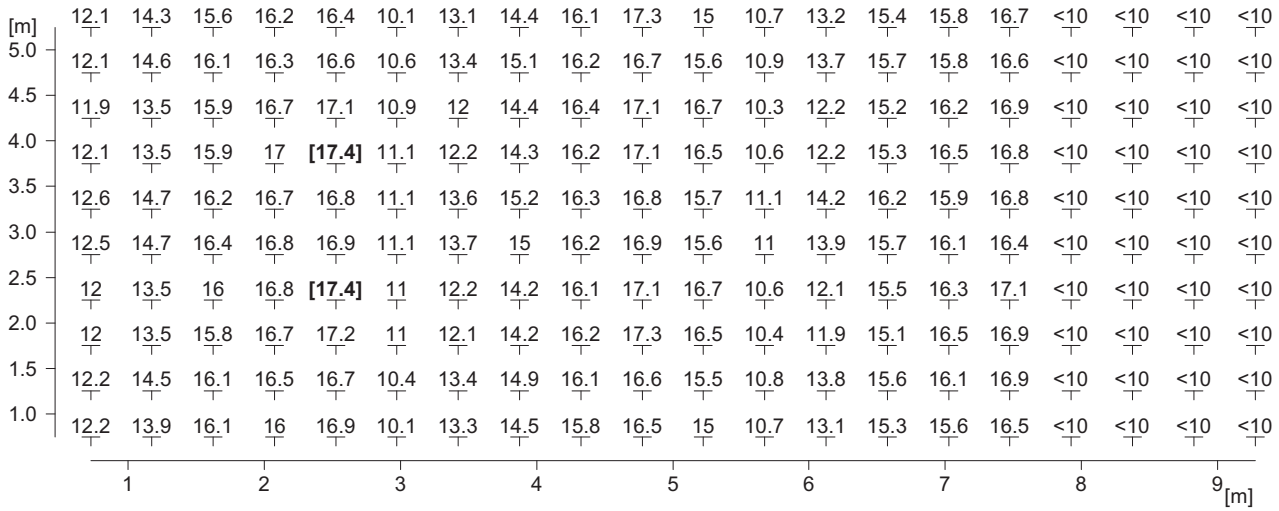
2.3.2 Tabulka, Srovnávací rovina 1 (UGR, Sever (0°))



Výška srovnávací roviny	: 1.20 m
ze směru	: Sever (0°)
Minimální	: <10
Maximální	: 18

2.3 Výsledky výpočtu, Kancelář

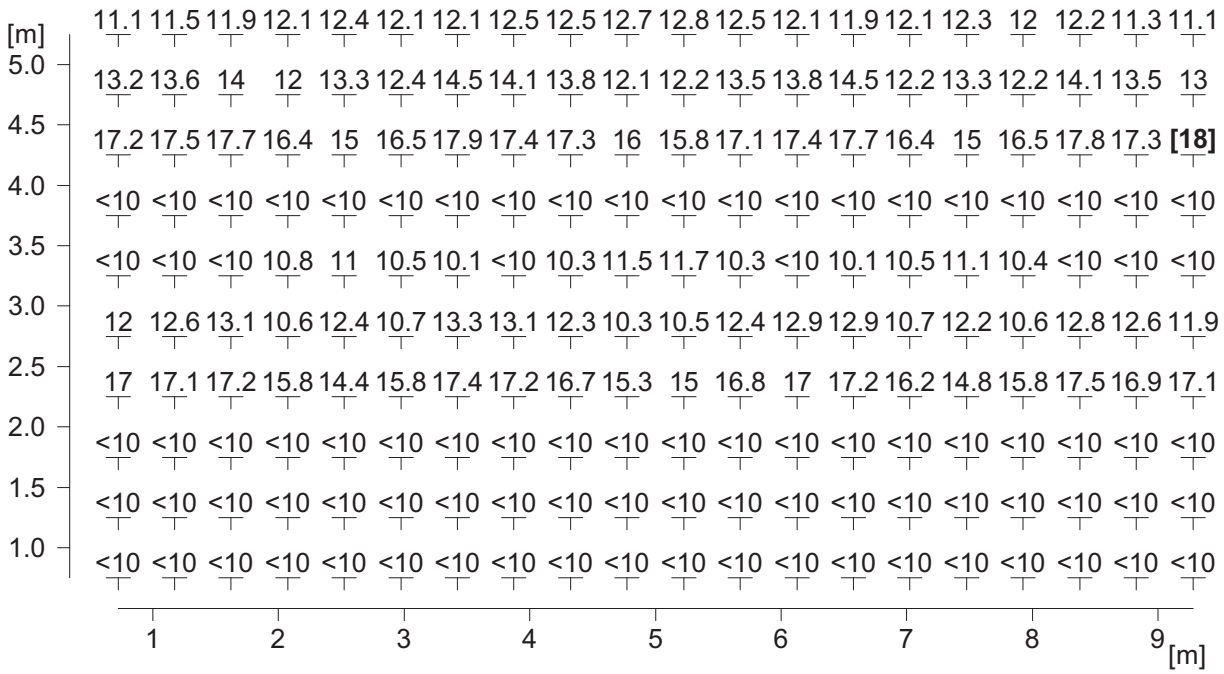
2.3.3 Tabulka, Srovnávací rovina 1 (UGR, Východ (90°))



Výška srovnávací roviny	: 1.20 m
ze směru	: Východ (90°)
Minimální	: <10
Maximální	: 17.4

2.3 Výsledky výpočtu, Kancelář

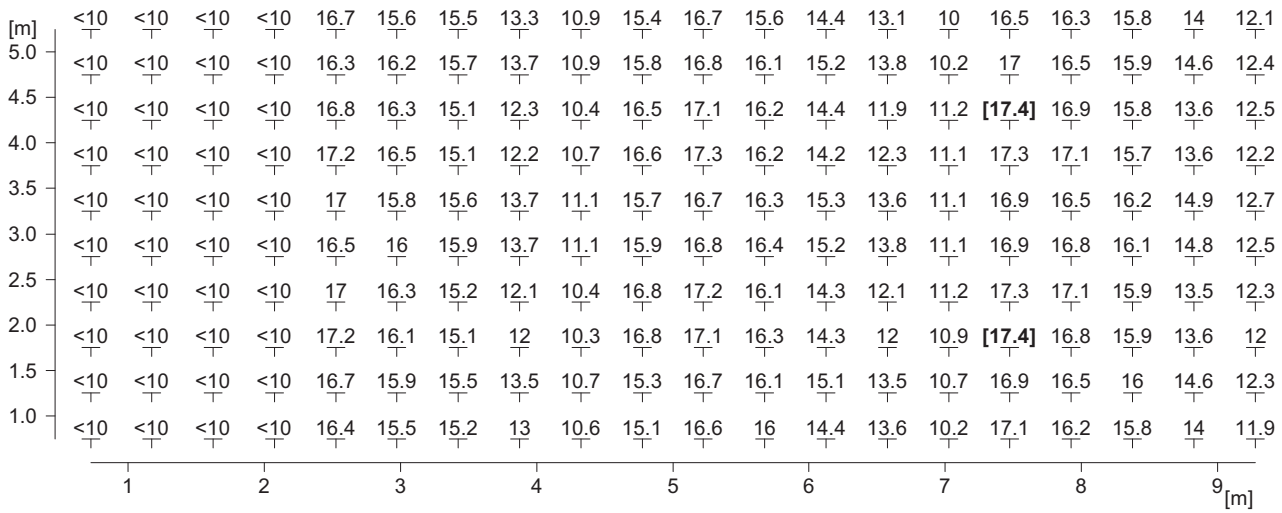
2.3.4 Tabulka, Srovnávací rovina 1 (UGR, Jih (180°))



Výška srovnávací roviny	: 1.20 m
ze směru	: Jih (180°)
Minimální	: <10
Maximální	: 18

2.3 Výsledky výpočtu, Kancelář

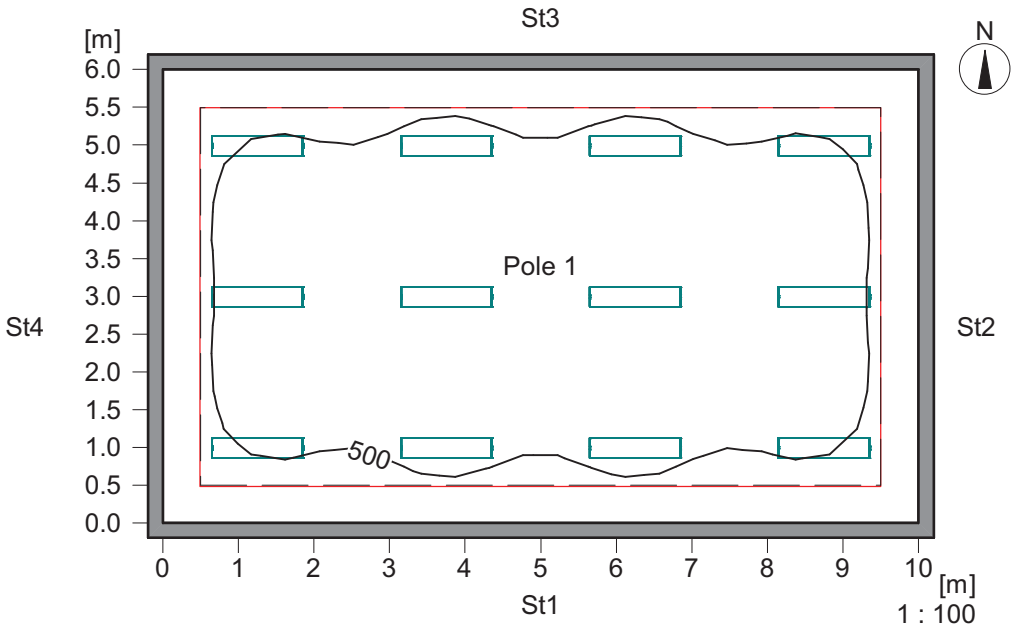
2.3.5 Tabulka, Srovnávací rovina 1 (UGR, Západ (270°))



Výška srovnávací roviny	: 1.20 m
ze směru	: Západ (270°)
Minimální	: <10
Maximální	: 17.4

2.3 Výsledky výpočtu, Kancelář

2.3.6 Izočáry, Srovnávací rovina 1 (E)

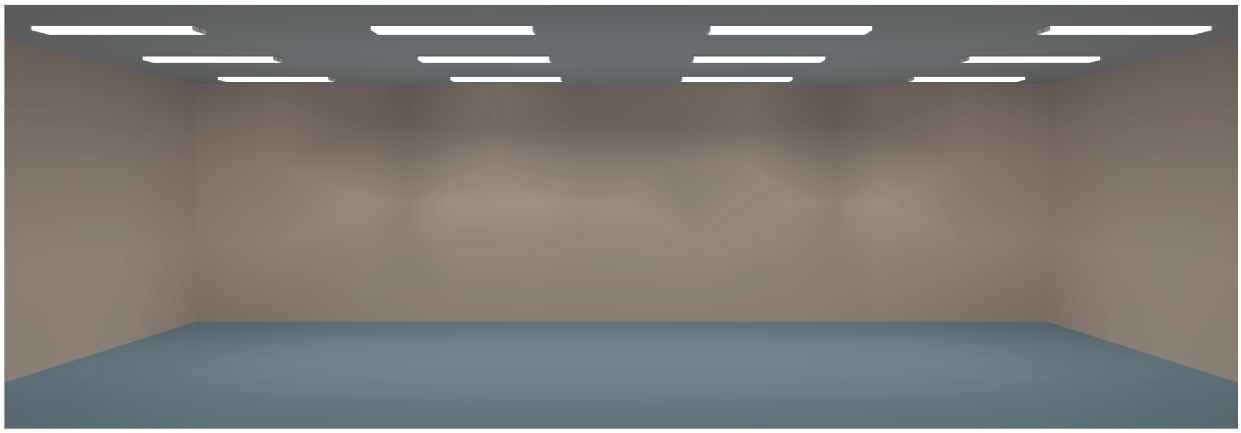


Intenzita osvětlení [lx]

Výška srovnávací roviny		: 0.75 m
Udržovaná osvětlenost	Em	: 566 lx
Minimální osvětlenost	Emin	: 418 lx
Maximální osvětlenost	Emax	: 645 lx
Rovnoměrnost g1	Emin/Em	: 1 : 1.35 (0.74)
Rovnoměrnost g2	Emin/Emax	: 1 : 1.54 (0.65)

2.3 Výsledky výpočtu, Kancelář

2.3.7 3D jasy, Pohled zepředu



Jas scény
Minimum : 15.4 cd/m2
Maximum: : 44 cd/m2

Kancelář2

Popis : Kancelář

Číslo projektu	:	Diplomová práce
Zákazník	:	Václav Košan
Vypracoval	:	Václav Košan
Datum	:	23.04.2012

Následující hodnoty vycházejí z přesných výpočtů kalibrovaných světelných zdrojů, svítidel a jejich rozmístění. V praxi se mohou projevit určité odchylky.Záruční reklamace na data svítidel jsou vyloučeny.

Relux a výrobci svítidel nepřijímají žádnou odpovědnost za následné škody a škody, které vzniknou uživateli nebo třetím stranám.

1 Údaje o svítidle

1.1 Siteco, Siteco® Rasterleuchte (5LL21211C)

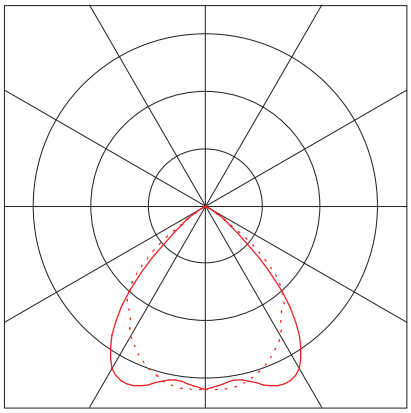
1.1.1 Specifikace svítidla

Výrobce: Siteco

5LL21211C linear fluorescent luminaire-ceiling mounted Siteco® Rasterleuchte
Siteco® louvre luminaire, linear fluorescent luminaire, primary anti-glare with specular louvre, of aluminium, highly specular, CAT 2 (L<= 1000cd/m²), light emission: direct distribution, primary light characteristic: symmetric, installation type: surface-mounted, for 1 x T26 36W, ballast: LLCG, inductive, with terminal, 3-pole, max. 2.5mm², mains connection: 230V, AC, 50Hz, luminaire housing, of sheet steel, coil coated, pure white, length: 1.248 mm, width: 210 mm, height: 87mm, protection rating (complete): IP20, insulation class (complete): insulation class I (protective earthing), certification: CE, ENEC in preparation, protection symbol: F, permissible ambient temperature for indoor applications: <= +25°C, standard: EN 50419, packaging unit: 1 piece,

Údaje o svítidle		
Účinnost svítidla	:	60.9%
Luminaire efficacy	:	46.37 lm/W
Classification	:	A60 100.0% ↑0.0%
CIE Flux Codes	:	74 99 100 100 61
Předřadník	:	L-LCG
Celkový příkon systému	:	44 W
Délka	:	1249 mm
Šířka	:	210 mm
Výška	:	87 mm

Osazeno		
Počet	:	1
Označení	:	T26 (OSRAM)
Výkon	:	36 W
Barva	:	
Světelný tok	:	3350 lm

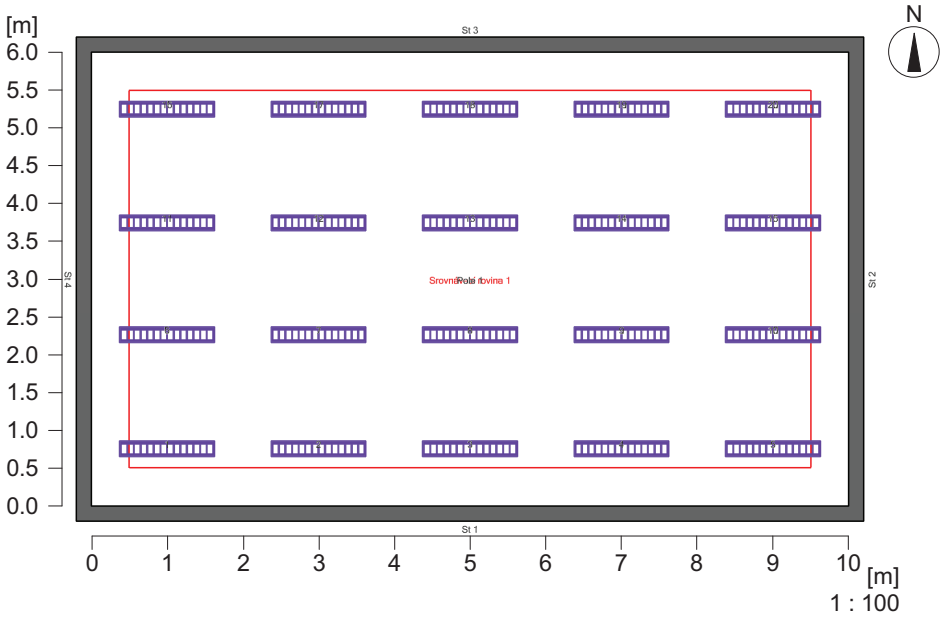


Objekt : Kancelář2
Popis : Kancelář
Číslo projektu : Diplomová práce
Datum : 23.04.2012

2 Kancelář

2.1 Popis, Kancelář

2.1.1 Půdorys



Údaje o prostoru:

W1	:	10.00
W2	:	6.00
W3	:	10.00
W4	:	6.00
W5	:	-----
W6	:	-----
Podlaha:		-----
Strop:		-----

Výška místnosti [m]: 2.80
Výška srovnávací roviny [m]: 0.75
Výška roviny svítidel [m]: 2.80

Činitelé odrazu:

50.0 %
50.0 %
50.0 %
50.0 %

20.0 %
70.0 %

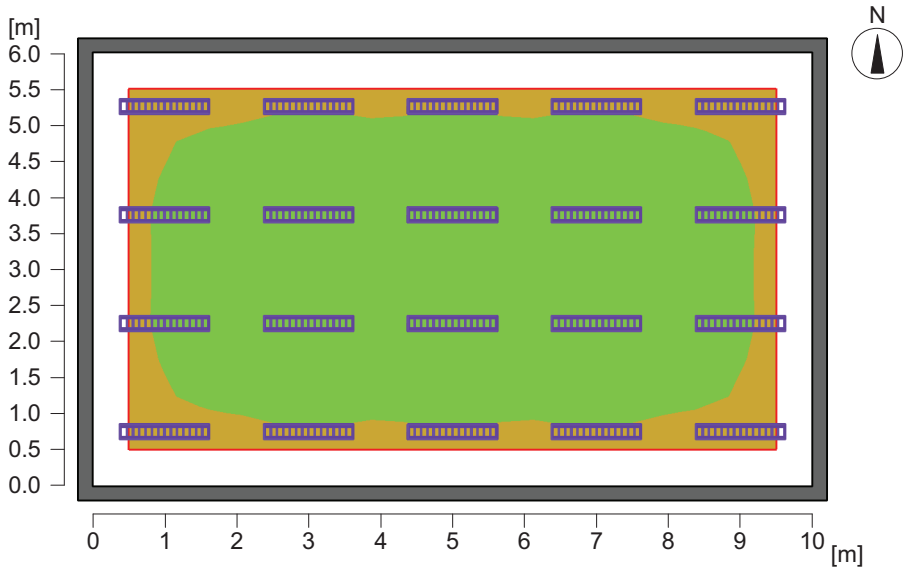
Konstrukční prvky

Pi : Pilíř
Př : Příčka
Pp : Reálná pracovní plocha
m : Virtuální měřicí plocha
Sv : Světlík
Ob : Obráz
Ok : Okno
D : Dveře
Ná : Nábytek

2 Kancelář

2.2 Přehled výsledků, Kancelář

2.2.1 Přehled výsledků, Srovnávací rovina 1



Intenzita osvětlení [lx]

Obecně

Použitý algoritmus výpočtu	centrální podíl nepřímé složky
Výška hodnotící plochy	0.75 m
Výška roviny svítidel	2.80 m
Udržovací činitel	0.80
Celkový světelný tok všech zdrojů	67000 lm
Celkový výkon	880 W
Celkový výkon na ploše (60.00 m2)	14.67 W/m2 (2.68 W/m2/100lx)

Intenzity osvětlení

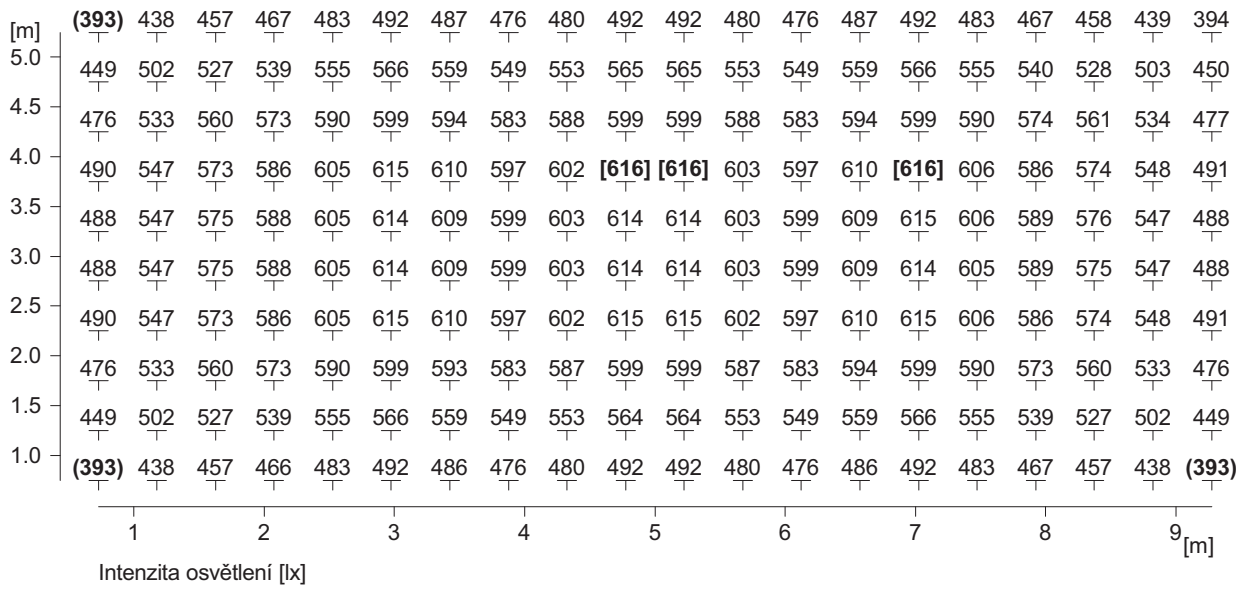
Udržovaná osvětlenost	Em	548 lx
Minimální osvětlenost	Emin	393 lx
Maximální osvětlenost	Emax	616 lx
Rovnoměrnost g1	Emin/Em	1:1.4 (0.72)
Rovnoměrnost g2	Emin/Emax	1:1.57 (0.64)

Typ	Č.	výrobce
		Siteco
9	20	Objednací č. : 5LL21211C
		Název svítidla : Siteco® Rasterleuchte
		Osazení : 1 x T26 (OSRAM) 36 W / 3350 lm

2 Kancelář

2.3 Výsledky výpočtu, Kancelář

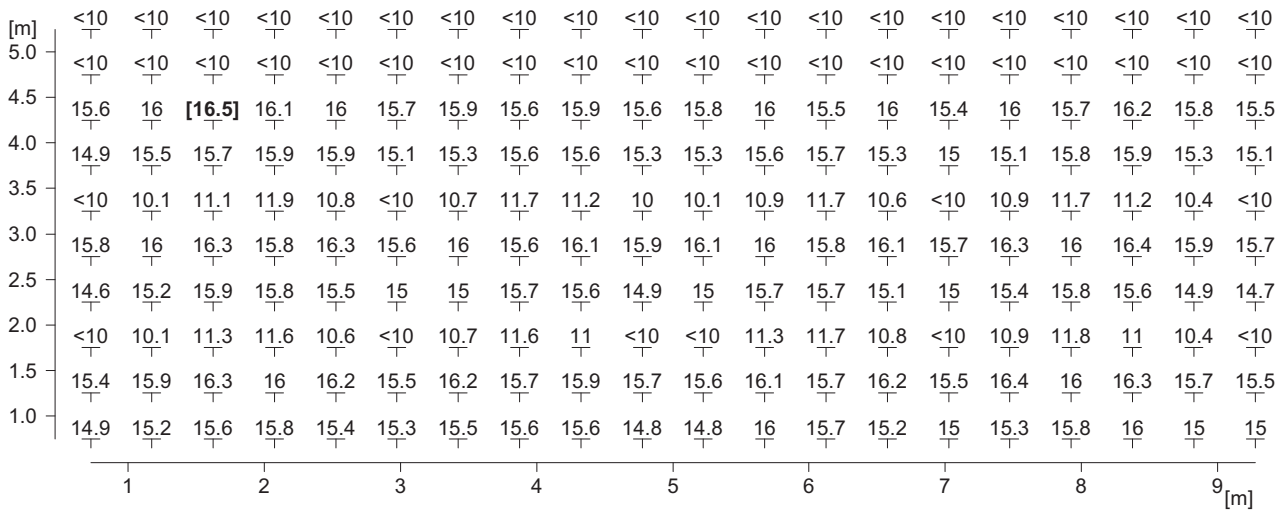
2.3.1 Tabulka, Srovnávací rovina 1 (E)



Výška srovnávací roviny		: 0.75 m
Udržovaná osvětlenost	Em	: 548 lx
Minimální osvětlenost	Emin	: 393 lx
Maximální osvětlenost	Emax	: 616 lx
Rovnoměrnost g1	Emin/Em	: 1 : 1.40 (0.72)
Rovnoměrnost g2	Emin/Emax	: 1 : 1.57 (0.64)

2.3 Výsledky výpočtu, Kancelář

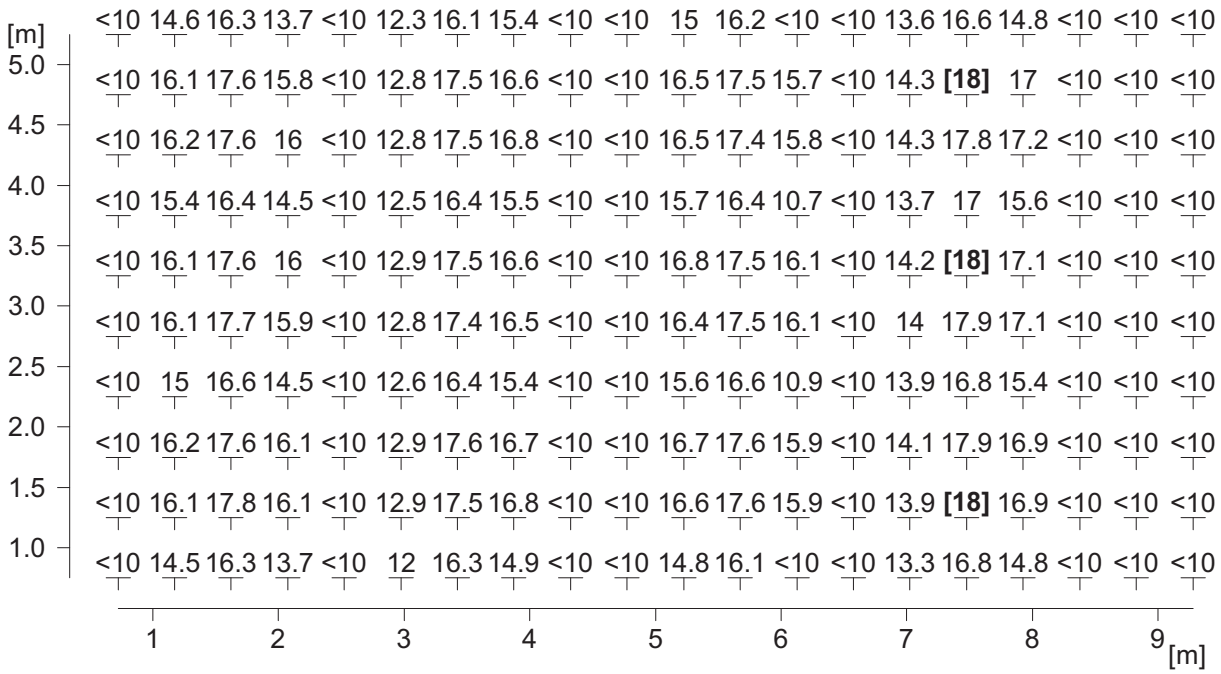
2.3.2 Tabulka, Srovnávací rovina 1 (UGR, Sever (0°))



Výška srovnávací roviny	: 1.20 m
ze směru	: Sever (0°)
Minimální	: <10
Maximální	: 16.5

2.3 Výsledky výpočtu, Kancelář

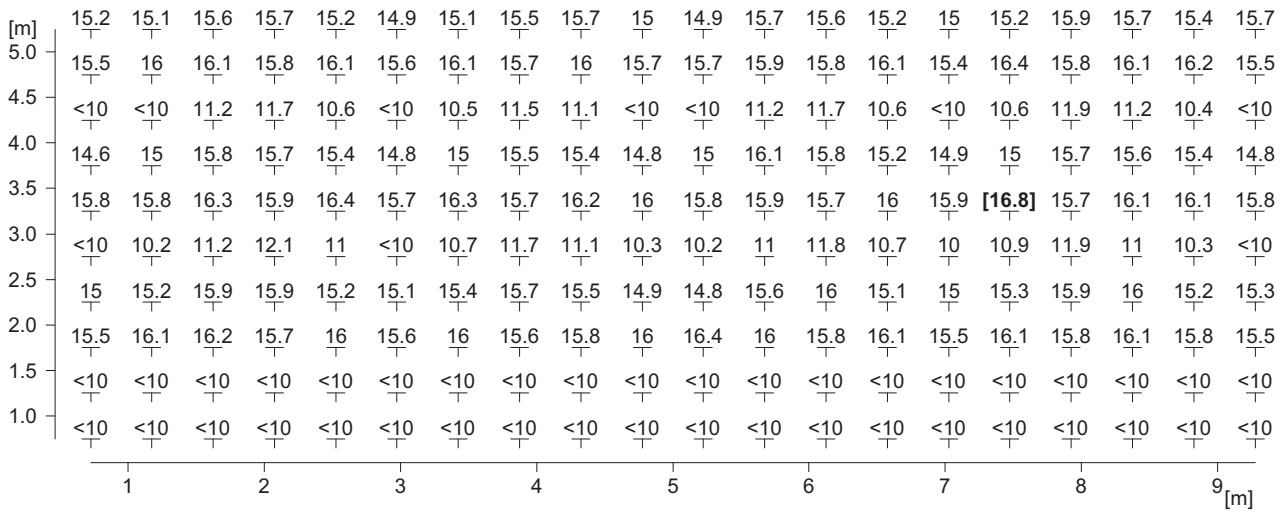
2.3.3 Tabulka, Srovnávací rovina 1 (UGR, Východ (90°))



Výška srovnávací roviny	: 1.20 m
ze směru	: Východ (90°)
Minimální	: <10
Maximální	: 18

2.3 Výsledky výpočtu, Kancelář

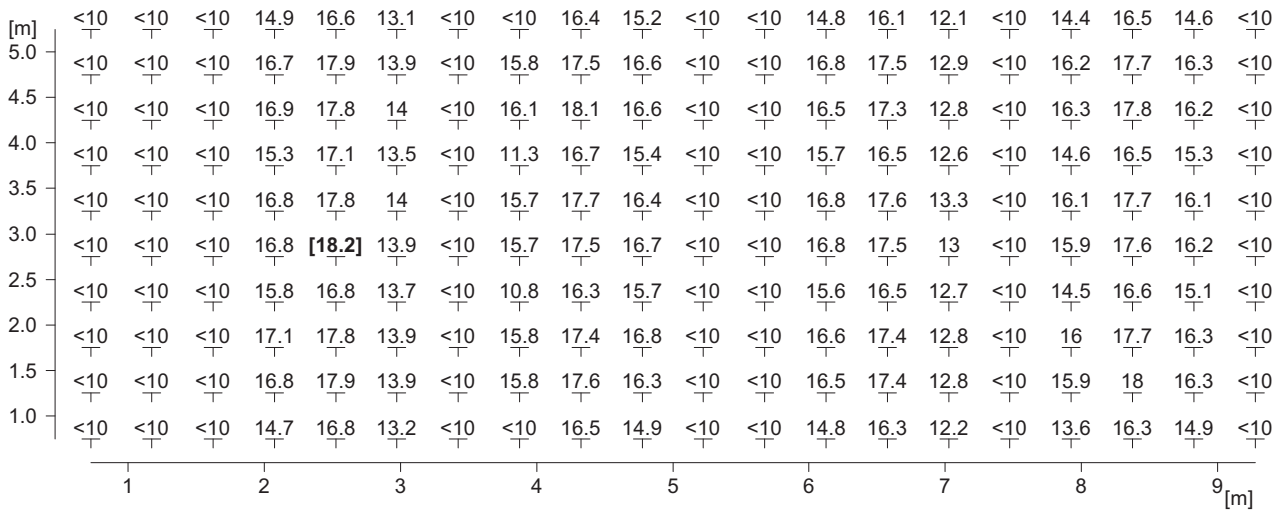
2.3.4 Tabulka, Srovnávací rovina 1 (UGR, Jih (180°))



Výška srovnávací roviny	: 1.20 m
ze směru	: Jih (180°)
Minimální	: <10
Maximální	: 16.8

2.3 Výsledky výpočtu, Kancelář

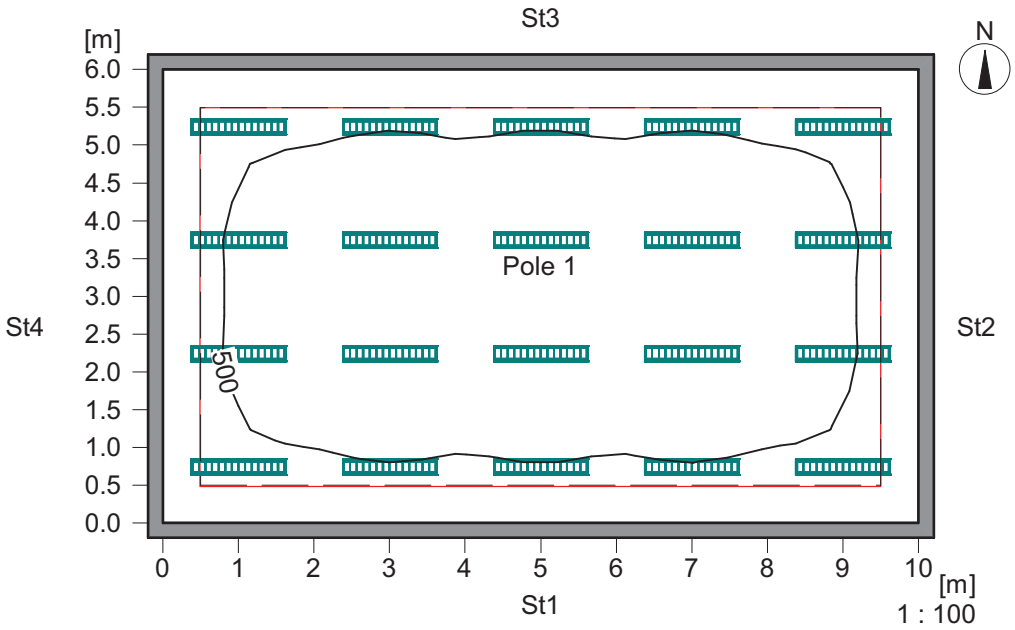
2.3.5 Tabulka, Srovnávací rovina 1 (UGR, Západ (270°))



Výška srovnávací roviny	: 1.20 m
ze směru	: Západ (270°)
Minimální	: <10
Maximální	: 18.2

2.3 Výsledky výpočtu, Kancelář

2.3.6 Izočáry, Srovnávací rovina 1 (E)

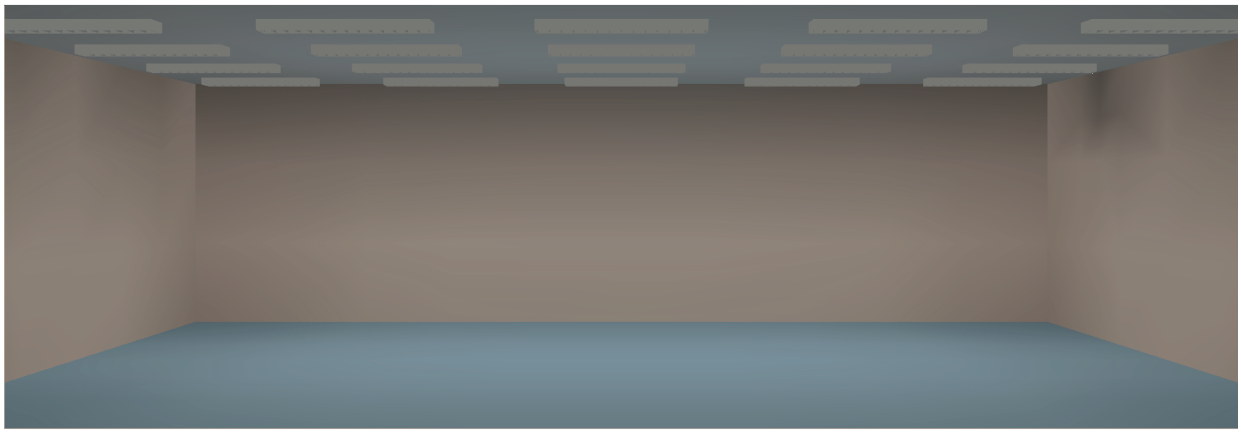


Intenzita osvětlení [lx]

Výška srovnávací roviny		: 0.75 m
Udržovaná osvětlenost	Em	: 548 lx
Minimální osvětlenost	Emin	: 393 lx
Maximální osvětlenost	Emax	: 616 lx
Rovnoměrnost g1	Emin/Em	: 1 : 1.40 (0.72)
Rovnoměrnost g2	Emin/Emax	: 1 : 1.57 (0.64)

2.3 Výsledky výpočtu, Kancelář

2.3.7 3D jasy, Pohled zepředu



Jas scény
Minimum : 8.86 cd/m2
Maximum: : 37.1 cd/m2

Kancelář3

Popis : Kancelař

Číslo projektu	:	Diplomová práce
Zákazník	:	Václav Košan
Vypracoval	:	Václav Košan
Datum	:	25.04.2012

Následující hodnoty vycházejí z přesných výpočtů kalibrovaných světelných zdrojů, svítidel a jejich rozmístění. V praxi se mohou projevit určité odchylky.Záruční reklamace na data svítidel jsou vyloučeny.

Relux a výrobci svítidel nepřijímají žádnou odpovědnost za následné škody a škody, které vzniknou uživateli nebo třetím stranám.

Objekt	:	Kancelář3
Popis	:	Kancelař
Číslo projektu	:	Diplomová práce
Datum	:	25.04.2012

1 Údaje o svítidle

1.1 Siteco, Comfolight® 2 (5MF23W71QS)

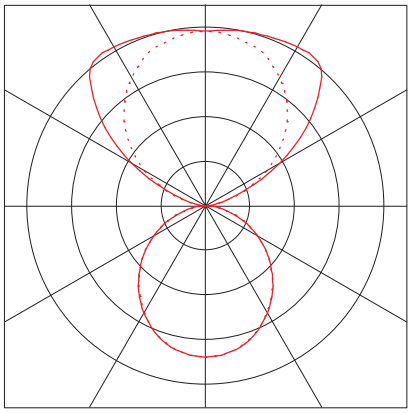
1.1.1 Specifikace svítidla

Výrobce: Siteco

5MF23W71QS linear fluorescent luminaire-ceiling pendant Comfolight® 2
Comfolight® 2, linear fluorescent luminaire, primary light control with reflector, of PMMA, primary optical cover: diffuser disc, of PMMA, opal, secondary optical cover: cover panel, of PMMA, transparent, light emission: indirect/direct distribution, primary light characteristic: symmetric, installation type: suspended mounting, suspended mounting, for 1 x T16 35/49/80W, ballast: ECG-Multiwatt, with cable, transparent, 3x 0.75mm², mains connection: 230V, AC, 50Hz, connection cable pre-assembled, luminaire housing, of extruded aluminium section, anodised, natural, 1-length, length: 1.554 mm, width: 162 mm, height: 56mm, protection rating (complete): IP20, insulation class (complete): insulation class I (protective earthing), certification: CE, ENEC 10, VDE, protection symbol: F, permissible ambient temperature for indoor applications: <= +25°C, standard: EN 50419, packaging unit: 1 piece,

Údaje o svítidle		
Účinnost svítidla	:	86%
Luminaire efficacy	:	72.77 lm/W
Classification	:	C43 42.3% ↑57.7%
CIE Flux Codes	:	49 80 96 42 86
Předřadník	:	ECG
Celkový příkon systému	:	39 W
Délka	:	1554 mm
Šířka	:	162 mm
Výška	:	56 mm

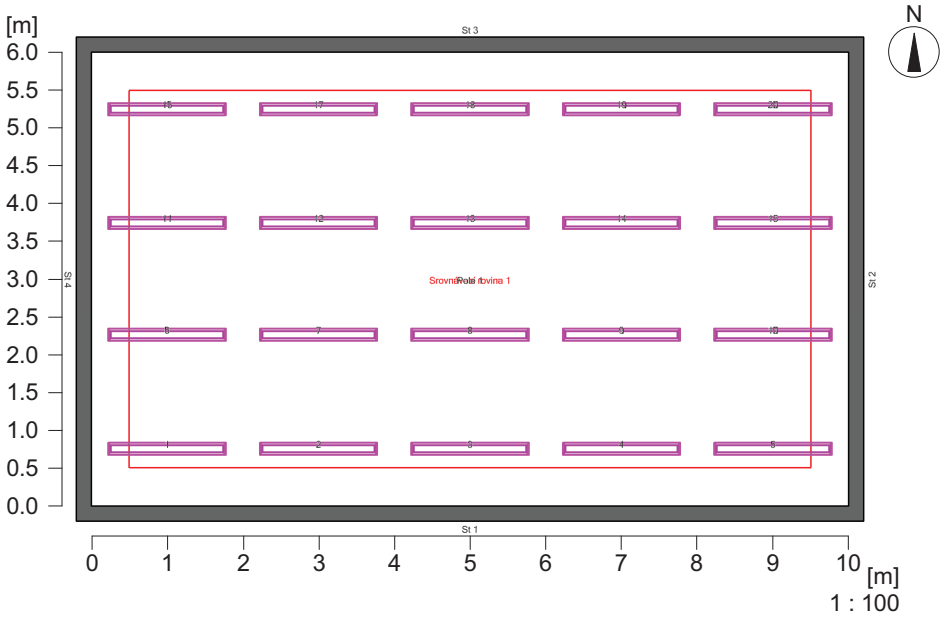
Osazeno		
Počet	:	1
Označení	:	T16 (OSRAM)
Výkon	:	35 W
Barva	:	
Světelný tok	:	3300 lm



2 Kancelář 3

2.1 Popis, Kancelář 3

2.1.1 Půdorys



Údaje o prostoru:

W1	: 10.00	50.0 %
W2	: 6.00	50.0 %
W3	: 10.00	50.0 %
W4	: 6.00	50.0 %
W5	: -----	-----
W6	: -----	-----
Podlaha:	-----	20.0 %
Strop:	-----	70.0 %
Výška místnosti [m]:		2.80
Výška srovnávací roviny [m]:		0.75
Výška roviny svítidel [m]:		2.30

Činitelé odrazu:

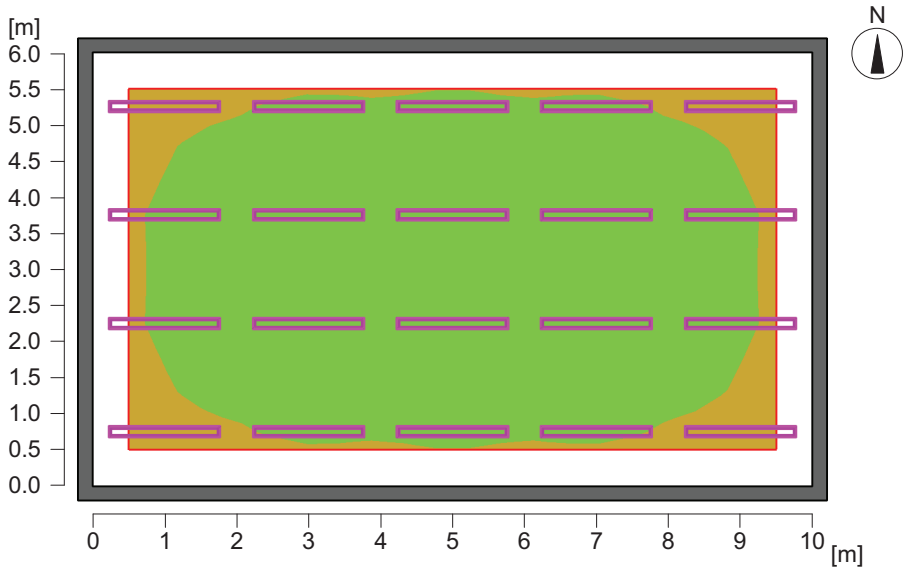
Konstrukční prvky

Pi : Pilíř
Př : Příčka
Pp : Reálná pracovní plocha
m : Virtuální měřicí plocha
Sv : Světlík
Ob : Obráz
Ok : Okno
D : Dveře
Ná : Nábytek

2 Kancelář 3

2.2 Přehled výsledků, Kancelář 3

2.2.1 Přehled výsledků, Srovnávací rovina 1



Intenzita osvětlení [lx]

Obecně

Použitý algoritmus výpočtu	vysoký podíl nepřímé složky
Výška hodnotící plochy	0.75 m
Výška roviny svítidel	2.30 m
Udržovací činitel	0.80
Celkový světelný tok všech zdrojů	66000 lm
Celkový výkon	780 W
Celkový výkon na ploše (60.00 m2)	13.00 W/m2 (2.35 W/m2/100lx)

Intenzity osvětlení

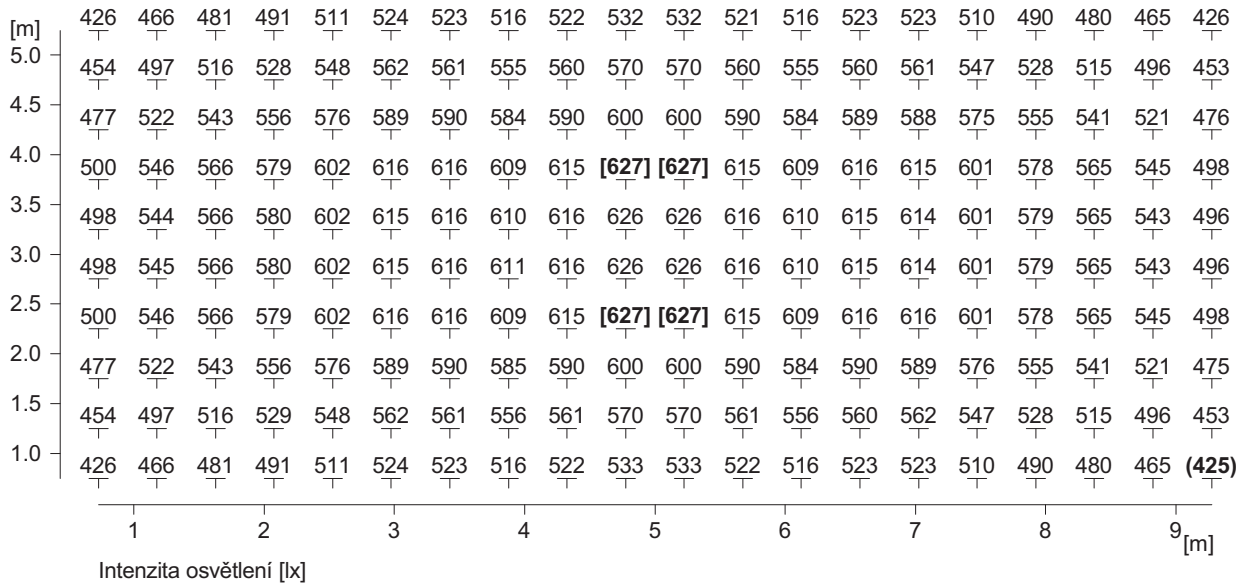
Udržovaná osvětlenost	Em	554 lx
Minimální osvětlenost	Emin	425 lx
Maximální osvětlenost	Emax	627 lx
Rovnoměrnost g1	Emin/Em	1:1.3 (0.77)
Rovnoměrnost g2	Emin/Emax	1:1.47 (0.68)

Typ	Č.	výrobce
		Siteco
2	20	Objednací č. : 5MF23W71QS
		Název svítidla : Comfolight® 2
		Osazení : 1 x T16 (OSRAM) 35 W / 3300 lm

2 Kancelář 3

2.3 Výsledky výpočtu, Kancelář 3

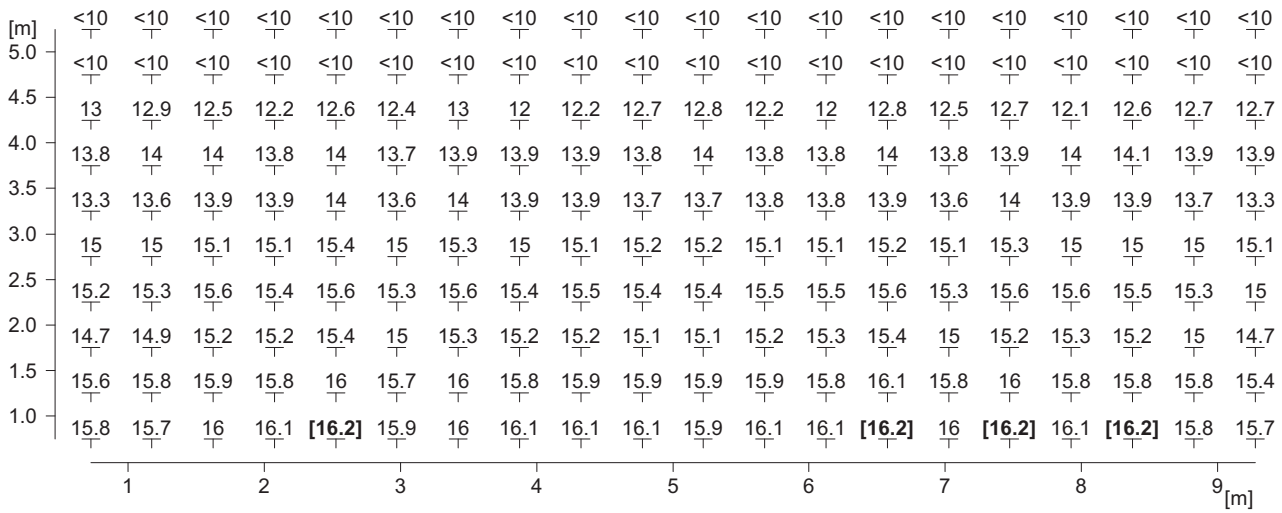
2.3.1 Tabulka, Srovnávací rovina 1 (E)



Výška srovnávací roviny		: 0.75 m
Udržovaná osvětlenost	Em	: 554 lx
Minimální osvětlenost	Emin	: 425 lx
Maximální osvětlenost	Emax	: 627 lx
Rovnoměrnost g1	Emin/Em	: 1 : 1.30 (0.77)
Rovnoměrnost g2	Emin/Emax	: 1 : 1.47 (0.68)

2.3 Výsledky výpočtu, Kancelář 3

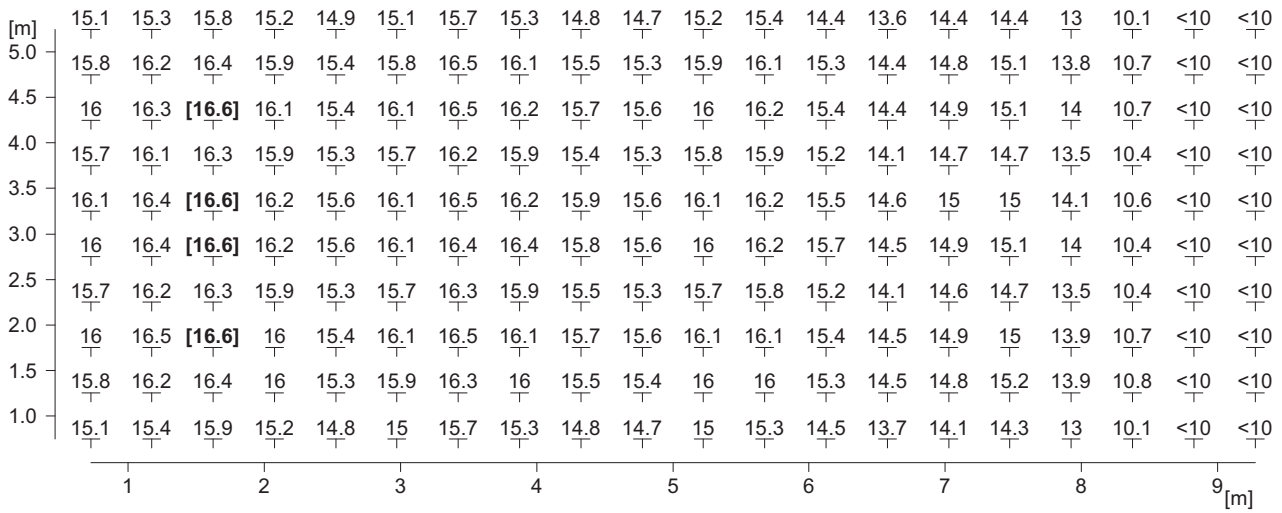
2.3.2 Tabulka, Srovnávací rovina 1 (UGR, Sever (0°))



Výška srovnávací roviny	: 1.20 m
ze směru	: Sever (0°)
Minimální	: <10
Maximální	: 16.2

2.3 Výsledky výpočtu, Kancelář 3

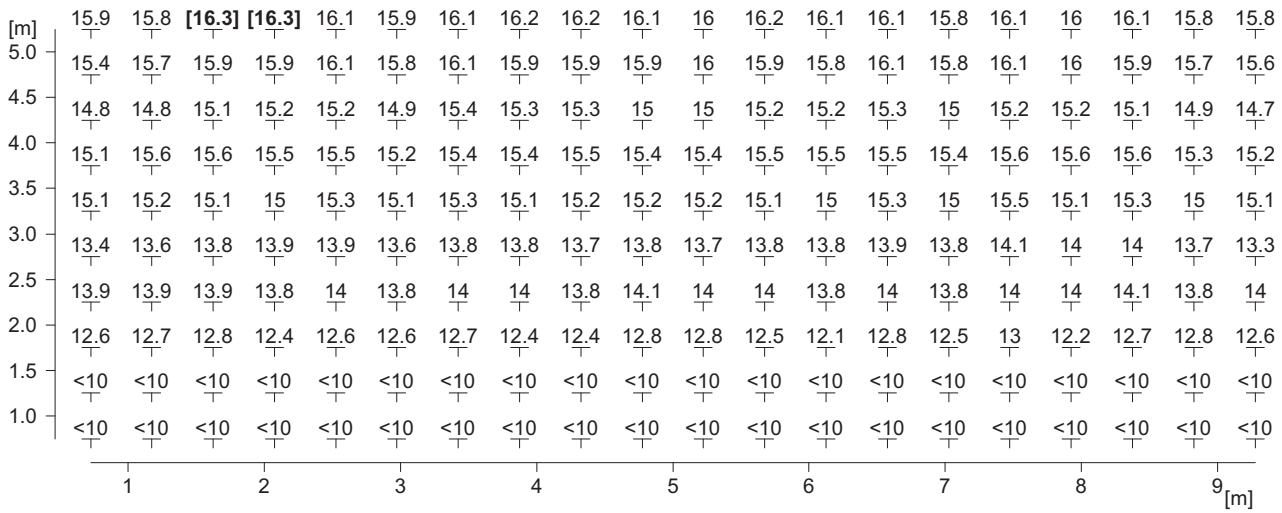
2.3.3 Tabulka, Srovnávací rovina 1 (UGR, Východ (90°))



Výška srovnávací roviny	: 1.20 m
ze směru	: Východ (90°)
Minimální	: <10
Maximální	: 16.6

2.3 Výsledky výpočtu, Kancelář 3

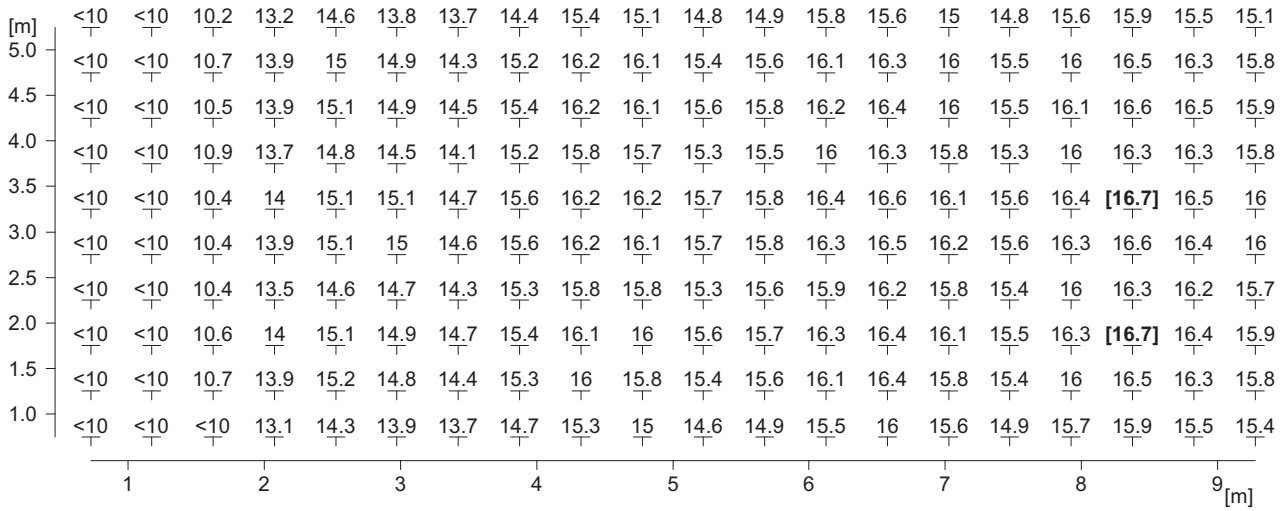
2.3.4 Tabulka, Srovnávací rovina 1 (UGR, Jih (180°))



Výška srovnávací roviny : 1.20 m
ze směru : Jih (180°)
Minimální : <10
Maximální : 16.3

2.3 Výsledky výpočtu, Kancelář 3

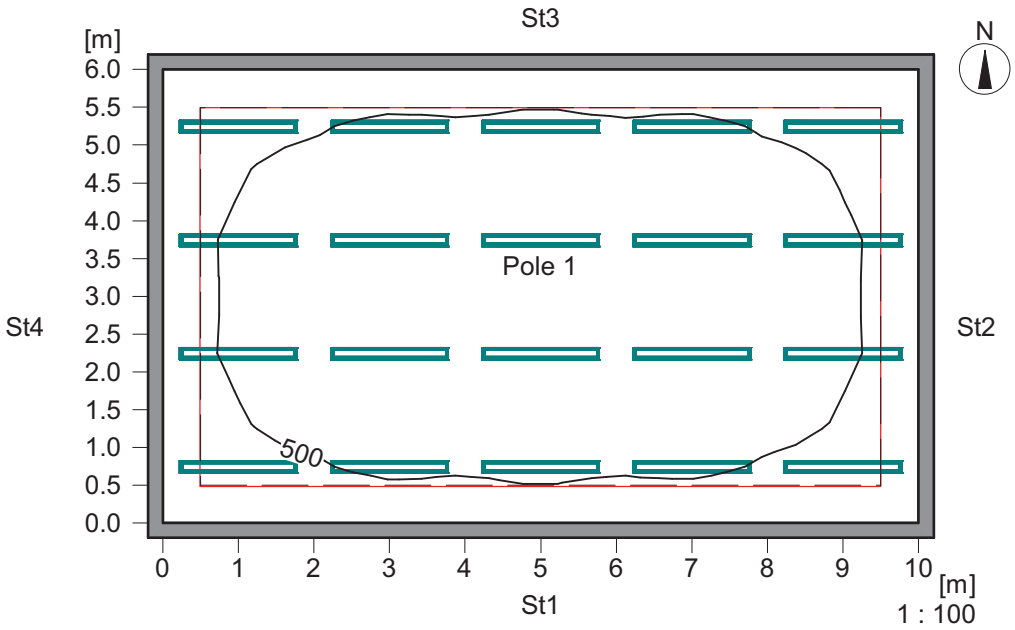
2.3.5 Tabulka, Srovnávací rovina 1 (UGR, Západ (270°))



Výška srovnávací roviny : 1.20 m
ze směru : Západ (270°)
Minimální : <10
Maximální : 16.7

2.3 Výsledky výpočtu, Kancelář 3

2.3.6 Izočáry, Srovnávací rovina 1 (E)

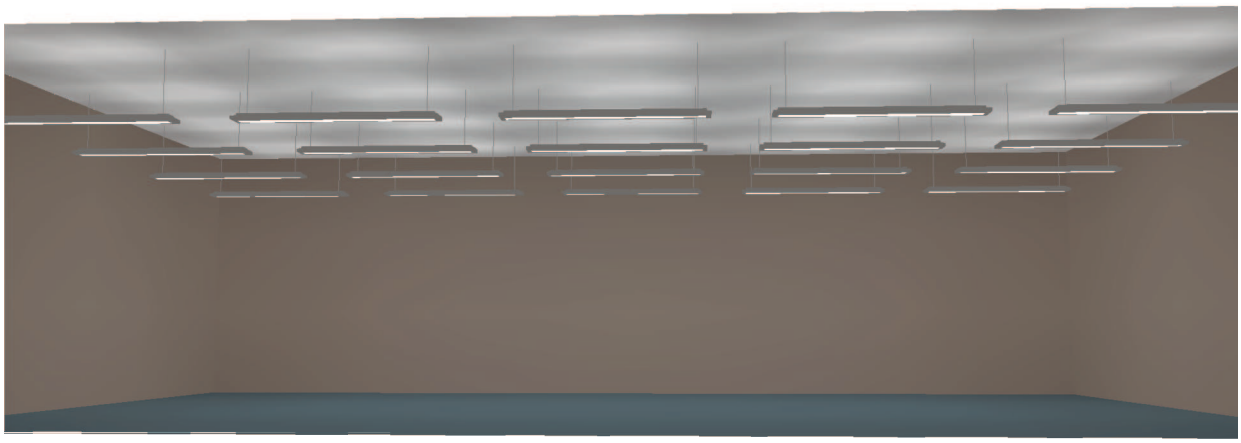


Intenzita osvětlení [lx]

Výška srovnávací roviny		: 0.75 m
Udržovaná osvětlenost	Em	: 554 lx
Minimální osvětlenost	Emin	: 425 lx
Maximální osvětlenost	Emax	: 627 lx
Rovnoměrnost g1	Emin/Em	: 1 : 1.30 (0.77)
Rovnoměrnost g2	Emin/Emax	: 1 : 1.47 (0.68)

2.3 Výsledky výpočtu, Kancelář 3

2.3.7 3D jasy, Pohled 2



Jas scény
Minimum : 19.6 cd/m2
Maximum: : 85.7 cd/m2