

Kvalita osvětlení v obytných prostorech

Bc. Ivana Jančářová

Diplomová práce
2021



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Bc. Ivana Jančářová
Osobní číslo:	T19543
Studijní program:	N3909 Procesní inženýrství
Studijní obor:	Řízení jakosti
Forma studia:	Prezenční
Téma práce:	Kvalita osvětlení v obytných prostorech

Zásady pro vypracování

1. Vypracujte literární řešení týkající se tématu práce.
2. V konkrétních obytných prostorech proměřte a statisticky vyhodnoťte osvětlenost a porovnejte ji s normovanými hodnotami.
3. Proměřte a vyhodnoťte činitele odrazu světla od různých druhů povrchů.
4. V software Wils navrhnete nové osvětlovací soustavy ve vybraných obytných místnostech.
5. Proveďte diskuzi a vhodná doporučení z hlediska kvality osvětlení.
6. Citujte použitou literaturu.

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

Seznam doporučené literatury:

1. Bystřický, V., Kaňka, J.: OSVĚTLENÍ: ČVUT Praha, 1999.
2. Horňák, P.: UMELE OSVETLENIE: ALFA Bratislava, 1979.
3. Baxant, P.: ELEKTRICKÉ TEPLA A SVĚTLO: VUT v Brně, 2004.
4. Vašina, M.: ENVIRONMENTÁLNÍ FYZIKA: UTB ve Zlíně, 2011.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Martin Vašina, Ph.D.**
Ústav fyziky a mater. inženýrství

Datum zadání diplomové práce: **5. ledna 2021**
Termín odevzdání diplomové práce: **14. května 2021**

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D. v.r.
děkan

L.S.

prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D. v.r.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 1. dubna 2021

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považuji se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

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

Ve Zlíně dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Diplomová práce je zaměřena na kvalitu osvětlení obytných prostorů. V teoretické části jsou k dané oblasti vysvětleny nejpodstatnější teoretické základy. V praktické části se řeší určité případy denního a umělého osvětlení, kde jsou naměřené hodnoty srovnány s příslušnými normami. Dané prostory jsou simulovány v programu Building design od zlínské firmy ASTRA MS Software s.r.o. Simulovalo se osvětlení ve vybraných obytných místnostech. Byla navržena nová opatření (např. svítidla), která zajistí, aby bylo umělé i denní osvětlení splnilo požadavky na osvětlení v daných místnostech podle norem.

Klíčová slova: kvalita, osvětlení, software, normy, obytné prostory, osvětlenost.

ABSTRACT

This master thesis is focused on lighting quality in the interior of buildings. The theoretical part explains the most important theoretical foundations for the indoor lighting. The practical part is about certain cases of daylight and artificial lighting, where measured values are compared with the relevant standards. The measurement was conducted in the Building design software, made by ASTRA MS Software s.r.o. company in Zlin. Lighting was simulated in selected living rooms. New measures (e.g. lamps) have been proposed to ensure that both artificial and daylighting meets the lighting requirements for the rooms according to the standards.

Keywords: quality, lighting, software, standards, living area

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych ráda poděkovala mému vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Martinovi Vašinovi, Ph.D. za cenné rady, trpělivost, ochotu, připomínky, zapůjčení literatury a luxmetru.

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

OBSAH

ÚVOD	11
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 OSVĚTLENÍ	13
1.1 ÚVOD DO OSVĚTLENÍ.....	13
1.2 DRUHY OSVĚTLENÍ.....	14
1.2.1 Osvětlení denní.....	14
1.2.2 Osvětlení sdružené	18
1.2.3 Umělé osvětlení.....	20
1.3 UMĚLÉ OSVĚTLENÍ - JEHO VÝZNAM.....	21
1.3.1 Psychofyziologický vliv světla a osvětlení	22
1.3.2 Světlo a bezpečnost práce	22
1.4 ZRAK A VIDĚNÍ.....	22
1.4.1 Orgán zraku	22
1.4.2 Adaptace, Akomodace, zraková ostrost	23
1.4.3 Druhy vidění.....	24
1.4.4 Rozsah vidění	24
1.4.5 Spektrální citlivost zraku.....	25
1.4.6 Rozlišovací schopnost	26
1.4.7 Zraková pohoda.....	26
1.4.8 Oslnění	27
1.4.9 Stroboskopický jev	27
1.4.10 Směr světla a stínů	27
1.5 FYZIKÁLNÍ PODSTATA SVĚTLA	27
1.5.1 Teplota chromatičnosti.....	28
1.5.2 Elektromagnetické spektrum.....	28
1.5.3 Barvy a jejich podání	29
1.6 HLAVNÍ SVĚTELNÉ VELIČINY A JEDNOTY	30
1.6.1 Zářivý tok	30
1.6.2 Prostorový úhel	30
1.6.3 Světelný tok.....	30
1.6.4 Osvětlenost.....	31
1.6.5 Světelné množství	31
1.6.6 Svítivost.....	31
1.6.7 UGR – označení rušivého oslnění.....	32
1.7 ENERGETICKÁ BILANCE PŘÍ ŠÍŘENÍ SVĚTLA	33
1.7.1 Světelně techničtí činitelé	33
2 PARAMETRY SVĚTELNÝCH ZDROJŮ	35
2.1 SVĚTELNÉ ZDROJE A JEJICH TRŽDĚNÍ.....	35
2.1.1 Teplotní světelné zdroje	36
2.1.2 Výbojové světelné zdroje.....	39

2.1.3	Luminiscenční zdroje světla.....	40
2.2	PARAMETRY SVĚTELNÝCH ZDROJŮ	41
3	SVÍTIDLA.....	43
3.1	TŘÍDĚNÍ SVÍTIDEL.....	43
3.1.1	Dle světelně technických funkcí	43
3.1.2	Podle třídy ochrany před nebezpečným dotykem	44
3.1.3	Podle stupně krytí.....	44
3.1.4	Podle způsobu připevnění	45
3.1.5	Podle požární bezpečnosti.....	45
3.1.6	Podle dalších kritérií	45
3.2	PARAMETRY SVÍTIDEL	46
3.2.1	Účinnost svítidla.....	46
3.2.2	Jas a úhel clonění	46
3.3	ZÁKLADNÍ ČÁSTI SVÍTIDEL	46
3.3.1	Světelně činné části svítidel	47
3.3.2	Elektrické části svítidel	47
3.3.3	Konstrukční části svítidel.....	48
3.3.4	Katalogový list svítidla	48
4	SVĚTELNĚ TECHNICKÉ VÝPOČTY	49
4.1	METODA POMĚRNÝCH PŘÍKONŮ	49
4.2	TOKOVÁ METODA.....	49
4.3	BODOVÁ METODA	52
II	PRAKTICKÁ ČÁST	54
5	KVALITA OSVĚTLENÍ A JEHO MĚŘENÍ.....	55
5.1	PŘÍSTROJE PRO MĚŘENÍ OSVĚTLENÍ	55
5.1.1	Luxmetr	55
5.1.2	Jasoměr.....	56
5.2	SROVNÁVACÍ ROVINA.....	57
5.3	KONTROLNÍ BOD	57
5.4	NORMY	57
6	MĚŘENÍ OBYTNÝCH PROSTOR	58
6.1	PRACOVNA	58
6.2	JÍDELNA.....	59
6.3	KUCHYŇ.....	60
6.3.1	Rozdělení prostoru dle zrakových úkonů.....	62
6.4	MĚŘENÍ A JEHO POSTUP	62
6.5	NAMĚŘENÉ HODNOTY ČINITELE ODRAZU	63
6.5.1	Činitelé odrazu – pracovna.....	63

6.5.2	Činitelé odrazu – jídelna	67
6.5.3	Činitelé odrazu – kuchyně.....	71
6.6	NAMĚŘENÉ HODNOTY OSVĚTLENOSTI	77
6.6.1	Místnost – pracovna	78
6.6.2	Zpracování naměřených dat	78
6.6.3	Místnost – jídelna.....	80
6.6.4	Zpracování naměřených hodnot.....	81
6.6.5	Místnost – kuchyň.....	82
6.7	AKTUÁLNÍ STAV PROSTUPU SVĚTLA OKNY	83
6.8	MĚŘENÍ A JEHO POSTUP	83
6.8.1	Zpracování naměřených dat	84
7	NOVÝ NÁVRH OSVĚTLENÍ	87
7.1	SIMULACE OSVĚTLENÍ	88
7.2	NÁVRH DENNÍHO OSVĚTLENÍ.....	88
7.2.1	Návrh a užití budov z hlediska denního osvětlení	88
7.2.2	Osvětlovací otvory	89
7.2.3	Světelné ztráty způsobené průchodem světla přes osvětlovací otvor	89
7.2.4	Regulace denního osvětlení.....	90
7.2.5	Návrh místností	90
7.3	PRACOVNA.....	91
7.3.1	Popis návrhu – bez úpravy	91
7.3.2	Popis návrhu – změna barvy	92
7.4	JÍDELNA.....	93
7.4.1	Popis návrhu - bez úprav	93
7.4.2	Popis návrhu – změna barvy	94
7.5	KUCHYŇ.....	95
7.5.1	Popis návrhu – bez úprav	95
7.5.2	Popis návrhu – změna barvy	96
7.5.3	Popis návrhu – změna barvy s okny.....	97
7.6	NÁVRH UMĚLÉHO OSVĚTLENÍ.....	98
7.6.1	Fotometrie svítivosti.....	98
7.6.2	Návrh místností	100
7.7	PRACOVNA.....	100
7.7.1	Návrh nového osvětlení – varianta č. 1	101
7.7.2	Popis návrhu.....	101
7.7.3	Použitá svítidla	101
7.7.4	Návrh nového osvětlení – varianta č. 2	103
7.7.5	Popis návrhu.....	103
7.7.6	Použitá svítidla	104
7.7.7	Vyhodnocení návrhů	104
7.8	JÍDELNA.....	105

7.8.1	Návrh nového osvětlení – varianta č. 1	106
7.8.2	Popis návrhu.....	106
7.8.3	Použitá svítidla	106
7.8.4	Návrh nového osvětlení – varianta č. 2	108
7.8.5	Popis návrhu.....	108
7.8.6	Použitá svítidla	108
7.8.7	Vyhodnocení návrhů	109
7.9	KUCHYŇ.....	110
7.9.1	Návrh nového osvětlení – varianta č. 1	111
7.9.2	Popis návrhu.....	111
7.9.3	Použitá svítidla	111
7.9.4	Návrh nového osvětlení – varianta č. 2	113
7.9.5	Popis návrhu.....	113
7.9.6	Použitá svítidla	113
7.9.7	Vyhodnocení návrhů	114
ZÁVĚR		116
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....		118
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....		122
SEZNAM OBRÁZKŮ		124
SEZNAM TABULEK.....		126

ÚVOD

Světlo lze považovat za jeden z významných faktorů, který má vliv na lidský organismus, což vyjadřuje i známé motto: „Kam nechodí slunce, tam chodí lékař“. Pomocí zraku člověk přijme až 80 % informací. Proto se mnoha světlem, zabývá mnoho vědních oborů od architektů až po psychology.

V dřívějších dobách byl denní rytmus člověka řízen pomocí vnímání světla a tmy. Významným krokem byla elektrifikace, respektive vynález umělého osvětlení. V současnosti lze považovat za významný trend využívání tzv. LED technologie, která je charakteristická vysokým výkonem a malou spotřebou.

V této diplomové práci se budu zabývat kvalitou osvětlení v obytných prostorech.

Cílem práce bude zjistit intenzitu osvětlení ve třech místnostech rodinného domu, a to pracovny, jídelny a kuchyně. Intenzita osvětlení místnosti bude srovnána s příslušnými normami a také porovnána pomocí programu Building design.

Závěrem práce se pokusím navrhnout optimální osvětlení vybraných místností.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 OSVĚTLENÍ

1.1 Úvod do osvětlení

Světlo lze považovat za elektromagnetické vlnění. Tato domněnka byla jako první vyslovena fyzikem K. Huygensem a teoreticky ji poté rozpracoval C. Maxwell. Maxwellova teorie tvrdí, že světlo je elektromagnetické vlnění, které zaujímá jen velmi nepatrnou část celého spektra. [6]

Světlo, respektive osvětlení je velmi důležitým tématem u mnoha oborů. Světlem a jeho podobami se zabývá mnoho oborů – vědci a umělci, inženýři, designéři, architekti nebo psychologové se zajímají o to, jak lidé reagují na světlo. [11]

Životní prostředí člověka je zásadním způsobem ovlivňováno činiteli, k nimž vyjma vzduchu, půdy, vody řadí odborníci i světlo. Působení světla na člověka navozuje spoustu psychologických a fyziologických reakcí. Otázkami reakcí člověka na světelné zařízení se zabývá široký okruh odborníků, mezi které se řadí biologové, psychologové, hygienici, architekti, stavební technici. [4]

Dosud dostupné výsledky výzkumů naznačují, že velmi důležitá pro znalost psychologických účinků osvětlení je pro tvorbu prostředí, stejně důležitá jako znalost fyziologických účinků, i přesto, že v našich normách nejsou ve větším rozsahu zahrnuty a teprve se budou postupně uplatňovat. [6]

Většina činností, které člověk vykonává, je spojována s vykonáváním zrakové práce nebo alespoň s potřebou získávat zrakové informace. Nositelem všech zrakových podnětů je světlo. Existují dva důvody, proč je upřednostňováno denní osvětlení před osvětlením umělým – důvod hygienický a ekonomický. Hygienický důvod považuje denní světlo za podstatnou fyziologickou a psychologickou potřebu lidského organismu, v tomto smyslu je tudíž pro člověka nenahraditelné. I přes významný technologický pokrok umělého osvětlení je denní světlo při dlouhodobém působení příznivější a rozdíly v účincích jsou mnohostranné (např. barevné podání či psychologický význam vizuálního kontaktu člověka s vnějším prostředím). [2]

Smolík k hygienickým důvodům dodává, že světlo má velký význam při tvorbě zrakové pohody, jak v pracovním, tak i v odpočinkovém prostředí. [6]

Při optimálním využívání denního světla dochází ke snížení potřeby a doby používání umělého osvětlení, z čehož plyne úspora elektrické energie. Výše uvedený důvod lze považovat jako ekonomický důvod. [2]

Osvětlení je úzce spojeno s pojmem světelné znečištění. Tento pojem lze chápat jako označení všech negativních jevů, které s sebou přináší umělé venkovní osvětlení. [29]

Existuje několik typů světelného znečištění, kam můžeme zařadit mimo jiné oslnění, které představuje riziko pro zdraví, hlavně pro lidi ve starším věku. Dále sem patří pronikání venkovního osvětlení do oken, které je spojeno s nežádoucím světlem, které se dostane do majetku člověka, například do ložnice, když se lidé snaží spát. [28]

Vzdálená normální a dobře nastavená venkovní svítidla blízko horizontu nemají žádný negativní vliv na astronomická pozorování. Totéž platí pro většinu úvah o záři vzdálených měst. [33]

1.2 Druhy osvětlení

Osvětlení je rozděleno do tří základních skupin: *denní, sdružené a umělé*.

1.2.1 Osvětlení denní

Denní osvětlení je přírodní sluneční osvětlení. Jehož světelný zdroj je Slunce, jeho světlo padá na zemský povrch buď přímo, či rozptýlenou oblohou. Vyskytuje se pouze během dne, vždy v době mezi východem a západem Slunce. Jde o nestálý zdroj světla s ohledem na konkrétní roční období, oblačnost apod. Při navrhování denního osvětlení v interiérech budov musíme zachovat zrakovou pohodu člověka jak při úplném slunečním světle, tak i když je obloha jasná, polojasná či úplně zatažená. Zrakovou pohodu popisujeme kvantitativními a kvalitativními kritérii. Z kritéria kvantitativního běžně postačuje určit hodnotu denní osvětlenosti při nejméně příznivému stavu venkovního osvětlení, tedy při zatažené obloze v zimě. U kvalitativního kritéria osvětlení je potřeba určit rozložení světelného toku, rovnoměrnost osvětlení, rozložení jasu ploch, výskyt oslnění atd. Musí být prověřeny různé stavy venkovního osvětlení, nejen zatažená obloha v zimním období. Při jasné obloze a přímém slunečním světle je značné riziko výskytu oslnění. Množství oslnění můžeme usměrňovat pomocí slunolamů, žaluzií apod. [2, 7, 9]

Kvantitativní kritérium denního osvětlení

Kvantitativní kritérium denního osvětlení se určuje jako činitel denní osvětlenosti D [%]:

$$D = \frac{E}{E_h} \cdot 100 \quad (1)$$

Kde E [lx] představuje naměřenou osvětlenost v kontrolním bodě dané roviny v interiéru, E_h [lx] označuje osvětlenost nezastíněné venkovní vodorovné roviny. [9]

Kvalitativní kritéria denního osvětlení

K zajištění zrakové pohody je třeba poskytnout přístup světla nejen v dostatečném množství, ale musí splňovat i určitou kvalitu. [2]

Mezi kvalitativní kritéria náleží:

1. *Rovnoměrnost denního osvětlení*: je podíl nejmenší a největší hodnoty činitele denní osvětlenosti měřené na vodorovné pracovní ploše v interiéru či jeho funkčně definované části. [2]

$$r = \frac{D_{min}}{D_{max}} \quad (2)$$

Kde D_{min} [%] je nejmenší hodnota činitele denní osvětlenosti, D_{max} [%] je největší hodnota činitele denní osvětlenosti.

2. *Rozložení světelného toku* – chápeme jako směr světelného toku a jeho směrovost či difuzivitu. Směr osvětlení musí být v souladu s povahou zrakové činnosti a musí být zvoleno tak, aby nedocházelo ke stínění pozorovatele či interiérovým zařízením. Obvykle se dává přednost osvětlení zleva či zleva a zpředu. [2]
3. *Rozložení jasu ploch v zorném poli* – souvisí s fototropickým reflexem, při němž se zrak nevědomě snaží otáčet na nejkontrastnější a nejjasnější místo v zorném poli. Vyloučením rušivých kontrastů a jasů v zorném poli můžeme výrazně napomoci k soustředění pozorovatele na objekt zrakové činnosti. [2]
4. *Zábrana oslnění* – je to nepříznivý stav zraku, ruší zrakovou pohodu a zhoršuje, až znemožňuje vidění [2]
5. *Barevné řešení ploch v interiéru* – barevnost povrchů souvisí s odrazivostí, která má účinek na množství světla v uzavřeném prostoru. Vedle toho má i barevnost interiéru vliv na pocity a emotivní stavy člověka (radost, smutek, vzrušení, teplo, chlad apod.). [2]

Požadavky na denní osvětlení

Zrakové činnosti se rozděluje do sedmi tříd podle zrakové obtížnosti. Kritériem pro zrakovou obtížnost je relativní zraková vzdálenost, která je dána podílem vzdálenosti kritického detailu od oka pozorovatele a míry kritického detailu. Předpoklady na velikost činitele denní osvětlenosti pro každou skupinu jsou představeny v *tab. 1*. Nejnižší hodnoty činitele denní osvětlenosti D_{min} musí být dodrženy ve všech ověřovacích bodech interiéru či jeho funkčně definované části. [2, 9]

Tabulka 1. Rozdělení osvětlovacích soustav denního osvětlení podle napájení [14]

Třída zrakové činnosti	Charakteristika zrakové činnosti	Poměrná pozorovací vzdálenost	Příklady zrakových činností	Hodnota činitele denní osvětlenosti (%)	
				Minimální D_{min}	Průměrná D_m
I	Mimořádně přesná	3 330 a větší	Nejpřesnější zraková činnost s omezenou možností použití zvětšení	3,5	10
II	Velmi přesná	1670 až 3 300	Velmi přesné činnosti při výrobě a kontrole	2,5	7
III	Přesná	1000 až 1600	Přesná výroba a kontrola rýsování, technické kreslení	2	6
IV	Středně přesná	500 až 100	Středně přesná výroba a kontrola, čtení psaní	1,5	5
V	Hrubší	100 až 500	Hrubší práce, manipulace s předměty a materiálem	1	3
VI	Velmi hrubá	Menší než 100	Udržování čistoty, sprchování a mytí, převlékání	0,5	2
VII	Celková orientace	-	Chůze, doprava materiálu, skladování hrubého materiálu	0,2	1

Stanovení činitele denní osvětlenosti

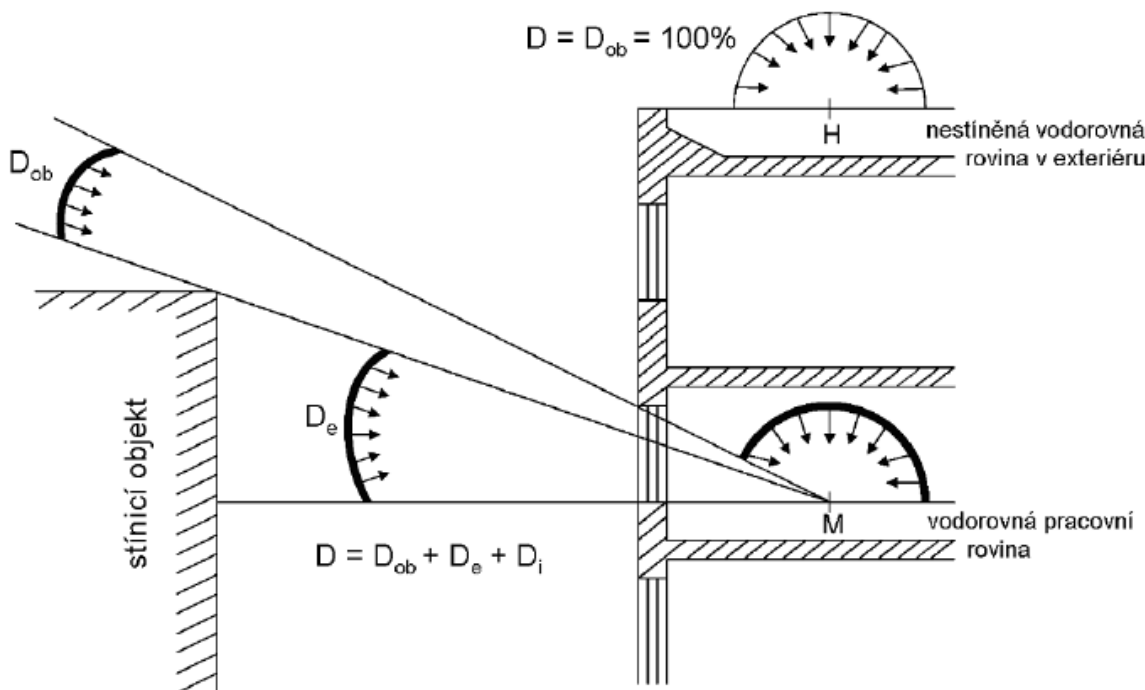
Hodnotu činitele denní osvětlenosti je možno určit:

1. výpočtem,
2. měřením na hotové stavbě,
3. měřením na modelu.

Při měření činitele denní osvětlenosti se musí použít dva luxmetry (viz. Rovnice (2)). Jedním se měří osvětlenost ve zkušebním místě, druhým se zároveň měří osvětlenost nezastíněné venkovní horizontální roviny. Při výpočtech se vychází ze znalosti, že zkušební místo na pracovní ploše by mělo být osvětleno na základě kombinace přímého oblohového světla, světla odraženého od venkovních stínících bariér a světla odraženého od vnitřních povrchů místnosti, kde se nachází zkušební místo, jak ukazuje obrázek níže. Poté pro činitele denní osvětlenosti vycházíme ze vztahu: [9]

$$D = D_{ob} + D_e + D_i \quad (3)$$

Kde D_{ob} [%] definuje oblohovou složku činitele denní osvětlenosti, D_e [%] je vnější odražená složka činitele denní osvětlenosti a D_i [%] je vysvětlována jako vnitřní odražená složka činitele denní osvětlenosti. [9]



Obrázek 1. Složky činitele denní osvětlenosti [9]

S odrazem světla souvisí činitel odrazu $\rho[-]$, který je určen jako poměr odraženého zářivého toku od jasně definovaného povrchu a toku, který dopadá na tento povrch. V následující tabulce jsou uvedeny směrné hodnoty činitele odrazu obvyklých povrchů. [9]

Tabulka 2. Činitelé odrazu světla běžných povrchů [9]

Druh povrchu		Činitel odrazu světla $\rho[-]$
Povrch konstrukce	Bílý	0,75 až 0,80
	Krémový, béžový	0,60 až 0,70
	Světle žlutý	0,60 až 0,70
	Tmavě žlutý	0,50 až 0,60
	Světle červený	0,40 až 0,50
	Tmavě červený	0,15 až 0,30
	Světle zelený	0,45 až 0,65
	Tmavě zelený	0,05 až 0,20
	Světle modrý	0,40 až 0,60
	Tmavě modrý	0,05 až 0,20
	Hnědý	0,12 až 0,25
	Světle šedý	0,40 až 0,60
	Tmavě šedý	0,15 až 0,20
	černý	0,01 až 0,03
Cihla (červená, pálená hlína)		0,25
Písek světlý		0,50
Sádra bílá		0,80 až 0,92
Mramor bílý		0,55 až 0,80
Žula		0,40 až 0,50
Dřevo	Světlé	0,30 až 0,50
	tmavé	0,10 až 0,25
Zeleň, tráva		0,05 až 0,10
Živičný povrch		0,10
Betonová dlažba		0,30
Zemina		0,08 až 0,20
Ocel		0,28
Hliník eloxovaný nebo leštěný		0,75 až 0,85
Zrcadlo skleněné (zrcadlový odraz)		0,80 až 0,90
Okno	S čirým sklem (z vnější strany)	0,10
	S čirým sklem a bílou záclonou	0,30 – 0,4
Sníh		0,75 až 0,80

1.2.2 Osvětlení sdružené

Je kombinací denního a umělého osvětlení. Z důvodu dlouhodobého působení na lidský organismus není v úplném rozsahu rovnocenné dennímu osvětlení, ale je pozitivnější než umělé osvětlení. Používá se v místech, kde je nedostačující denní osvětlení a je zapotřebí

ho doplnit pomocí umělého osvětlení (např. jídelny, šatny, koupelny, kuchyně apod.). Cílem sdruženého osvětlení je zajištění nezbytné úrovně osvětlení v prostorech, kde pro danou zrakovou činnost není dostačující denní osvětlení. Typicky se jedná o pracoviště, která jsou zastíněna vnitřním vybavením interiéru (nábytek, dekorace atd.), nebo se umísťují vzdáleněji od oken. [4,9]

Sdružené osvětlení je rozdělováno do dvou kritérii. [9]

Podle doby používání:

1. *Trvalé* – umělé světlo se využívá během celého dne.
2. *Přechodné* – umělé světlo se využívá jen po určitou dobu (např. při svítání a soumraku).

Podle rozsahu:

1. *Místní* – přisvětlují se výhradně vybraná místa prostoru, kde je omezený přístup denního osvětlení.
2. *Celkové* – umělým osvětlením se přisvětluje celý vnitřní prostor či jeho podstatná část. [9]

Požadavky na sdružené osvětlení

Při navrhování sdruženého osvětlování je vhodné zvolit svítidla, u kterých spektrální struktury světla se blíží světlu dennímu. Mezi vhodné svítidla se řadí bílé zářivky. U projektů sdruženého osvětlení je nezbytné dbát na to, aby bylo vhodné rozmístění světelného toku, vyhovující rozložení jasů ploch a také jejich kontrastů, rovnoměrnost sdruženého osvětlení pro jasnou zrakovou činnost v úplném vnitřním prostoru či jeho částech. Dále je důležité zamezit oslnění úplným slunečním světlem nebo světlem odraženým. U sdruženého osvětlení je potřeba, aby byl dodržován dostatečný podíl denního osvětlení. V tab. 3. jsou představeny požadované minimální (D_{min}) a průměrné (D_m) hodnoty činitele denní osvětlenosti. Skupiny zrakové činnosti jsou stejné jako u denního osvětlení (viz tab. 1.). [9]

Tabulka 3. Hodnoty činitele denní osvětlenosti u sdruženého osvětlení [14]

Třída zrakové činnosti	Hodnota činitele denní osvětlenosti v (%)	
	Minimální D_{min}	Průměrná D_m
I, II	1,0	2,5
III	0,7	2,0
IV	0,5	1,5
V – VII	0,5	1,0

1.2.3 Umělé osvětlení

Umělé osvětlení je spojeno s přeměnou jiného druhu energie (např. chemické či elektrické), proto je tedy nezbytné využít zdroje energie. Umělé osvětlení má tentýž význam jako denní osvětlení. Tento druh osvětlení nám může vhodně doplňovat či zcela nahradit denní osvětlení a umožňuje člověku vytvářet i zlepšovat zrakovou pohodu. [2, 10]

Pokud je ve vnitřních prostorech nedostatečné denní světlo, musíme použít soustavu umělého osvětlení, která zajišťuje předepsané světelné podmínky. Umělé osvětlení nám může sloužit k zajištění osvětlení při nouzovém stavu v případě výpadku napájení osvětlovací soustavy. [4]

Umělé osvětlení se rozděluje podle napájecího zdroje na:

1. *Normální osvětlení* – používá se při bezporuchovém stavu napájecí soustavy.
2. *Nouzové osvětlení* - používá se při poruše napájecího zdroje a je napájeno z jiného zdroje, než je napájeno osvětlení normální. [4]

Podrobnější popis rozdělení najdeme v tabulce níže:

Tabulka 4. Rozdělení osvětlovacích soustav umělého osvětlení podle napájení [4]

Normální osvětlení	Hlavní		Část osvětlovací soustavy, která zajišťuje osvětlení pro hlavní pracovní činnosti a využití prostoru.
	Pomocné		Část soustavy, která se používá pro jiné činnosti, než jsou hlavní zrakové činnosti, např. úklid, údržba atd.
Nouzové osvětlení	Náhradní osvětlení		Nouzové osvětlení umožňující pokračovat v běžné činnosti bez podstatných změn.
	Nouzové únikové osvětlení	Nouzové osvětlení únikových cest	Nouzové osvětlení, které zajišťuje, aby osoby přítomné v daném prostoru mohly účinně rozeznat únikové prostředky a bezpečně je použít.
		Protipanicové osvětlení	Nouzové osvětlení, které má zabránit panice a poskytnout osvětlení umožňující lidem dosáhnout místa, odkud lze rozeznat únikovou cestu.
		Nouzové osvětlení prostorů s velkým rizikem	Nouzové osvětlení, které poskytuje osvětlení pro bezpečnost lidí zúčastněných v potenciálně nebezpečných procesech nebo situacích, umožňuje řádně ukončit práci bez nebezpečí pro operátora a ostatní osoby přítomné v budově.

Požadavky na osvětlenost pro daný zrakový úkol

Intenzita umělého osvětlení se navrhuje na požadovaný zrakový úkon. Takže každá pracovní činnost má nějakou požadovanou intenzitu, kterou můžeme vidět v tab. 5. Z tabulky vyplývá, že čím obtížnější je zrakový úkon, tím musí být větší intenzita osvětlení, jelikož oko musí rozlišovat menší detaily. Nezbytná intenzita se zvyšuje s rychlostí změn pozorovaného detailu, s délkou zrakové činnosti a s menšími kontrasty pozorovaných ploch. [14]

Tabulka 5. Požadavky na osvětlení pro místnosti (prostory), úkoly a činnosti [30]

Druh prostoru, úkolu nebo činnosti	$\bar{E}_m [lx]$
Komunikační prostory a chodby	100
Schodiště, eskalátory	150
Šatny, umývárny, koupelny, toalety	200
Skladiště a zásobárny	100
Vstupní haly (ve školách)	200
Psaní, čtení, zpracování dat	500
Technické kreslírny	750
Pracovní stanice CAD	500
Přednáškové haly	500
Konferenční a zasedací místnosti	500
Tabule	500
Počítačové učebny	300
Učebny, konzultační místnosti	300
Učebny pro večerní studium a vzdělání dospělých	500
Jazykové laboratoře	300
Místnosti pro ruční práce, učební dílny	500
Místnosti pro praktickou výuku a laboratoře	500
Místnosti vyučujících	300
Školní jídelny	200
Kuchyně	500
Knihovny – místa pro čtení	500
Zakládání dokumentů, kopírování atd.	300
Recepce	300

1.3 Umělé osvětlení - jeho význam

Umělé osvětlení stejně jako kterýkoliv jiný druh osvětlení má vliv na fyziologické, psychologické či biologické pochody lidského organismu. Umělé osvětlení má identický význam jako denní osvětlení, může jej vhodně doplňovat nebo ho zcela nahradit. [2]

1.3.1 Psychofyzilogický vliv světla a osvětlení

Zrakové pocity si uvědomujeme s vnímáním světlosti a tmavosti, šedosti a barevnosti, stability a pohybu pozorovaných předmětů. Působí na pocity pohody, nepohody a napětí člověka. Vjem je ovlivňován skupinou zdravotních, subjektivních či psychologických vlivů. Denní osvětlení má podstatný vliv na psychiku člověka, což je dáno dynamičností a trvalými nepravidelnými změnami během dne. Umělé světlo je převážně monotónní, což vede ke snížení bdělosti, únavy, pocitům ospalosti atd. Nevhodnými světelnými podmínkami je způsobeno, že se lidé cítí apatičtí či depresivní. Je tedy nezbytné, aby denní osvětlení bylo uspokojivé především v prostorech, kde se lidé zdržují nejdéle (např. učebny, pracovny, školy, ložnice, apod.). [2, 5,15]

1.3.2 Světlo a bezpečnost práce

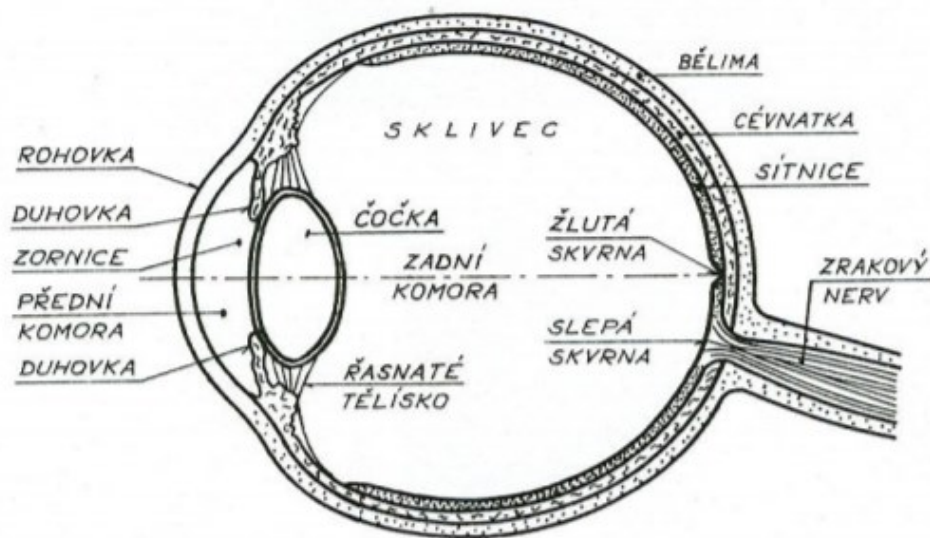
Lidský zrak se pod tlakem vnějších podmínek vyvinul v neobyčejně přizpůsobivý orgán, který je způsobilý pracovat i při nevyhovujícím osvětlení. Vliv neuspokojivého osvětlení se na bezpečnost práce, respektive člověka projevuje přímo i nepřímo. Přímo je projevováno tak, že se vlivem vysokého oslnění znemožňuje adaptace zraku pracovníků, což zvyšuje možný výskyt úrazu. Další příčiny vzniku úrazu mohou být při nedostatku osvětlení, či výskyt stroboskopického efektu, což je ohrožující vizuální klam. Nepřímo se projevuje zesílenou duševní či tělesnou únavou pracovníků, což vede ke zvýšení úrazovosti a snížení přesnosti práce atd. Zlepšováním osvětlení na pracovišti se projevuje poklesem úrazů způsobených uklouznutím, pádem přes překážku či úrazů u strojů. Zlepšováním osvětlení se taktéž zvyšuje jakost práce a klesá počet zmetků. Je podstatné nezapomínat na to, že je oko těsně vázáno s nervovou soustavou a to znamená, že se únava zraku může projevit vyčerpaností celého organismu. [7, 8]

1.4 Zrak a vidění

Přeměna světelného podnětu na zrakový vněm je proces, který se skládá z celé řady složitých dějů vznikající v oku, v nervové soustavě a zrakovém centru mozkové kůry. [1]

1.4.1 Orgán zraku

Představitelem zrakového orgánu je oko. Stavba oka je velmi složitá a skládá se z mnoha částí, jak je uvedeno pod obrázkem níže. [12]

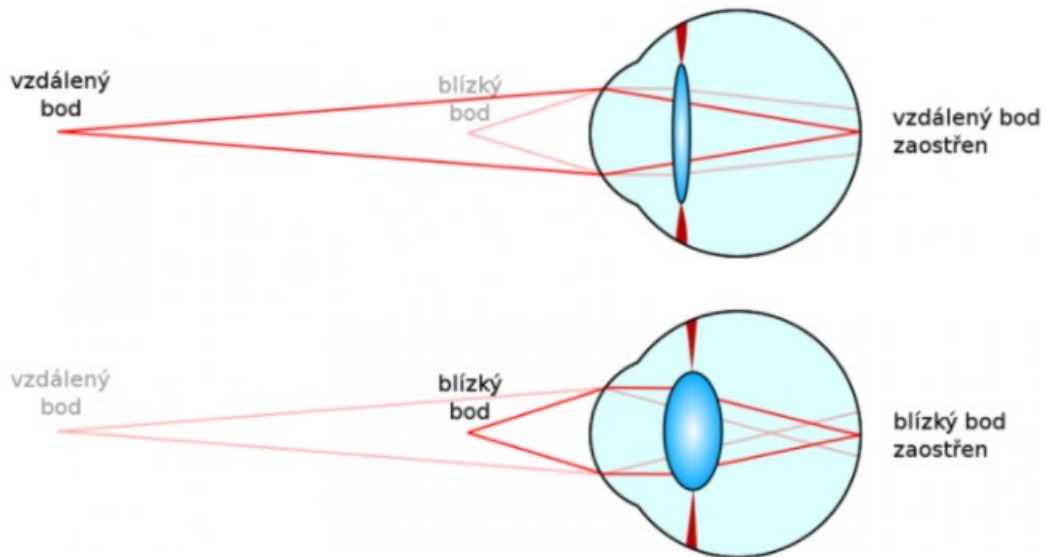


Obrázek 2. Stavba oka [32]

Tvar oka je přibližně kulový. Venkovní vrstvu oční koule vytváří neprůsvitné bělmo, které na předním místě přechází do průhledné rohovky. Střední vrstva je cévnatka, která na předním místě přecházejí do řasnatého tělíska a duhovky, jejíž kruhovitý otvor se nazývá zornice. Za ní se nachází řasnaté tělísko, na kterém je zavěšená čočka. Vnitřní vrstvu oční koule tvoří sítnice, která je nervového původu. V ní jsou uloženy buňky citlivé na světlo – tyčinky a čípky. Přibližně v optické ose oka se na sítnici nachází žlutá skvrna. V jejím středě je fovea, je to nejcitlivější místo na sítnici. Tam kde vstupuje do oka zrakový nerv, nejsou buňky citlivé na světlo. Je to slepá skvrna. Uvnitř oka je sklivec a komorová voda. Na oční kouli se upínají okohybné svaly, které otáčejí okem tak, že se pohled může soustředit na pozorovaný objekt. [1]

1.4.2 Adaptace, Akomodace, zraková ostrost

Pojem *adaptace* lze vysvětlit jako schopnost oka přizpůsobit se osvětleností současnou adaptací sítnice a změnou průměru zornice. Přizpůsobení se oka vzdálenostem pozorovaných předmětů změnou zakřivení oční čočky vysvětluje pojem *akomodace*.



Obrázek 3. Akomodace oka [16]

Na obr. 3. vidíme proces, při kterém se mění zakřivené čočky a tím dochází k přeměně ohniskové vzdálenosti. Schopnost oka, kterou rozlišujeme zřetelně předměty, jejichž vzájemná vzdálenost je velmi malá, nazýváme *zraková ostrost*. [2]

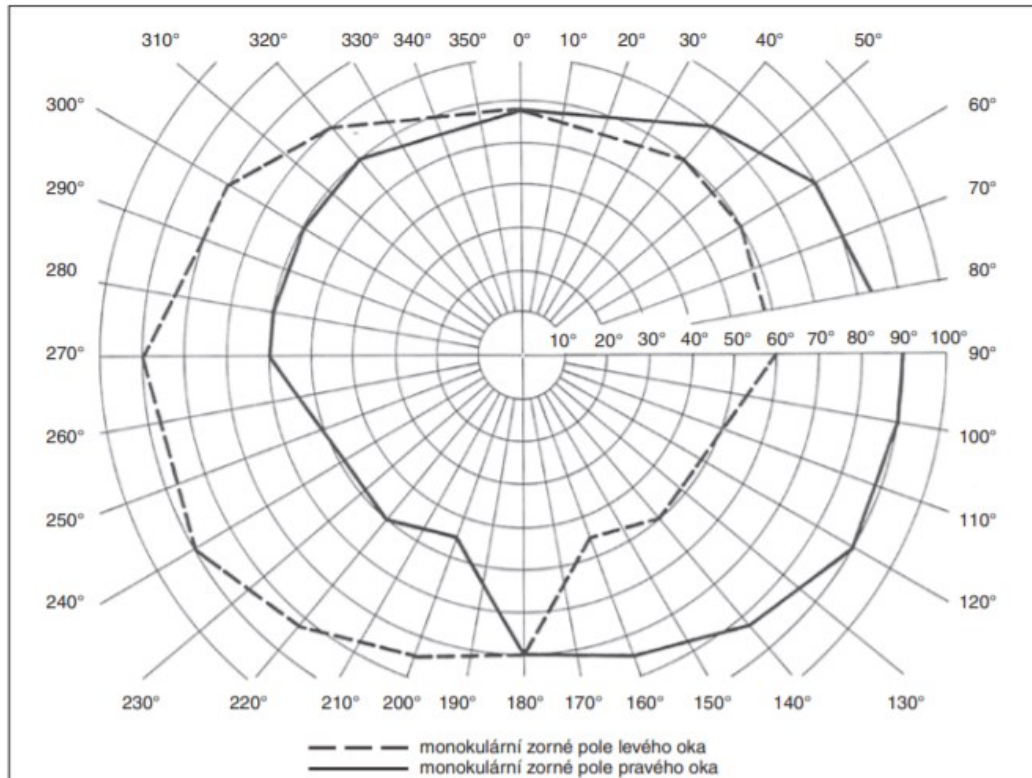
1.4.3 Druhy vidění

1. *Vidění mezopické* (soumračné) – u tohoto druhu vidění jsou současně v činnosti čípky a tyčinky, vidění je částečně barevné a neostré.
2. *Vidění fotopické* (denní) – čípky jsou v činnosti, jasy jsou větší než 30 cd.m^{-2} , vidění je barevné a ostré.
3. *Vidění skotopické* (noční) – v činnosti bývají tyčinky, jasy jsou menší než $0,003 \text{ cd.m}^{-2}$, vidění je nebarevné a neostré.

Barevné vidění je vyznačováno schopností pozorovatele rozlišovat barvy. Toto vidění vzniká při denním vidění, kdy je zrakový orgán schopen rozpoznat asi 160 barevných tónů. [2]

1.4.4 Rozsah vidění

Tento pojem lze definovat jako velikost množiny všech bodů pozorovaných zrakovým orgánem pozorovatele. Závisí na tom, jestli je při pozorování zrakový orgán a hlava pozorovatele v klidu nebo pohybu. [2]

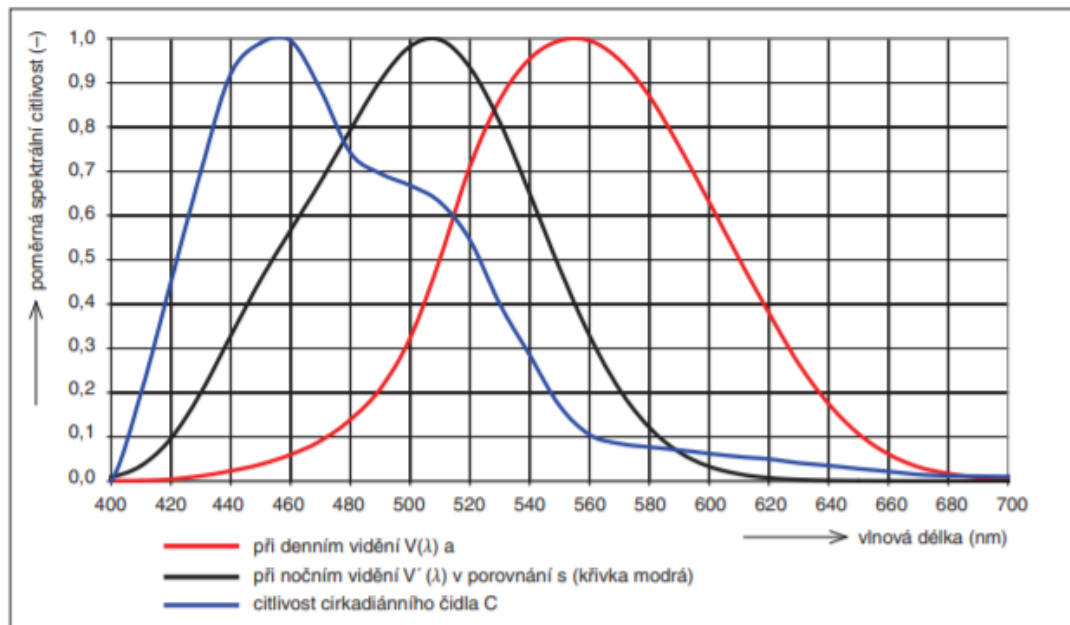


Obrázek 4. Monokulární a binokulární zorná pole pro bílé světlo [2]

Část prostoru, který vidíme při upřeném vodorovném pohledu bez pohybu očí a hlavy lze definovat jako zorné pole. Skládá se ze dvou monokulárních polí (pravého a levého oka), a ta část, kde se obě pole překrývají je binokulární. Velikost tohoto pole se mění s barvou světla, při slabém osvětlení se zmenšuje, mění se oslněním, únavou. [2]

1.4.5 Spektrální citlivost zraku

Zrakové ústrojí není totožně citlivé na záření odlišných vlnových délek. Hranice viditelnosti jsou rozdílné u odlišných osob. Nejčtetnější citlivost oka při náležitém osvětlení je stanovena citlivostí čípků a pohybuje se přibližně 555 nm. Při nedostatečné hladině jasu a nízkého osvětlení se uplatňují tyčinky a pohybuje se přibližně 507 nm. [4]



Obrázek 5. Poměrná spektrální citlivost zraku normálního fotometrického pozorovatele [4]

1.4.6 Rozlišovací schopnost

Schopnost zraku rozlišovat (neboli zraková ostrost) je jedním z nejpodstatnějších indikátorů funkčního stavu zrakového systému. Mnohdy je definována jako schopnost odlišovat od sebe dva rozdílné body s vysokým kontrastem (body, čáry, atd.). To znamená, že nám dva body nesplývají v jeden bod, ale vidíme a rozeznáváme konkrétní dva body. Je to vlastně hranicí rozlišovací schopnosti zraku. Rozlišovací schopnost je závislá na světelných podmínkách a zdokonaluje se při zlepšování světelných podmínek. Podobně důležitá je i vzdálenost a neomezený čas pozorování. [5,13]

1.4.7 Zraková pohoda

Definici zrakové pohody lze chápat jako vlídný psychofilozofický stav nezbytný pro účinnou práci a odpočinek. Není to pouze pocit, ale jedná se o stav organismu vytvořený vnějšími fyzikálními faktory, jedná se tedy o určitý fyziologický adaptační stav. [5]

Na zrakovou pohodu působí kvantita a kvalita přítomného světla, ale i další okolní vlivy prostředí. Mezi tyto vlivy náleží architektonické vlastnosti prostoru, jako je barevnost a jiné. Úzce souvisí s věkem uživatele, onemocněním, zrakovými vadami a únavou. Nepříznivě na zrakovou pohodu působí hněv, chlad, nepořádek, hluk, zvýšená teplota, pracovní vypětí a jiné. Příznivě působí radost, dobrá nálada, klid, příjemné prostředí, atd. Proto je v každém případě významné vytvořit ve vytyčeném prostoru dle jeho účelu a předpokládané činnosti lidí vhodné světelné okolí, tzv. světelné mikroklima. [4, 5]

1.4.8 Oslnění

Oslnění působí jako nepříznivý stav zraku, který ruší zrakovou vyrovnanost, nebo i znemožňuje vidění. Původem oslnění může být překročení adaptace zraku, nebo silný jas v zorném poli. Rozeznávají se dva základní typy osvětlení jako je *fyziologické oslnění* - omezuje zrakové schopnosti, ostrost a rozpoznatelnost vidění, nebo méně výrazné *psychologické oslnění* – způsobuje pouze pocit zrakové nepříjemnosti, bez snížení zrakových schopností. *Oslnění oslepující či úplné* – znemožňuje vidění i po rozpadu důvodu oslnění. Poněvadž se v osvětlovacích soustavách fyziologické osvětlení fakticky nesmí objevit, je hodnocení oslnění orientováno především na mírnější složku – *psychologické rušivé oslnění*. [2, 3]

1.4.9 Stroboskopický jev

Při napájení střídavým proudem výbojových zdrojů se projevuje kolísání světla, které se vyznačuje činitelem vlnitosti. Kolísání světla může být ohrožující. U výbojových zdrojů světla je následkem kolísání světla tzv. stroboskopický jev, u kterých se pohybující objekt zdánlivě pohybuje jinou rychlostí, nebo se nepohybuje. [2]

1.4.10 Směr světla a stínů

Zrakové vnímání a pozornost člověka se uplatňují více na svislých než vodorovných plochách. Prostorově šikmo dopadající světlo a jím vržený stín zdokonaluje prostorové vidění a plasticitu pozorovaných předmětů. Vhodně zvolený směr světla a vržený stín může výrazně napomoci k dokonalejší identifikaci sledovaných detailů, dobrému vidění, zrakové orientaci v prostoru, a naopak při nevhodně zvoleném směru světla může docházet ke zhoršení prostorové orientace, oslnění a podobně. [5]

1.5 Fyzikální podstata světla

Světlo lze považovat za elektromagnetické záření, což znamená přenášení energie prostorem ve formě elektromagnetických vln. V oblasti světelné techniky není zkoumána podstata záření, jeho silové účinky či jeho nepřetržitost, ale pozoruje se prostorové rozdělení toků energie při jejich souvislých přechodech mezi uvažovanými místy.

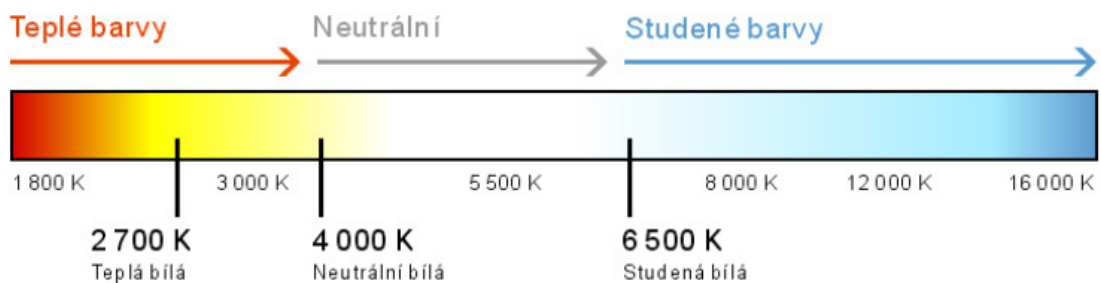
Záření se běžně skládá z několika složek, přičemž každá z těchto složek je vyznačována svou frekvencí f [Hz] neboli vlnovou délkou λ [m]. Spojitost mezi těmito veličinami je dána vztahem:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (4)$$

Kde c je rychlost šíření elektromagnetických vln ve vakuu ($c = 2,998 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$). [1, 4]

1.5.1 Teplota chromatičnosti

Teplotou chromatičnosti je charakterizována vlastnost světla, která nám udává jeho barvu a představuje se v Kelvinech (K). Je-li teplota chromatičnosti vyšší (nad 5000 K), tím je vyzařována studenější barva (bílé až modré světlo). Opačně čím je teplota chromatičnosti nižší (3300 K a méně), tím je vyzařována barva teplejší (žluté až červené světlo). Jak můžeme vidět na obrázku níže. [1, 4]



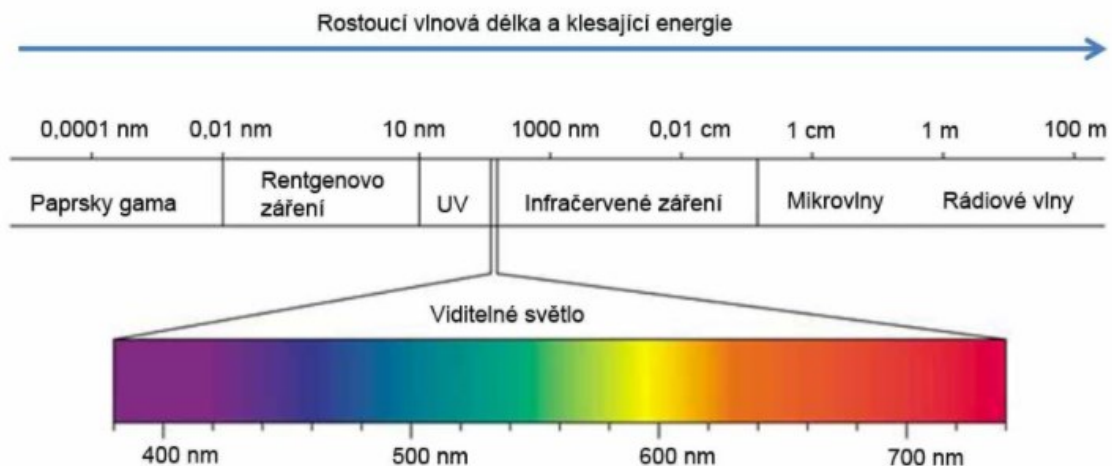
Obrázek 6. Znárodnění teploty chromatičnosti podle barev [31]

Barva vyzařovaného světla působí na psychiku člověka:

1. *Studené světlo* – podporuje schopnost koncentrace a stimuluje smysly, je tedy vhodné do kanceláří, výrobních hal, apod.
2. *Teplé světlo* - navozují příjemnou atmosféru, pocit odpočinku a uklidnění, je tedy vhodné do ložnic, obývacích pokojů, apod. [27]

1.5.2 Elektromagnetické spektrum

Elektromagnetické spektrum je škála elektromagnetického vlnění, které nám ukazuje rozdílné druhy elektromagnetického vlnění. V případě že uspořádáme všechny složky záření podle jejich vlnových délek, získáme tzv. elektromagnetické spektrum, které vidíme na obrázku níže.



Obrázek 7. Elektromagnetické spektrum [34]

Na výše uvedeném obrázku elektromagnetického spektra můžeme vidět, že viditelné světlo tvoří jenom velmi úzkou část veškerého záření, které doposud neznáme. Rozsah viditelného světla se udává v rozmezí od 380 nm do 770 nm. [1,3,4]

1.5.3 Barvy a jejich podání

Vjem barvy jistého předmětu se podmiňuje spektrálním složením záření zdroje, jenž předmět osvětluje. Účinek spektrálního složení světelných zdrojů na vnímání barev osvětlených předmětů charakterizuje *podání barev*. Vnímání barev se vědomě či nevědomě porovnává s jejich vzhledem ve světle běžného či smluvního zdroje světla. Z tohoto důvodu Mezinárodní komise pro osvětlování zavedla tzv. *index podání barev* R_a , pomocí kterého je vyjadřován stupeň shodnosti vnímání barev předmětů osvětlovaných smluvním zdrojem světla za jasně určených podmínek pozorování. Index podání barev je měřítkem kvality barevného podání světla a zaměřuje se, zda daný světelný zdroj může vykreslit barvy stejným způsobem jako referenční žárovka. Hodnota R_a je obvykle uvedena na světelném zdroji, nebo v jeho technickém listu. Index podání barev R_a se pohybuje v rozmezí od 0 do 100. V přírodním (denním) světle či ve světle teplotních zdrojů se barevnost předmětů vnímají nejlépe, tedy $R_a = 100$. Naopak v monochromatickém žlutém světle nízkotlakých sodíkových výbojek barvy nerozeznáváme vůbec, tedy $R_a = 0$. [4,17,18]



Obrázek 8. Porovnání indexů podání barev [35]

CRI (Colour Rendering Index) = Ra (index podání barev)

1.6 Hlavní světelné veličiny a jednoty

Základní světelné veličiny nám napomáhají zhodnotit vlastnosti a kvalitu osvětlení. [5]

1.6.1 Zářivý tok

Zářivý tok ϕ_e [W] je množství zářivé energie Q_e [W · s] přenesené tokem fotonů za jednotku času t [s]:

$$\phi_e = \frac{dQ_e}{dt} \quad (5)$$

1.6.2 Prostorový úhel

Prostorový úhel Ω [sr] lze definovat jako úhel, ve kterém se z určitého elementárního zdroje v prostoru šíří svazek paprsků a je definován rovnicí:

$$\Omega = \frac{S_r}{r^2} \quad (6)$$

kde S_r [m²] vyznačuje velikost plochy, kterou na povrchu koule o poloměru r [m] se středem v elementárním zdroji vytkne kuželová plocha, ve které se šíří světelné paprsky z elementárního zdroje. [10]

1.6.3 Světelný tok

Světelný tok ϕ [lm] lze chápat jako fotometrickou veličinu, která znázorňuje schopnost zářivého toku způsobit zrakové vnímání. Je to veličina odvozená z hodnoty zářivého toku ϕ_e . Pro přepočty fotometrických veličin na zářivé a naopak se používají vzorce: [5, 10]

$$1 \text{ lm} = 147 \cdot 10^{-5} \text{ W} \quad (7)$$

$$1 \text{ W} = 680 \text{ lm} \quad (8)$$

Jednotka světelného toku se nazývá 1 *lumen* [lm]. Jde o světelný tok emitovaný stejnoměrným bodovým zdrojem o svítivosti 1 kandely (cd) do jednotkového prostorového úhlu 1 *steradián* (sr). [5]

$$1 \text{ lm} = 1 \text{ cd} \cdot \text{sr} \quad (9)$$

1.6.4 Osvětlenost

Osvětlenost či *intenzita osvětlení* E [lx] je fotometrická veličina, která se definuje jako poměr světelného toku $d\phi$ [lm] dopadajícího na elementární plochu dS [m²] a velikost této plochy. [5]

$$E = \frac{d\phi}{dS} \quad (10)$$

Jednotkou osvětlenosti je lux [lx] a je určena jako podíl jednotky světelného toku na plochu o velikosti 1 [m²]. [5]

$$1 \text{ lx} = 1 \text{ lm} \cdot \text{m}^{-2} \quad (11)$$

1.6.5 Světelné množství

Světelné množství Q [lm · s] lze chápat jako veličinu, která je využívána pro ekonomické posouzení zdrojů světla: [10]

$$Q = \int_0^t \phi \cdot dt \quad (12)$$

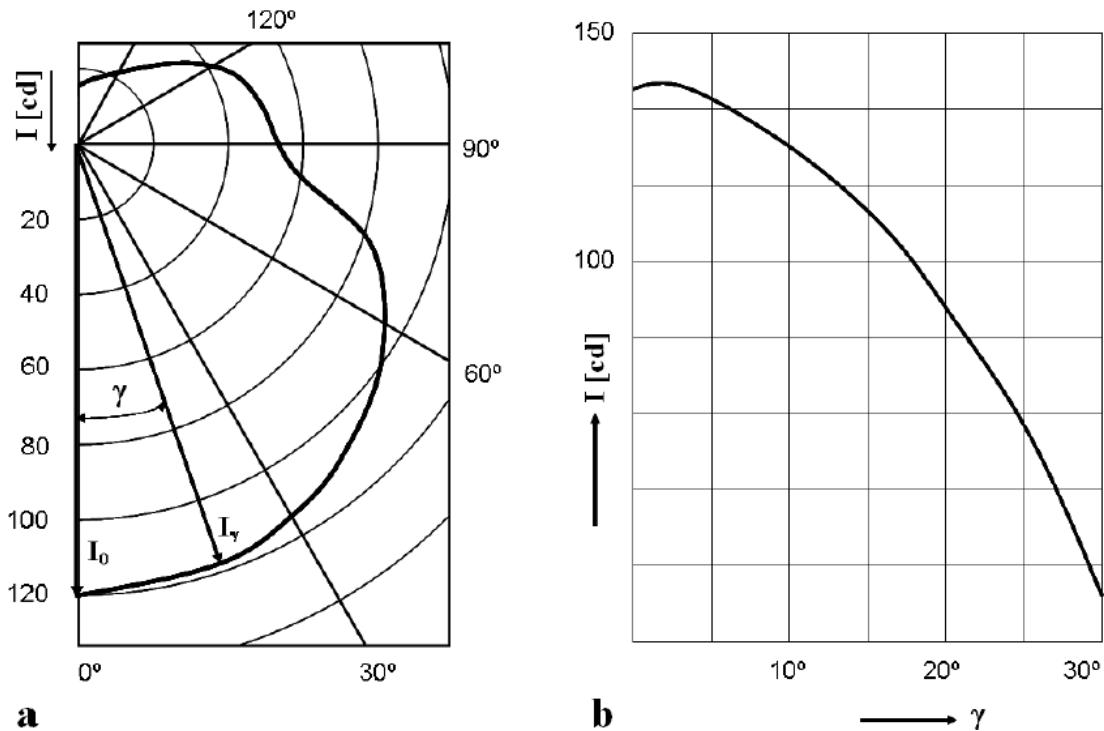
1.6.6 Svítivost

Svítivost I [cd] je určena podílem světelného toku $d\phi$, který je vyzařován ve směru osy elementárního prostorového úhlu $d\Omega$ a velikostí prostorového úhlu:

$$I = \frac{d\phi}{d\Omega} \quad (13)$$

Jednotka svítivosti se nazývá 1 kandela [cd = lm · sr⁻¹], která náleží mezi 7 zásadních jednotek soustavy SI. Svítivost zdroje se v různých směrech odlišuje (vzhledem k úhlu γ), tudíž se charakterizuje křivkou svítivosti, která je uvedena v katalogovém listu svítidla. [10] Křivka svítivosti je řezem plochy svítivosti, jež prochází světelným středem svítidla. Plocha svítivosti je plocha, která je vymezena koncovými body veškerých vektorů svítivosti, které vystupují ze světelného středu svítidla. Dle tvaru plochy svítivosti se svítidla rozdělují

na souměrná a nesouměrná. Křivky svítivosti jsou zakreslovány v katalogových listech (viz obrázek níže) v polárních či pravouhlých souřadnicích pro zdroj se světelným tokem 1000 lm. [2, 10]



Obrázek 9. Křivky svítivosti (a – polární souřadnice, b – pravouhlé souřadnice) [10]

1.6.7 UGR – označení rušivého oslnění

Zkratkou UGR je označováno rušivé oslnění (Unified Glare Rating), které lze chápat, jako techniku výpočtu, která je způsobena jasnými povrchy, jako jsou například části svítidel, osvětlené plochy a jiné. Ukazatel oslnění UGR nám sděluje informaci o tom, do jakého rozsahu je schopno dané svítidlo zapříčiňovat zrakovou nepohodu jedincům v jeho okolí. Hodnota bývá většinou představena v seznamovém listu každého svítidla. Při výpočtu UGR je bráno v potaz mnoho faktorů, které mohou vést k rušivému oslnění, jako je například hodnota jasu svítidla, úhel natočení, apod. Z následujícího vztahu se vypočítá rušivé oslnění UGR: [42]

$$UGR = 8 \log_{10} \left(\frac{0,25}{L_B} \sum \frac{L^2 \omega}{p^2} \right) \quad (14)$$

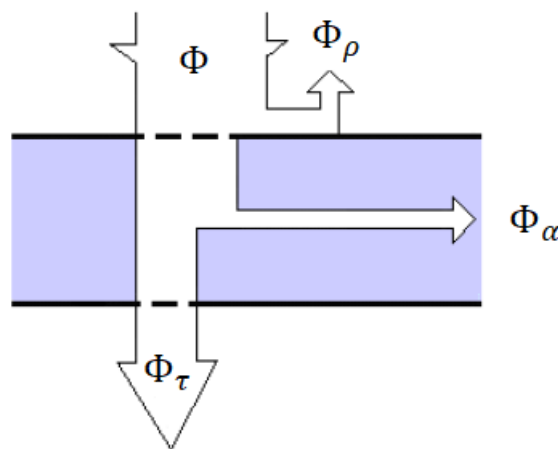
Kde L [$\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$] je jas každého svítidla ve směru oka pozorovatele, L_B [$\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$] je jas pozadí ve směru pohledu pozorovatele, ω [sr] je prostorový úhel každého svítidla vzhledem k oku pozorovatele a p [-] je činitel polohy odklonu svítidla podle Gutha. [42]

1.7 Energetická bilance při šíření světla

Při dopadání Světelného toku na světelně činnou látku se část toku odrazí, část se pohltí a část prostoupí. Obvykle platí, že světelný tok ϕ [lm] dopadající na uvažovaný materiál je součtem dílčích světelných toků:

$$\phi = \phi_{\rho} + \phi_{\tau} + \phi_{\alpha} \quad (15)$$

kde ϕ_{ρ} [lm] je světelný tok, který se odrazí, ϕ_{τ} [lm] je světelný tok, který přes látku prostoupí a ϕ_{α} [lm] je světelný tok, kterou látka pohltí. [10]



Obrázek 10. Energetická bilance šíření světelného toku přes látku [10]

1.7.1 Světelně techničtí činitelé

Světelně techničtí činitelé látek jsou popisovány následujícími třemi činiteli, kteří jsou uvedeni níže.

Činitel odrazu ρ [-] je část světelného toku odraženého od povrchu látky a dopadajícího světelného toku na povrch této látky:

$$\rho = \frac{\phi_{\rho}}{\phi} \quad (16)$$

Činitel prostupu τ [-] lze vymezit jako podíl světelného toku prošlého danou látkou a dopadajícího světelného toku na povrch této látky:

$$\tau = \frac{\phi_{\tau}}{\phi} \quad (17)$$

Činitel pohlcení α [-] je podíl světelného toku pohlceného danou látkou a dopadajícího světelného toku na povrch této látky:

$$\alpha = \frac{\phi_{\alpha}}{\phi} \quad (18)$$

Dosadíme-li dílčí světelné toky z předešlých rovnic a následně dosadíme do rovnice (15), získáme vztah popisující závislost mezi dílčími světelnými toky v následujícím tvaru:

$$\rho + \tau + \alpha = 1 \quad (19)$$

Z výše uvedené rovnice je patrné, že součet činitele odrazu, činitele pohltivosti a činitele prostupu je roven 1. Takže můžeme říct, že je v souladu se zákonem zachování energie. [10]

2 PARAMETRY SVĚTELNÝCH ZDROJŮ

Tělesa, která vyjadřují optické viditelné záření, se nazývají světelné zdroje. Mohou být přírodní (měsíc, slunce, blesk apod.) anebo umělé zdroje světla (svíčka, louč, plynová lampa, výbojka, žárovka, světelná dioda- LED a jiné). Těleso či jeho povrch vyzařující světlo, které vzniklo transformací energie v něm samém, se nazývá primární zdroj světla. Těleso nebo jeho povrch. Který sám nevyzařuje, ale dopadající světlo alespoň z části odráží či propouští, nazýváme sekundární zdroj světla. [4]

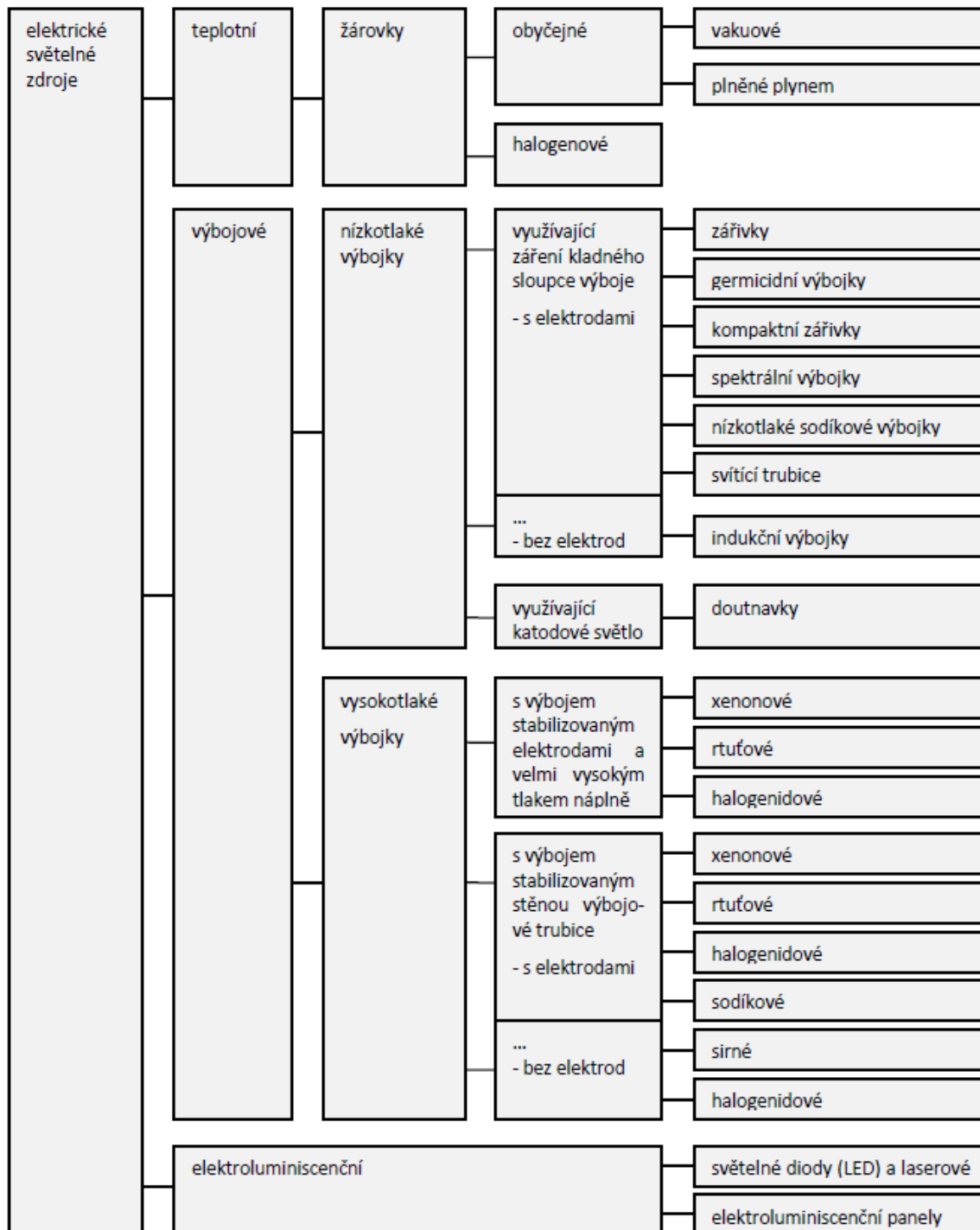
V současnosti jsou nejzajímavější umělé osvětlení především zdroje elektrické, které přeměňují elektrickou energii na viditelné světlo a jsou považovány za základ každé osvětlovací soustavy. [3,4]

V oblasti světelných zdrojů dochází k neustálým bouřlivým rozvojem a k objevům nových zdrojů, které používají dříve nepoznané postupy generování světla (indukční nízkotlaké a vysokotlaké výbojky). Neustálé zlepšování probíhá také u již existujících zavedených zdrojů světla, dochází ke zlepšování jejich parametrů, zvyšování účinnosti přeměny elektrické energie na světlenou, k prodlužování životnosti svítidel, zlepšování kalorimetrických vlastností a k dalšímu zvyšování spolehlivosti vyráběného sortimentu. Významnější část teplotních zdrojů světla (obyčejné žárovky, ale i částečně halogenové žárovky) a nepatrná část výbojových zdrojů (směšové a vysokotlaké výbojky) se už blíží ke svým fyzikálním hranicím. To znamená, že jejich parametry stagnují a jejich podíl v celkovém počtu využívaných zdrojů neustále klesá. [4]

Ostatní typy světelných zdrojů se nadále rozvíjejí, pomocí vývoje v oblasti nových materiálů, které jsou odolnější, kvalitnější a mnohdy i levnější. V současnosti jsou na vzestupu zejména světelné diody, bez-elektronové indukční výbojky a halogenidové výbojky s keramickým hořákem. [4]

2.1 Světelné zdroje a jejich třídění

V současné době jsou považovány za nejvíce významné světelné zdroje elektrické, které se dělí podle způsobu vzniku světla na zdroje teplotní (obyčejné a halogenové žárovky), výbojové (zářivky, kompaktní zářivky, halogenidové, směšové a rtuťové výbojky, xenonové výbojky atd.), a elektroluminiscenční (světelné diody LED). Detailní roztřídění elektrických světelných zdrojů vidíme na *obrázku 11*. [4]



Obrázek 11. Struktura třídění světelných zdrojů. [4]

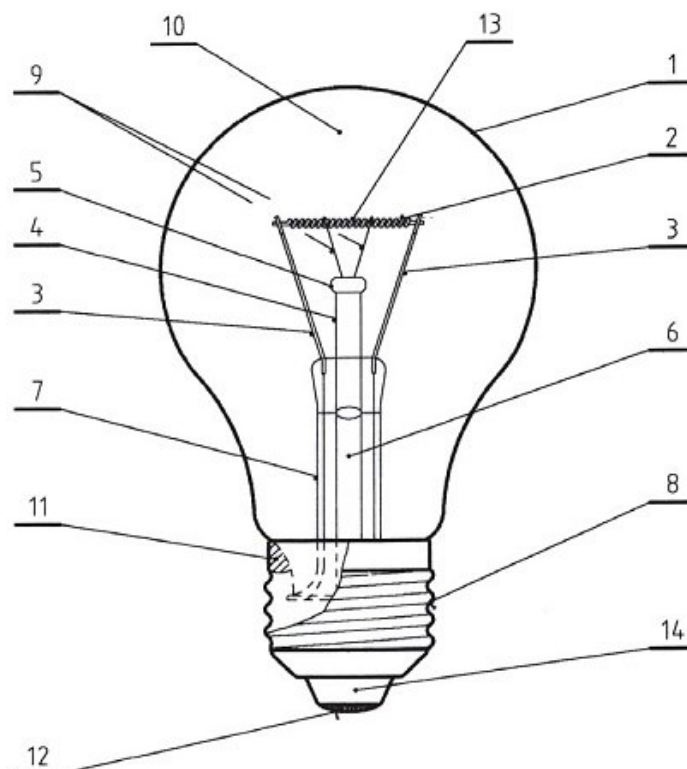
2.1.1 Teplotní světelné zdroje

Principem funkce teplotních světelných zdrojů je určitý způsob zahřátí tělesa. Mezi teplotní zdroje patří především žárovky (obyčejné a halogenové), ale i všechny druhy plamene (svíčky, louč, petrolejové a olejové lampy). Zdrojem záření je ve všech případech rozžhavená pevná látka. [4]

U plamenových zdrojů to jsou malé částice uhlíku a u žárovek se jedná o kovové vlákno (nejprve uhlíkové, platinové, tantalové, osmiové, později pouze wolframové), které je rozžhavené na vysokou teplotu procházejícím elektrickým proudem. Teplotní zdroje jsou specifické tím, že světlo z nich vyzařované má spojité spektrum, ale zároveň jsou vyznačovány velmi malou účinností přeměny elektrické energie na světelnou. Lze tedy sledovat trvale klesající podíl teplotních zdrojů v celkové spotřebě světelných zdrojů. [4]

Žárovky

Žárovka je jedna z nejstarších elektrických zdrojů světla. V celosvětovém měřítku jsou žárovky stále dosud nejběžnějšími světelnými zdroji. Žárovky patří do hlavního výrobního či prodejního sortimentu řady podstatných světových firem a jejich množství vyrobených žárovek za rok se pohybuje v řádech miliard. Mezi hlavní výhody obyčejných žárovek patří malé rozměry, jednoduchá konstrukce a hmotnost. Další výhodou je okamžitý start bez blikání, stabilní svícení, jednoduchý provoz a snadná výměna chybné žárovky. Nevýhodou je značně malý měrný výkon a malá životnost. [7]



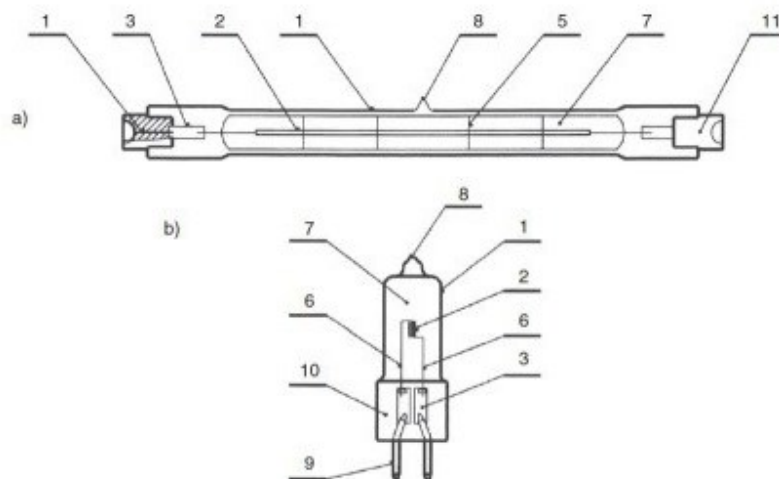
Obrázek 12. Konstrukce žárovky [36]

1 – baňka; 2 – wolframové vlákno; 3 – přívody; 4 – tyčinka; 5 – čočka; 6 – čerpací trubička; 7 – talířek; 8 – patice; 9 – háčky (podpěrky); 10 – plynná náplň; 11 – tmel; 12 – pájka; 13 – getr; 14 – izolace patice

Konstrukce žárovky je zobrazena na *obr. 12.* za vlastní zdroj záření je považováno wolframové vlákno, které je svinuté do jednoduché nebo dvojité šroubovice. Průměr drátu se pohybuje od 10 μm (žárovky 15 W) do 120 μm (žárovky 200 W). Vlákno je fixováno ve své poloze pomocí přívodů a podpěrných háčků, které jsou zapíchnuty do čočky tyčinky, jež s dalšími skleněnými polotovary vytváří tzv. nožku. Nožka s vláknem je zatavena do vnější baňky, která je vytvořena z měkkého sodno-vápenatého skla. Baňky mohou být různé – čiré, matované, barevné atd. Přívod elektrického proudu je zaopatřen paticí. Obyčejné žárovky jsou běžně opatřeny závitovou paticí E27. Přívody jsou s paticí sjednoceny pájením obyčejnými pájkami z olova a slitiny cínu, nebo svářením. Ve vnitřním prostoru baňky jsou pohlceny zbytky nežádoucích plynů látkou nazývanou getr. Výplň žárovek bývá krypton či argon. [4]

Halogenové žárovky

Kromě obyčejné žárovky jsou také žárovky halogenové, které se na rozdíl od klasických žárovek plní plynem s příměsí halogenů, či jejich sloučeninami. Zastupují tedy novou generaci teplotních světelných zdrojů. Bylo zapotřebí přistoupit na mechanicky i teplotně odolnější materiály používané na zhotovování baňky, aby její nejnižší pracovní teplota dosahovala 250 °C. U těchto žárovek se začalo používat křemenné nebo tvrdé sklo, namísto měkké skloviny, která je běžná u žárovek obyčejných. Rozměry halogenových žárovek jsou tedy menší než u obyčejných žárovek. Využití skla se zvětšenou mechanickou pevností umožňuje zvednout pracovní tlak plynné náplně, což má značně pozitivní vliv na snížení rychlosti vypařování wolframového vlákna. Třída halogenových žárovek si získala své ctihodné místo v osvětlovací praxi. Konstrukce halogenové žárovky je ukázána na *Obr. 13.* Hlavní výhodou halogenových žárovek je bílé světlo s větší teplotou chromatičnosti 2900 – 3100 K a u speciálních typů až 3400 K. Další výhodou je delší životnost při stejném měrném výkonu jako u obyčejných žárovek. Nevýhodou u halogenových žárovek je náročnější technologie výroby tedy i jejich vyšší cena. [4]



Obrázek 13. Konstrukce halogenové žárovky [37]

a – dvoustisková žárovka, b – jednostisková žárovka

1 – baňka; 2 – wolframové vlákno; 3 – molybdenová fólie; 4 – molybdenový přívod;
5 – podpěrka; 6 – koncečky vlákna; 7 – plynná náplň; 8 – odpalek čerpací trubičky; 9 – kolík;
10 – stisk; 11 – keramická patice

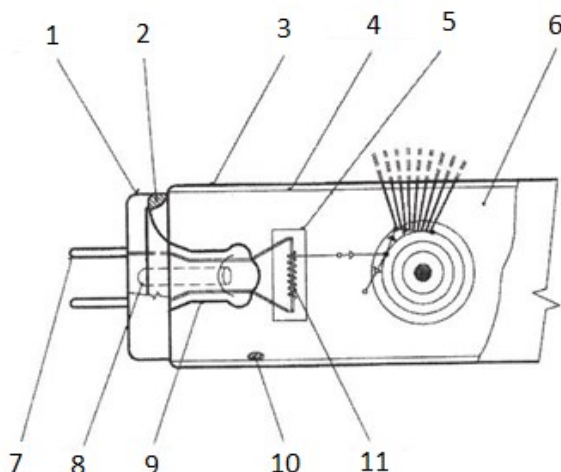
2.1.2 Výbojové světelné zdroje

Dle tlaku, ze kterého vede výboj, dělíme výbojové zdroje na zdroje nízkotlaké – zářivky a vysokotlaké – výbojky. [2]

Principem výbojových zdrojů světla jsou postupy související s procházením elektrického proudu okolím obsahujícím vhodné plyny nebo páry a jejich směsi. Jde tedy především o páry rtuti, halogenidů, sodíku, chemických prvků, vzácné zeminy a plyny zejména (krypton, neon, argon popřípadě jejich směsi). [2]

Nízkotlaké zářivky

Zářivka je nízkotlaká rtuťová výbojka, u které je hlavní část světla vyzařována jednou či více vrstvami luminoforu buzeného ultrafialovým zářením výboje. Zářivky mají většinou trubcový tvar. Podle typu použitého luminoforu lze dosáhnout různých barevných odstínů světla či indexu podání barev R_a . Konstrukce lineární zářivky je znázorněna na obrázku níže. [4]



Obrázek 14. Konstrukce lineární zářivky [4]

1 – patice; 2 – tmel; 3 – trubice, 4 – vrstva luminoforu; 5 – ochranná clonka; 6 – plynná náplň; 7 – kolík patice; 8 – čerpací trubička; 9 – nožka; 10 – rtuť; 11 – elektroda

K hlavním výhodám zářivek patří dlouhá životnost, vhodné geometrické parametry, vysoká účinnost přeměny elektrické energie na světelnou, velmi široký sortiment příkonů od 4 W do 200 W. Nevýhodou zářivek je vliv počtů zapnutí na životnost zářivky, obsah toxické rtuti, proto je nutné po jejich ukončení životnosti odkládat u prověřených organizací. [4]

Vysokotlaké rtuťové výbojky

U vysokotlakých výbojek vzniká hlavní část světla ve rtuťovém výboji, při kterém je parciální tlak převyšující 100 kPa. Vyrábějí se převážně s luminoforem, který zdokonaluje barevné podání a zvyšuje měrný výkon. Výbojky opatřené průhlednou baňkou mají modrozelené světlo. Využívají se pro osvětlení vnitřních i vnějších průmyslových prostorů apod. [2, 4]

2.1.3 Luminiscenční zdroje světla

Základním principem je luminiscence pevných látek, při němž se z atomů, molekul či krystalů látky v podobě fotonů vyzařuje energie uvolněná při samovolném návratu elektronů do výchozí polohy z nestabilního vybuzeného stavu, jenž byl způsoben vnějším vlivem.

Luminiscenční zdroje dělíme dle druhu luminiscence na:

1. *Elektroluminiscenční* – využívá se na výrobu piktogramů, nápisů a pro obrazové paměti.
2. *Fotoluminiscenční* – využívá se na luminofory.

3. *Radioluminiscenční* – velmi omezené použití na signalizační zařízení, kde se nenachází elektrický proud (sklady výbušnin, námořní boje apod.). Při jejich použití je nutno počítat s účinky radioaktivního záření. [2, 3]

2.2 Parametry světelných zdrojů

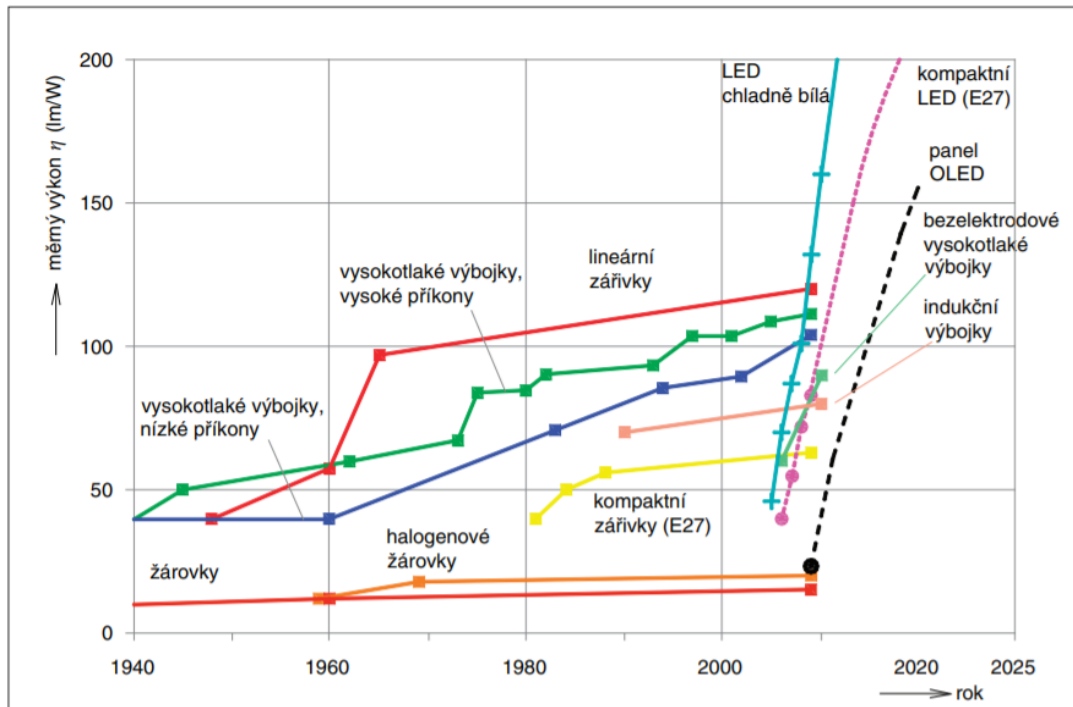
Parametry světelných zdrojů rozdělujeme na provozní a technické. Nejvýznamnější technické parametry zdrojů jsou jejich konstrukční provedení, světelně technické a elektrické parametry a životnost. Mezi konstrukční parametry náleží hmotnost, vnější a připojovací rozměry, rozměry svítícího tělesa, typ patice, tvar baňky a její optické vlastnosti a jiné. U světelně technických parametrů to je především svítivost a její prostorové rozložení, jas, světelný tok a jeho spektrální složení. U elektrických parametrů se jedná o napětí napájecí sítě, příkon světelného zdroje, velikost a druh proudu (střídavý, jednosměrný) a napětí na zdroji. Životnost světelného zdroje se rozumí celková doba jeho svícení do okamžiku, kdy již není v praxi použitelný. [3, 4]

K nejdůležitějším vlastnostem světelných zdrojů patří měrný výkon, napájecí napětí, technický život a příkon. U světelného zdroje vyžadujeme zejména vysokou účinnost přeměny elektrické energie na světelnou. V neposlední řadě i ekologická a ekonomická hlediska, která stanovují další volbu světelných zdrojů. Měrný výkon se vyjadřuje v lumenech na watt (lm/W). V následující tabulce je přehled dosahovaných hodnot měrného výkonu u hlavních skupin elektricko-světelných zdrojů. [3]

Tabulka 6. Měrný výkon základních skupin světelných zdrojů. [4]

Světelný zdroj	Měrný výkon (lm/W)
Obyčejné žárovky	10 až 18
Halogenové žárovky	20 až 30
Světelné diody (LED)	60 až 160
Směsové výbojky	20 až 28
Vysokotlaké rtuťové výbojky	40 až 60
Indukční výbojky	60 až 97
Kompaktní zářivky	40 až 87
Lineární zářivky	50 až 104
Halogenidové výbojky	50 až 130
Sírné výbojky	135
Vysokotlaké sodíkové výbojky	70 až 150
Nízkotlaké sodíkové výbojky	100 až 200

Hodnoty uvedené v Tab. 6. kromě obyčejných žárovek, se neustále zvyšují a nejvýznamnější vývoj zaznamenávají světelné LED diody, jak můžeme vidět na obrázku níže. LED světelné zdroje jsou velmi energeticky účinné, mají dlouhou životnost a jsou šetrné k životnímu prostředí. [4,19]



Obrázek 15. Graf vývoje měrných výkonů u běžně používaných světelných zdrojů pro všeobecné osvětlování [25]

Z hygienického hlediska nesmí světelný zdroj vysílat záření, negativně působící na organismus a způsobovat vznik škodlivých par a plynů, ani jinak ohrožovat bezpečnost lidí. Ekonomické hledisko světelného zdroje musí být posuzováno komplexně s dalšími parametry, jako jsou investiční a provozní náklady osvětlovací soustavy, nebo taktéž šetrné likvidační náklady a jiné. [4]

3 SVÍTIDLA

3.1 Třídění svítidel

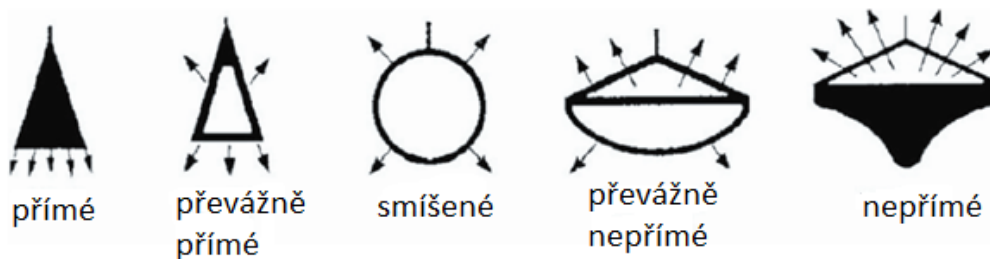
Svítidla lze rozdělit do skupin dle jejich vlastností a záleží na různých kritériích. Rozdělujeme je podle použitého světelného zdroje na zářivková, žárovková, výbojková, se svítivými diodami atd. Dále dle použití a umístění na svítidla stropní, nástěnná nebo podlahová. Taktéž podle prostoru, kde se svítidla nacházejí na vnitřní a venkovní, dle montáže na zapuštěná, zavěšená, přisazená apod. [3]

3.1.1 Dle světelně technických funkcí

1. *Podle rozložení světelného toku* - svítidla lze rozdělit podle jejich rozložení světelného toku do horního a dolního poloprostoru, jak je uvedeno v následující Tab. 7.

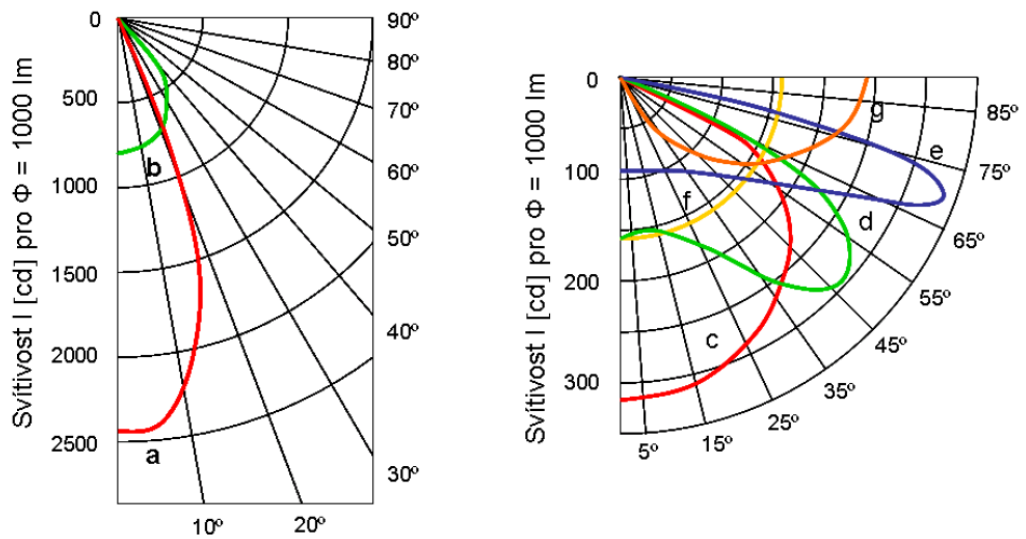
Tabulka 7. Rozdělení svítidel podle rozložení světelného toku. [3]

označení svítidla	světelný tok do dolního poloprostoru [%]	světelný tok do horního poloprostoru [%]	značení dle DIN 5040
přímé	90-100	0-10	A
převážně přímé	60-90	10-40	B
smíšené	40-60	40-60	C
převážně nepřímé	10-40	60-90	D
nepřímé	0-10	90-100	E



Obrázek 16. Rozdělení svítidel podle rozložení světelného toku [22]

2. Dle tvaru křivky svítivosti



Obrázek 17. Dělení křivek svítivosti podle tvaru (a – koncentrovaná; b – hluboká; c – kosinová; d – pološiroká; e – široká; f – rovnoměrná; g – sinusová). [10]

3.1.2 Podle třídy ochrany před nebezpečným dotykem

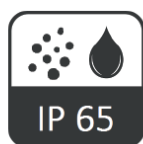
Podle ochrany před nebezpečným dotykovým napětím živých částí dělíme svítidla do následujících tříd:

1. Třída 0 – má pouze základní izolaci bez schopnosti připojení ochranného vodiče.
2. Třída I – mají vybavení pro připojení vodivých částí na ochranný vodič.
3. Třída II – má dvojnou, nebo zesílenou izolaci před nebezpečným dotykem.
4. Třída III – na bezpečné napětí, tedy pro zdroje malého napětí (12 V, respektive 24 V). [3, 23]

3.1.3 Podle stupně krytí

Stupeň krytí je konstrukční opatření proti vnějším vlivům, jako je vnikání vody a cizích předmětů. Má označení IP a dvojčíslí, kde první číslice má hodnotu 0 – 6 která udává stupeň ochrany proti vnikání cizích předmětů i prachu. Druhá číslice 0 – 9 značí stupeň ochrany před vnikáním vody. [2]

1. číslice Ochrana proti vniknutí pevných částic		2. číslice Ochrana proti vniknutí kapalin	
IP0x	Bez ochrany	IPx0	Bez ochrany
IP1x	Ochrana proti pevným částicím větším než 50 mm (např. náhodný dotyk rukou)	IPx1	Ochrana proti vertikálnímu kapání vody (např. kondenzace)
IP2x	Ochrana proti pevným částicím větším než 12,5 mm (např. prst ruky)	IPx2	Ochrana proti kapající vodě až do 15° od vertikály
IP3x	Ochrana proti pevným částicím větším než 2,5 mm (např. nářadí, šroubky)	IPx3	Ochrana proti stříkající vodě až do 60° od vertikály
IP4x	Ochrana proti pevným částicím větším než 1 mm (např. malé drátky)	IPx4	Ochrana proti stříkající vodě ve všech směrech
IP5x	Ochrana proti prachovým částicím větších rozměrů	IPx5	Ochrana proti tryskající vodě pod tlakem
IP6x	Kompletní ochrana proti prachu	IPx6	Ochrana proti intenzivně tryskající vodě srovnatelné se vzdušnou vlnou
		IPx7	Ochrana proti ponoření do vody na 30 minut do hloubky 1 metru
		IPx8	Ochrana proti trvalému ponoření do vody
		IPx9	Ochrana proti silné tlakové vodě (WAP)
		IPx9K	Ochrana proti silné tlakové vodě o vysoké teplotě (WAP)



Obrázek 18. Přehled stupně krytí IP [24]

3.1.4 Podle způsobu připevnění

Podle způsobu připevnění se svítidla dělí na:

1. *Svítidla pevná* – nástěnná, stropní, závěsná, vestavěná, výložníková apod. [2]
2. *Svítidla přemístitelná* – stojanová, stolní, přilbová, ruční apod. [2]

3.1.5 Podle požární bezpečnosti

Pro přímou montáž na hořlavý či nehořlavý materiál.

3.1.6 Podle dalších kritérií

Dále třídíme svítidla na svítidla vnitřní či venkovní, taktéž svítidla pro společenské prostory, pro průmysl, svítidla pro byty a kombinované osvětlení, na svítidla žárovková, výbojková, směšová, zářivková apod. V dnešní době se vyrábí neustále větší počet druhů svítidel, které dělíme podle jejich hlavních (podmínky použití a provozu, technická funkce) a doplňkových znaků (tvar křivky svítivosti, typ zdroje atd.). [2]

3.2 Parametry svítidel

3.2.1 Účinnost svítidla

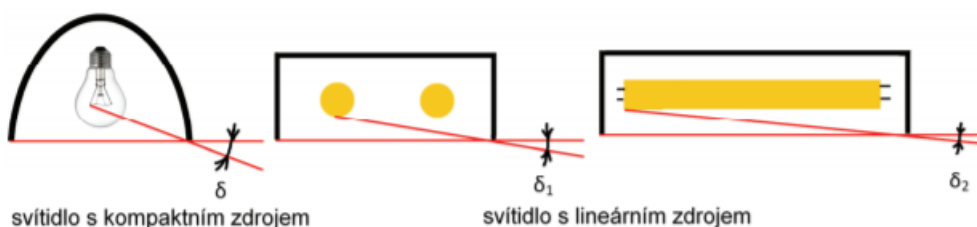
Účinnost svítidla je významným parametrem, který udává poměr mezi světelným tokem vyzařovaným svítidlem a celkovým světelným tokem všech světelných zdrojů, které jsou určeny pro toto svítidlo. [2, 3]

$$\eta_s = \frac{\phi_s}{\phi_z} \quad (20)$$

Kde ϕ_s [lm] světelný tok vyzařovaný svítidlem a ϕ_z [lm] je celkový světelný tok světelný zdrojů, pro které je svítidlo určeno. [2]

3.2.2 Jas a úhel clonění

Svítidla jsou obvykle opatřena stínidly nebo clonami. Tato stínidla se používají u svítidel clonění na zakrytí světelných zdrojů proti přímému pohledu. Každé svítidlo má jistý úhel clonění, který je určen horizontální rovinou a přímkou, která prostupuje krajem stínidla a protilehlým obrysem světelného zdroje. Určení úhlu clonění se liší pro rozdílné světelné zdroje. [1, 2, 3]



Obrázek 19. Úhel clonění δ u svítidla [14]

3.3 Základní části svítidel

Elektrická svítidla se hodnotí podle mnoha požadavků a vlastností na jejich použití v praxi. Patří mezi ně bezpečnost v provozu, kontrola a usměrnění světelného toku světelného zdroje, upevnění svítidla, účinnost provozu, fyzická ochrana světelného zdroje, apod. Proto je důležité, aby byla svítidla vybavena světelně činnými, elektrickými a konstrukčními částmi, které jsou uvedeny v Tab. 8. [4]

Tabulka 8. Základní části elektrických svítidel. [4]

Část	Účel	Příklad
Světelně činná	Prostorová, popř. spektrální úprava světelného toku zdrojů	Reflektory, difuzory, čočky, refraktory, stínidla a clony, filtry, světlovody
Elektrická	Napájení světelných zdrojů elektrickou energií	Vodiče, svorkovnice, objímky, předřadníky, zapalovací zařízení, kondenzátory
konstrukční	Upevnění a ochrana světelných zdrojů, upevnění svítidel, vzhled svítidel	Těleso svítidla, upevňovací prvky pro elektrické vybavení, kryt svítidla, montážní prvky

3.3.1 Světelně činné části svítidel

Slouží převážně k zajištění hlavní funkce svítidla, tj. osvětlování určitého předmětu či prostoru, jsou nejzásadnější jeho světelné činné části. To znamená, že to jsou části, které upravují rozložení světelného toku vyzařovaného ze světelného zdroje a určují fotometrické vlastnosti svítidel. Mají schopnost jej například usměrnit do stanoveného světelného svazku či rovnoměrně rozptýlit do prostoru. Rozdílné světelné činné části jsou stanoveny k zábraně oslnění, úpravě spektrálního rozložení apod. [3, 4]

K dosažení požadovaných světelně technických vlastností svítidel slouží níže zmíněné prvky: [4]

1. *Reflektory* – slouží k přeměně prostorového rozložení světelného toku pomocí odrazu. Ke konstrukci se většinou používají vysoce leštěné kovové nebo pokovené povrchy. [4]
2. *Čočky a refraktory* – mění rozložení prostorového světelného toku lomem světelných paprsků. [4]
3. *Difuzory* – jsou to průsvitné materiály, jež mění prostorové rozložení světelného toku rozptylem procházejícího světla, snižují jas svítidel. [4]
4. *Světlovody* – optické zařízení, které vede světlo ze zdroje světla do místa určení. [4]
5. *Holografické optické prvky, filtry stínidla a kryty*. [4]

3.3.2 Elektrické části svítidel

Další nedílnou součástí svítidel jsou také elektrické části svítidel, jako například ochranné svorky, svorkovnice, vodiče, objímky, propojovací vodiče. Mezi vybavu elektrických svítidel patří i předřadná zařízení, která mají za úkol upravovat napájecí podmínky pro obvod

světelného zdroje a mezi ně patří startéry, tlumivky, transformátory, zapalovače atd. U některých svítidel můžeme najít i propojovací spojky, napájecí přívodní kabel apod. [4]

3.3.3 Konstrukční části svítidel

Konstrukční části svítidel zajišťují upevnění svítidla, ale zároveň nesou jeho elektrické optické části. Konstrukční části jsou tvořeny především tělesem svítidla, šrouby, upevňovacími kryty, sponkami apod. [3, 4]

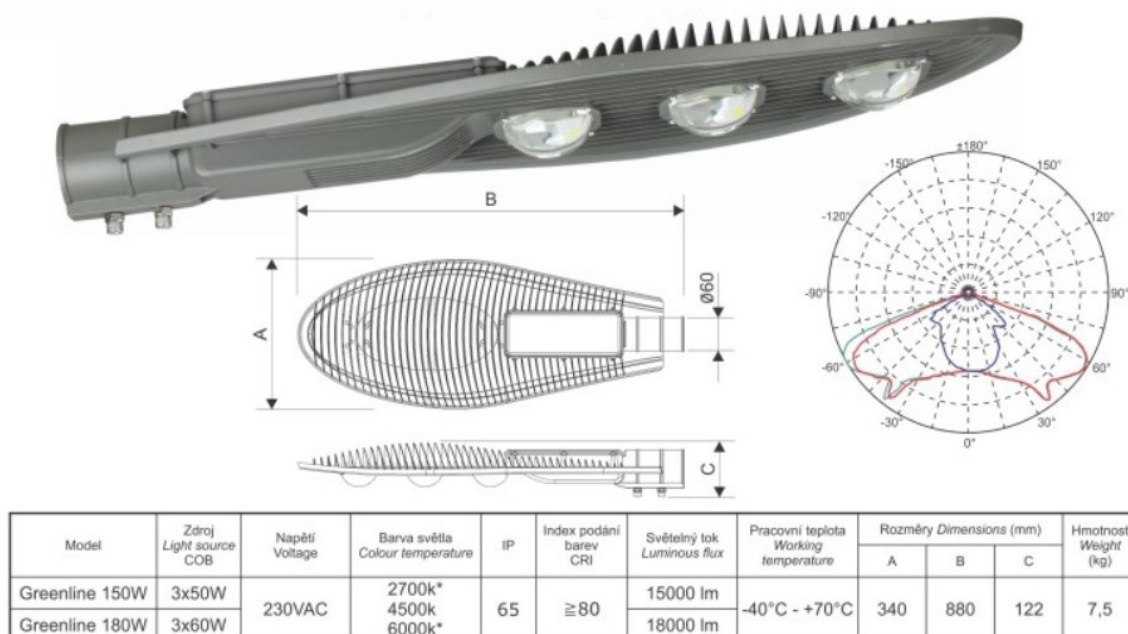
Konstrukční části musí mít náležitou pevnost a mechanickou odolnost, kterou ovlivňují použité materiály a kvalita provedení konstrukce. Nejběžněji se pro výrobu nosných částí používá hliník, ocel a plasty. Pro větší pevnost svítidel se používají různé výztužné žebra, apod. [4]

3.3.4 Katalogový list svítidla

Každý typ vyráběných svítidel by měl mít svůj katalogový list, který má za úkol poskytnout provozovateli či projektantovi potřebné údaje o svítidle.

Katalogový list musí mít následující obsah:

1. *Technické údaje* – označení výrobce a typ svítidla, druh, příkon a počet světelných zdrojů, charakteristika svítidla, účel jeho použití, krytí svítidla, apod.
2. *Světelně technické údaje* – úhel clonění, křivka svítivosti, účinnost svítidla, činitel jasu, pásmové toky, apod. [2]



Obrázek 20. Katalogový list svítidla [26]

4 SVĚTELNĚ TECHNICKÉ VÝPOČTY

Cílem těchto výpočtů je určení svítidel, počtu a výkonu světelných zdrojů, nebo zda hodnoty ukazatelů jakosti odpovídají předpisům a normám. Světelně technické výpočty se provádí třemi metodami, které si představíme níže. [2]

4.1 Metoda poměrných příkonů

Tuto metodu lze v praxi využít pro stanovení celkového potřebného příkonu osvětlení, ale může být použita jenom pro orientační prozatímní plán osvětlovací soustavy. Používá se zde tabulka poměrných příkonů, která ukazuje hodnoty poměrných příkonů [$W \cdot m^{-2}$] potřebných pro zajištění určité osvětlenosti (zpravidla $E = 100 \text{ lx}$) na jednotkové osvětlované ploše, viz Tab. 9. [2, 10]

Tabulka 9. Hodnoty poměrných příkonů [$W \cdot m^{-2}$] pro $E = 100 \text{ lx}$ [2]

Osvětlení	Žárovkami ^x			Zářivkami		
	Stěny			Stěny		
	Světlé	Tmavé	Tmavé	Světlé	Tmavé	Tmavé
	strop			strop		
	Světlý	Světlý	Tmavý	Světlý	Světlý	Tmavý
Přímé	14	16	18	4	5	6
Převážně přímé	18	22	25	5	6	6,5
Smíšené	22	27	34	6	7	9
Převážně nepřímé	25	34	44	6,5	9	10
nepřímé	29	42	57	7	10	15

^x Hodnoty jsou platné pro žárovky od 100 W.

4.2 Toková metoda

Tahle metoda nám většinou vymezuje světelný tok zdrojů, který je nutný pro zabezpečení místně průměrné a časově minimální osvětlenosti na srovnávací rovině při respektování vlivu mnohonásobných odrazů. [2]

Tokovou metodou můžeme stanovit průměrný jas stěn a stropu, průměrnou osvětlenost vnitřních prostorů, průměrnou osvětlenost a jas vozovky. Navrhujeme-li pomocí tokové metody osvětlovací soustavu pro vnitřní prostory, vycházíme ze základního vztahu: [2, 10]

$$\phi_c = \frac{E_{pk} \cdot S}{\eta \cdot z} \quad (21)$$

kde ϕ_c [lm] vyjadřuje celkový světelný tok všech zdrojů, E_{pk} [lx] je místně průměrná a časově minimální osvětlenost v bodech srovnávací roviny, S [m²] definuje plochu půdorysu vnitřního prostoru, η [-] je činitel využití osvětlovací soustavy při respektování působení mnohonásobných odrazů světla a z [-] je udržovací činitel, který vyjadřuje zmenšení výkonu osvětlení během její funkce. [2, 10]

Pro určení celkového příkonu, které budou osvětlovací soustavy vyžadovat se, postupuje dle následujícího postupu: [10]

1. Stanovení velikosti půdorysné plochy S a poloha srovnávací roviny.
2. Určení velikosti osvětlenosti E_{pk} podle norem ČSN pro určitý zrakový úkol.
3. Zvolení druhu světelného zdroje.
4. Zvolení vhodného typu svítidla z katalogových listů.
5. Určení světelného toku pro jedno svítidlo s využitím vztahu: [10]

$$\phi_{zs} = \phi_z \cdot n_z \quad (22)$$

kde ϕ_z [lm] je světelný tok jednoho zdroje a n_z [-] je počet zdrojů ve svítidle. [10]

6. Učení η , neboli činitele využití osvětlovací soustavy, závislého na rozměrech osvětlovaného prostoru, činitelích odrazu ze světelně činných ploch a hlavně fotometrické plochy svítivosti svítidel. [10]
7. Vymezení udržovacího činitele z , charakterizujícího míru znečištění, poruchovosti osvětlovacího zařízení a stárnutí, který definován dle rovnice: [10]

$$z = z_s \cdot z_z \cdot z_{fz} \quad (23)$$

kde z_s [-] je činitel znečištění svítidel, z_z [-] je činitel stárnutí světelných zdrojů a z_{fz} [-] je činitel funkční spolehlivosti. Činitel znečištění svítidel se

zjistí z grafických závislostí a závisí na době používání svítidla, umístění krytů na svítidle a na míře znečištění osvětlovaného prostoru. Další dva činitelé jsou většinou dány výrobcem v katalogovém listu svítidla. [10]

8. Stanovení celkového světelného toku ϕ_c všech zdrojů z rovnice: [10]

$$\phi_c = \frac{E_{pk} \cdot S}{\eta \cdot z} \quad (24)$$

9. Minimální potřebný počet svítidel n_s je určen z rovnice: [10]

$$n_s = \frac{\phi_c}{\phi_{zs}} \quad (25)$$

10. Stanovení vhodného (zpravidla rovnoměrného) rozmístění svítidel nad osvětlovanou rovinou podle doporučení pravidel pro rozmístění svítidel. Často nastane situace, že konečný počet svítidel je vyšší než vypočtený. Pro konkrétní počet svítidel n_{sk} je stanovena místně průměrná a časově minimální osvětlenost E'_{pk} : [10]

$$E'_{pk} = \frac{\phi_{ck} \cdot S}{\eta \cdot z} \quad (26)$$

kde ϕ_{ck} [lm] je celkový světelný tok veškerých zdrojů při skutečném počtu svítidel určený z rovnice: [10]

$$\phi_{ck} = \phi_{zs} \cdot n_{sk} \quad (27)$$

11. Určení počáteční místně průměrné a časově maximální osvětlenost E_{p0} z rovnice: [10]

$$E_{p0} = \frac{E'_{pk}}{z} \quad (28)$$

12. Stanovení hodnoty celkového příkonu P_c a poměrného příkonu P : [10]

$$P_c = P_s \cdot n_{sk} \quad (29)$$

$$P = \frac{P_c}{S} \quad (30)$$

kde P_s [W] je příkon jednoho svítidla. [10]

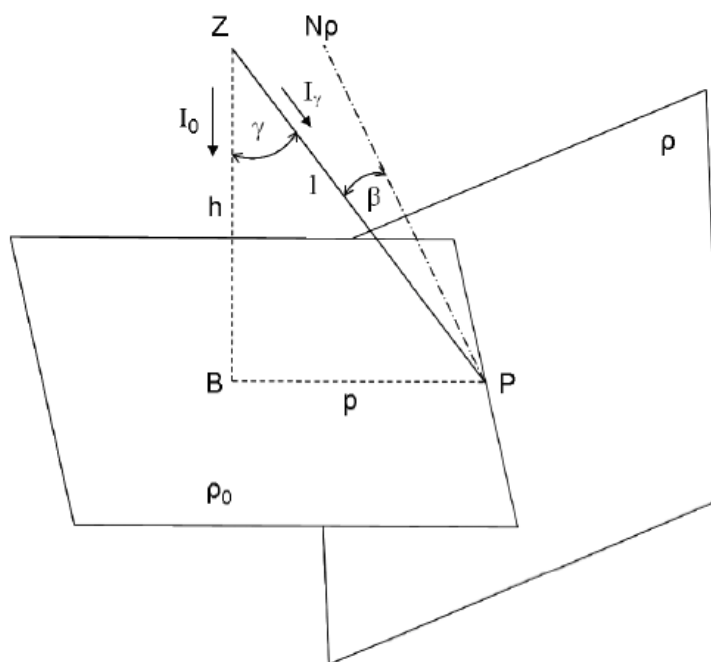
4.3 Bodová metoda

Výše uvedená metoda je určena k výpočtu a kontrole jasů v určitém kontrolním místě a to v bodech vodorovných, nakloněných či svislých rovin. Nevýhoda bodové metody je v tom, že v získaných výsledcích nejsou zahrnuty vlivy odražených světelných toků. Bodová metoda slouží jenom pro bodový zdroj světla, jehož rozměry se blíží k nule. Skutečný zdroj má vždy určité rozměry, které způsobují chybu měření. Aby se způsobovaná chyba zmenšila, tak se tyto zdroje rozdělují. Předpokládejme bodový zdroj světla, za který je považován svítící prvek, jehož největší rozměr je menší než $1/3$ vzdálenosti svítidla od nejbližšího kontrolního bodu. V tomto případě je chyba výpočtu do 10 %. Princip této metody je na *Obr. 21.* a *Obr. 21.* U které je stanovena osvětlenost v bodě *P* při šíření světla z bodového zdroje *Z*. [10]

Uvažujme nejprve řešení osvětlenosti v bodě *P*, jenž leží na obecné rovině ρ (viz *Obr. 20.*). V tomhle případě se osvětlenost v bodě *P* na rovině ρ určí ze vztahu:

$$E_{pp} = \frac{I_{\gamma} \cdot \cos \beta}{l^2} = \frac{I_{\gamma} \cdot \cos \beta}{h^2 + p^2} \quad (31)$$

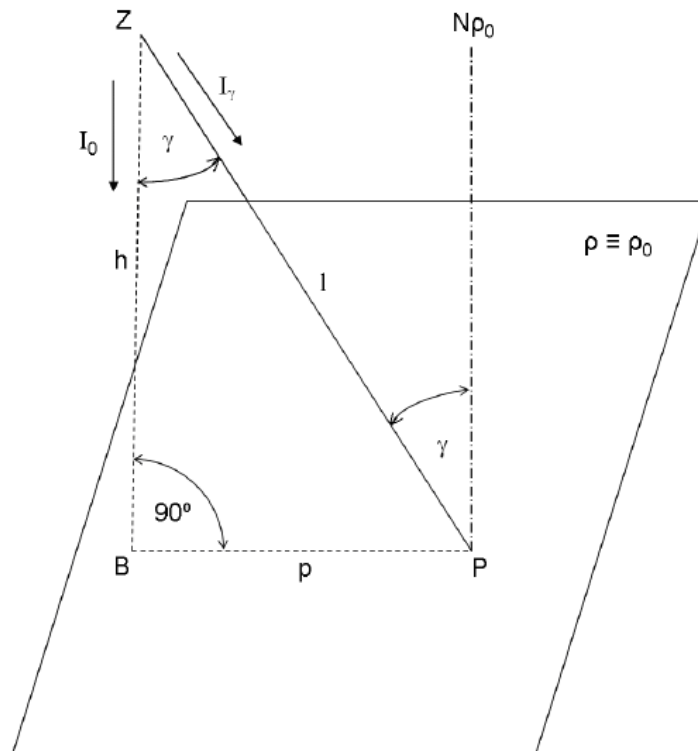
kde I_{γ} [cd] je svítivost zdroje při úhlu γ určená z křivky svítivosti světelného zdroje, β [°] je úhel dopadu světla na kontrolní rovinu ρ , l , h , p [m] jsou vzdálenosti (viz *Obr. 21.* a *Obr. 22.*) [10]



Obrázek 21. Stanovení osvětlenosti bodovou metodou v bodě *P* na obecné rovině ρ . [10]

Křivky svítivosti jsou zpravidla uváděny pro referenční světelný tok $\phi = 1000$ lm. Poněvadž se světelný tok všech zdrojů světla ϕ_z instalovaných ve svítidle obecně liší od referenčního světelného toku ϕ je nutno svítivost I'_γ stanovenou z křivky svítivosti přepočítat na skutečný světelný tok svítidla ϕ_z dle vztahu:

$$I_\gamma = I'_\gamma \cdot \frac{\phi_z}{\phi} = I'_\gamma \cdot \frac{\phi_z}{1000} \quad (32)$$



Obrázek 22. Stanovení osvětlenosti bodovou metodou v bodě P na obecné rovině ρ_0 kolmé ke směru I_0 [10]

Další možností výpočtu osvětlenosti v bodě P je proložení tohoto bodu rovinou ρ_0 , která je kolmá na směr svítivosti I_0 (viz. Obrázek výše). V takovém případě lze osvětlenost v bodě P na rovině ρ_0 určit ze vztahu:

$$E_{p\rho_0} = \frac{I_\gamma \cdot \cos \gamma}{l^2} = \frac{I_\gamma \cdot \cos^3 \gamma}{h^2} = I_\gamma \cdot \frac{h}{l^3} = I_\gamma \cdot \frac{h}{(\sqrt{h^2 \cdot p^2})^3} \quad (33)$$

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 KVALITA OSVĚTLENÍ A JEHO MĚŘENÍ

Praktická část diplomové práce se bude zabývat kvalitou osvětlení v obytných prostorech. Na následujících stránkách této práce budou podrobně představeny vybrané prostory pro měření osvětlení. Navrhování nového osvětlení, jak umělého, tak denního, bude řešeno pomocí volně dostupného programu Building design od firmy Astra Zlín. V závěru diplomové práce bude uveden výběr a doporučení jednoho řešení, které se bude pro zvolený prostor jevit jako nejvhodnější.

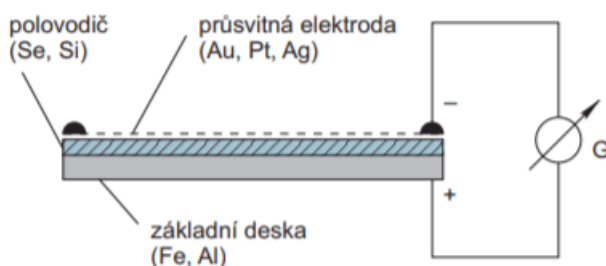
5.1 Přístroje pro měření osvětlení

Měření osvětlení je nejběžnější fotometrickou úlohou. Uplatnění nalezneme jak v laboratořích, tak i v běžné praxi. Kde je především důležité, že měřením rozmístění hladin osvětlenosti je možno objektivně ověřit, zda jsou v dané osvětlovací soustavě splněny podstatné požadavky na rovnoměrnost a úroveň hladiny osvětlenosti. Obvykle se k měření osvětlenosti používají luxmetry. [4]

5.1.1 Luxmetr

Osvětlení se měří luxmetrem, což je praktický přístroj se senzorem a vyhodnocovacím přístrojem s analogovým či digitálním indikátorem. Senzorem je obvykle křemíkový fotočlánek, který je opatřen kosinusovým nástavcem. Fotočlánky jsou založeny na principu fotoelektrického jevu na přechodu mezi kovem a polovodičem. U zastaralejších přístrojů je pravděpodobné, že se setkáme se selenovými fotoelektrickými články. V dnešní době jsou nahrazovány hradlovými křemíkovými fotočlánky, které jsou citlivější a teplotně stabilnější než selenové fotočlánky. [4, 20]

Hradlový fotočlánek se skládá ze základní desky, která je vyrobena ze železa, nebo hliníku. Polovodičová vrstva je pokryta průsvitnou vodivou vrstvou ze stříbra, patiny či zlata. Po obvodu fotočlánku je umístěna kruhová elektroda pro odvádění elektrického proudu. [4]



Obrázek 23. Konstrukční uspořádání hradlového fotočlánku [4]

Princip luxmetru spočívá v osvětlení senzoru, kde účinkem působení světla dochází ke vzniku odlišných potenciálů, a to mezi polovodičovou vrstvou a vrchní vodivou vrstvou. Rozdíl potenciálů vzbuzuje ve sběrném kroužku tok elektrického proudu, který je vyhodnocován pomocí ampérmetru, který je kalibrován v jednotkách osvětlenosti a zobrazuje se v luxech (lx). [4, 21]

Při měření diplomové práce jsem použila digitální luxmetr LX-101 k měření osvětlení s rozsahem 0 – 50 000 lux a s odezvou čidla 0,4 s. Rozlišení přístroje je 1 lx až 100 lx, podle zvoleného rozsahu, k dispozici jsou 3 rozsahy. Umožňuje nastavit 4 druhy světla. [38]

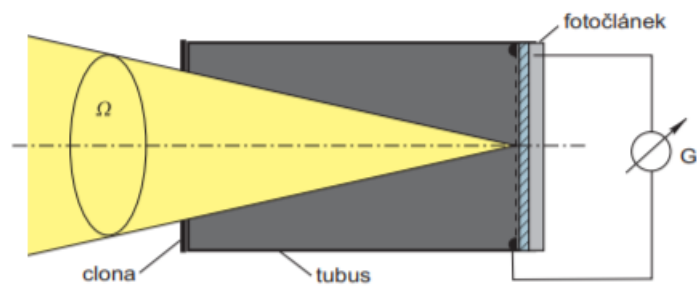


Obrázek 24. Digitální luxmetr LX-101 [38]

5.1.2 Jasoměr

Jasoměr je přístroj, který se používá k měření jasu. Podobně jako luxmetr je jasoměr složen ze senzoru a vyhodnocovacího přístroje, ten je v tomto případě kalibrován v jednotkách jasu [$\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$]. Na rozdíl od luxmetru je přístroj doplněn o tubus, který je nasazen na přijímači, je to v podstatě trubka vevnitř černá a vpředu je opatřena clonou s kruhovým otvorem, který definuje prostorový úhel Ω , v kterém paprsky dopadají z měřené plochy na přijímač (fotočlánek). Normálová osvětlenost E_N přijímací plochy čidla se v popsaném uspořádání změří fotočlánekem. Střední jas L plochy ohraničené prostorovým úhlem Ω na pozorovaném povrchu se určí ze vztahu: [4, 21]

$$L = \frac{E_N}{\Omega} [\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}] \quad (34)$$



Obrázek 25. Princip objektivního jasoměru [4]

5.2 Srovnávací rovina

Je to rovina, na které se měří či určuje osvětlení. [39]

5.3 Kontrolní bod

Je to bod na srovnávací rovině, ve kterém se zjišťují veličiny osvětlení. [39]

5.4 Normy

Požadavky na vnitřní osvětlení budov jsou určeny normou ČSN 73 0580-1, tato norma platí pro navrhování a posuzování denního osvětlení vnitřních prostorů budov. [39]

Dále byla použita norma ČSN 36 0011 konkrétně tyto části: [41,43,48]

- Část 1: Základní ustanovení, označení ČSN 36 0011 – 1
- Část 2: Měření denního osvětlení, označení ČSN 36 0011 – 2
- Část 3: Měření umělého osvětlení, označení ČSN 36 0011 – 3

Poslední použitou normou byla ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlování – Osvětlení pracovních prostorů, z níž byla konkrétně využita část 1 pojednávající o vnitřních pracovních prostorech. [30]

6 MĚŘENÍ OBYTNÝCH PROSTOR

Pro měření obytných prostor byl zvolen rodinný dům, konkrétně tři místnosti, a to kuchyň, jídelna a pracovna.

6.1 Pracovna

Pracovna má rozměry 4,3 m x 3,4 m x 2,6 m. Pokoj je vymalovaný do bílé barvy. Podlaha je světlé barvy a nábytek je tmavší hnědé barvy. Pracovna je v současné situaci hojně využívána pro práci na počítači, sledování filmů nebo surfování na internetu.



Obrázek 26. Pracovna - pohled 1



Obrázek 27. Pracovna - pohled 2

6.2 Jídelna

Tato místnost má rozměry 4,8 m x 4,9 m x 2,6 m. Jídelna má všechny stěny béžové včetně stropu, podlaha je z parket a je světle hnědá. V jídelně je dominantní velký stůl, který je hojně využíván při rodinných oslavách. Při okně stojí piano. Stěny pokoje jsou pro zútulnění prostoru ozdobeny replikami obrazů.



Obrázek 28. Jidelna

6.3 Kuchyň

Kuchyň má rozměry 6,4 m x 3 m x 2,6 m. Barva zdí je smetanová a světle hnědá. Strop je také smetanové barvy. Podlaha je tvořena dlažbou v odstínech oranžovo - hnědé. Kuchyň je v odstínu Calvados zkombinovaná se zelenými deskami. Pravá strana kuchyňské linky je určena pro přípravu pokrmů, levá část kuchyně slouží pro odkládání.



Obrázek 29. Kuchyň - pohled 1



Obrázek 30. Kuchyň - pohled 2

6.3.1 Rozdělení prostoru dle zrakových úkonů

Jelikož je každá místnost zaměřena na jinou činnost, je tedy nutné uvést normovanou hodnotu průměrné udržované osvětlenosti \bar{E}_m [lx], která je stanovena normou ČSN 12464-1 *Měření osvětlení vnitřních prostorů – Část 1: Základní ustanovení*.

Tabulka 10. Požadavky na osvětlení pro zvolené prostory

Prostor	\bar{E}_m [lx]
Pracovna	500
Jídelna	200
Kuchyně	500

6.4 Měření a jeho postup

Cílem práce bylo v konkrétních obytných prostorech proměřit a statisticky vyhodnotit osvětlenost, a poté ji porovnat s normovanými hodnotami. Dále bylo nutno proměřit a vyhodnotit činitele odrazu světla od různých druhů povrchů a poté v software Wils 7.0. navrhnout nové osvětlovací soustavy ve vybraných obytných místnostech.

Měření bylo prováděno pomocí digitálního luxmetru LX-101 dle normy ČSN 36 0011-1 *Měření osvětlení vnitřních prostorů – Část 1: Základní ustanovení*. Tato norma nám udává, jak stanovit kontrolní body pro měření osvětlenosti či podmínky pro měření osvětlení. Kontrolní body by měly být umístěny 0,85 m nad podlahou v pracovních místech, pokud není jinak stanovena výška podle konkrétní funkce vnitřního prostoru. [41]

Z naměřených hodnot se stanovily:

1. Aritmetický průměr naměřených hodnot \bar{x}

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (35)$$

kde n [-] je počet měřených hodnot, x_i [-] je naměřená hodnota a i [-] je sumační index.

2. Směrodatná odchylka aritmetického průměru naměřených hodnot $\bar{\sigma}$ – chyba měření

$$\bar{\sigma}_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} \quad (36)$$

3. Činitel odrazu naměřených hodnot ρ [–]

$$\rho = \frac{E_{odražené}}{E_{dopadající}} \quad (37)$$

6.5 Naměřené hodnoty činitele odrazu

Zkoumání hodnot činitele odrazu povrchu vybraných stěn a překážek ρ [–] se postupovalo pomocí následujícího postupu. Nejdříve došlo ke změření intenzity světla dopadajícího na povrch dané překážky E_{dop} [lx] a poté se při shodných podmínkách osvětlenosti změřila intenzita světla odraženého E_{odr} [lx] s čidlem luxmetru obráceným k danému povrchu tak, aby čidlo bylo rovnoběžné s tímto povrchem, čidlo musí být umístěno minimálně pětinásobkem průměru měřicí hlavičky tak, aby na měřený bod nestínilo. [43]

6.5.1 Činitelé odrazu – pracovna

Pracovna je popsána v kapitole 6.1 *pracovna*.

Činitel odrazu byl měřen na podlaze, koberci, nábytku, pohovce a skříni. Dále byl měřen činitel odrazu zataženého okna se záclonou. Měřily se rovněž překážky, které jsou svými rozměry v místnosti dominantní a mohou mít vliv na odraz světla.

Tabulka 11. Naměřené hodnoty činitele odrazu – podlaha

Typ překážky – podlaha			
Číslo měření	$E_{odr.} [lx]$	$E_{dop.} [lx]$	$\rho [-]$
1	60	193	0,31
2	68	207	0,33
3	66	199	0,33
4	60	182	0,33
5	60	183	0,33
6	56	181	0,31
7	62	201	0,31
8	63	183	0,34
9	73	207	0,35
10	47	167	0,28
11	43	155	0,28
12	39	117	0,33
13	76	203	0,37
14	74	199	0,37
15	57	180	0,32
16	57	170	0,34
17	57	166	0,34
18	48	155	0,31
19	53	181	0,29
20	61	192	0,32
$(\bar{\rho} \pm \bar{\sigma}_{\bar{\rho}})[-]$	0,32 ± 0,02		

1. Činitel odrazu $\rho [-]$

Dosazením do rovnice (37) dostaneme pro řádek č. 1 následující:

$$\rho = \frac{E_{odražené}}{E_{dopadající}} = \frac{60}{193} = 0,31$$

2. Aritmetický průměr naměřených hodnot činitele odrazu $\bar{\rho} [-]$

$$\bar{\rho} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \rho_i = \frac{0,31 + 0,33 + \dots + 0,32}{20}$$

$$\bar{\rho} = \frac{6,50}{20} = 0,32487 \doteq 0,32$$

3. Směrodatná odchylka aritmetického průměru naměřených hodnot činitele odrazu $\bar{\sigma}_\rho$

$$\bar{\sigma}_\rho = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\rho_i - \bar{\rho})^2}{n(n-1)}}$$

$$\bar{\sigma}_\rho = \sqrt{\frac{(0,31 - 0,32)^2 + (0,33 - 0,32)^2 + \dots + (0,32 - 0,32)^2}{20(20 - 1)}}$$

$$\bar{\sigma}_\rho = 0,02$$

Průměrný činitel odrazu podlahy je $(0,32 \pm 0,02)$.

Následující tabulky jsou vypočítané stejným způsobem, jako je vypočítán vzorový výpočet.

Tabulka 12. Naměřené hodnoty činitele odrazu – koberce a pohovky

Typ překážky – koberec				Typ překážky – pohovka			
Číslo měření	$E_{odr.} [lx]$	$E_{dop.} [lx]$	$\rho [-]$	Číslo měření	$E_{odr.} [lx]$	$E_{dop.} [lx]$	$\rho [-]$
1	3	6	0,50	1	20	45	0,44
2	3	6	0,50	2	20	45	0,44
3	3	5	0,60	3	20	52	0,38
4	3	5	0,60	4	16	39	0,41
5	3	6	0,50	5	18	38	0,47
6	3	5	0,60	6	18	40	0,45
7	3	6	0,50	7	22	47	0,47
8	3	5	0,60	8	16	35	0,46
9	3	5	0,60	9	16	35	0,46
10	3	6	0,50	10	22	46	0,48
11	3	4	0,75	11	23	50	0,46
12	4	5	0,80	12	25	53	0,47
13	3	5	0,60	13	16	38	0,42
14	3	6	0,50	14	24	59	0,41
15	3	4	0,75	15	25	49	0,51
16	3	4	0,75	16	23	49	0,47
17	3	4	0,75	17	21	54	0,39
18	4	5	0,80	18	19	42	0,45
19	3	6	0,50	19	22	48	0,46
20	4	9	0,44	20	25	56	0,45
$(\bar{\rho} \pm \bar{\sigma}_\rho)[-]$	0,61 ± 0,12			$(\bar{\rho} \pm \bar{\sigma}_\rho)[-]$	0,45 ± 0,03		

Tabulka 13. Naměřené hodnoty činitele odrazu – nábytku a stěny

Typ překážky – nábytek				Typ překážky – stěna bílá			
Číslo měření	$E_{odr.}[lx]$	$E_{dop.}[lx]$	$\rho [-]$	Číslo měření	$E_{odr.}[lx]$	$E_{dop.}[lx]$	$\rho [-]$
1	8	33	0,24	1	41	51	0,80
2	6	29	0,21	2	42	50	0,84
3	9	40	0,23	3	65	91	0,71
4	6	23	0,26	4	49	70	0,70
5	7	33	0,21	5	71	88	0,81
6	8	40	0,20	6	49	62	0,79
7	6	24	0,25	7	52	62	0,84
8	11	38	0,29	8	41	52	0,79
9	8	31	0,26	9	31	42	0,74
10	7	24	0,29	10	42	52	0,81
11	8	40	0,20	11	41	51	0,80
12	9	39	0,23	12	60	72	0,83
13	8	33	0,24	13	58	72	0,81
14	8	38	0,21	14	47	61	0,77
15	8	31	0,26	15	58	73	0,79
16	9	32	0,28	16	61	79	0,77
17	9	33	0,27	17	63	79	0,80
18	7	32	0,22	18	57	77	0,74
19	8	35	0,23	19	64	81	0,79
20	7	33	0,21	20	69	86	0,80
$(\bar{\rho} \pm \bar{\sigma}_{\rho})[-]$	0,24 ± 0,03			$(\bar{\rho} \pm \bar{\sigma}_{\rho})[-]$	0,79 ± 0,04		

Tabulka 14. Naměřené hodnoty činitele odrazu – okno zatažené se záclonou

Typ překážky – okno zatažené se záclonou			
Číslo měření	$E_{odr.} [lx]$	$E_{dop.} [lx]$	$\rho [-]$
1	11	16	0,69
2	6	18	0,33
3	7	18	0,39
4	6	19	0,32
5	6	14	0,43
6	6	18	0,33
7	6	14	0,43
8	7	18	0,39
9	6	18	0,33
10	6	16	0,38
11	7	15	0,47
12	6	18	0,33
13	7	13	0,54
14	7	15	0,47
15	7	20	0,35
16	6	18	0,33
17	6	19	0,32
18	7	20	0,35
19	7	15	0,47
20	8	19	0,42
$(\bar{\rho} \pm \bar{\sigma}_{\rho}) [-]$	0,40 \pm 0,09		

6.5.2 Činitelé odrazu – jídelna

Jídelna je popsána v kapitole 6.2 – *jídelna*.

Činitel odrazu byl v této místnosti měřen na podlaze, koberci, stolu, komodě, stěně, klavíru a na zataženém okně se záclonou. Jako bylo uvedeno výše, jedná se o překážky, které jsou v místnosti dominantní svou velikostí.

Tabulka 15. Naměřené hodnoty činitele odrazu – podlahy a koberec

Typ překážky – podlaha parkety				Typ překážky – koberec			
Číslo měření	$E_{odr.}[lx]$	$E_{dop.}[lx]$	$\rho [-]$	Číslo měření	$E_{odr.}[lx]$	$E_{dop.}[lx]$	$\rho [-]$
1	5	10	0,50	1	6	15	0,40
2	5	11	0,45	2	6	14	0,43
3	7	15	0,47	3	7	16	0,44
4	9	17	0,53	4	7	15	0,47
5	9	20	0,45	5	7	15	0,47
6	10	20	0,50	6	7	16	0,44
7	10	25	0,40	7	10	23	0,43
8	11	27	0,41	8	9	17	0,53
9	12	27	0,44	9	12	22	0,55
10	7	14	0,50	10	16	29	0,55
11	5	10	0,50	11	8	20	0,40
12	4	8	0,50	12	6	14	0,43
13	3	5	0,60	13	5	10	0,50
14	3	5	0,60	14	5	12	0,42
15	3	6	0,50	15	5	11	0,45
16	3	7	0,43	16	5	10	0,50
17	4	7	0,57	17	5	10	0,50
18	4	7	0,57	18	4	8	0,50
19	4	8	0,50	19	4	9	0,44
20	5	9	0,56	20	4	6	0,67
$(\bar{\rho} \pm \bar{\sigma}_{\bar{\rho}})[-]$	0,50 ± 0,06			$(\bar{\rho} \pm \bar{\sigma}_{\bar{\rho}})[-]$	0,48 ± 0,06		

Tabulka 16. Naměřené hodnoty činitele odrazu – stolu a komody

Typ překážky – stůl				Typ překážky – komoda			
Číslo měření	$E_{odr.}[lx]$	$E_{dop.}[lx]$	$\rho [-]$	Číslo měření	$E_{odr.}[lx]$	$E_{dop.}[lx]$	$\rho [-]$
1	8	25	0,32	1	8	53	0,15
2	10	30	0,33	2	7	36	0,19
3	12	33	0,36	3	7	39	0,18
4	11	28	0,39	4	7	40	0,18
5	9	28	0,32	5	8	51	0,16
6	10	31	0,32	6	7	45	0,16
7	9	25	0,36	7	8	44	0,18
8	8	23	0,35	8	8	43	0,19
9	8	19	0,42	9	8	39	0,21
10	9	18	0,50	10	8	40	0,20
11	8	19	0,42	11	9	53	0,17
12	7	21	0,33	12	8	42	0,19
13	7	19	0,37	13	8	46	0,17
14	8	20	0,40	14	7	48	0,15
15	7	20	0,35	15	7	37	0,19
16	8	22	0,36	16	7	47	0,15
17	8	21	0,38	17	7	39	0,18
18	9	27	0,33	18	8	44	0,18
19	8	22	0,36	19	8	50	0,16
20	9	21	0,43	20	8	42	0,19
$(\bar{\rho} \pm \bar{\sigma}_{\rho})[-]$	0,37 ± 0,05			$(\bar{\rho} \pm \bar{\sigma}_{\rho})[-]$	0,18 ± 0,02		

Tabulka 17. Naměřené hodnoty činitele odrazu – stěny a klavíru

Typ překážky – stěna				Typ překážky – klavír			
Číslo měření	$E_{odr.}[lx]$	$E_{dop.}[lx]$	$\rho [-]$	Číslo měření	$E_{odr.}[lx]$	$E_{dop.}[lx]$	$\rho [-]$
1	40	59	0,68	1	4	18	0,22
2	29	48	0,60	2	5	21	0,24
3	28	44	0,64	3	5	22	0,23
4	28	45	0,62	4	7	25	0,28
5	25	40	0,63	5	4	21	0,19
6	30	50	0,60	6	4	18	0,22
7	24	37	0,65	7	4	17	0,24
8	31	49	0,63	8	4	15	0,27
9	32	51	0,63	9	4	16	0,25
10	31	46	0,67	10	5	17	0,29
11	31	47	0,66	11	4	18	0,22
12	36	53	0,68	12	5	20	0,25
13	28	43	0,65	13	7	22	0,32
14	31	43	0,72	14	5	24	0,21
15	30	48	0,63	15	6	26	0,23
16	30	46	0,65	16	10	28	0,36
17	32	51	0,63	17	5	24	0,21
18	27	40	0,68	18	5	21	0,24
19	32	50	0,64	19	4	18	0,22
20	27	42	0,64	20	4	15	0,27
$(\bar{\rho} \pm \bar{\sigma}_{\rho})[-]$	0,65 \pm 0,03			$(\bar{\rho} \pm \bar{\sigma}_{\rho})[-]$	0,25 \pm 0,04		

Tabulka 18. Naměřené hodnoty činitele odrazu – zatažené okno se záclonou

Typ překážky – zatažené okno se záclonou			
Číslo měření	$E_{odr.} [lx]$	$E_{dop.} [lx]$	$\rho [-]$
1	46	95	0,48
2	47	98	0,48
3	43	95	0,45
4	50	98	0,51
5	48	94	0,51
6	49	93	0,53
7	44	92	0,48
8	48	91	0,53
9	48	95	0,51
10	49	96	0,51
11	44	91	0,48
12	45	93	0,48
13	47	96	0,49
14	41	90	0,46
15	40	95	0,42
16	41	90	0,46
17	50	98	0,51
18	48	95	0,51
19	46	93	0,49
20	48	94	0,51
$(\bar{\rho} \pm \bar{\sigma}_{\rho}) [-]$	$0,49 \pm 0,03$		

6.5.3 Činitel odrazu – kuchyně

Kuchyně je popsána v kapitole 6.3 *kuchyň*.

V této místnosti byl činitel odrazu měřen na podlaze, koberci, varné a pracovní desce, kuchyňských dvířek, stěn, stolu, komody a okně bez žaluzií.

Tabulka 19. Naměřené hodnoty činitele odrazu – podlahy a koberec

Typ překážky – podlaha				Typ překážky – koberec			
Číslo měření	$E_{odr.}[lx]$	$E_{dop.}[lx]$	$\rho [-]$	Číslo měření	$E_{odr.}[lx]$	$E_{dop.}[lx]$	$\rho [-]$
1	5	17	0,29	1	4	18	0,22
2	5	18	0,28	2	3	16	0,19
3	5	20	0,25	3	3	12	0,25
4	5	19	0,26	4	5	16	0,31
5	5	16	0,31	5	5	18	0,28
6	5	16	0,31	6	5	20	0,25
7	4	16	0,25	7	6	18	0,33
8	5	18	0,28	8	5	18	0,28
9	4	16	0,25	9	3	13	0,23
10	5	16	0,31	10	3	12	0,25
11	5	18	0,28	11	3	13	0,23
12	4	16	0,25	12	3	14	0,21
13	5	17	0,29	13	3	17	0,18
14	4	16	0,25	14	5	18	0,28
15	5	18	0,28	15	7	20	0,35
16	5	16	0,31	16	5	17	0,29
17	5	16	0,31	17	3	14	0,21
18	5	18	0,28	18	6	19	0,32
19	4	16	0,25	19	6	17	0,35
20	5	18	0,28	20	7	18	0,39
$(\bar{\rho} \pm \bar{\sigma}_{\rho})[-]$	0,28 ± 0,02			$(\bar{\rho} \pm \bar{\sigma}_{\rho})[-]$	0,27 ± 0,06		

Tabulka 20. Naměřené hodnoty činitele odrazu – varné a pracovní desky

Typ překážky – varná deska				Typ překážky – pracovní deska			
Číslo měření	$E_{odr.}[lx]$	$E_{dop.}[lx]$	$\rho [-]$	Číslo měření	$E_{odr.}[lx]$	$E_{dop.}[lx]$	$\rho [-]$
1	3	11	0,27	1	4	16	0,25
2	3	11	0,27	2	4	15	0,27
3	3	13	0,23	3	3	12	0,25
4	3	14	0,21	4	3	12	0,25
5	3	12	0,25	5	4	16	0,25
6	4	12	0,33	6	5	19	0,26
7	3	13	0,23	7	4	15	0,27
8	4	12	0,33	8	4	19	0,21
9	3	11	0,27	9	5	18	0,28
10	3	12	0,25	10	4	14	0,29
11	3	11	0,27	11	4	16	0,25
12	3	14	0,21	12	4	17	0,24
13	4	12	0,33	13	4	16	0,25
14	4	16	0,25	14	4	16	0,25
15	3	12	0,25	15	4	17	0,24
16	4	13	0,31	16	4	17	0,24
17	4	12	0,33	17	4	17	0,24
18	4	13	0,31	18	4	15	0,27
19	3	12	0,25	19	4	16	0,25
20	3	14	0,21	20	4	17	0,24
$(\bar{\rho} \pm \bar{\sigma}_{\rho})[-]$	0,27 ± 0,04			$(\bar{\rho} \pm \bar{\sigma}_{\rho})[-]$	0,25 ± 0,02		

Tabulka 21. Naměřené hodnoty činitele odrazu – kuchyňských dvířek

Typ překážky – kuchyňské dvířka – dřevo				Typ překážky – kuchyňské dvířka – sklo			
Číslo měření	$E_{odr.}[lx]$	$E_{dop.}[lx]$	$\rho [-]$	Číslo měření	$E_{odr.}[lx]$	$E_{dop.}[lx]$	$\rho [-]$
1	6	27	0,22	1	9	31	0,29
2	7	37	0,19	2	11	39	0,28
3	6	30	0,20	3	10	32	0,31
4	7	33	0,21	4	11	40	0,28
5	7	33	0,21	5	11	38	0,29
6	7	38	0,18	6	12	41	0,29
7	6	30	0,20	7	10	35	0,29
8	6	30	0,20	8	12	38	0,32
9	7	35	0,20	9	11	40	0,28
10	6	35	0,17	10	10	34	0,29
11	7	29	0,24	11	11	42	0,26
12	6	34	0,18	12	11	43	0,26
13	7	33	0,21	13	10	34	0,29
14	6	33	0,18	14	11	35	0,31
15	6	32	0,19	15	11	34	0,32
16	6	33	0,18	16	10	39	0,26
17	6	30	0,20	17	12	37	0,32
18	6	34	0,18	18	12	40	0,30
19	7	31	0,23	19	10	34	0,29
20	7	35	0,20	20	11	33	0,33
$(\bar{\rho} \pm \bar{\sigma}_{\rho})[-]$	0,20 ± 0,02			$(\bar{\rho} \pm \bar{\sigma}_{\rho})[-]$	0,29 ± 0,02		

Tabulka 22. Naměřené hodnoty činitele odrazu – stěn

Typ překážky – stěna č. 1				Typ překážky – stěna č. 2			
Číslo měření	$E_{odr.}[lx]$	$E_{dop.}[lx]$	$\rho [-]$	Číslo měření	$E_{odr.}[lx]$	$E_{dop.}[lx]$	$\rho [-]$
1	12	17	0,71	1	9	16	0,56
2	13	22	0,59	2	9	14	0,64
3	15	17	0,88	3	13	24	0,54
4	13	19	0,68	4	13	25	0,52
5	12	16	0,75	5	13	20	0,65
6	11	17	0,65	6	9	14	0,64
7	13	18	0,72	7	14	25	0,56
8	14	18	0,78	8	14	26	0,54
9	15	17	0,88	9	12	25	0,48
10	12	18	0,67	10	14	25	0,56
11	10	17	0,59	11	12	26	0,46
12	11	18	0,61	12	10	16	0,63
13	12	17	0,71	13	11	18	0,61
14	15	18	0,83	14	12	24	0,50
15	13	19	0,68	15	10	15	0,67
16	14	19	0,74	16	13	18	0,72
17	12	17	0,71	17	11	23	0,48
18	15	20	0,75	18	9	14	0,64
19	14	18	0,78	19	13	25	0,52
20	13	18	0,72	20	10	18	0,56
$(\bar{\rho} \pm \bar{\sigma}_{\rho})[-]$	$0,72 \pm 0,08$			$(\bar{\rho} \pm \bar{\sigma}_{\rho})[-]$	$0,57 \pm 0,07$		

Tabulka 23. Naměřené hodnoty činitele odrazu – stolu a komody

Typ překážky – stůl				Typ překážky – komoda			
Číslo měření	$E_{odr.} [lx]$	$E_{dop.} [lx]$	$\rho [-]$	Číslo měření	$E_{odr.} [lx]$	$E_{dop.} [lx]$	$\rho [-]$
1	3	10	0,30	1	9	41	0,22
2	3	9	0,33	2	7	42	0,17
3	4	10	0,40	3	9	42	0,21
4	4	10	0,40	4	8	41	0,20
5	3	8	0,38	5	8	40	0,20
6	3	10	0,30	6	10	41	0,24
7	3	10	0,30	7	10	41	0,24
8	4	10	0,40	8	9	41	0,22
9	3	9	0,33	9	9	40	0,23
10	4	11	0,36	10	9	42	0,21
11	4	11	0,36	11	9	40	0,23
12	3	10	0,30	12	8	42	0,19
13	3	11	0,27	13	9	41	0,22
14	3	10	0,30	14	8	40	0,20
15	4	11	0,36	15	7	38	0,18
16	3	10	0,30	16	7	40	0,18
17	3	10	0,30	17	7	39	0,18
18	4	10	0,40	18	7	39	0,18
19	3	10	0,30	19	7	36	0,19
20	4	11	0,36	20	8	39	0,21
$(\bar{\rho} \pm \bar{\sigma}_{\rho}) [-]$	$0,34 \pm 0,04$			$(\bar{\rho} \pm \bar{\sigma}_{\rho}) [-]$	$0,20 \pm 0,02$		

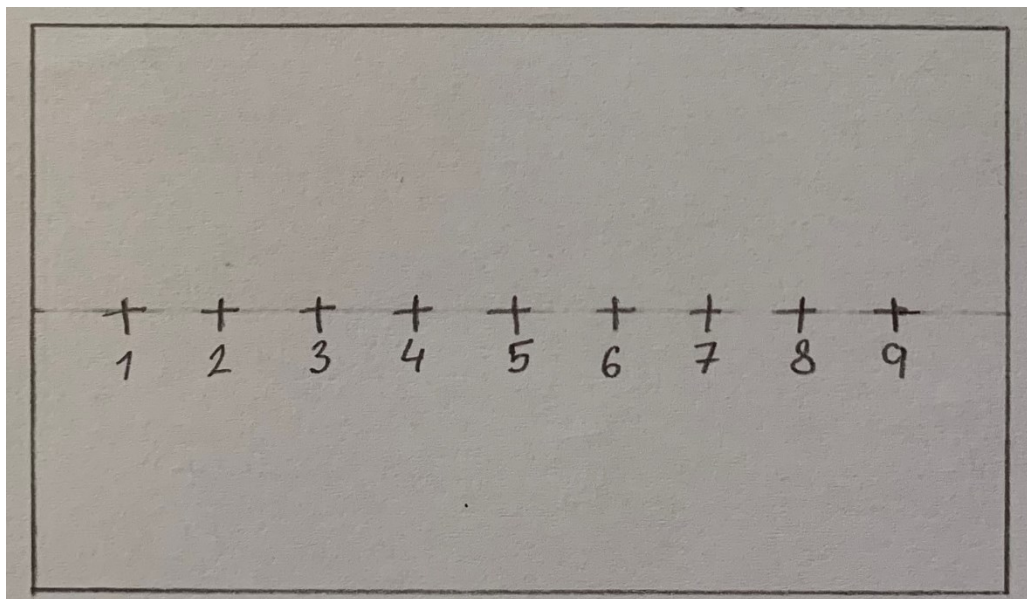
Tabulka 24. Naměřené hodnoty činitele odrazu – okna bez žaluzií

Typ překážky – okno bez žaluzií			
Číslo měření	$E_{odr.} [lx]$	$E_{dop.} [lx]$	$\rho [-]$
1	37	440	0,08
2	41	416	0,10
3	41	455	0,09
4	41	440	0,09
5	39	424	0,09
6	39	423	0,09
7	41	447	0,09
8	40	444	0,09
9	38	488	0,08
10	37	470	0,08
11	38	468	0,08
12	40	435	0,09
13	39	420	0,09
14	37	450	0,08
15	39	435	0,09
16	40	426	0,09
17	41	441	0,09
18	39	460	0,08
19	39	473	0,08
20	44	466	0,09
$(\bar{\rho} \pm \bar{\sigma}_{\rho}) [-]$	$0,09 \pm 0,01$		

6.6 Naměřené hodnoty osvětlenosti

V praktické části se mimo činitele odrazu $\rho [-]$, měřila také intenzita osvětlení $E [lx]$. V této kapitole je popsána každá zkoumaná místnost, rozměry, plán měření, hodnota průměrné udržované osvětlenosti $\bar{E}_m [lx]$ a poloha srovnávací roviny dle ČSN EN 12464-1.

6.6.1 Místnost – pracovna



Obrázek 31. Plán měření – pracovní stůl

Tabulka 25. Naměřené hodnoty osvětlenosti – pracovního stolu

Pracovní stůl	
bod	E [lx]
1	43
2	45
3	44
4	43
5	41
6	40
7	39
8	38
9	36
\bar{E}_{ps}	41
$\bar{\sigma}_{ps}$	3

Kde bod [-] je číslo kontrolního měřeného bodu a E [lx] je osvětlenost naměřená v daném bodě. Tyto údaje platí pro všechny následující tabulky.

6.6.2 Zpracování naměřených dat

Následující vzorový výpočet bude představen pouze jednou, a to u pracovního stolu. V následujících měřeních bude výpočet totožný, budou se lišit pouze konečné hodnoty.

1. Aritmetický průměr naměřených hodnot osvětlenosti pracovního stolu
 \bar{E}_{ps} [lx]

$$\bar{E}_{ps} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_i = \frac{43 + 45 + \dots + 36}{9}$$

$$\bar{E}_{ps} = \frac{369}{9} = 41 \text{ lx}$$

2. Směrodatná odchylka aritmetického průměru naměřených hodnot činitele osvětlenosti $\bar{\sigma}_{ps}$

$$\bar{\sigma}_{ps} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (E_i - \bar{E})^2}{n(n-1)}}$$

$$\bar{\sigma}_{ps} = \sqrt{\frac{(43 - 41)^2 + (45 - 41)^2 + \dots + (36 - 41)^2}{9(9-1)}}$$

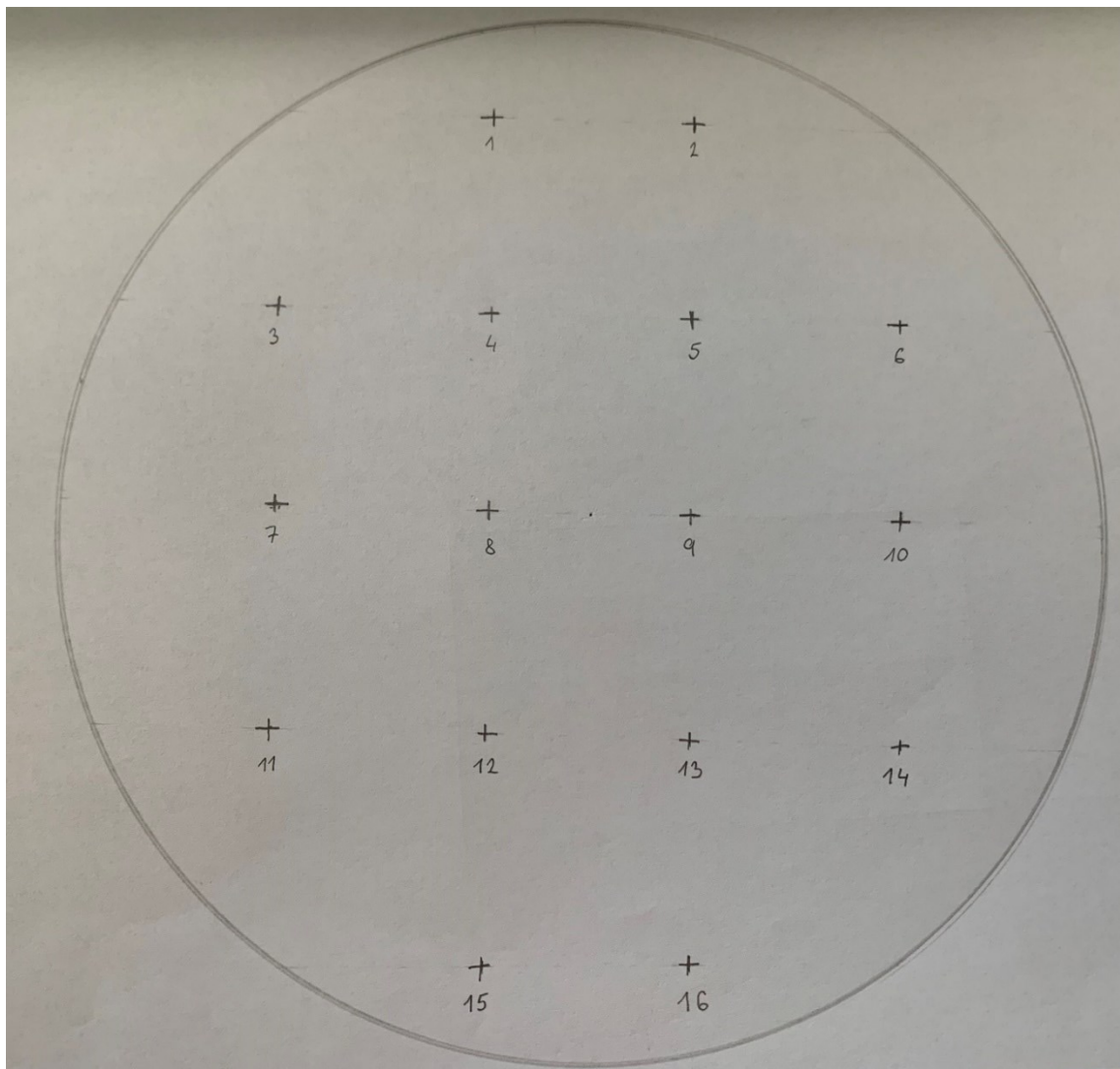
$$\bar{\sigma}_{ps} = 3 \text{ lx}$$

Průměrná hodnota osvětlenosti pracovního stolu je $(\bar{E}_{ps} \pm \bar{\sigma}_{ps}) = (41 \pm 3) \text{ lx}$.

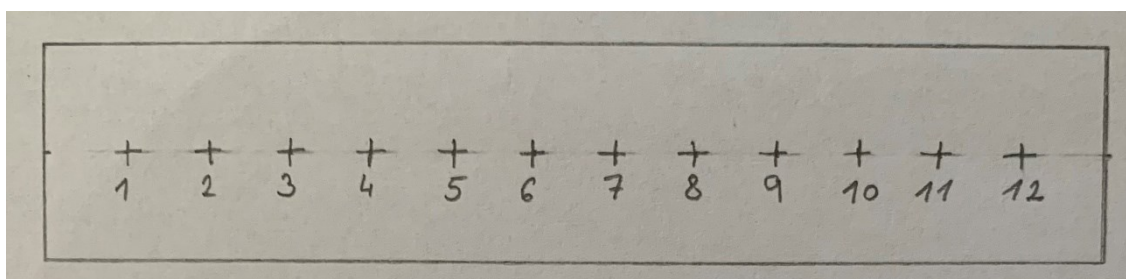
Srovnáme-li průměrnou hodnotu osvětlenosti pracovního stolu s normovanou hodnotou ($\bar{E}_m = 500 \text{ lx}$), zjistíme, že intenzita osvětlení v daném prostoru nevyhovuje normě.

Při návrhu nového osvětlení, je nezbytné zvýšit osvětlenost prostoru. Platí tedy $\bar{E}_{ps} < \bar{E}_m$.

6.6.3 Místnost – jídelna



Obrázek 32. Plán měření – jídelní stůl



Obrázek 33. Plán měření – klavír

Tabulka 26. Naměřené hodnoty osvětlenosti – jídelního stolu a klavíru

Jídelní stůl		Klavír	
bod	E [lx]	bod	E [lx]
1	96	1	56
2	91	2	55
3	93	3	59
4	89	4	58
5	92	5	58
6	90	6	63
7	92	7	64
8	91	8	67
9	96	9	65
10	92	10	63
11	99	11	69
12	98	12	70
13	95	\bar{E}_{klav}	62
14	92	$\bar{\sigma}_{klav}$	5
15	88		
16	92		
\bar{E}_{js}	93		
$\bar{\sigma}_{js}$	3		

6.6.4 Zpracování naměřených hodnot

Po zpracování naměřených hodnot totožným postupem jako u předchozího pracovního stolu získáme výsledky:

$$(\bar{E}_{js} \pm \bar{\sigma}_{js}) = (93 \pm 3) \text{ lx}$$

$$(\bar{E}_{klav} \pm \bar{\sigma}_{klav}) = (62 \pm 5) \text{ lx}$$

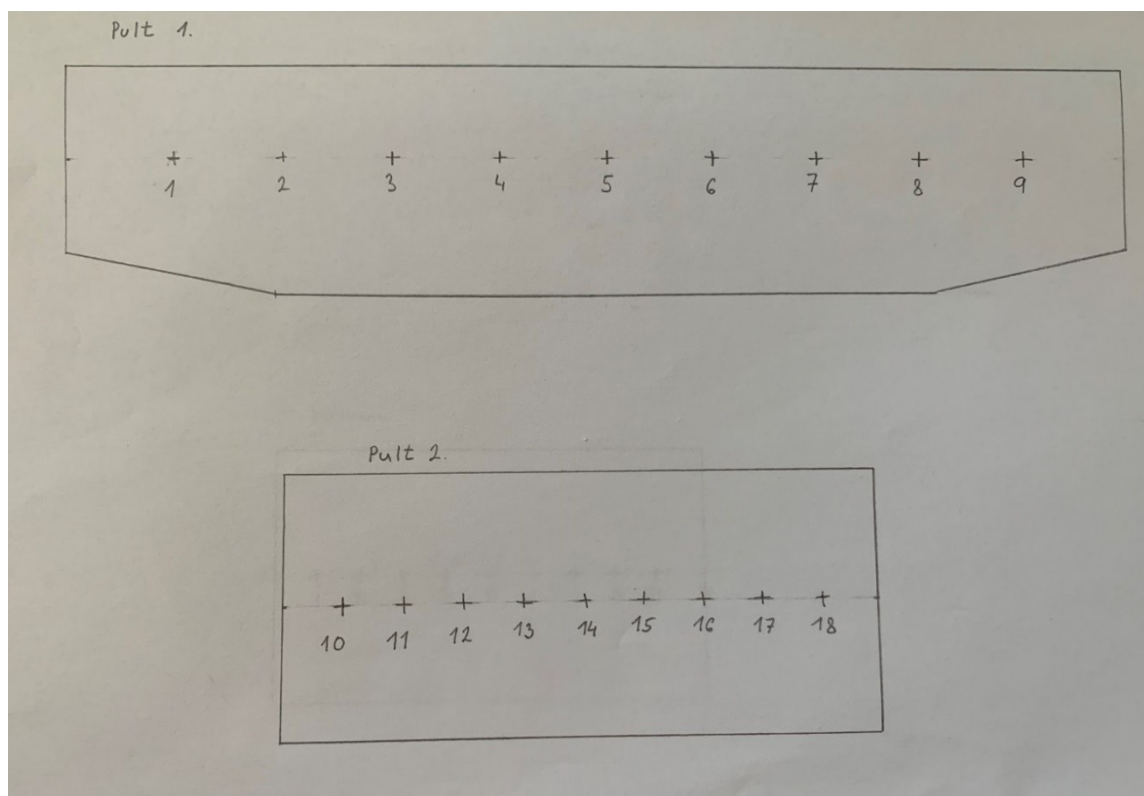
Srovnáme-li opět průměrnou hodnotu osvětlenosti jídelního stolu a klavíru s normovanou hodnotou ($\bar{E}_m = 200 \text{ lx}$), dojdeme k závěru, že intenzita osvětlení není vyhovující. Platí tedy:

$$\bar{E}_{js} < \bar{E}_m$$

$$\bar{E}_{klav} < \bar{E}_m$$

Jelikož osvětlení nevyhovuje normě, doporučuji zde zhotovit nový návrh osvětlovací soustavy.

6.6.5 Místnost – kuchyň



Obrázek 34. Plán měření – pracovní pulty 1 a 2

Tabulka 27. Naměřené hodnoty osvětlenosti – pulty 1 a 2

pult č. 1		pult č. 2	
bod	E [lx]	bod	E [lx]
1	730	10	104
2	839	11	109
3	918	12	108
4	879	13	105
5	924	14	103
6	923	15	102
7	849	16	101
8	816	17	99
9	715	18	98
\bar{E}_{pult1}	844	\bar{E}_{pult2}	103
$\bar{\sigma}_{E_{pult1}}$	79	$\bar{\sigma}_{E_{pult2}}$	4

Po zpracování naměřených hodnot pro oba pulty získáme výsledky:

$$\left(\bar{E}_{pult1} \pm \bar{\sigma}_{E_{pult1}}\right) = (844 \pm 79) \text{ lx}$$

$$\left(\bar{E}_{pult2} \pm \bar{\sigma}_{E_{pult2}}\right) = (103 \pm 4) \text{ lx}$$

Při porovnání s normovanou hodnotou ($\bar{E}_m = 500 \text{ lx}$) zjistíme, že u pultu č. 1 hodnota přesahuje normovanou hodnotu a pult č. 2 nepřesahuje normovanou hodnotu osvětlení. Platí tedy:

$$\bar{E}_{pult1} > \bar{E}_m$$

$$\bar{E}_{pult2} < \bar{E}_m$$

U pultu č. 1 nemusí být osvětlení tak „intenzivní“. Navrhovala bych tedy novou soustavu osvětlení. U pultu č. 2 bych navrhovala přidat osvětlení, případně také navrhnout novou soustavu osvětlení.

6.7 Aktuální stav prostupu světla okny

Jak můžeme vidět v tabulkách níže, je zde aktuální stav prostupu světla okny, tyto hodnoty jsou použity u návrhu bez úprav. Po úpravě dochází i ke změně prostupu světla okny na hodnotu 0,92.

6.8 Měření a jeho postup

Měření bylo také prováděno pomocí digitálního luxmetru LX- 101 dle normy ČSN 36 0011- 2 *Měření osvětlení vnitřních prostorů – Část 2: Měření denního osvětlení*. [48]

Z naměřených hodnot se stanovily:

1. Činitel prostupu světla τ [-]

$$\tau = \frac{E_\tau}{E_d} \quad (38)$$

Kde E_τ [lx] je osvětlenost za překážkou, E_d [lx] je osvětlenost na povrchu překážky

2. Aritmetický průměr naměřených hodnot prostupu světla $\bar{\tau}$ [-]

$$\bar{\tau} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \tau_i \quad (39)$$

3. Směrodatná odchylka aritmetického průměru naměřených hodnot prostupu světla $\bar{\sigma}_\tau$

$$\bar{\sigma}_\tau = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\tau_i - \bar{\tau})^2}{n(n-1)}} \quad (40)$$

Tabulka 28. Prostup světla okny v pracovně a jídelně

Pracovna				Jídelna			
Číslo měření	E_τ [lx]	E_d [lx]	τ [-]	Číslo měření	E_τ [lx]	E_d [lx]	τ [-]
1	1850	2600	0,71	1	5940	8460	0,70
2	1820	2630	0,69	2	5570	8520	0,65
3	2210	3070	0,72	3	5000	7990	0,63
4	1890	2660	0,71	4	5400	8390	0,64
5	1420	1960	0,72	5	5330	8340	0,64
6	2340	2530	0,92	6	5250	7760	0,68
7	1390	2020	0,69	7	5230	8020	0,65
8	1380	1900	0,73	8	5890	8460	0,70
9	2440	3310	0,74	9	5330	8270	0,64
10	2660	3570	0,75	10	5460	7750	0,70
11	2360	3190	0,74	11	5310	7980	0,67
12	1640	2280	0,72	12	5230	8370	0,62
13	2400	3240	0,74	13	5360	8030	0,67
14	2340	3090	0,76	14	5170	7810	0,66
15	1460	1950	0,75	15	5300	8410	0,63
16	2350	3140	0,75	16	5320	7690	0,69
17	1460	1990	0,73	17	5530	7610	0,73
18	2450	3220	0,76	18	5220	8140	0,64
19	1590	2180	0,73	19	5110	8220	0,62
20	1850	2600	0,71	20	5300	8190	0,65
$(\bar{\tau} \pm \bar{\sigma}_\tau)[-]$	0,74 ± 0,05			$(\bar{\tau} \pm \bar{\sigma}_\tau)[-]$	0,66 ± 0,03		

Kde: E_τ - je osvětlenost za překážkou; E_d - je osvětlenost na povrchu překážky; τ - je činitel prostupu světla. Tohle označení platí i pro tabulku níže.

6.8.1 Zpracování naměřených dat

Následující vzorový příklad bude představen pouze jednou, a to u okna v pracovně. V následujících měřeních bude výpočet totožný, budou se lišit pouze konečné hodnoty.

Dle rovnice (38) se stanovil činitel prostupu světla τ [-]

$$\tau = \frac{E_\tau}{E_d} = \frac{1850}{2600} = 0,71$$

Dle rovnice (39) se stanovil aritmetický průměr naměřených hodnot prostupu světla $\bar{\tau}$ [-]

$$\bar{\tau} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \rho_i = \frac{0,71 + 0,69 + \dots + 0,71}{20}$$

$$\bar{\tau} = \frac{14,93}{20} = 0,74$$

Dle rovnice (40) se směrodatná odchylka aritmetického průměru určí z naměřených hodnot prostupu světla $\bar{\sigma}_{\tau}$ [-]

$$\bar{\sigma}_{\tau} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}$$

$$\bar{\sigma}_{\tau} = \sqrt{\frac{(0,71 - 0,74)^2 + (0,69 - 0,74)^2 + \dots + (0,71 - 0,74)^2}{20(20 - 1)}}$$

$$\bar{\sigma}_{\tau} = 0,05$$

Průměrný činitel prostupu světla okny v pracovně je $(0,74 \pm 0,05)$.

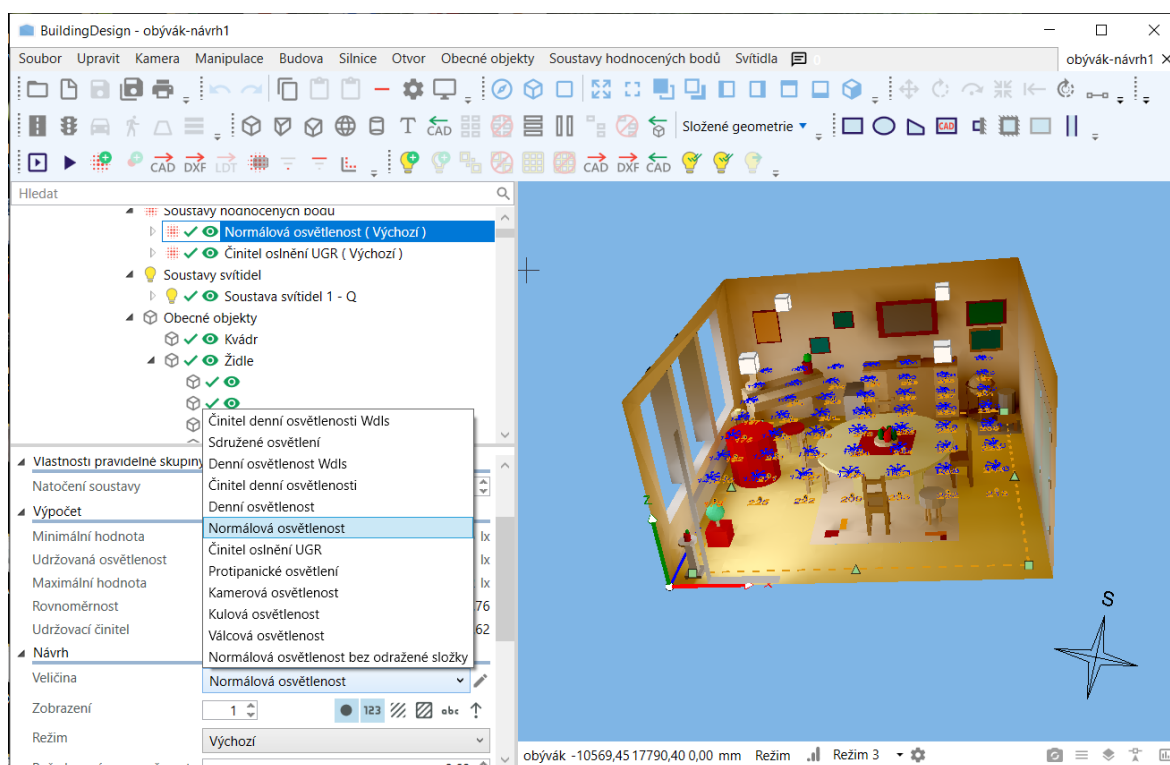
Následující tabulky jsou vypočítány stejným způsobem, jako je vypočítán vzorový výpočet.

Tabulka 29. Prostup světla oknem v kuchyni

Kuchyň			
Číslo měření	E_t [lx]	E_d [lx]	τ [-]
1	504	706	0,71
2	550	756	0,73
3	511	692	0,74
4	552	772	0,72
5	554	750	0,74
6	530	731	0,73
7	474	726	0,65
8	558	771	0,72
9	501	680	0,74
10	556	745	0,75
11	508	693	0,73
12	500	680	0,74
13	505	677	0,75
14	565	761	0,74
15	523	640	0,82
16	506	683	0,74
17	483	704	0,69
18	453	637	0,71
19	559	759	0,74
20	505	723	0,70
$(\bar{\tau} \pm \bar{\sigma}_{\tau})[-]$	0,73 \pm 0,03		

7 NOVÝ NÁVRH OSVĚTLENÍ

Pro simulaci a návrh nového osvětlení byl použit software Building design od Zlínské společnosti ASTRA MS Software s.r.o. s názvem Wdls 5.0 a Wils 7.0. Program reprezentuje novou generaci programu pro určení umělého osvětlení, jak ve venkovních prostorech, tak i v interiéru. Tento program umožňuje nastavení požadavků na osvětlení výběrem typů prostorů z norem a po výpočtu lze snadno provést kontrolu výsledků. Program Wdls 5.0 slouží pro výpočet denního osvětlení v interiéru, činitele denního osvětlení, dále k výpočtu denního osvětlení v obytných prostorech dle norem. Je možné použití horních, bočních či šikmých osvětlovacích otvorů včetně světlovodů. Software využívá pro výpočty známou tokovou metodu, která je probrána v kapitole 4.2 *Toková metoda*. Software nabízí možnosti výpočtu normálového osvětlení, denního osvětlení, činitele oslnění UGR, sruženého osvětlení a mnoho dalšího, jak je uvedeno na obrázku níže. [40]



Obrázek 35. Prostoru softwaru

Výsledky jsou znázorněny v přehledné tabulce, ale také v samotném modelu. Mohou být zobrazeny konkrétními hodnotami v daném bodě, plynulým barevným spektrem zobrazující intenzitu osvětlení či izočárami. [40]

Software umožňuje jednoduché modelování místností, překážek či objektů. U každého vymodelovaného objektu můžeme měnit barvu, propustnost či odrazivost. Lze také využít vlastní návrh vytvořený pomocí CAD programu či podklady z DXF. [40]

Software obsahuje rozsáhlou databázi svítidel zdarma, ale je možné za určitý příplatek dokoupit rozsáhlejší databázi svítidel. Můžeme si taktéž importovat vlastní svítidla. [40]

7.1 Simulace osvětlení

Jak je uvedeno výše, na simulaci byly vybrány tři místnosti a to pracovna, jídelna a kuchyň. Během měření bylo zaznamenáno více překážek, než můžeme vidět na návrzích. Nicméně ostatní překážky jsou svými rozměry zanedbatelné, takže není potřeba je při rozsahu diplomové práce všechny dopodrobna představovat. Jedná se zejména o květináče, sošky a jiné drobnosti. Úsilím bylo prostory co nejlépe vystihnout, aby simulace vypadala co nejpřesněji.

7.2 Návrh denního osvětlení

7.2.1 Návrh a užití budov z hlediska denního osvětlení

Při projektu denního osvětlení a náležitých zařízení je nutné komplexně posuzovat oboustranné souvislosti a hospodárnost řešení, také spolu s ostatními obory, zvláště s vytápěním, chlazením, umělým osvětlením a větráním budov. Cílem je tedy dosáhnout vyhovujících podmínek zrakové pohody prostředí a mít co nejnižší celkovou spotřebu energií při užívání a realizaci budov. Při návrhu je třeba uvážit současný stav okolí a zohlednit pravděpodobnost pozdějších změn působením rozhodnutí územního nebo regulačního plánu. Při doplňování stávající plynulé zástavby o nové stavby, např. formou přístaveb a nástaveb se posuzuje vliv stínění okolních budov porovnáním se situací při úplné souvislé zástavbě (půdorysný rozsah, výšková úroveň zástavby apod.) podle podmínek regulačního nebo územního plánu. Budovy musí být vyprojektovány tak, aby umožňovaly bezpečný a pokud možno snadný přístup k ovládání, údržbě a čištění konstrukcí osvětlovacího otvorů. Není-li zabezpečen vstup z podlahy vnitřních prostorů, nebo střechy, doporučují se potřebná zařízení (výsuvné nebo závěsné plošiny, čistící vozíky, přístupové lávky apod.) [39]

7.2.2 Osvětlovací otvory

Osvětlovací otvory – okna, světlíky či světlovody se navrhují tak, aby byly z hlediska denního osvětlení co nejúčinnější, tj. aby byly potřeby na kvalitu a úroveň denního osvětlení splněny s co nejmenší plochou otvorů a zasklení. [39]

Při bočním osvětlení má být horní hrana osvětlovacích otvorů co nejvýše, ale musí se pamatovat i na možné umístění regulačních zařízení (závěsy, záclony atd.).

Nároky na materiál konstrukce osvětlovacího otvoru:

1. propouštět co nejvíce světla;
2. nezkruslovat při průhledu, je-li průhled požadován;
3. neměnit spektrální složení světla, není-li to z funkčních důvodů požadováno. [39]

7.2.3 Světelné ztráty způsobené průchodem světla přes osvětlovací otvor

Šířením světla pomocí osvětlovacího otvoru vznikají světelné ztráty, které jsou dány druhem materiálu zasklení, částečným stíněním osvětlovacího otvoru či působením neprůsvitných prvků v konstrukci osvětlovacího otvoru. Ztráty světla, které vzniknou průchodem světla přes osvětlovací otvor, jsou určeny pomocí charakteristické veličiny činitele prostupu světla τ [–], jež je určen jako poměr světelného toku prošlého přes osvětlovací otvor a světelného toku, jež dopadá na osvětlovací otvor. Pokud je více vrstev skleněných materiálů, jež jsou mezi sebou izolovány vzduchem, je konečný činitel přestupu světla dán součinem individuálních činitelů přestupu světla. V tabulce níže jsou uvedeny hodnoty činitele prostupu světla u vybraných materiálů. [9]

Tabulka 30. Hodnoty činitele prostupu světla u vybraných materiálů při kolmém dopadu světla na daný materiál [9]

Druh materiálu		Činitel prostupu světla $\tau_{s,nor}$ [-]
Číré tabulové sklo 3 až 4 mm		0,92
Surové sklo (nevzorované)		0,88
Vzorované sklo		0,85 až 0,90
Drátové sklo 6 až 7 mm		0,60 až 0,86
Mdlené sklo		0,75 až 0,80
Laminát se skelným vláknem		0,35 až 0,85
Akrylát	Čirý	0,85 až 0,92
	Rozptýlený	0,60 až 0,80
Netermální skla		0,35 až 0,70
Reflexní skla		0,55 až 0,65
Skleněné tvárnice	Jednovrstvé	0,85 až 0,89
	Dvouvrstvé	0,55 až 0,62
Skleněné příčky z tvárnic Copilit (podle údajů výrobce)	Jednovrstvé	0,86
	Dvouvrstvé	0,80
Záclony		0,50 až 0,75

7.2.4 Regulace denního osvětlení

Zařízení a prostředky pro regulaci denního osvětlení budov a vnitřních prostorů se navrhují tak, aby co nejméně omezovaly denní osvětlení v době, kdy je ho nedostatek například při zatažené obloze v zimním období. Činitel odrazu světla vnitřních povrchů rolet, clon, závěsů a žaluzií, by měl být přibližně velký, jako jsou okolní stěny. [39]

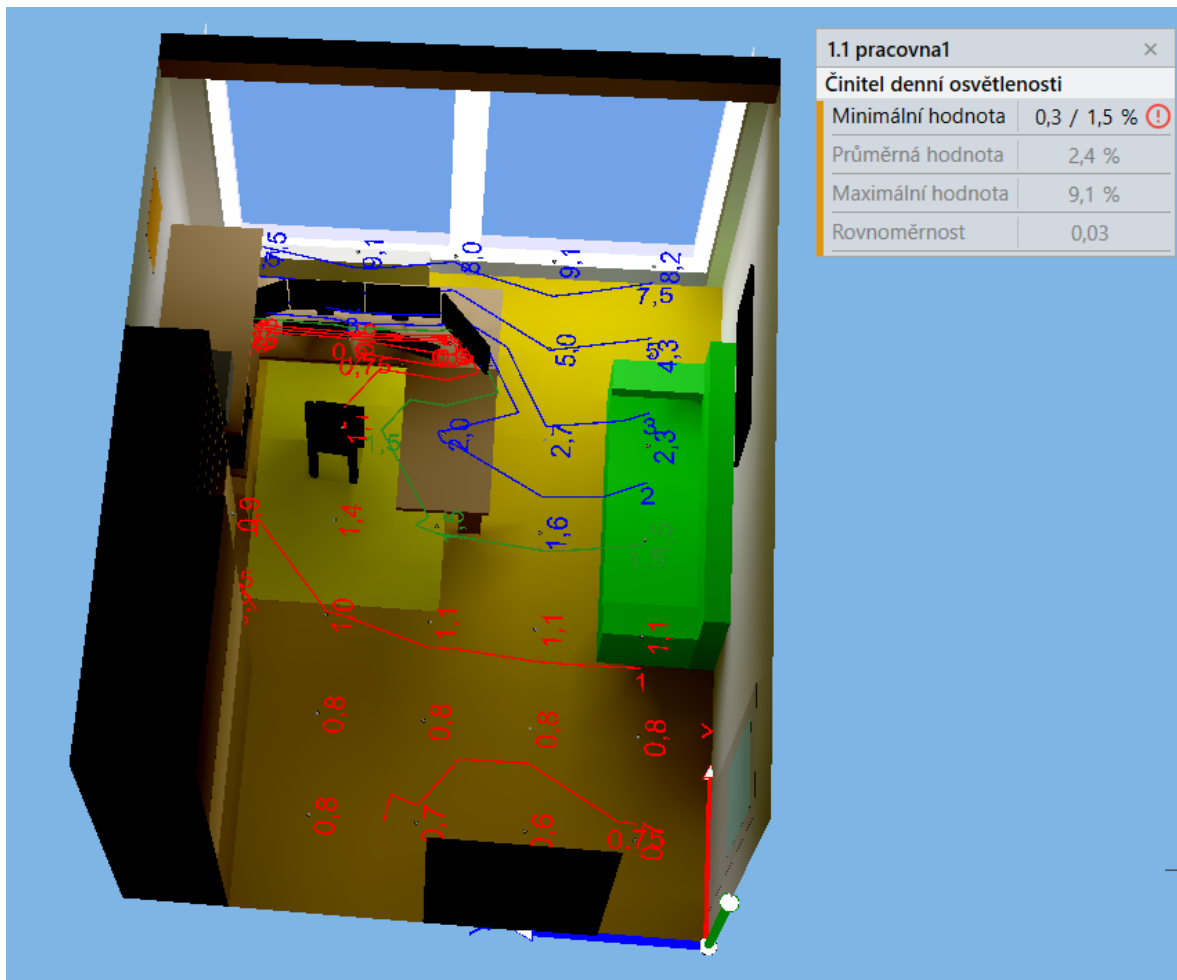
7.2.5 Návrh místností

Použité místnosti spadají dle normy ČSN 73 0580-1 do zřakové činnosti IV. Z výše uvedené normy vyplývá, že minimální činitel denní osvětlenosti má být 1,5 %. Místnosti jsou osvětleny denním světlem pomocí oken. Na obrázcích ze simulace Wdls 5.0 níže můžeme vidět modrá, zelená a červená čísla s izočarami, která značí přesnost osvětlenosti. Modrá nám značí vyšší hodnoty, než jsou požadované, zelená jsou přesně požadované hodnoty a červená jsou hodnoty nedostačující.

Po celé části vnitřního prostoru je rozmístěna síť kontrolních bodů. U denního osvětlení je výška sítě 0,85 m nad povrchem. Obrázky níže nám ukazují, že denní osvětlení je nedostačující. Je tedy nutné konstatovat, že pro stávající stav se k dennímu osvětlení musí v nevyhovujících prostorech přidat osvětlení umělé, budeme mít tedy osvětlení sdružené.

Do budoucna lze provést opatření pro zvýšení jeho kvality, například změna barvy stěn, nábytku aj., aby se nemuselo tolik přisvětlovat.

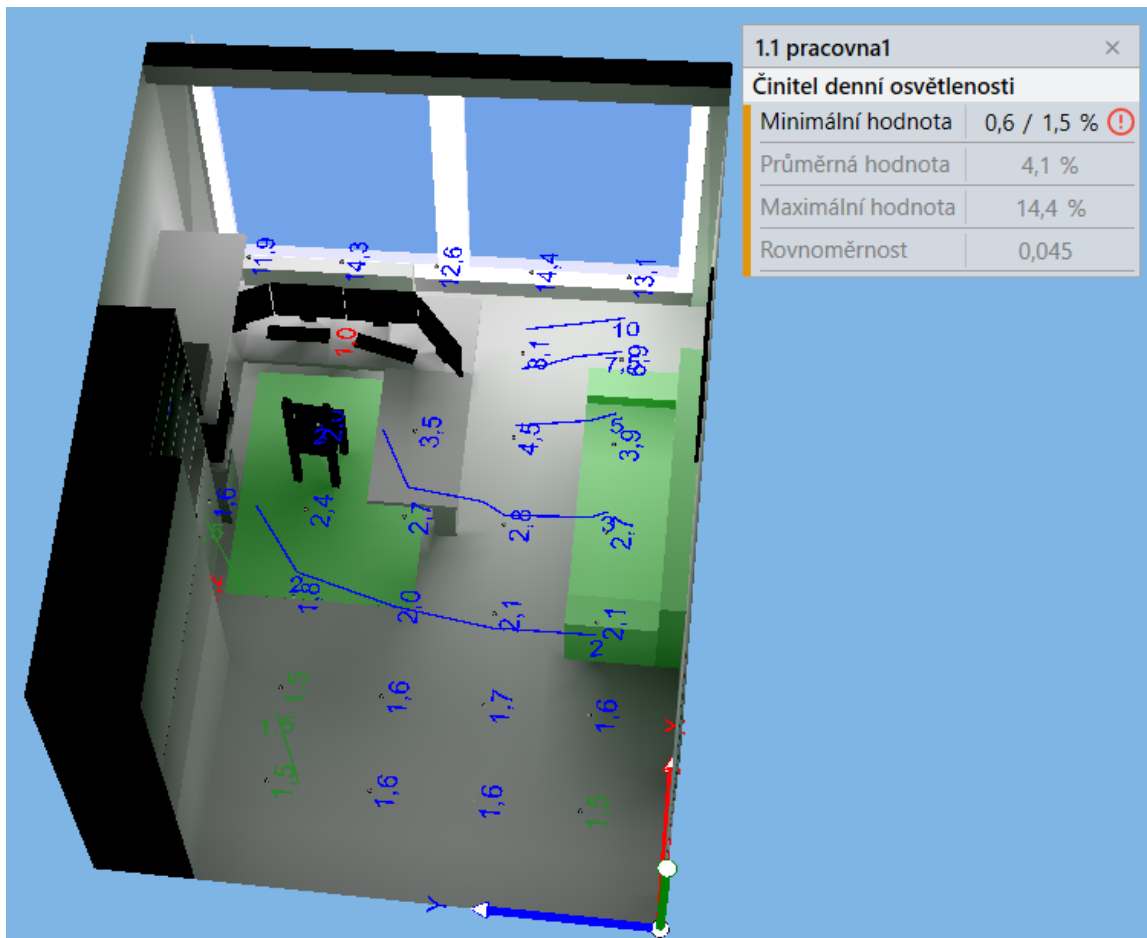
7.3 Pracovna



Obrázek 36. Činitel denní osvětlenosti pracovny – bez úprav

7.3.1 Popis návrhu – bez úpravy

Jak můžeme vidět, na *Obr. 36*, minimální hodnota činitele denní osvětlenosti je 0,3 %. Podle *Tab. 1.* uvedené v kapitole 1.2.1 *denní osvětlení* musí být minimální hodnota činitele denní osvětlenosti 1,5 %. Norma tedy není splněna, pouze v části místnosti (znázorněno modrou barvou).



Obrázek 37. Činitel denní osvětlenosti pracovny - změna barvy

7.3.2 Popis návrhu – změna barvy

Jak vyplývá z výše uvedeného obrázku 37, v této místnosti proběhla změna barvy nábytku na světle šedou barvu, barva koberce a sedačky je zelená. Barva stěn zůstala bílá a podlaha byla změněna na šedou barvu. Průměrná i minimální hodnota denního činitele osvětlenosti se tedy zvýšily, ale bude nezbytné použít přídatná svítidla. V podstatné části místnosti, to ale vyhovuje. Budeme mít tedy sdružené osvětlení.

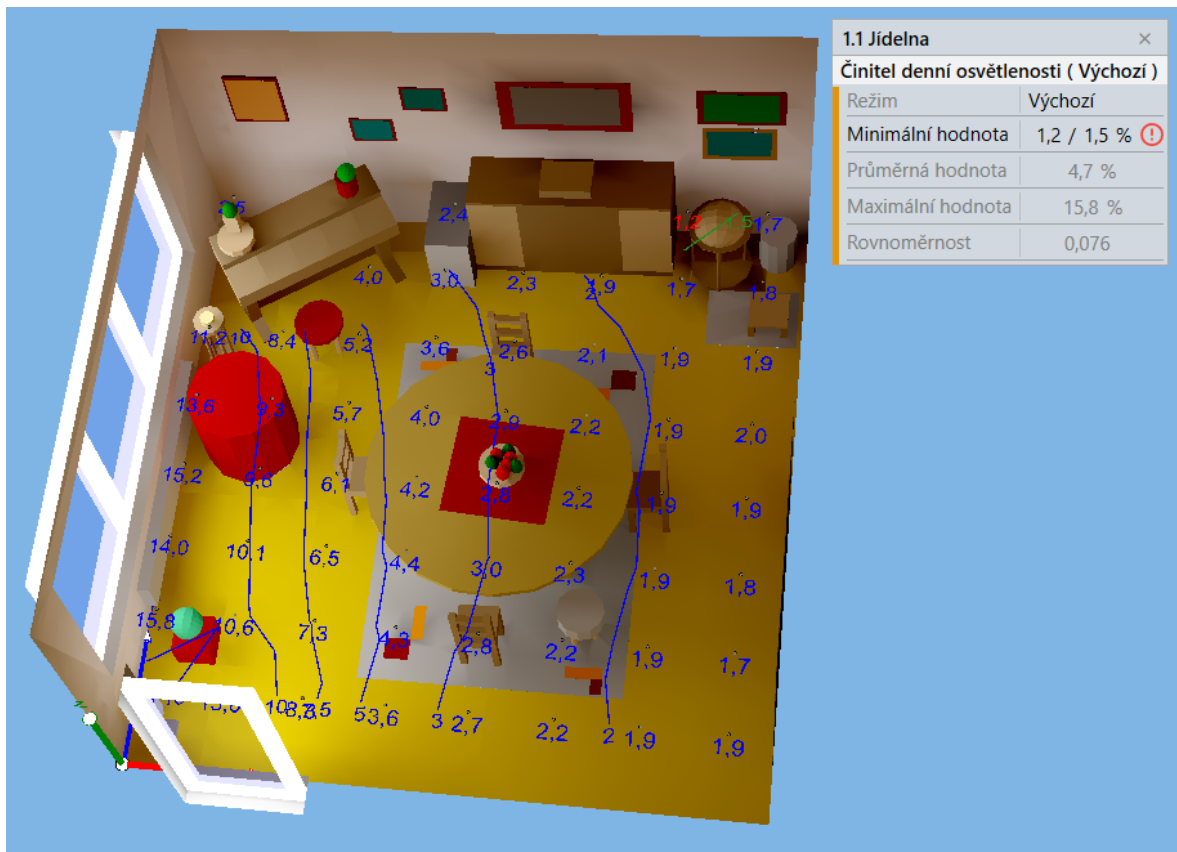
7.4 Jídelna



Obrázek 38. Činitel denní osvětlenosti jídelny – bez úprav

7.4.1 Popis návrhu - bez úprav

V této místnosti je činitel denní osvětlenosti 0,4 %, jak je uvedeno na výše zobrazeném *obr. 38*, podle *Tab. 1.* uvedené v kapitole 1.2.1 *denní osvětlení* musí být minimální hodnota činitele denní osvětlenosti 1,5 %. Norma tedy není splněna. Pouze v části místnosti (znázorněno modrou barvou).

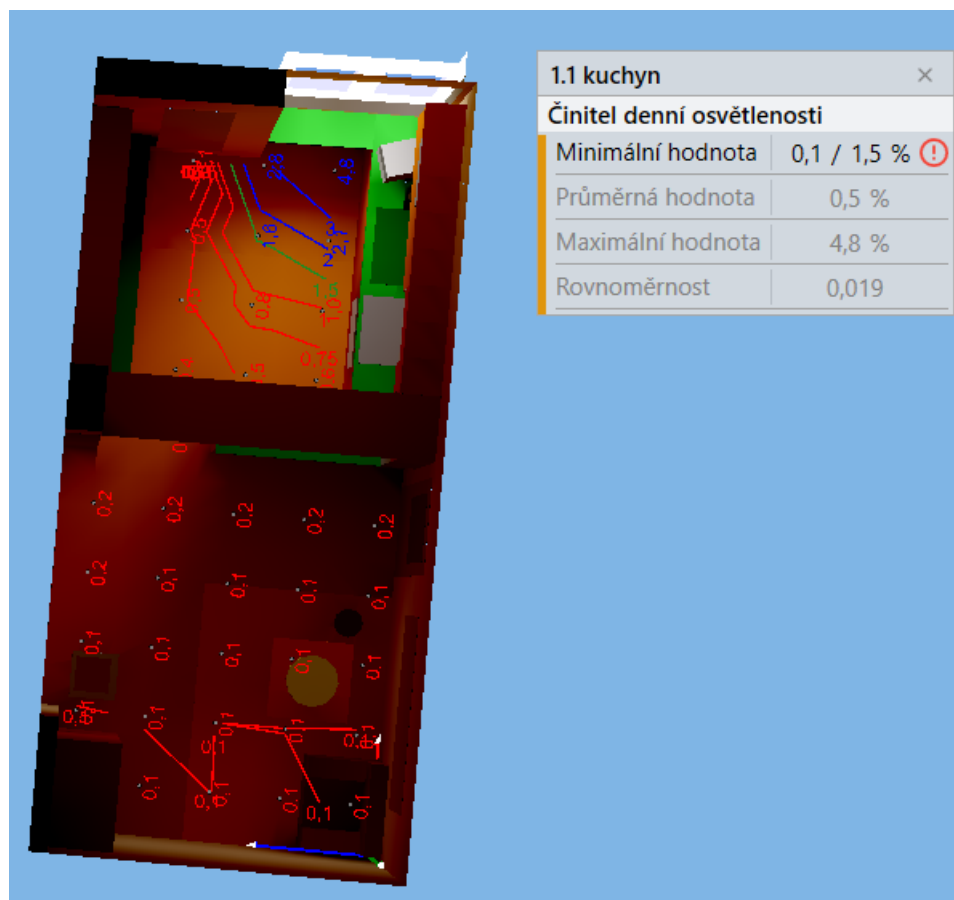


Obrázek 39. Činitel denní osvětlenosti jídelny – změna barvy

7.4.2 Popis návrhu – změna barvy

Podle obr. 39. lze pozorovat změnu výmalby jídelny na bílou barvu jinak vše zůstalo v původním stavu jako na obr. 38. Průměrné i minimální hodnoty se zvýšily, ale bude nezbytné použít přídatná svítidla. Vznikne tedy sdružené osvětlení. V podstatné části místnosti je denní osvětlení dostačující.

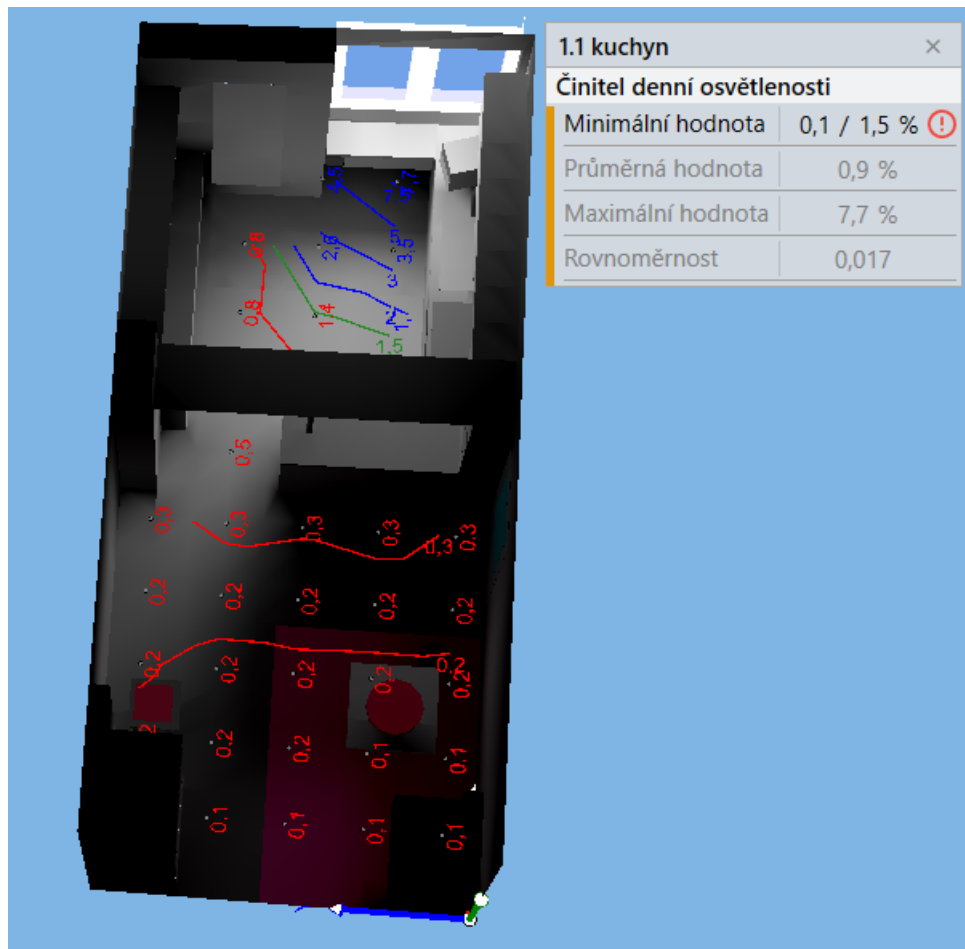
7.5 Kuchyň



Obrázek 40. Činitel denní osvětlenosti kuchyně – bez úprav

7.5.1 Popis návrhu – bez úprav

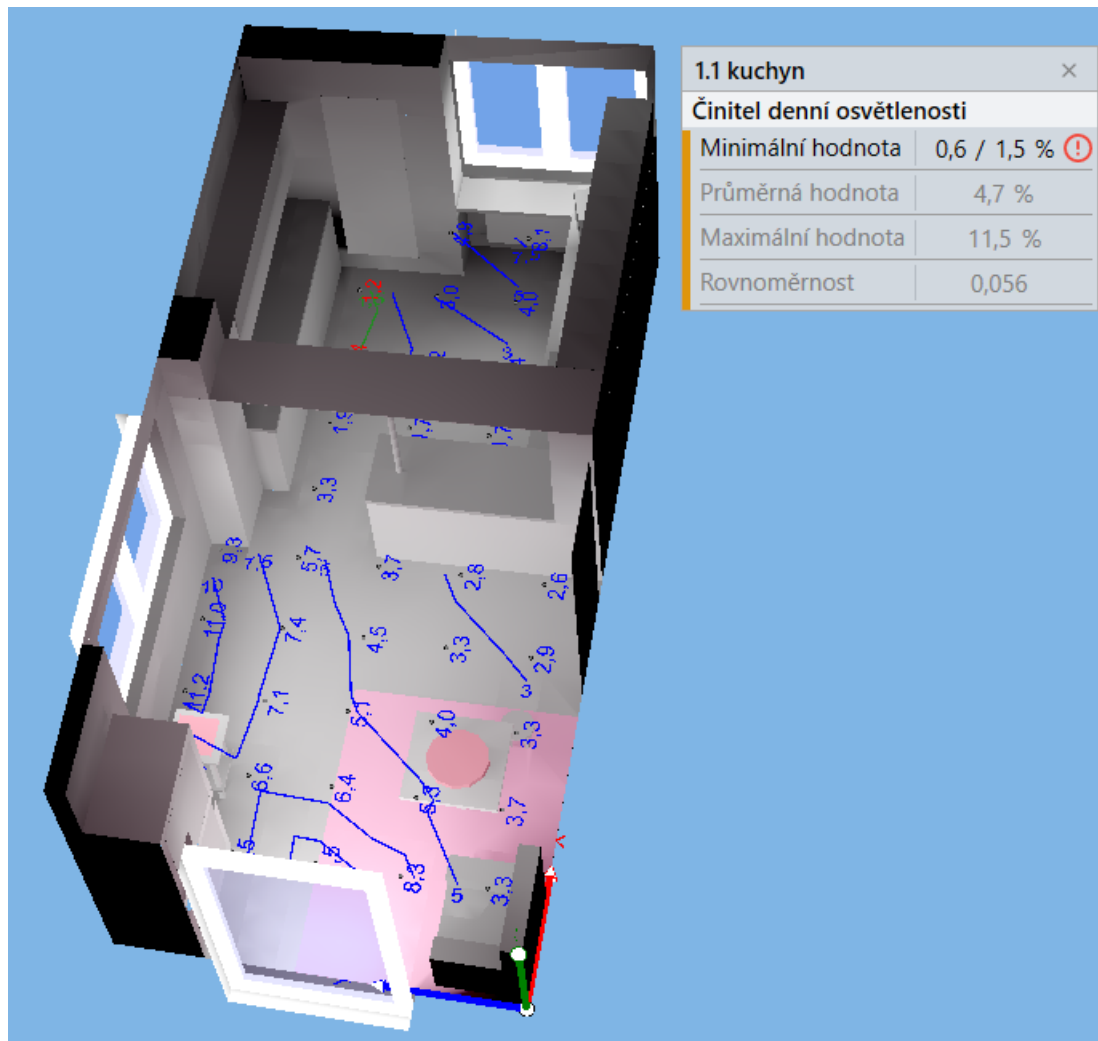
Z obr. 40. vyplývá, že minimální hodnota činitele denní osvětlenosti je 0,1 % podle Tab. 1. uvedené v kapitole 1.2.1 *denní osvětlení* musí být minimální hodnota činitele denní osvětlenosti 1,5 %. Norma tedy není splněna.



Obrázek 41. Činitel denní osvětlenosti kuchyně – změna barvy

7.5.2 Popis návrhu – změna barvy

Jak lze vidět na výše uvedeném *obr. 41*, u návrhu kuchyně proběhla změna výmalby na bílou barvu, změna barvy kuchyně na světle šedou, podlaha získala barvu šedou, komoda a stůl taktéž světle šedou barvu, koberec získal barvu růžovou a křeslo šedou barvu. Minimální hodnota denní osvětlenosti se nezvýšila, je tedy nezbytné přidat osvětlení.



Obrázek 42. Činitel denní osvětlenosti kuchyně – změna barvy s okny

7.5.3 Popis návrhu – změna barvy s okny

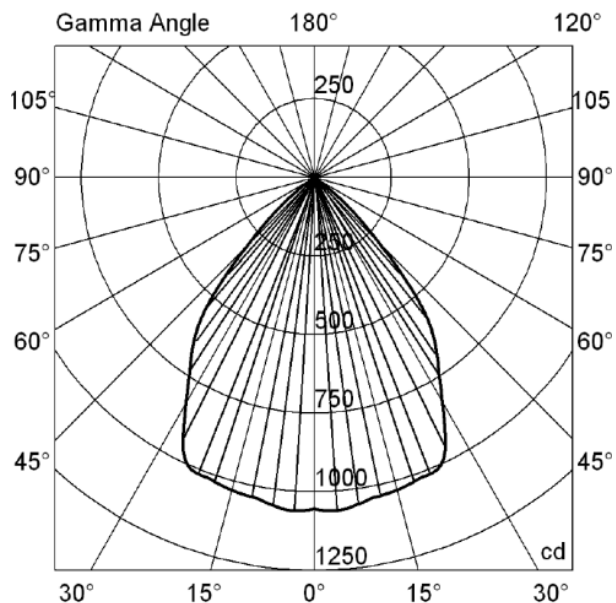
U návrhu kuchyně bylo přidáno okno o rozměrech 1800 x 1400 x 300 a dveře o rozměrech 1300 x 2300 x 300 (šířka x výška x tloušťka ostění) s činitelem prostupu světla $\tau = 0,92$ viz obrázek 42. Zbytek zůstal stejný jako u předešlého návrhu. Činitel denní osvětlenosti se zvýšil o 0,5 %. Je zde také nutné použít přídavné osvětlení a mít tedy sdružené osvětlení. Tahle varianta je komplikovanější, jelikož by bylo nutné přidat okno a dveře. V podstatné části to ale vyhovuje (znázorněno modrou barvou).

7.6 Návrh umělého osvětlení

7.6.1 Fotometrie svítivosti

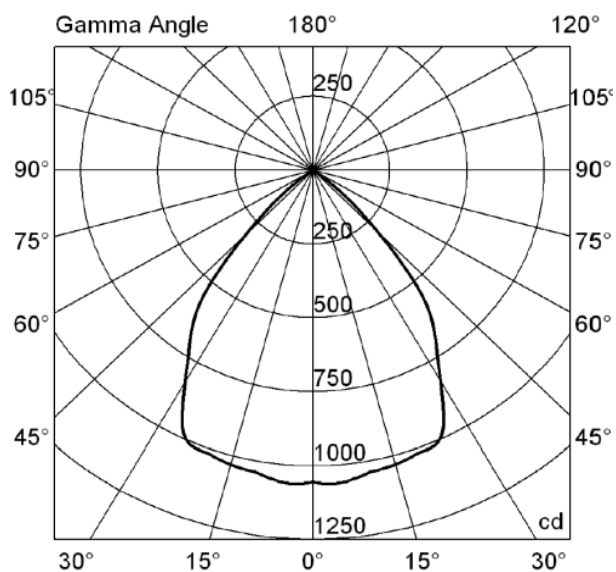
Fotometrické diagramy často používají systém $C - \gamma$. Symbol $\gamma = 0$ bodů dolů směrem k podlaze, nebo silnici, $\gamma = 180$ bodů nahoru ke stropu, nebo obloze. [45]

Níže je diagram $C - \gamma$ s některými „paprsky světla“.



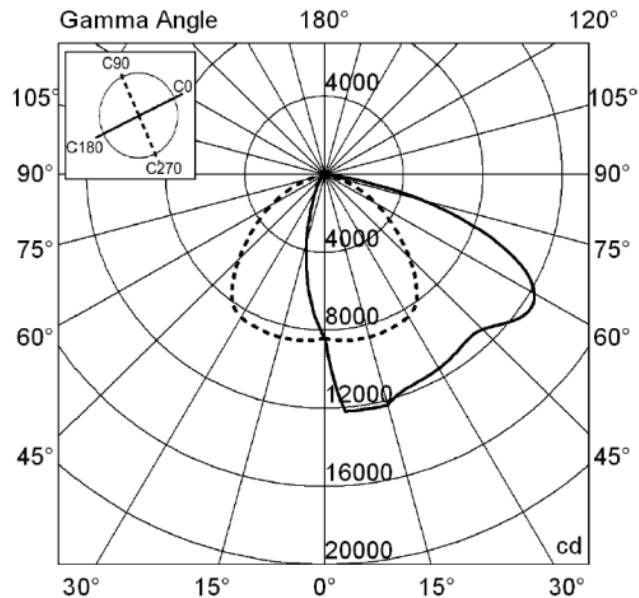
Obrázek 43. Fotometrický diagram $C - \gamma$ [45]

Díky „paprskům“ je diagram více matoucí, než je třeba, a fotometrické diagramy tyto paprsky vždy vynechají, aby vám poskytly jednodušší diagram, jak je znázorněno níže.



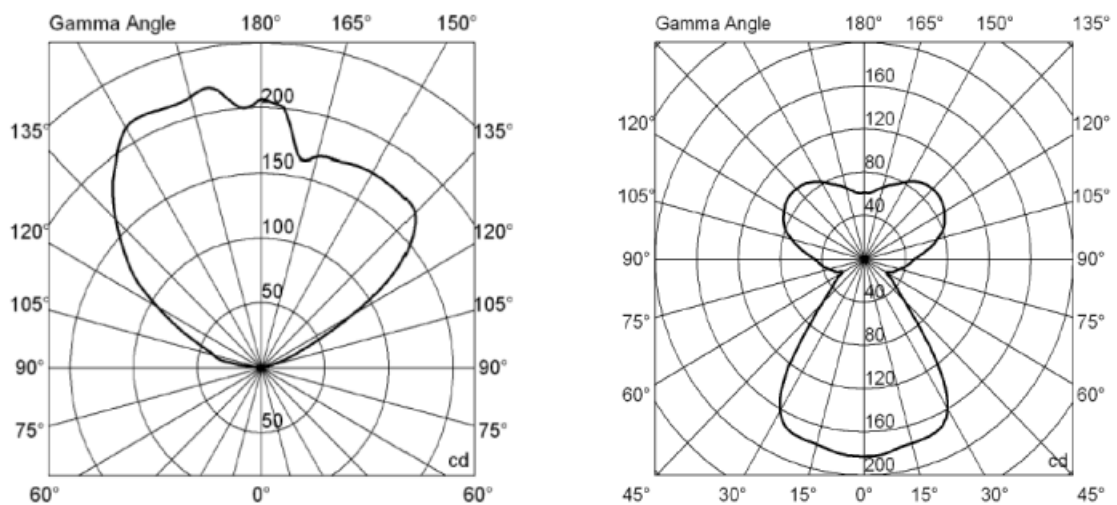
Obrázek 44. Fotometrický diagram $C - \gamma$ po vynechání paprsků [45]

Úhel „roviny C“, je obvykle reprezentován jako $C = 0$ odcházející doprava podél kladné osy x a $C = 90$ podél kladné osy y . Svítidlo, jehož polární diagram je zobrazen níže, střílí většinu svého toku „doleva“ a je symetrické v rovině $C90 - C270$ (tečkovaná čára). [45]



Obrázek 45. Svítidlo symetrické v rovině $C90 - C270$ [45]

Níže zobrazené obrázky č. 46 nám ukazují dva různé typy svítidel v polárním diagramu $C - \gamma$. První svítidlo vystřeluje veškerý svůj tok nahoru, pravděpodobně se používá pro nepřímé vnitřní osvětlení, kdy se světlo nejprve odrazí od stropu, než dorazí na pracovní plochu. Veškeré světlo je v $\gamma = 90 - 180$ stupňů. Druhé svítidlo střílí část svého toku nahoru a část dolů. Což je „přímá-nepřímá“ metoda osvětlení vnitřního prostředí. [45]



Obrázek 46. Nepřímá a přímá – nepřímá metoda osvětlení vnitřního prostředí [45]

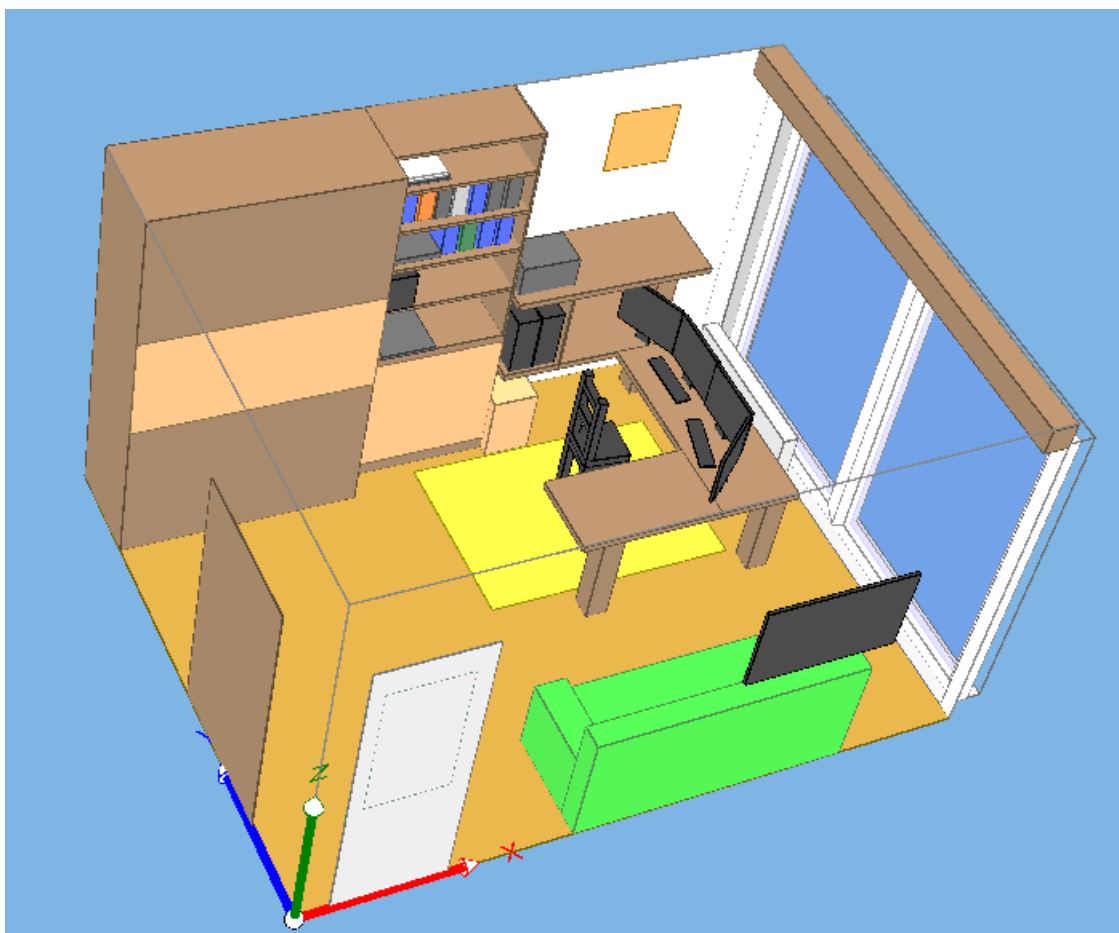
7.6.2 Návrh místností

Jak u denního osvětlení, tak i u osvětlení umělého je rozmístěna síť kontrolních bodů. Normálová osvětlenost je ve výšce 0,85 m nad povrchem a u činitele oslnění UGR je síť ve výšce 1,2 m nad povrchem. Stejně jako u denního osvětlení je barevné rozlišení totožné, tzn., modrá barva představuje hodnoty vyšší, než požaduje norma, zelená barva představuje hodnoty přesně požadované normou a červená barva vyznačuje hodnoty nevyhovující.

Následující simulace jsou do budoucna vhodné při stavbě nových objektů, aby se dopředu na kvalitu osvětlení pamatovalo a lidé nacházející se v objektech měli kvalitní zrakovou pohodu při výkonu práce. To je přínos méj diplomové práce. Bohužel i v dnešní době se na to stále moc nepamatuje.

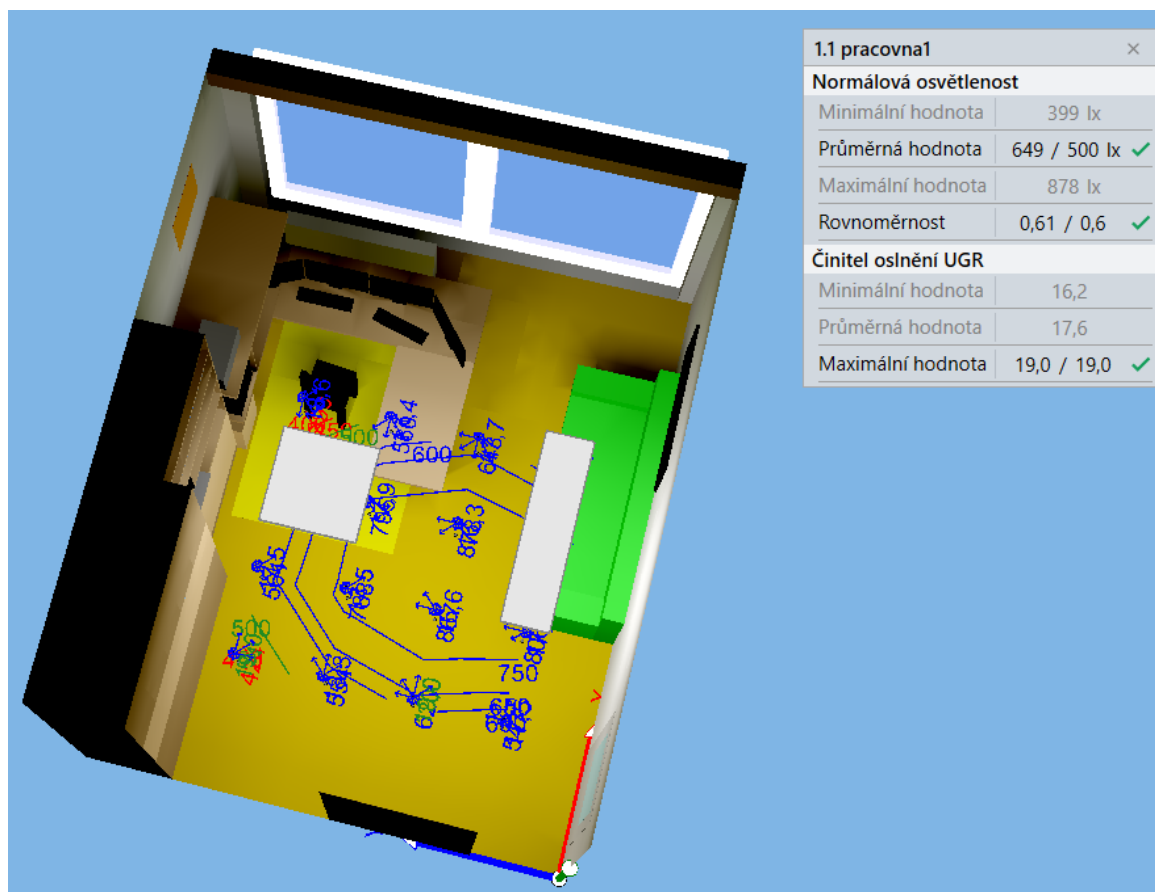
7.7 Pracovna

Na *Obr. 47.* můžeme vidět vytvořený model prostoru pracovny, do něhož budou v náležitém softwaru postupně vkládány individuální návrhy nových osvětlovacích soustav.



Obrázek 47. Návrh pracovny

7.7.1 Návrh nového osvětlení – varianta č. 1



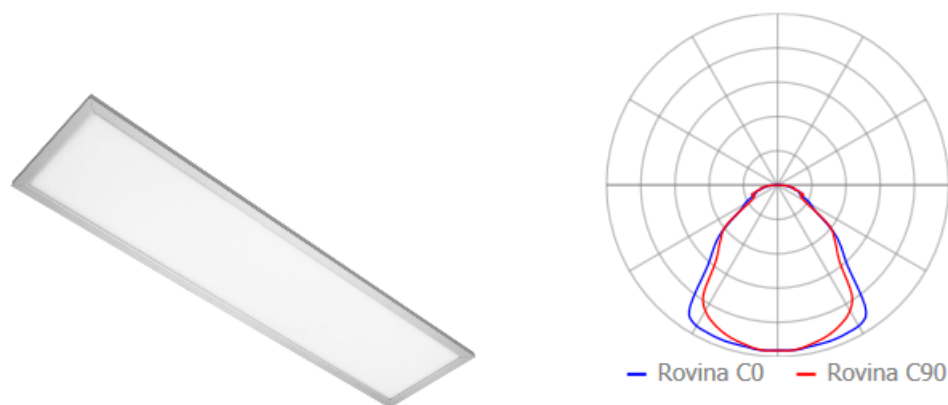
Obrázek 48. Návrh nového osvětlení pracovny - varianty č. 1

7.7.2 Popis návrhu

U návrhu č. 1. bylo vyzkoušeno mnoho variant svítidel, která jsou hojně obsazena v databázi svítidel v programu Wils 7.0. Během zkoušení bylo vyzkoušeno, že je příhodnější použít dvě svítidla o menším světelném toku než jedno svítidlo s větším světelným tokem, protože dochází ke vzniku nepříjemného oslnění a světlo není rovnoměrně rozloženo do prostoru. Do tohoto prostoru se hodí svítidla, která jsou symetrické podle roviny C0 a C90.

7.7.3 Použitá svítidla

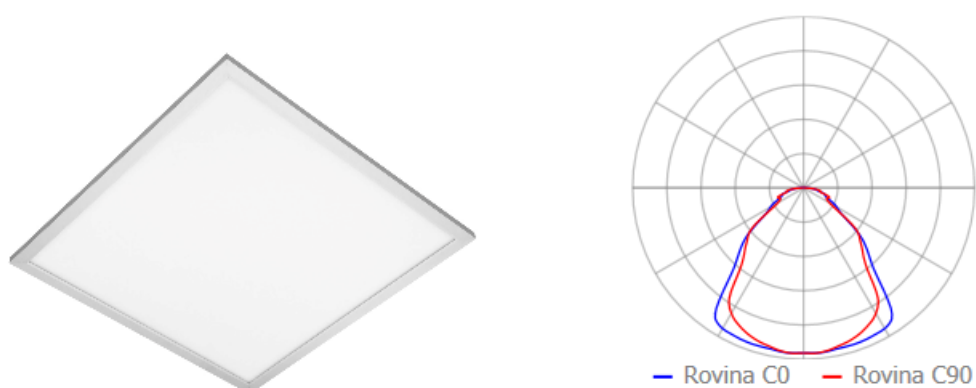
Pro tento návrh byly zvoleny svítidla od českého výrobce MODUS. Konkrétní typy MODUS QN_A_/700 a MODUS QN_C_/1050. [44]



Obrázek 49. Svítidlo MODUS QN_C_/1050 a křivka svítivosti [44]

Tabulka 31. Parametry svítidla QN_C_/1050 [44]

MODUS QN_C_/1050	
Typ zdroje	LED
Příkon svítidla	54 W
Světelný tok	5600 lm
Činitel podání barev R_a	80
Teplota chromatičnosti	3800 K
Životnost	80000 h
Stupeň krytí	IP 40
Nominální napětí	230 V
Hmotnost	4,5 kg
Přibližná cena	2 800 Kč

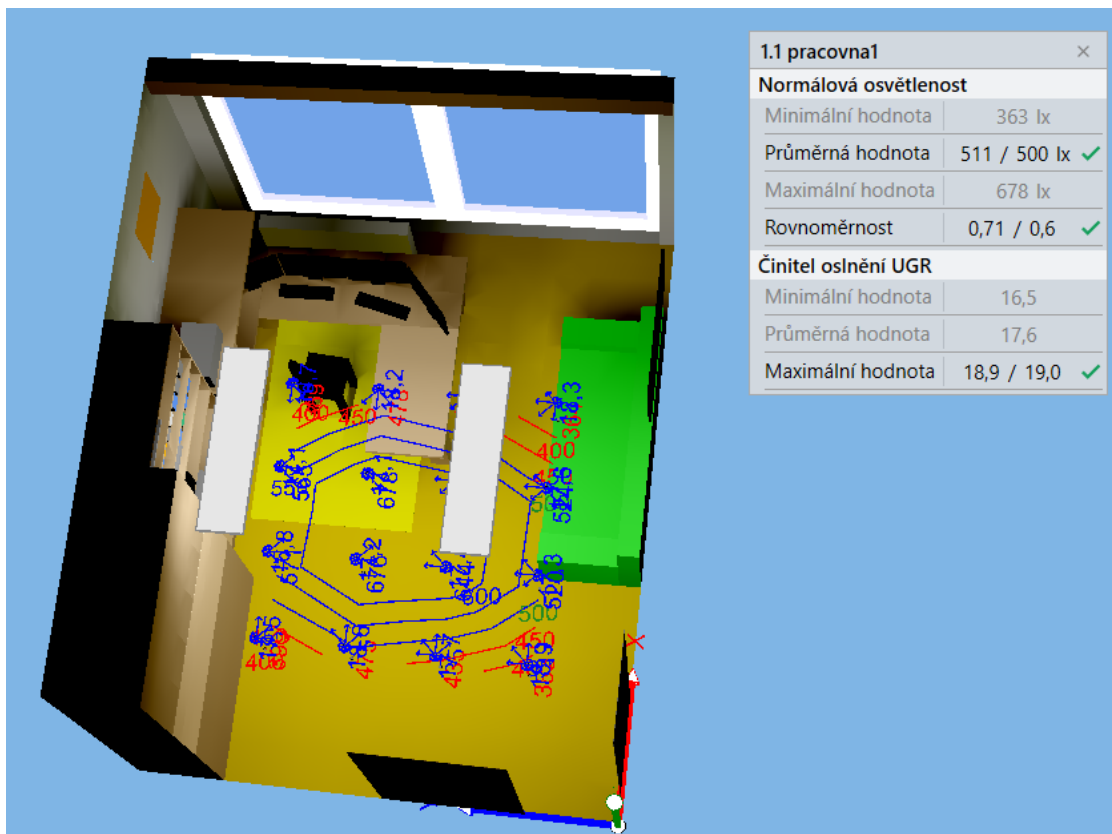


Obrázek 50. Svítidlo MODUS QN_A_/700 a křivka svítivosti [44]

Tabulka 32. Parametry svítidla QN_A_/700 [44]

Svítidlo MODUS QN_A_/700	
Typ zdroje	LED
Příkon svítidla	34 W
Světelný tok	4100 lm
Činitel podání barev R_a	80
Teplota chromatičnosti	3800 K
Životnost	80000 h
Stupeň krytí	IP 40
Nominální napětí	230 V
Hmotnost	4,8 kg
Přibližná cena	2 500 Kč

7.7.4 Návrh nového osvětlení – varianta č. 2



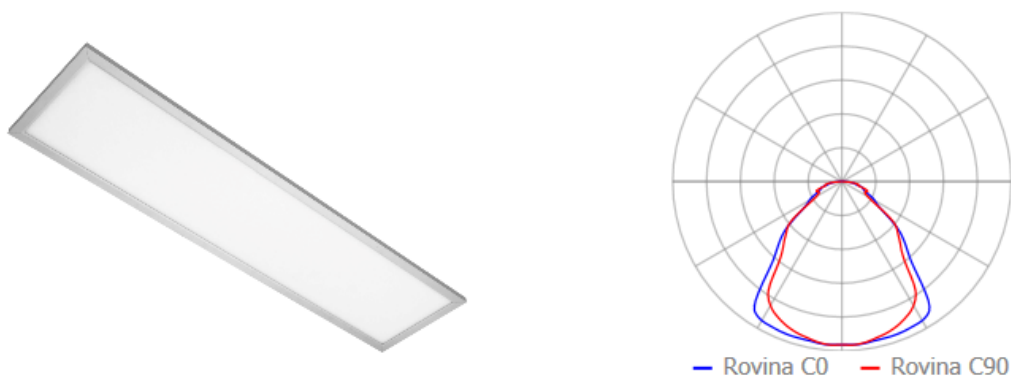
Obrázek 51. Návrh nového osvětlení pracovny - varianty č. 2

7.7.5 Popis návrhu

Tento návrh vychází z varianty č. 1. Oproti předchozímu návrhu se liší pouze v typu svítidla.

7.7.6 Použitá svítidla

Pro tento návrh byly zvoleny taktéž svítidla od českého výrobce MODUS. Konkrétní typ MODUS QN_C_/700. [44]



Obrázek 52. Svítidlo MODUS QN_C_/700 a křivka svítivosti [44]

Tabulka 33. Parametry svítidla QN_C_/700 [44]

Svítidlo MODUS QN_C_/700	
Typ zdroje	LED
Příkon svítidla	35 W
Světelný tok	4000 lm
Činitel podání barev R_a	80
Teplota chromatičnosti	3800 K
Životnost	80000 h
Stupeň krytí	IP 40
Nominální napětí	230 V
Hmotnost	4,5 kg
Přibližná cena	2 900 Kč

7.7.7 Vyhodnocení návrhů

Tabulka 34. Celkový příkon svítidla a cena

	Příkon svítidla [W]	Celková cena [Kč bez DPH]
Návrh č. 1.	$54 + 34 = 88$	$2800 + 2500 = 5\,300$
Návrh č. 2.	$2 \times 35 = 70$	$2 \times 2900 = 5\,800$

Pro realizaci nového osvětlení pracovny bych doporučila návrh č. 2, jelikož:

1. Zanedbatelně vyšší náklady jako u návrhu č. 1.
2. Činitel oslnění UGR se v celém prostoru pracovny pohybuje v nízkých hodnotách.

3. Průměrná normálová osvětlenost dosahuje požadované intenzity.
4. Intenzita osvětlení je oproti reálným hodnotám, které byly naměřeny při stávajícím osvětlení, skutečně vyšší, takže dojde k zaručenému zlepšení.
5. Nižší příkon – to vede k nižším provozním nákladům.

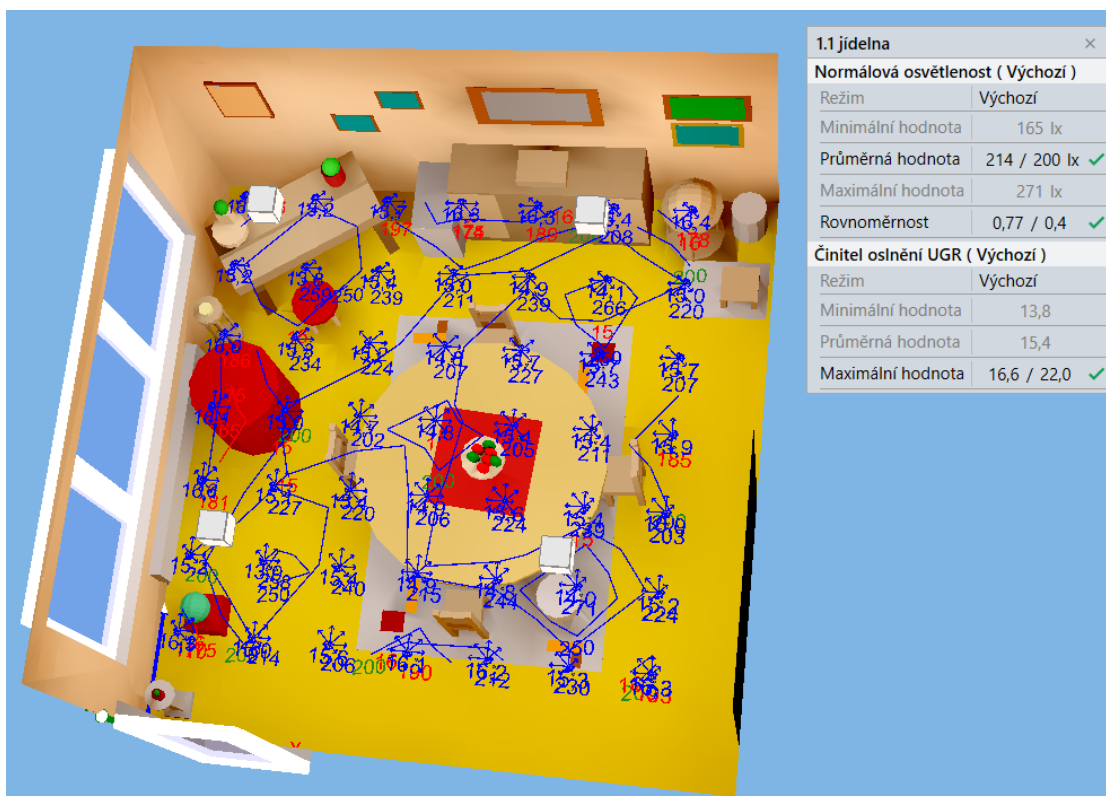
7.8 Jídelna

Na *obr. 53.* můžeme vidět vytvořený model prostoru jídelny, do něhož budou v náležitém softwaru postupně vkládány individuální návrhy nových osvětlovacích soustav.



Obrázek 53. Návrh jídelny

7.8.1 Návrh nového osvětlení – varianta č. 1



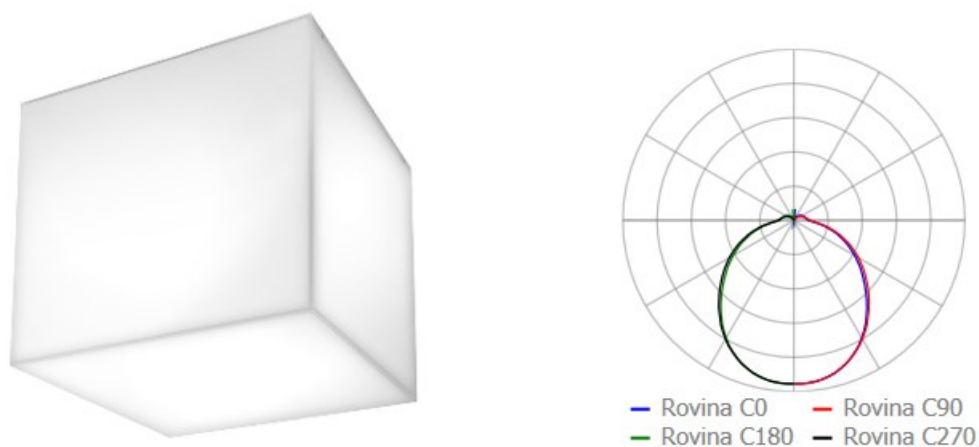
Obrázek 54. Návrh nového osvětlení jídelny - varianty č. 1

7.8.2 Popis návrhu

Tento návrh se skládá pouze z jednoho typu svítidel, které jsou rovnoměrně rozmístěna po jídelně. Dle funkčního rozdělení prostoru mají asymetrickou symetrii svítidla.

7.8.3 Použitá svítidla

Pro tento návrh byly zvoleny svítidla od českého výrobce VM elektro. Konkrétní typ VM elektro VML 125 ZQ. [47]



Obrázek 55. Svítidlo VM elektro VML 125 ZQ a křivka svítivosti [47]

Tabulka 35. Parametry svítidla VML 125 ZQ [47]

Svítidlo VM elektro VML 125 ZQ	
Typ zdroje	LED
Příkon svítidla	25 W
Světelný tok	2240 lm
Činitel podání barev R_a	82
Teplota chromatičnosti	4000 K
Životnost	50000 h
Stupeň krytí	IP 40
Nominální napětí	230 V
Hmotnost	1,9 kg
Přibližná cena	2 000 Kč

7.8.4 Návrh nového osvětlení – varianta č. 2



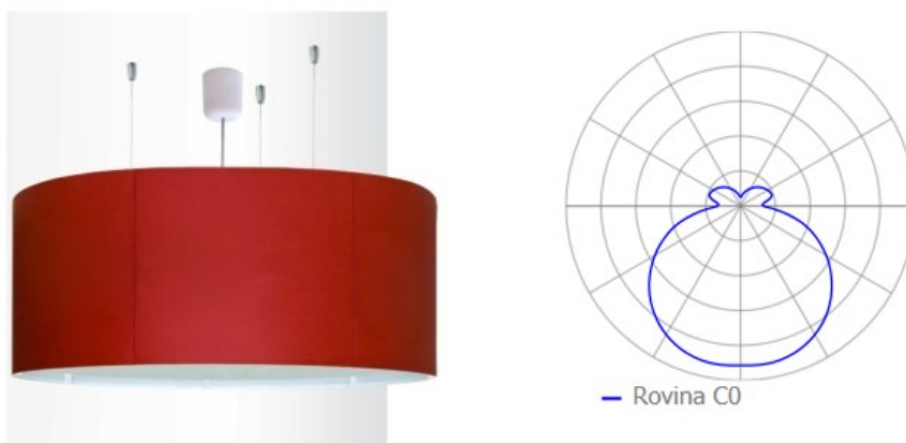
Obrázek 56. Návrh nového osvětlení jídelny - varianty č. 2

7.8.5 Popis návrhu

Tento návrh se skládá ze dvou svítidel, které mají rotačně symetrickou symetrii svítidla.

7.8.6 Použitá svítidla

Pro tento návrh byly zvoleny svítidla od českého výrobce Deos. Konkrétní typ Deos Z648cLCI140A3. [46]



Obrázek 57. Svítidlo Deos Z648cLCI140A3 a křivka svítivosti [46]

Tabulka 36. Parametry svítidla Z648cLCI140A3 [46]

Svítidlo Deos Z648cLCI140A3	
Typ zdroje	LED
Příkon svítidla	40 W
Světelný tok	5740 lm
Činitel podání barev R_a	80
Teplota chromatičnosti	4000 K
Životnost	50000 h
Stupeň krytí	IP 20
Nominální napětí	230 V
Hmotnost	3,9 kg
Přibližná cena	13 990 Kč

7.8.7 Vyhodnocení návrhů

Tabulka 37. Celkový příkon svítidla a cena

	Příkon svítidla [W]	Celková cena [Kč bez DPH]
Návrh č. 1.	$4 \times 25 = 100$	$4 \times 2000 = 8\ 000$
Návrh č. 2.	$2 \times 40 = 80$	$2 \times 13\ 990 = 27\ 980$

Pro realizaci nového osvětlení jídelny bych doporučila návrh č. 1, jelikož:

1. Díky vyššímu počtu svítidel nalezneme u tohoto návrhu menší investiční náklady na svítidla, ale musíme vzít v potaz zapojení více svítidel, což není levná záležitost.
2. Činitel oslnění UGR se v celém prostoru jídelny pohybuje v nízkých hodnotách.
3. Průměrná normálová osvětlenost dosahuje požadované intenzity.
4. Oproti skutečným hodnotám je intenzita osvětlení u hodnot, které byly naměřeny při stávajícím osvětlení, skutečně vyšší, takže dojde k zaručenému zlepšení.

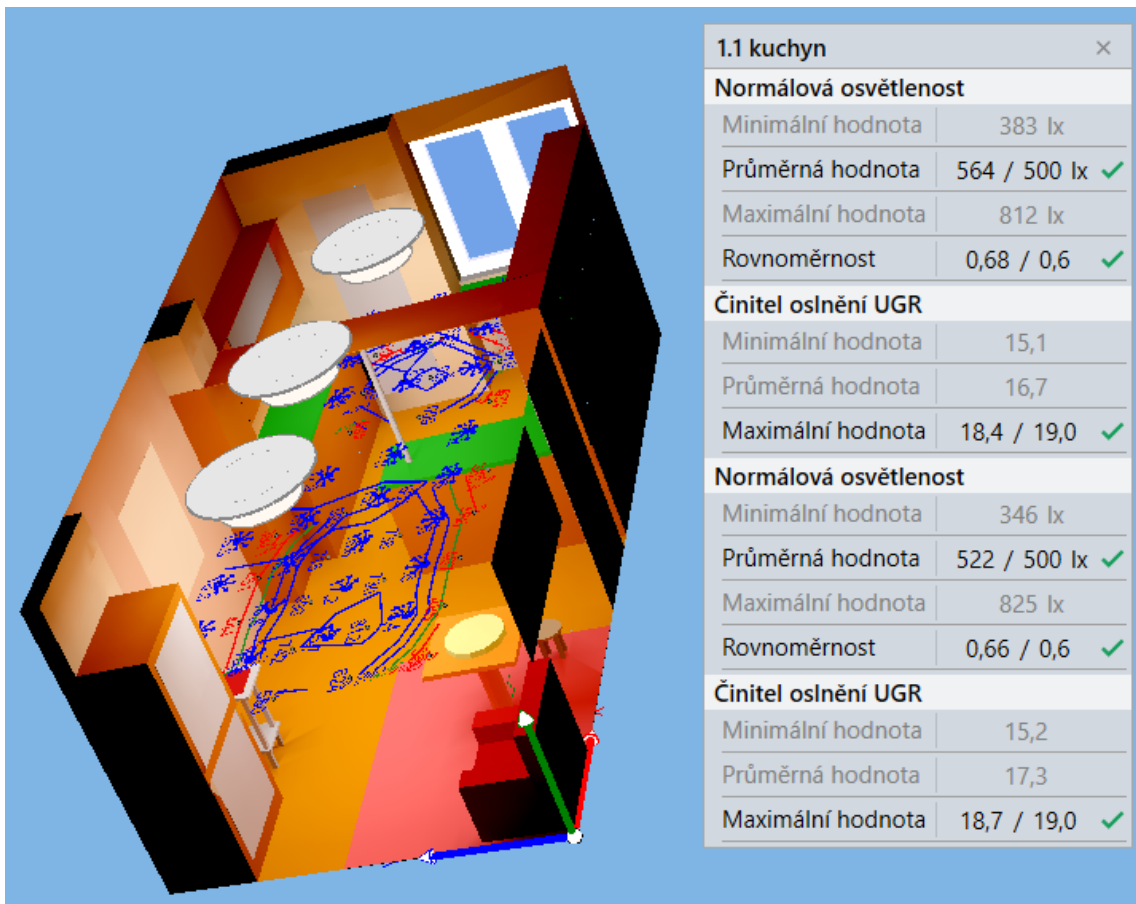
7.9 Kuchyně

Na obr. 58. můžeme vidět vytvořený model prostoru kuchyně, do něhož budou v náležitém softwaru postupně vkládány individuální návrhy nových osvětlovacích soustav.



Obrázek 58. Návrh kuchyně

7.9.1 Návrh nového osvětlení – varianta č. 1



Obrázek 59. Návrh nového osvětlení kuchyně - varianty č. 1

7.9.2 Popis návrhu

Tento návrh se skládá pouze z jednoho typu svítidel, které jsou nerovnoměrně rozmístěny po kuchyni dle funkčního rozdělení prostoru. U kuchyňské linky je svítidlo odsazené od stropu o 400 mm.

7.9.3 Použitá svítidla

U tohoto návrhu byla zvolena svítidla od tuzemského výrobce Deos. Konkrétní typ Deos Z629cLCI180A3. [46]

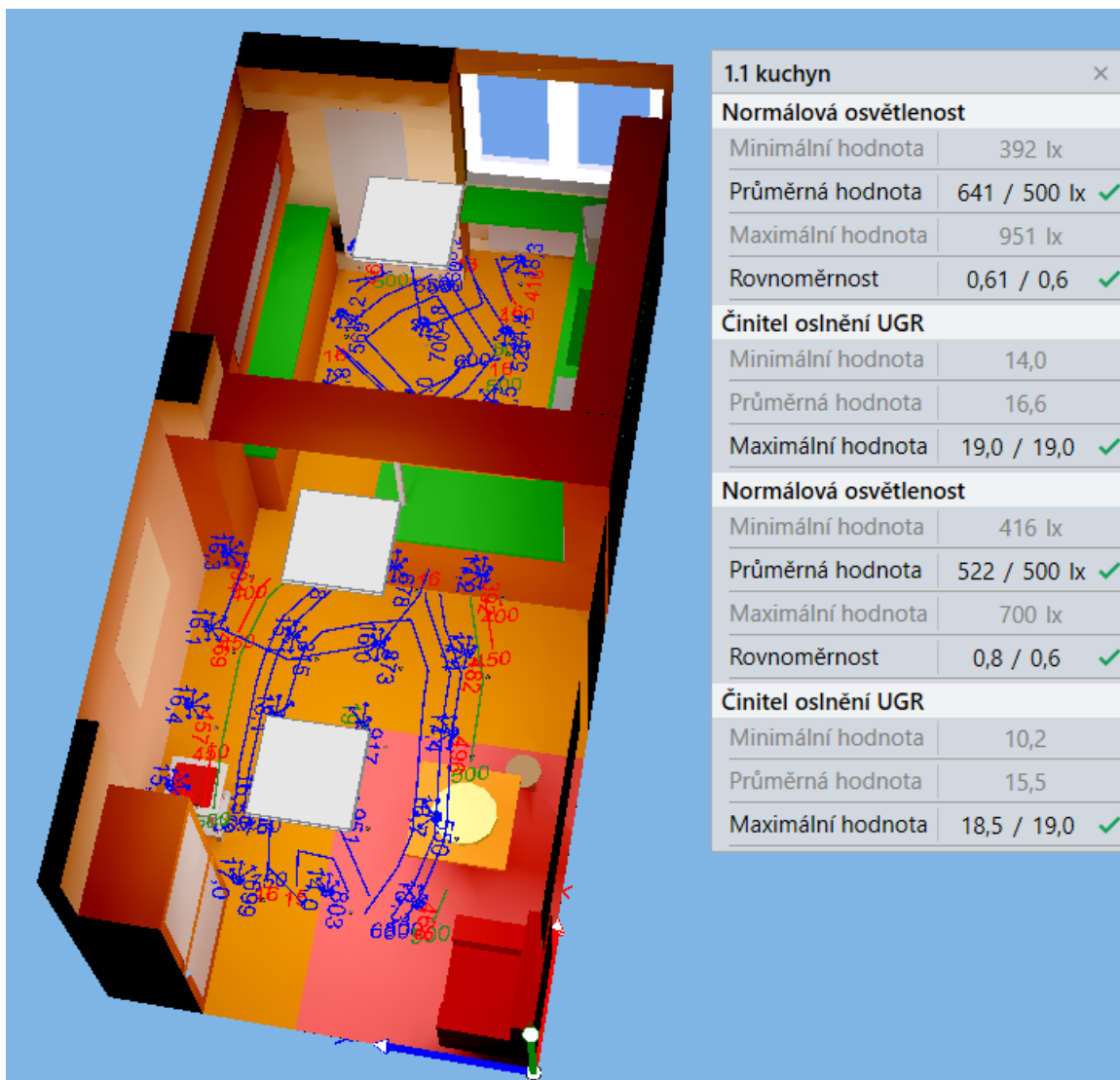


Obrázek 60. Svítidlo Deos Z629cLCI180A3 a křivka svítivosti [46]

Tabulka 38. Parametry svítidla Z629cLCI180A3[46]

Svítidlo Deos Z629cLCI180A3	
Typ zdroje	LED
Příkon svítidla	4 x 20 W
Světelný tok	2700 lm
Činitel podání barev R_a	80
Teplota chromatičnosti	4000 K
Životnost	50000 h
Stupeň krytí	IP 20
Nominální napětí	230 V
Hmotnost	3,9 kg
Přibližná cena	16 100 Kč

7.9.4 Návrh nového osvětlení – varianta č. 2



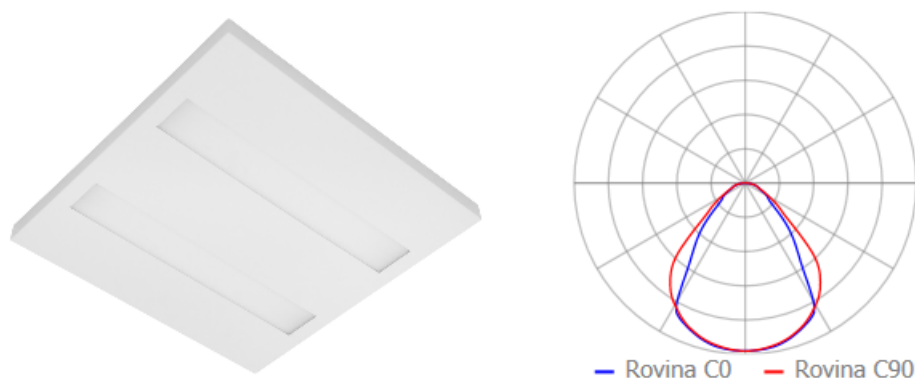
Obrázek 61. Návrh nového osvětlení kuchyně - varianty č. 2

7.9.5 Popis návrhu

Tento návrh se skládá pouze z jednoho typu svítidel, které jsou nerovnoměrně rozmístěny po kuchyni dle funkčního rozdělení prostoru. U kuchyňské linky je svítidlo odsazené od stropu o 150 mm.

7.9.6 Použitá svítidla

U výše uvedeného návrhu byla zvolena svítidla od domácího výrobce MODUS. Konkrétní typ MODUS G2SSKN_V1/700. [44]



Obrázek 62. Svítidlo MODUS G2SSKN_V1/700 a křivka svítivosti [44]

Tabulka 39. Parametry svítidla G2SSKN_V1/700 [44]

Svítidlo MODUS G2SSKN_V1/700	
Typ zdroje	LED
Příkon svítidla	33 W
Světelný tok	4100 lm
Činitel podání barev R_a	80
Teplota chromatičnosti	4000 K
Životnost	80000 h
Stupeň krytí	IP 20
Nominální napětí	230 V
Hmotnost	4,5 kg
Přibližná cena	2 700 Kč

7.9.7 Vyhodnocení návrhů

Tabulka 40. Celkový příkon svítidla a cena

	Příkon svítidla [W]	Celková cena [Kč bez DPH]
Návrh č. 1.	$3 \times 80 = 240$	$3 \times 16\,100 = 48\,300$
Návrh č. 2.	$3 \times 33 = 99$	$3 \times 2\,700 = 8\,100$

Pro realizaci nového osvětlení kuchyně bych doporučila návrh č. 2, jelikož:

1. Menší investiční náklady.
2. Činitel oslnění UGR se v celém prostoru kuchyně pohybuje v nízkých hodnotách.
3. Průměrná normálová osvětlenost dosahuje požadované intenzity.
4. Intenzita osvětlení je oproti skutečným hodnotám, které byly naměřeny při stávajícím osvětlení, skutečně vyšší, takže dojde k zaručenému zlepšení.

5. Nižší příkon – to vede k nižším provozním nákladům.

ZÁVĚR

V lidském životě je považován za jeden z nejdůležitějších orgánů zrak. Každodenní lidská činnost přináší potřebu konat zrakové potřeby (jako je například používání PC, čtení, vaření, řízení auta apod.). V této diplomové práci byla vypracována teoretická studie na téma „Kvalita osvětlení v obytných prostorech“. V úvodu práce bylo vysvětleno, co je světlo, jak vzniká a jak ovlivňuje člověka. Další kapitola se zabývala pojmy týkající se oblastí zraku a vidění (adaptace, akomodace, zraková ostrost, rozlišovací schopnost, oslnění, atd.). V práci byla také vysvětlena fyzikální podstata světla (teplota chromatičnosti, elektromagnetické spektrum, podání barev). Dále byly definovány základní světelné jednotky a veličiny, které popisují kvalitu a vlastnosti osvětlení. Další část se zabývala světelnými zdroji a jejich parametry a také svítidly a jejich třídění. Závěr teoretické části se zabýval světelně technickými výpočty, které jsou nezbytné nejen pro porozumění principu simulačního softwaru Building desing, ale i způsobu navrhování osvětlení obecně.

Praktická část se zabývala kvalitou osvětlení obytných prostorů. V úvodu byly zmíněny základní pojmy, jako například kontrolní bod a srovnávací rovina. Dále došlo k uvedení norem, které se zabývají osvětlením. Proběhlo představení obytných prostorů a na závěr práce byly uvedeny průběhy měření zahrnující popis zvoleného měřidla, plánu měření, zjištěných hodnot a posléze rovněž jejich zpracování.

Nejprve byl stanoven činitel odrazu světla ve vybraných místnostech, a to v objektech, které byly svou velikostí dominantní a mohly by mít vliv na odraz světla. Poté se měřily hodnoty osvětlenosti ve vybraných místnostech, kde bylo zjištěno, že dosavadní osvětlení nevyhovuje dle norem a je tedy nutné navrhnout osvětlení nové. Následně se měřil průstup světla v pracovně, jídelně a kuchyni. Poté bylo navrženo nové denní a umělé osvětlení ve vybraných místnostech v simulačním programu Building desing, a to konkrétně Wils 7.0 a Wdls 5.0. Výstupem simulací z programu Wdls 5.0 byly hodnoty denní osvětlenosti v grafické podobě zobrazením izočár a kontrolních bodů. V programu Wils 7.0 byly hodnoty umělého osvětlení zobrazené taktéž v grafické podobě zobrazením izočár a hodnoty činitele oslnění UGR v jednotlivých kontrolních bodech. Ze simulací vyplývá, že v daných místnostech je nedostačující denní osvětlení, je tedy nezbytné používat přídatná svítidla. V blízkosti oken je naopak osvětlení vyhovující.

V diplomové práci byly navrženy a porovnány varianty umělého osvětlení s doporučenými normami. Každopádně návrhy nově navržených osvětlovacích soustav se svítidly vyhovují normám z hlediska kvality osvětlení.

Tyto simulace lze do budoucna využít při projektech, aby byly splněny hygienické předpisy, na což se často zapomíná.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] HORŇÁK, Pavol. *Svetelná technika*. Bratislava: ALFA, 1989. ISBN 80-05-00122-3.
- [2] BYSTRICKÝ, Václav a Jan KAŇKA. *Osvětlení. Osvětlení*. Dotisk prvního vydání. PRAHA: ČVUT, 1994, s. 3-76. ISBN 80-01-00832-0
- [3] BAXANT, Petr. *Elektrické teplo a světlo*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. ISBN 80-214-2761-2
- [4] HABEL, Jiří. *Světlo a osvětlování*. Praha: FCC Public, 2013. ISBN 978-80-86534-21-3.
- [5] RYBÁR, Peter. *Denní osvětlení a oslunění budov*. Brno: ERA group, 2002. Technická knihovna (ERA). ISBN 80-86517-33-0.
- [6] SMOLÍK, Jan. *Technika prostředí*. Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1985, 317 s.
- [7] NETUŠIL, Jaroslav. *Světlo v teorii a v praxi*. Praha: 1960, 173 s. Technický výběr do kapsy.
- [8] BEROUNSKÝ, Bronislav. *Osvětlení v průmyslu*. Praha: Ústav zdravotní výchovy, 1967, 40s. Na pomoc přednášejícím.
- [9] *Environmentální fyzika: Denní a sdružené osvětlení* [online]. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně: Ústav fyziky a materiálového inženýrství [cit. 2020-11-28]. Dostupné z: http://ufmi.ft.utb.cz/texty/env_fyzika/EF_08.pdf
- [10] *Environmentální fyzika: Umělé osvětlení* [online]. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně: Ústav fyziky a materiálového inženýrství [cit. 2020-11-28]. Dostupné z: http://ufmi.ft.utb.cz/texty/env_fyzika/EF_09.pdf
- [11] CUTTLE, Christopher. *Lighting by design*. 1. Burlington: Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP 200 Wheeler Road, Burlington MA 01803, 2003. ISBN 075065130X.
- [12] Medical Definition of Eye. *MEDICINENET* [online]. 2020 [cit. 2020-11-28]. Dostupné z: <https://www.medicinenet.com/eye/definition.htm>
- [13] ARTAL, Pablo. *Handbook of Visual Optics, Volume Two Instrumentation and Vision Correction*. 1. CRC Press, 2017. ISBN 9780367869939.

- [14] SOKANSKÝ, Karel. *Světelná technika*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 9788001049419.
- [15] Gordon, Gary. *Interior lighting for designers*. Fifth edition. Hoboken: Wiley, [2015], ©2015. xv, 336 stran, 16 nečíslovaných stran barevné obrazové přílohy. ISBN 978-0-470-11422-3.
- [16] *Bmedic*: Optické přístroje + oko. [online]. [cit. 2020-11-28]. Dostupné z: <https://bmedic-online.cz/lekce/opticke-pristroje/>
- [17] HE, Xu. *Color Rendering Capacity of Illumination*. 1. United States, 2010. ISBN 978-0-557-70615-0.
- [18] Lechner, Norbert. *Heating, cooling, lighting: sustainable design methods for architects*. Fourth edition. Hoboken: Wiley, [2015]. xvii, 702 stran. ISBN 978-1-118-58242-8.
- [19] Dennis Corell, Haiyan Ou, Carsten Dam-Hansen, Paul-Michael Petersen a Dan Friis, „Light Emitting Diodes as an alternative ambient illumination source in photolithography environment,“ *Opt. Express* 17, 17293-17302 (2009)
- [20] Occupational Safety and Health Branch, Labour Department. *Lighting Assessment in the Workplace* [online]. 2008 [cit. 2021-01-19]. Dostupné z:
- [21] SLEZÁK, Jiří. *Měření osvětlení*. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2001. Doporučený standard technický, 16 s. ISBN 80-86364-40-2.
- [22] *Třídění svítidel* [online]. [cit. 2020-11-28]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/8670531-Osvetlovaci-soustavy-denni-osvetleni.html>
- [23] *Základy základů světelné techniky* [online]. 2007 [cit. 2020-11-28]. Dostupné z: http://fei1.vsb.cz/kat410/studium/studijni_materialy/vuee/VUEE_Zaklady_svetelne_techiky.pdf. VŠB-TU Ostrava. Vedoucí práce Prof. Ing. Karel Sokanský CSc. a kolektiv.
- [24] *IPCAutoCont: Stupeň IP krytí* [online]. [cit. 2020-11-28]. Dostupné z: <https://eshop.autocont-ipc.cz/slovník-pojmu/#1528459236711-3383db3e-8625>
- [25] Trendy ve světelných diodách a svítidlech se světelnými diodami. *Světlo* [online]. 2010 [cit. 2020-11-28]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/42546.pdf>
- [26] *HONOR: svítidla LED pro osvětlení komunikací* [online]. [cit. 2020-11-28]. Dostupné z: <https://www.honor.eu/greenline150-180.php>

- [27] PHILIPS: *vše, co potřebujete vědět o barevné teplotě světla* [online]. [cit. 2020-11-29]. Dostupné z: <https://www.lighting.philips.cz/vzdelavani/blog-budoucnost-svetla/svetlo-v-domacnosti/barevna-teplota-svetla-chromaticnost>
- [28] Globe at Night - What is Light Pollution?. *Globe at Night* [online]. [cit. 2020-12-05] Dostupné z: <https://www.globeatnight.org/light-pollution.php>
- [29] BAREŠ, Michal. *Jednoduchá osvětlovací příručka pro obce: doporučení pro šetrné moderní osvětlování*. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2017.
- [30] ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů – Část 1: Vnitřní pracovní prostory. Český normalizační institut, (2004).
- [31] Palnas: Jak nás ovlivňuje barva světla? [online]. [cit. 2020-11-28]. Dostupné z: <https://www.palnas.cz/blog/jak-nas-ovlivnuje-barva-svetla>
- [32] *Základy světelné techniky (2): Zrak a vidění (1. část)* [online]. 2008(5) [cit. 2020-11-10]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/37974.pdf>
- [33] NARISADA, K., SCHREUDER, D. (2004). *Light Pollution Handbook*. 945 p. Springer, Netherlands
- [34] *LabGuide* : Elektromagnetické spektrum [online]. [cit. 2020-11-28]. Dostupné z: <https://labguide.cz/fluorochromy/elektromagneticke-spektrum/>
- [35] LEDME: *Co znamená u LED hodnota CRI?* [online]. [cit. 2020-11-28]. Dostupné z: https://ledme.cz/textove-novinky/6_co-znamená-u-led-hodnota-cri.html
- [36] www.labour.gov.hk/eng/public/oh/Lighting.pdf
- OLDS.cz: *Edisonova žárovka* [online]. [cit. 2020-11-28]. Dostupné z: <http://olds.cz/patice-zarovek-druhy-seznam/>
- [37] EARACH: *světelné zdroje - halogenové žárovky* [online]. [cit. 2020-11-28]. Dostupné z: <http://www.earch.cz/cs/svetelne-zdroje-halogenove-zarovky>.
- [38] *M&B Calibr: Luxmetr LX 101 0-50000 Lux* [online]. [cit. 2021-01-25]. Dostupné z: https://eshop.mbcaltibr.cz/luxmetry/luxmetr-lx-101-0-50000-lux/?gclid=CjwKCAiA9bmABhBbEiwASb35V5QzOJZcyBrUQAQwOZIY1P3U67OU5wXYiM3rERFKsnGyw_ybBZfS-RoCUVAQA_vD_BwE
- [39] ČSN 73 0580-1 *Denní osvětlení budov - Část 1: Základní požadavky*. Praha: Český normalizační institut, 2007, 24 s.

- [40] *ASTRA MS Software* [online]. [cit. 2021-02-04]. Dostupné z: <https://www.astrasw.cz/lighting>
- [41] *ČSN 36 0011-1 Měření osvětlení vnitřních prostorů - Část 1: Základní ustanovení*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [42] *What is UGR (Unified Glare Rating)? Northgate Lighting Ltd* [online]. [cit. 2021-02-12]. Dostupné z: <http://www.northgatelighting.co.uk/what-is-ugr/>
- [43] *ČSN 36 0011-3 Měření osvětlení vnitřních prostorů - Část 3: Měření umělého osvětlení*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014, 12 s.
- [44] *MODUS český výrobce svítidel* [online]. 2018 [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: <https://www.modus.cz/>
- [45] *How to understand photometric polar diagrams* [online]. 2016 [cit. 2021-03-18]. Dostupné z: <https://ransenlightingandcolor.blogspot.com/2016/11/how-to-understand-photometric-polar.html>
- [46] *Deos český výrobce svítidel* [online]. [cit. 2021-03-18]. Dostupné z: <http://www.deos.cz/index.php?lang=cz&zobraz=zavesna>
- [47] *VM elektro* [online]. [cit. 2021-03-18]. Dostupné z: <https://www.vmelektro.cz/products/23/vml-zq>
- [48] *ČSN 36 0011-2 Měření osvětlení prostorů - Část 2: Měření denního osvětlení*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014, 12s.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

<i>CAD</i>	Computer Aided Design	
<i>ČSN</i>	Česká technická norma	
<i>DXF</i>	Drawing Exchange Format – formát výkresové dokumentace	
<i>EN</i>	Evropská norma	
<i>LED</i>	Light Emitting Diode – elektroluminiscenční dioda	
<i>UGR</i>	Unified Glare Rating – jednotné hodnocení oslnění	
<i>Wdls</i>	Windows Day Lighting System	
<i>Wils</i>	Windows Interior Lighting System	
α	Činitel pohlcení světla	[–]
β	Úhel dopadu světla na kontrolní rovinu	[°]
$\delta_1; \delta_2$	Úhel clonění	[°]
η	Činitel využití osvětlovací soustavy	[–]
λ	Vlnová délka	[m]
ρ	Činitel odrazu světla	[–]
$\bar{\sigma}_x; \bar{\sigma}_E$	Směrodatná odchylka aritmetického průměru	
τ	Činitel prostupu světla	[–]
$\phi; \phi_\rho; \phi_\tau; \phi_\alpha$	Světelný tok	[lm]
ϕ_e	Zářivý tok	[W]
Ω	Prostorový úhel	[sr]
ω	Prostorový úhel každého svítidla vzhledem k oku pozorovatele	[sr]
c	Rychlost světla ve vakuu ($c = 2,988 \cdot 10^8 m \cdot s^{-1}$)	[m · s ⁻¹]
$D; D_{min}; D_{max}$	Činitel denní osvětlenosti	[%]
$E; E_{min}; E_{max}$	Osvětlenost	[lx]
f	Frekvence	[Hz]

h	Vzdálenost bodu P na rovině ρ	[m]
$I; I_\gamma$	Svítivost	[cd]
l	Vzdálenost bodu P na rovině ρ	[m]
L	Střední hodnota jasu sledované plochy	[cd · m ⁻²]
L_B	Jas pozadí ve směru pohledu pozorovatele	[cd · m ⁻²]
$n_{sk}; n_z$	Počet svítidel	[-]
p	Činitel polohy odklonu svítidla podle Gutha	[-]
Q	Světelné množství	[lm · s]
r	Rovnoměrnost denního/umělého osvětlení	[-]
R_a	Index podání barev	[-]
S	Povrch	[m ²]
S_R	Povrch koule	[m ²]
$\bar{x}; \bar{x}_i$	Aritmetický průměr	
z	Udržovací činitel	[-]
z_{fs}	Činitel funkční spolehlivosti	[-]
z_s	Činitel stárnutí světelných zdrojů	[-]
z_z	Činitel znečištění svítidel	[-]

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1. Složky činitele denní osvětlenosti [9]</i>	17
<i>Obrázek 2. Stavba oka [32]</i>	23
<i>Obrázek 3. Akomodace oka [16]</i>	24
<i>Obrázek 4. Monokulární a binokulární zorná pole pro bílé světlo [2]</i>	25
<i>Obrázek 5. Poměrná spektrální citlivost zraku normálního fotometrického pozorovatele [4]</i>	26
<i>Obrázek 6. Znázornění teploty chromatičnosti podle barev [31]</i>	28
<i>Obrázek 7. Elektromagnetické spektrum [34]</i>	29
<i>Obrázek 8. Porovnání indexů podání barev [35]</i>	30
<i>Obrázek 9. Křivky svítivosti (a – polární souřadnice, b – pravoúhlé souřadnice) [10]</i>	32
<i>Obrázek 10. Energetická bilance šíření světelného toku přes látku [10]</i>	33
<i>Obrázek 11. Struktura třídění světelných zdrojů. [4]</i>	36
<i>Obrázek 12. Konstrukce žárovky [36]</i>	37
<i>Obrázek 13. Konstrukce halogenové žárovky [37]</i>	39
<i>Obrázek 14. Konstrukce lineární zářivky [4]</i>	40
<i>Obrázek 15. Graf vývoje měrných výkonů u běžně používaných světelných zdrojů pro všeobecné osvětlování [25]</i>	42
<i>Obrázek 16. Rozdělení svítidel podle rozložení světelného toku [22]</i>	43
<i>Obrázek 17. Dělení křivek svítivosti podle tvaru (a – koncentrovaná; b – hluboká; c – kosinová; d – pološíroká; e – široká; f – rovnoměrná; g – sinusová). [10]</i>	44
<i>Obrázek 18. Přehled stupně krytí IP [24]</i>	45
<i>Obrázek 19. Úhel clonění δ u svítidla [14]</i>	46
<i>Obrázek 20. Katalogový list svítidla [26]</i>	48
<i>Obrázek 21. Stanovení osvětlenosti bodovou metodou v bodě P na obecné rovině ρ. [10]</i>	52
<i>Obrázek 22. Stanovení osvětlenosti bodovou metodou v bodě P na obecné rovině ρ_0 kolmé ke směru I_0 [10]</i>	53
<i>Obrázek 23. Konstrukční uspořádání hradlového fotočlánku [4]</i>	55
<i>Obrázek 24. Digitální luxmetr LX-101 [38]</i>	56
<i>Obrázek 25. Princip objektivního jasoměru [4]</i>	57
<i>Obrázek 26. Pracovna - pohled 1</i>	58
<i>Obrázek 27. Pracovna - pohled 2</i>	59
<i>Obrázek 28. Jídelna</i>	60
<i>Obrázek 29. Kuchyň - pohled 1</i>	61
<i>Obrázek 30. Kuchyň - pohled 2</i>	61
<i>Obrázek 31. Plán měření – pracovní stůl</i>	78

<i>Obrázek 32. Plán měření – jídelní stůl</i>	80
<i>Obrázek 33. Plán měření – klavír</i>	80
<i>Obrázek 34. Plán měření – pracovní pulty 1 a 2</i>	82
<i>Obrázek 35. Prostředí softwaru</i>	87
<i>Obrázek 36. Činitel denní osvětlenosti pracovny – bez úprav</i>	91
<i>Obrázek 37. Činitel denní osvětlenosti pracovny - změna barvy</i>	92
<i>Obrázek 38. Činitel denní osvětlenosti jídelny – bez úprav</i>	93
<i>Obrázek 39. Činitel denní osvětlenosti jídelny – změna barvy</i>	94
<i>Obrázek 40. Činitel denní osvětlenosti kuchyně – bez úprav</i>	95
<i>Obrázek 41. Činitel denní osvětlenosti kuchyně – změna barvy</i>	96
<i>Obrázek 42. Činitel denní osvětlenosti kuchyně – změna barvy s okny</i>	97
<i>Obrázek 43. Fotometrický diagram $C - \gamma$ [45]</i>	98
<i>Obrázek 44. Fotometrický diagram $C - \gamma$ po vynechání paprsků [45]</i>	98
<i>Obrázek 45. Svítidlo symetrické v rovině $C90 - C270$ [45]</i>	99
<i>Obrázek 46. Nepřímá a přímá – nepřímá metoda osvětlení vnitřního prostředí [45]</i>	99
<i>Obrázek 47. Návrh pracovny</i>	100
<i>Obrázek 48. Návrh nového osvětlení pracovny - varianty č. 1</i>	101
<i>Obrázek 49. Svítidlo MODUS QN_C_/1050 a křivka svítivosti [44]</i>	102
<i>Obrázek 50. Svítidlo MODUS QN_A_/700 a křivka svítivosti [44]</i>	102
<i>Obrázek 51. Návrh nového osvětlení pracovny - varianty č. 2</i>	103
<i>Obrázek 52. Svítidlo MODUS QN_C_/700 a křivka svítivosti [44]</i>	104
<i>Obrázek 53. Návrh jídelny</i>	105
<i>Obrázek 54. Návrh nového osvětlení jídelny - varianty č. 1</i>	106
<i>Obrázek 55. Svítidlo VM elektro VML 125 ZQ a křivka svítivosti [47]</i>	107
<i>Obrázek 56. Návrh nového osvětlení jídelny - varianty č. 2</i>	108
<i>Obrázek 57. Svítidlo Deos Z648cLCII40A3 a křivka svítivosti [46]</i>	108
<i>Obrázek 58. Návrh kuchyně</i>	110
<i>Obrázek 59. Návrh nového osvětlení kuchyně - varianty č. 1</i>	111
<i>Obrázek 60. Svítidlo Deos Z629cLCII80A3 a křivka svítivosti [46]</i>	112
<i>Obrázek 61. Návrh nového osvětlení kuchyně - varianty č. 2</i>	113
<i>Obrázek 62. Svítidlo MODUS G2SSKN_VI/700 a křivka svítivosti [44]</i>	114

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1. Rozdělení osvětlovacích soustav denního osvětlení podle napájení [14].....</i>	16
<i>Tabulka 2. Činitelé odrazu světla běžných povrchů [9]</i>	18
<i>Tabulka 3. Hodnoty činitele denní osvětlenosti u sdruženého osvětlení [14]</i>	19
<i>Tabulka 4. Rozdělení osvětlovacích soustav umělého osvětlení podle napájení [4]</i>	20
<i>Tabulka 5. Požadavky na osvětlení pro místnosti (prostory), úkoly a činnosti [30]</i>	21
<i>Tabulka 6. Měrný výkon základních skupin světelných zdrojů. [4]</i>	41
<i>Tabulka 7. Rozdělení svítidel podle rozložení světelného toku. [3].....</i>	43
<i>Tabulka 8. Základní části elektrických svítidel. [4].....</i>	47
<i>Tabulka 9. Hodnoty poměrných příkonů $W \cdot m - 2$ pro $E = 100 \text{ lx}$ [2].....</i>	49
<i>Tabulka 10. Požadavky na osvětlení pro zvolené prostory.....</i>	62
<i>Tabulka 11. Naměřené hodnoty činitele odrazu – podlaha</i>	64
<i>Tabulka 12. Naměřené hodnoty činitele odrazu – koberce a pohovky</i>	65
<i>Tabulka 13. Naměřené hodnoty činitele odrazu – nábytku a stěny</i>	66
<i>Tabulka 14. Naměřené hodnoty činitele odrazu – okno zatažené se záclonou.....</i>	67
<i>Tabulka 15. Naměřené hodnoty činitele odrazu – podlahy a koberce.....</i>	68
<i>Tabulka 16. Naměřené hodnoty činitele odrazu – stolu a komody.....</i>	69
<i>Tabulka 17. Naměřené hodnoty činitele odrazu – stěny a klavíru.....</i>	70
<i>Tabulka 18. Naměřené hodnoty činitele odrazu – zatažené okno se záclonou.....</i>	71
<i>Tabulka 19. Naměřené hodnoty činitele odrazu – podlahy a koberce.....</i>	72
<i>Tabulka 20. Naměřené hodnoty činitele odrazu – varné a pracovní desky</i>	73
<i>Tabulka 21. Naměřené hodnoty činitele odrazu – kuchyňských dvířek</i>	74
<i>Tabulka 22. Naměřené hodnoty činitele odrazu – stěn.....</i>	75
<i>Tabulka 23. Naměřené hodnoty činitele odrazu – stolu a komody.....</i>	76
<i>Tabulka 24. Naměřené hodnoty činitele odrazu – okna bez žaluzií.....</i>	77
<i>Tabulka 25. Naměřené hodnoty osvětlenosti – pracovního stolu</i>	78
<i>Tabulka 26. Naměřené hodnoty osvětlenosti – jídelního stolu a klavíru.....</i>	81
<i>Tabulka 27. Naměřené hodnoty osvětlenosti – pulty 1 a 2</i>	82
<i>Tabulka 28. Prostup světla okny v pracovně a jídelně</i>	84
<i>Tabulka 29. Prostup světla oknem v kuchyni.....</i>	86
<i>Tabulka 30. Hodnoty činitele prostupu světla u vybraných materiálů při kolmém dopadu světla na daný materiál [9].....</i>	90
<i>Tabulka 31. Parametry svítidla QN_C_/1050 [44]</i>	102
<i>Tabulka 32. Parametry svítidla QN_A_/700 [44]</i>	103
<i>Tabulka 33. Parametry svítidla QN_C_/700 [44].....</i>	104

<i>Tabulka 34. Celkový příkon svítidla a cena.....</i>	<i>104</i>
<i>Tabulka 35. Parametry svítidla VML 125 ZQ [47]</i>	<i>107</i>
<i>Tabulka 36. Parametry svítidla Z648cLCI140A3 [46].....</i>	<i>109</i>
<i>Tabulka 37. Celkový příkon svítidla a cena.....</i>	<i>109</i>
<i>Tabulka 38. Parametry svítidla Z629cLC180A3[46]</i>	<i>112</i>
<i>Tabulka 39. Parametry svítidla G2SSKN_V1/700 [44]</i>	<i>114</i>
<i>Tabulka 40. Celkový příkon svítidla a cena.....</i>	<i>114</i>

