

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická
Katedra elektroenergetiky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Inteligentní osvětlení interiéru

Autor práce: **Patrik Rejzek**
Vedoucí práce: **Ing. Lenka Raková, Ph.D.**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Patrik REJZEK**
Osobní číslo: **E19B0162P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Elektrotechnika a energetika**
Téma práce: **Inteligentní osvětlení interiéru**
Zadávající katedra: **Katedra výkonové elektroniky a strojů**

Zásady pro vypracování

1. Vysvětlete princip řízení osvětlovacích soustav interiéru a princip adaptivního osvětlení.
2. Stručně shrňte dostupné technologie pro řízení osvětlovacích soustav interiéru a vyhodnoťte jejich výhody a nevýhody.
3. Navrhněte osvětlovací soustavu pro libovolný interiér a popište princip jejího možného řízení.
4. Pomocí vhodného softwaru posudte předpokládané přínosy navrženého inteligentního osvětlení z hlediska světelně-technických aspektů.
5. Energeticky a ekonomicky vyhodnoťte navrženou řízenou osvětlovací soustavu interiéru.


Rozsah bakalářské práce: **30 – 40**
Rozsah grafických prací: **dle doporučení vedoucího**
Forma zpracování bakalářské práce: **elektronická**


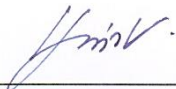
Seznam doporučené literatury:

1. Habel, Jiří. Světlo a osvětlování. Praha: FCC Public, 2013. ISBN 978-80-86534-21-3.
2. Sokanský, Karel. Světelná technika. Praha: ČVUT, 2011. ISBN 978-80-01-04941-9.
3. Normy ČSN EN kategorie: 36 – ELEKTROTECHNIKA 3604 – Vnitřní a venkovní osvětlení.
4. Archiv časopisu SVĚTLO. ISSN 1212-0812. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/stitek/inteligentni-osvetleni>.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Lenka Raková, Ph.D.**
Katedra elektroenergetiky

Datum zadání bakalářské práce: **8. října 2021**
Termín odevzdání bakalářské práce: **26. května 2022**


Prof. Ing. Zdeněk Peroutka, Ph.D.
děkan



Prof. Ing. Václav Kůs, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 8. října 2021

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce je vyhodnotit současný stav osvětlovací soustavy rodinného domu a následně vytvořit nový návrh osvětlovací soustavy pro tento rodinný dům s ohledem na biologické rytmy člověka a na vliv světla na tyto biorytmy. V teoretické části této bakalářské práce jsou uvedeny základní kvalitativní a kvantitativní parametry osvětlení, které je nutné zohlednit při návrhu osvětlovací soustavy. Součástí teoretické části práce je následně shrnutí dostupných technologií pro řízení osvětlovacích soustav. V praktické části je bakalářská práce zaměřena na návrh nové osvětlovací soustavy a její porovnání se stávající osvětlovací soustavou rodinného domu. V poslední kapitole této práce je energetické a ekonomické zhodnocení obou osvětlovacích soustav rodinného domu.

Klíčová slova

Rodinný dům, osvětlovací soustava, návrh osvětlení, osvětlenost, činitel denní osvětlenosti, jas, svítidlo, světelný zdroj, teplota chromatičnosti, činitel podání barev, cirkadiánní rytmy, zraková pohoda.

Abstract

The main purpose of this bachelor thesis is to evaluate the actual quality of family house lighting system, subsequently create a new family house lighting system design, with regarding the effect of light on human biological rhythms. Theoretical part of this bachelor thesis is given the basic qualitative and quantitative parameters of illumination that must be consider when designing a lighting system. The theoretical part of this thesis also includes a summary of available technologies for lighting systems regulation. Practical part is focused on the new lighting system and comparison with the existing one. The last chapter of this work is focused energy and economic evaluation of both lighting systems of family house.

Key Words

Family house, lighting system, lighting design, light intensity, daylight factor, brightness, luminaire, light source, color temperature, color rendering index, circadian rhythm, visual comfort.

Prohlášení

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

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

.....

podpis

V Plzni dne 26.5.2022

Patrik Rejzek

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucí práce Ing. Lence Rakové, Ph.D. za kvalitní spolupráci, cenné profesionální připomínky, rady a vedení této bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval export manageru firmy DEOS Zlín paní Ing Zuzaně Holcové, za doplňující informace ke světelným zdrojům a ocenění světelných zdrojů použitých v této bakalářské práci. Také bych chtěl poděkovat své rodinně za podporu ve studiu na vysoké škole.

Obsah

Úvod.....	- 1 -
1 Důvody řízení osvětlovacích soustav interiéru.....	- 2 -
1.1 Světelně technické veličiny	- 2 -
1.2 Požadavky na kvalitativní a kvantitativní parametry osvětlovací soustavy ...	- 7 -
1.3 Klasifikace základních požadavků na osvětlovací soustavy interiéru	- 8 -
2 Možnosti řízení osvětlovacích soustav a adaptivní osvětlení	- 12 -
2.1 Manuální regulace světelných podmínek v interiéru	- 12 -
2.2 Automatická regulace světelných podmínek interiéru (adaptivní osvětlení)-	- 14 -
3 Dostupné technologie pro řízení osvětlovacích soustav interiéru	- 16 -
3.1 Halogenové žárovky.....	- 16 -
3.2 Výbojové světelné zdroje	- 18 -
3.2.1 Předřadníky pro nízkotlaké výbojové světelné zdroje	- 18 -
3.2.2 Předřadníky pro vysokotlaké výbojové světelné zdroje	- 19 -
3.3 Elektroluminiscenční světelné zdroje.....	- 19 -
3.4 Systémy řízení osvětlovacích soustav	- 21 -
4 Zhodnocení výhod a nevýhod technologií řízení osvětlovacích soustav	- 25 -
4.1 Halogenové žárovky.....	- 25 -
4.2 Výbojové světelné zdroje	- 26 -
4.3 Elektroluminiscenční světelné zdroje.....	- 26 -
4.4 Systémy řízení osvětlovacích soustav	- 27 -
4.5 Volba svítidla a předřadníku	- 28 -
5 Popis objektu a zhodnocení činitele denní osvětlenosti	- 30 -
5.1 Zhodnocení činitele denní osvětlenosti budovy	- 32 -
5.2 Určení činitele denní osvětlenosti ze simulace	- 32 -
5.3 Ověření hodnot činitele denní osvětlenosti měřením	- 37 -
6 Posouzení světelně-technických aspektů stávající osvětlovací soustavy	- 40 -
6.1 Posouzení světelně-technických aspektů pomocí softwaru	- 40 -
6.2 Posouzení světelně-technických aspektů měřením	- 47 -
6.3 Zhodnocení výsledků	- 49 -

7	Návrh nové umělé osvětlovací soustavy	- 51 -
7.1	Volba světelných zdrojů/svítidel	- 51 -
7.2	Návrh osvětlovací soustavy ve sklepe	- 54 -
7.3	Návrh osvětlovací soustavy přízemního podlaží	- 55 -
7.4	Návrh osvětlovací soustavy nadzemního podlaží	- 56 -
7.5	Návrh osvětlovací soustavy pro podkroví budovy	- 57 -
8	Princip řízení nové osvětlovací soustavy	- 59 -
8.1	Teoretický princip řízení osvětlovací soustavy	- 59 -
8.2	Návrh regulátoru pro řízení osvětlovací soustavy	- 59 -
8.3	Vyhodnocení řízení osvětlovací soustavy	- 62 -
9	Posouzení světelně-technických aspektů nově navržené osvětlovací soustavy ..	- 65 -
9.1	Posouzení světelně-technických aspektů pomocí softwaru	- 65 -
9.2	Zhodnocení výsledků	- 72 -
10	Energetické a ekonomické vyhodnocení navržené osvětlovací soustavy	- 73 -
10.1	Energetické srovnání stávající a nové osvětlovací soustavy	- 73 -
10.2	Ceník návrhu nové osvětlovací soustavy	- 75 -
10.3	Ekonomické zhodnocení nové osvětlovací soustavy	- 76 -
	Závěr	- 78 -
	Literatura	Chyba! Záložka není definována.
	Seznam příloh	I

Seznam symbolů a zkratek

Značka	Popisek	Jednotka
A	celková zastavěná plocha	(m ²)
$\cos\varphi$	účinník	(-)
D	činitel denní osvětlenosti	(%)
dA	ploška kolmá k ose svazku paprsků	(m ²)
$d\Phi_v$	plošná hustota světelného toku	(lm)
$d\Omega$	ekvivalentní prostorový úhel	(sr)
E	intenzita osvětlení	(lx)
f	frekvence	(Hz)
F_0	činitel závislosti na obsazení	(-)
F_C	činitel konstantní osvětlenosti	(-)
F_D	činitel závislosti na denním světle	(-)
I	proud	(A)
I	svítivost	(cd)
K_ϕ	světelný účinek monochromatického záření	(-)
l	vzdálenost	(m)
$LENI$	ukazatel měrné spotřeby elektrické energie	(kWh/m ² rok)
L_{OP}	jas svazku paprsků ve směru osy paprsků	(cd/m ²)
M	světlení	(lm/m ²)
P_{em}	celkový instalovaný nabíjecí příkon svítidel nouzového osvětlení	(W)
P_n	činný příkon	(W)
P_{pc}	celkový instalovaný ztrátový příkon ovládacích zařízení	(W)
pr_n	pořizovací cena	(Kč)
pr_s	cena elektrické energie za 1kWh	(Kč)
R	odpor	(Ω)
R_a	index podání barev	(-)
S	zdánlivý příkon	(VA)
T_c	teplota chromatičnosti	(K)
t_D	doba provozu s denním světlem	(h)
t_{em}	doba nabíjení nouzového osvětlení	(h)
t_N	doba provozu bez denního světla	(h)

T_v	doba návratnosti	(rok)
t_y	standartní roční doba v hodinách	(h)
U	napětí	(V)
U_0	rovnoměrnost osvětlení	(-)
W	celková roční spotřeba elektrické energie	(kWh/rok)
W_L	celková roční spotřeba elektrické energie normálního osvětlení	(kWh/rok)
W_P	roční spotřeba elektrické energie pro nabití nouzového osvětlení	(kWh/rok)
β	úhel odklonu dopadajících světelných paprsků	(rad)
Φ	světelný tok	(lm)
Φ_ε	zářivý tok	(lm)

Úvod

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou řízení osvětlení interiérových prostorů a vlivem kvality světla na organismus. Konkrétně se v práci zaměřím na zhodnocení současného stavu osvětlovací soustavy rodinného domu pomocí měření a simulace v programu BuildingDesign. Následně vytvořím zcela nový návrh osvětlovací soustavy v celém objektu, jehož stav také zhodnotím v programu BuildingDesign. Dále vysvětlím technické řešení nové osvětlovací soustavy. Kromě napravení nedostatků v kvalitě osvětlení objektu je mým cílem navrhnout osvětlovací soustavu, která by díky své regulaci a adaptivitě podporovala biologické funkce organismů uživatelů domu. Chtěl bych nalézt odpověď na otázku, zda je možné navrhnout takovou soustavu, která by kvalitativně, ale i energeticky a ekonomicky byla využitelná pro osvětlování interiérů v dnešních domácnostech. Jelikož je dnes vyvíjen velký tlak na snížení energetické náročnosti budov, na jejich energetickou hospodárnost, bylo by dobré obměnit osvětlovací soustavy starších budov. Moderní světelné zdroje dosahují mnohem většího množství vyzařovaného světla při nižších elektrických příkonech, tedy je možnost dosáhnout kvalitnějšího osvětlení při nižších průběžných energetických nárocích soustavy.

V posledních letech se začaly vědecké práce zabývat vlivem světla na lidský organismus. Toto téma mě velice zaujalo, proto jsem se rozhodl jím zabývat v mé bakalářské práci. V současné době všechny normy týkající se osvětlení řeší pouze intenzitu světla, ale téměř se nezabývají vlivy spektra světla na lidský organismus.

1 Důvody řízení osvětlovacích soustav interiéru

Při návrhu osvětlovací soustavy interiéru a jejího možného řízení je nejprve nutné znát charakteristiku využití daných místností, rozmístění pracovních oblastí, předpokládanou zrakovou činnost a individuální požadavky uživatelů. Následně je nutné stanovit, jakých hodnot parametrů osvětlení by měla osvětlovací soustava dosáhnout. Poté je důležité správné zvolení světelných zdrojů a svítidel a jejich rozmístění. Dle všech předchozích požadavků je nutné zvolit správnou regulaci této soustavy. Správně navržená osvětlovací soustava přispívá k zvýšení zrakového výkonu, menší únavě zraku a k celkovému nalažení organismu ke spánku v příslušném denním čase. Také má velký vliv na energetickou náročnost osvětlovací soustavy, kterou lze výrazně snížit, jelikož moderní světelné zdroje mají výrazně nižší spotřebu a zároveň vyšší světelný tok.

Pro návrh a zhodnocení osvětlovací soustavy interiéru a jejího možného řízení je nutné znát a vyhodnotit hodnoty kvalitativních a kvantitativních parametrů světelných zdrojů, které lze vyjádřit pomocí světelně technických veličin. Dále je přehled základních světelně technických veličin a kvalitativních a kvantitativních parametrů, jejichž většinu dále využiji v praktické části své bakalářské práce pro zhodnocení stavu stávající osvětlovací soustavy a návrhu nové inteligentní osvětlovací soustavy interiéru.

1.1 Světelně technické veličiny

Pro zrakový proces není důležité souhrnné záření za nějaký čas, ale je důležitý zářivý tok zdrojů a jeho rozdělení v prostoru. „*Proto se ve světelné technice neposuzují energetické veličiny (např. zářivý tok, zářivost apod.), ale pracuje se s fotometrickými pojmy a veličinami, které respektují různou citlivost oka pozorovatele k záření různých vlnových délek.*“ [1]

Světelný tok

„Světelný tok Φ představuje zářivý tok Φ_e , který je posuzován ze strany citlivosti lidského oka. Říká nám, kolik světelné energie vyzáří zdroj do svého okolí.“ [2], [3] Neboli světelně technická veličina vyjadřující schopnost zářivého toku způsobit zrakový vjem. Jednotkou světelného toku je lumen (lm). A lze definovat dle vztahu (1).

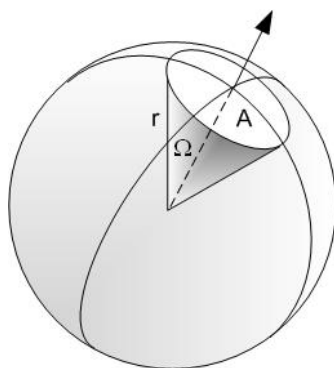
$$\Phi(\lambda) = K_{\Phi}(\lambda)\Phi_e(\lambda) \quad (\text{lm}) \quad (1)$$

Kde Φ je světelný tok, Φ_e je zářivý tok a K_{Φ} je světelný účinek monochromatického záření.

Prostorový úhel

„Důležitou geometrickou veličinou používanou ve světelně technických výpočtech je prostorový úhel. Jeho velikost je určena velikostí plochy vyřaté obecnou kuželovou plochou na povrchu jednotkové koule, jejíž střed (vrchol prostorového úhlu) je totožný s vrcholem uvažované kuželové plochy.“ [1] Někdy se uvádí takzvaný ekvivalentní prostorový úhel, který vyjadřuje úhel, do něhož by bodový zdroj záření vyzářil všechny světelný tok, kdyby svítivost byla ve všech směrech stejná [1], [3].

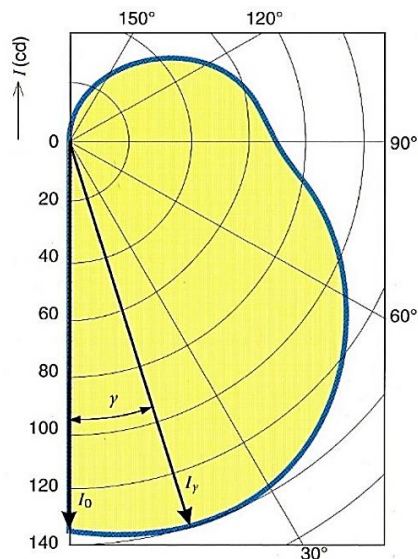
Jednotkou prostorového úhlu je steradián (sr). Prostorový úhel je vyobrazen na Obr. 1.1.



Obr. 1.1: Vyobrazení prostorového úhlu [2], [3]

Svítivost

Při nerovnoměrném rozložení světelného toku zdrojů či svítidel je důležité znát prostorovou hustotu rozložení světelného toku v různých směrech, tj. svítivost zdroje, popřípadě svítidla [1]. Tedy jde o rozložení prostorové hustoty světelného toku. Jednotkou svítivosti je kandela (cd), která patří k základním jednotkám SI. Příklad spojnice míst se stejnou svítivostí, která se nazývá izokandela je uveden na Obr. 1.2.



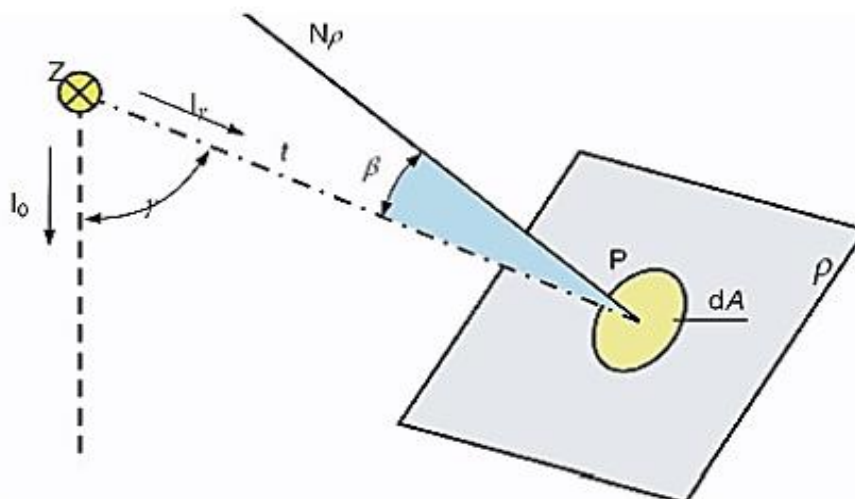
Obr. 1.2: Rozložení světelného toku [1]

Osvětlenost

„Osvětlenost, nebo také intenzita osvětlení, představuje další z odvozených fotometrických veličin. Udává hodnotu světelného toku dopadajícího na jednotkovou plochu (1 m²).“ [2], [3] Tj. jak moc rozložení svítivosti světelného zdroje či svítidla osvětlí danou plochu. Také se dá říct, že jde o plošnou hustotu světelného toku. Jednotkou osvětlenosti je lux (lx). Lze definovat dle vztahu (2) a je zobrazen na Obr. 1.3.

$$E_{P\rho} = \frac{I_{\gamma}}{l^2} \cos \beta \text{ (lx)} \quad (2)$$

Kde E je intenzita osvětlení v bodě P roviny ρ , I_{γ} je svítivost zdroje ve směru paprsku, l je vzdálenost osvětlované plochy od zdroje a β je úhel odklonu dopadajících světelných paprsků od normály osvětlované plošky.



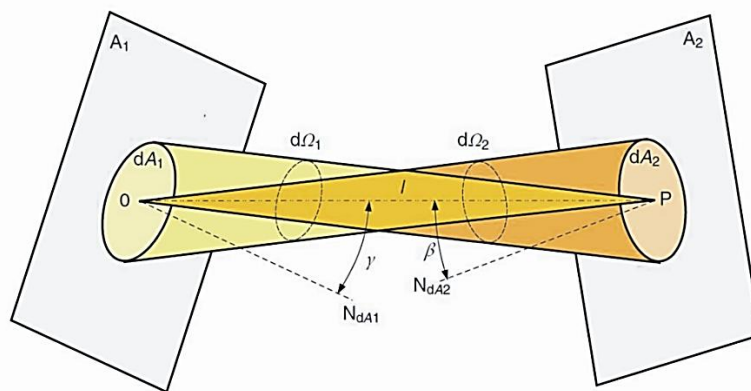
Obr. 1.3: Intenzita osvětlení v libovolném úhlu [1]

Jas svazku světelných paprsků

Jde o světelně technickou veličinu, na kterou přímo reaguje zrakový orgán. Přesněji řečeno reaguje na kontrast jasu. „Jas je určen plošnou a prostorovou hustotou světelného toku. Proto vždy záleží na poloze pozorovatele a na směru jeho pohledu. Nezáleží přitom, zda vychází jas svazku paprsků přímo ze zdroje záření, nebo je odražen od libovolné plochy.“ [2], [3] Jas lze definovat dle vztahu (3), ke kterému náleží Obr. 1.4.

$$L_{OP} = \frac{d^2\Phi}{d\Omega_1 dA_2 \cos(\beta)} = \frac{dE_N}{d\Omega_1} \text{ (cd/m}^2\text{)} \quad (3)$$

Kde L_{OP} je jas svazku paprsků ve směru osy svazku, $d\Omega$ je prostorový úhel, ve kterém se paprsky šíří, dA_1 je ploška kolmá k ose svazků, kde se realizuje plošná hustota světelného toku, dE_N značí normálovou osvětlenost, tj. osvětlenost průmětu plošky dA_2 do roviny kolmé k paprsku l.



Obr. 1.4: Jas svazku světelných paprsků [1]

Světlení

Světlení je definováno jako plošná hustota světelného toku $d\Phi_v$ vyzařovaného z plošky dA [1], [3]. Dá se také říct, že je to světelný tok, který zdroj vyzařuje. Jednotkou je lumen na čtvereční metr (lm/m^2) a lze definovat dle vztahu (4).

$$M = \frac{d\Phi_v}{dA} (\text{lm}/\text{m}^2) \quad (4)$$

Kde M je světlení, $d\Phi_v$ je plošná hustota světelného toku a dA je účinná plocha zdroje záření.

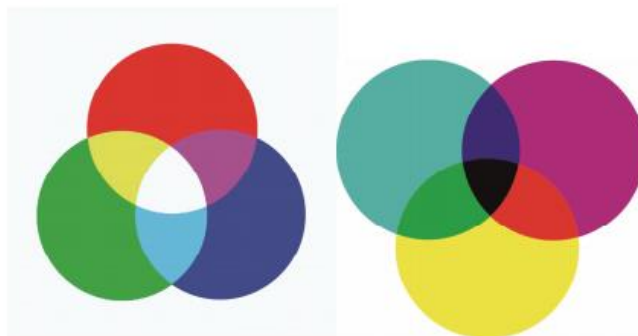
Barevné spektrum světla

„Jakékoliv optické záření schopné přímo vyvolat zrakový vjem se označuje názvem viditelné záření.“ [1] V denním vidění vnímá člověk barevné vjemy. V nočním jen odstíny modré. Meze spektrálního rozsahu viditelného záření jsou přibližně 380 (nm) až 800 (nm). Tento spektrální rozsah nelze však určit zcela přesně, jelikož je závislý na zářivém toku a na spektrální citlivosti lidského oka. Barevné vlastnosti světla se označují pojmem chromatičnost a barevné vlastnosti předmětu pojmem kolorita. Jelikož kolorita je závislá na chromatičnosti, zavádíme pojem index podání barev R_a .

Lidské oko nedokáže rozlišovat spektrální složení světla, ale vnímá světlo aditivně, to znamená, že monochromatickému záření odpovídá vždy jedna vlnová délka. To však opačně neplatí. Jakákoliv barva může být složena ze tří základních barev (tzv. barevný prostor RGB: R-red, G-green, B-blue). Také bílé světlo může být složeno ze tří základních barev ve stejném poměru, ale také ze dvou doplňkových barev vhodně smíchaných. Doplňkové barvy vzniknou smícháním dvou základních barev. Doplňkové barvy společně s černou pak tvoří barevný prostor CMYK (C-cyan, M-magenta, Y-yellow B-black). Černá

barva je do tohoto prostoru přidána záměrně, jelikož smícháním všech tří doplňkových barev nevznikne černá, ale tmavě šedá. [2], [3]

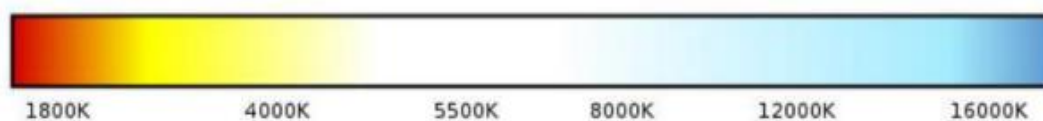
Příklad míchání barev základního a doplňkového barevného prostoru je na Obr. 1.5.



Obr. 1.5: Míchání základních a doplňkových barev [2], [3]

Teplota chromatičnosti

Je důležitým parametrem osvětlení, který popisuje barevný tón světla vyzařovaného zdroji. Začneme-li zahřívat absolutně černé těleso, dojde k vyzařování tepelného záření, které s různou teplotou budí různý vjem barvy. Na základě toho se určí teplota chromatičnosti nebo náhradní teplota chromatičnosti zdroje, která vybudí podobný barevný vjem jako tepelné záření o příslušné teplotě absolutně černého tělesa. Na Obr. 1.6 je orientačně uveden vztah mezi vizuálním vnímáním barvy světla a odpovídajícími hodnotami teploty chromatičnosti. Jednotkou teploty chromatičnosti a náhradní teploty chromatičnosti je Kelvin (K).



Obr. 1.6: Teplota chromatičnosti [2], [3]

Index podání barev

Popisuje, jak moc se shoduje barevný vjem 2D a 3D objektů pod spektrálním složením světla posuzovaného zdroje s barevným vjemem pod spektrem slunečního záření. Index podání barev nabývá hodnot R_a 0 až 100. Hodnota $R_a = 0$ znamená, že nejsme schopni vnímat žádné barevné vjemy, a naopak $R_a = 100$ charakterizuje vnímání barev v plném rozsahu jako pod slunečním zářením. Ve většině obytných prostor s trvalým pobytem bychom měli používat pouze zdroje s indexem podáním barev větším než 80. Pro maximalizaci zrakové pohody a výkonu pro práci ale i zábavu, je naším cílem se co nejvíce přiblížit k hodnotě $R_a = 100$ v denních hodinách. Naopak k večeru je žádoucí odfiltrovat

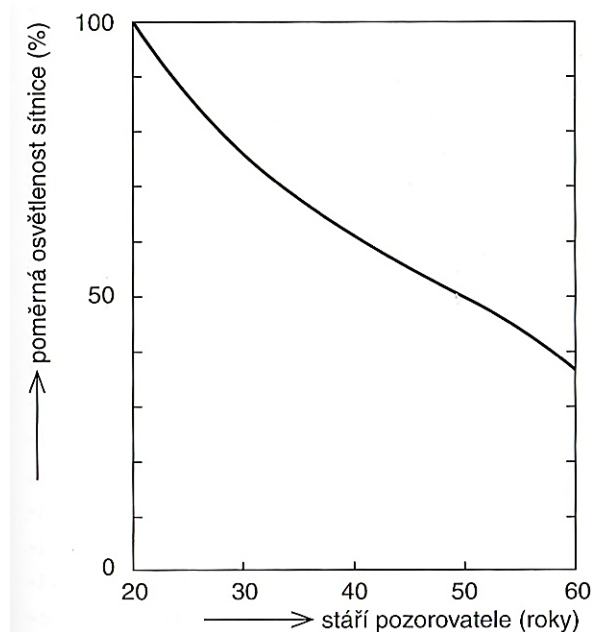
modrou barvu světelného záření, která povzbuzuje lidskou aktivitu. V Tab. 1.1 je uveden stručný přehled o fyzickém, optickém a psychologickém vlivu teplých a studených barev. Podle psychologického působení se barvy dělí na teplé (např. červená, oranžová, žlutá) a studené (např. modrá, fialová, modrozelená) [1].

Tab. 1.1: Vlivy teplé a studené barvy na člověka [1]

Vliv na	Účinek barvy	
	oranžové	modrozelené
Fyzickou aktivitu	tlumící	povzbuzující
	(pasivní)	(aktivní)
Jasově optický dojem	světlý	temný
	vystupující	odstupující
Citový (psychologický) dojem	teplý	studený
	suchý	vlažný
	zdůrazňující	uklidňující
	aktivní (povzbuzující)	pasivní (tlumící)
	dráždivý	uklidňující

1.2 Požadavky na kvalitativní a kvantitativní parametry osvětlovací soustavy

Při návrhu osvětlovací soustavy je nutné uvažovat o tom, že každý člověk je jiný a může mít jiné požadavky na osvětlení, než jsou doporučovány v normách. Starší člověk bude jistě mít horší zrak než uživatel středního věku, který je v normách týkajících se světelné techniky stanoven jako tzv. normální fotometrický pozorovatel. Hodnoty udávané v těchto normách jsou tedy vztaženy na normálního fotometrického pozorovatele ve věku přibližně 25 let, odpočatého a hlavně se zdravým zrakovým orgánem. Je nutné mít na paměti, že normy předepisují minimální hodnoty potřebné k danému úkonu. Pro zachování celkové psychické i zrakové pohody je třeba sledovat rušivé vlivy vyvolané světlem (např. dostatečné osvětlení, rozložení jasu, eliminace oslnění, barevnost světla, možnost individuálního přizpůsobení světelných podmínek, eliminace míhání světla). Také je dobré odstranit nadměrnou zrakovou zátěž při současném zachování vizuálních požadavků. Na základě lidské potřeby světla jsou formulovány zásady pro hygienu osvětlování [4]. Na Obr. 1.7 je znázorněna průměrná osvětlenost sítnice v závislosti na stáří pozorovatele. Je zřejmé, že člověk ve věku 50 až 60 let potřebuje přibližně na stejnou zrakovou činnost dvojnásobné hodnoty osvětlenosti než člověk ve věku kolem 20 let.



Obr. 1.7: Vliv na psychickou zátěž člověka [5]

1.3 Klasifikace základních požadavků na osvětlovací soustavy interiérů

V interiérech by osvětlení mělo splňovat hygienické normy, které dnes více či méně vycházejí z již neplatné normy ČSN 36 0450 - umělé osvětlení vnitřních prostorů, která byla nahrazena normou ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlení – osvětlení pracovních prostorů – Část 1: Vnitřní pracovní prostory. Na svítidla pro obytné místnosti se kladou dva základní požadavky, funkčnost a vzhled. Z nich funkčnost by rozhodně měla být na prvním místě. Řízená osvětlovací soustava interiérových prostorů by uživateli měla umožnit změnu nastavení světelných podmínek pro různé zrakové činnosti. Při návrhu a případné kontrole pomocí měření lze vycházet z několika platných norem:

- ČSN 73 4301 Obytné budovy.
- ČSN EN 12 464-1 Světlo a osvětlení – osvětlení vnitřních pracovních prostorů – Část 1: Vnitřní pracoviště.
- ČSN 73 0580-1 Denní osvětlení budov – Část 1: Základní požadavky.
- ČSN EN 17 037 Denní osvětlení budov.
- ČSN 36 0011-1 Měření osvětlení prostorů – Část 1: Základní ustanovení.

V obytných místnostech je velmi důležitá také zraková pohoda. Jelikož dnes platné normy se nezabývají kvantitativně kvalitativními parametry osvětlovacích soustav domácností, ale jen pracovních prostorů, budou parametry osvětlovacích soustav jednotlivých místností pro praktickou část této bakalářské práce voleny dle doporučení

výše zmíněné a dnes již neplatné normy ČSN 36 0450. Přehled doporučených hodnot osvětlenosti pro jednotlivé aplikační oblasti v obytných prostorech je uveden v Tab. 1.2.

Tab. 1.2: Příklady potřebných osvětleností v různých prostorech [6]

Prostor	Osvětlenost (lx)	Poznámka
Zádveří, vstupní hala	50 až 200	osvětlení u zrcadla
Schodiště, chodby	50 až 100	
Obývací pokoj	50 až 200	s možností regulace
Jídelna	100 až 200	jídelní stůl 300 lx
Kuchyně	100 až 300	pracovní deska 500 lx
Pracovna, dílna	300 až 2000	podle náročnosti, místní osvětlení
Dětský pokoj	50 až 200	500 lx na pracovním stole
Ložnice	20 až 100	s možností regulace, u lůžek 200 až 300 lx
Šatna	100 až 200	osvětlení skříní a u zrcadla
Koupelna, WC	50 až 200	osvětlení u zrcadla

Obývací pokoj

Je místností k odpočinku, společenským setkáním, ale i k vykonávání drobných prací. Proto je nutné vytvořit velký rozsah regulace osvětlení. Je tedy nutné mít v této místnosti kromě hlavního regulovatelného svítidla i doplňková svítidla. Hlavní svítidlo dokáže vytvořit požadovanou hladinu osvětlenosti 50 až 200 lx, jak je doporučeno v Tab. 1.2 a jak také doporučuje výše zmíněná norma. Pro zrakově náročné úkony jako je čtení, psaní je nutné zajistit ještě vyšší hladinu osvětlenosti pomocí stojanového nebo stolního svítidla. Také je dobré zabránit kontrastu jasů mezi televizí a zdí za ní, aby nedocházelo k únavě zraku vzhledem k neustálé adaptaci zraku.

Kuchyň

Kuchyň je určena především k vaření či mytí nádobí. Proto je nutné dosáhnout dostatečné hladiny osvětlenosti z důvodu bezpečnosti. To platí hlavně pro pracovní desku včetně dřezu, kde by požadovaná hladina osvětlení měla dosahovat 500 lx. Této hladiny lze dosáhnout pomocí hlavního svítidla, které by mělo být regulovatelné mezi hladinami 100 až 300 lx, a pomocného místního osvětlení umístěného nad pracovní deskou linky. Toto svítidlo by mělo mít spíše teplejší odstín světla a co nejvyšší podání barev R_a . Další důležitou součástí kuchyně je jídelní stůl, na jehož desce by měla hladina intenzity

osvětlenosti dosahovat hodnot 300 lx. Zároveň však svítidlo by nemělo oslňovat osoby sedící u jídelního stolu, což lze zhodnotit pomocí parametru UGR. Doporučené hodnoty těchto parametrů osvětlovací soustavy lze čerpat z normy pro osvětlení pracovišť ČSN EN 12464-1.

Ložnice

Je určena převážně k odpočinku. Osvětlení by nemělo dosahovat příliš vysokých intenzit, aby nevznikaly ostré stíny, které by rušily zrakovou pohodu. Hlavní osvětlení místnosti by mělo být regulovatelné mezi hladinami 20 až 100 lx. Dále je dobré myslet i na čtení na lůžku, proto k čelu postele umístíme směrová svítidla, která by zajišťovala hladinu osvětlenosti přibližně 200 až 300 lx na stránce knížky. Tyto hodnoty jsou opět převzaty z již zmíněné a neplatné normy ČSN 36 0450.

Koupelna

Koupelny jsou ve většině případů velmi stinnými místy bez oken, nebo jen s velmi malými okny, která rozhodně nejsou schopna zajistit dostatečnou intenzitu osvětlení. Je tedy nutné tuto hladinu osvětlenosti, která by měla dosahovat alespoň 50 až 200 lx, zajistit sdruženou nebo umělou osvětlovací soustavou neohledě na denní dobu. V těchto prostorech je vyšší riziko úrazu elektrickým proudem, proto je nutné u všech použitých elektrotechnických zařízení zajistit ochranu nejméně IP 44. Je také vhodné zajistit osvětlení zrcadla a to tak, aby neoslňovalo uživatele, ale přitom aby měl svůj obraz v zrcadle dostatečně ostrý a viditelný. Hodnoty zde uvedené jsou opět dány normou ČSN 36 0450.

Vstupní hala

Celková intenzita osvětlení ve vstupní hale nemusí být příliš vysoká. Jde jen o to zajistit základní orientaci v prostoru, tedy osvětlenost by měla být v rozsahu 50 až 100 lx. Pro lepší adaptaci zraku je vhodné ve večerních hodinách snížit intenzitu osvětlení a naopak v denních hodinách ji navýšit. Také tyto hodnoty jsou čerpány z ČSN 36 0450.

Schodiště, chodba

Pro bezpečnou chůzi po schodišti slouží rovnoměrné osvětlení, které zvýrazňuje tvar schodiště. Asi nejlepší možností je umístění LED pásků tak, aby nasvěcovaly každou náslapnou plochu schodiště. Intenzita osvětlení, tzn. osvětlenost, by měla dosahovat hodnot pro základní orientaci 50 až 100 lx.

Pracovna

Zde se většinou vykonávají složité zrakové úkony. Požadované hladiny intenzity osvětlení, tedy osvětlenosti vycházejí z normy ČSN 12 464-1 – část 1: Vnitřní pracovní prostory. Hladina intenzity osvětlení pro danou pracovní činnost se volí na základě podobnosti zrakových činností, které definuje norma, Proto je nutné v těchto interiérech dosáhnout hodnot osvětlenosti v rozmezí 300 až 500 lx na pracovní desce nebo v místě zrakového úkonu.

2 Možnosti řízení osvětlovacích soustav a adaptivní osvětlení

Pro dosažení požadovaných světelných podmínek v budově, je třeba dbát především na světelně-technické parametry světelných zdrojů, zejména na světelný tok a jeho spektrální složení, svítivost a její prostorové rozložení a jasové poměry. Důležitou charakteristikou je rovněž změna těchto parametrů v čase [1].

Kolorimetrické vlastnosti popisují teplota chromatičnosti T_c (popřípadě náhradní teplota chromatičnosti u výbojových světelných zdrojů a LED) a index podání barev R_a . Regulace osvětlení významně přispívá k optimalizaci světelných podmínek, zvýšení bezpečnosti a je možné ušetřit až 75 % energie potřebné na osvětlování domácnosti. [7]

Pro regulaci osvětlovacích soustav lze využít například:

- elektronické předřadníky namísto magnetických pro výbojové světelné zdroje
- detektory pohybu
- určování úrovně osvětlenosti pro možnost efektivní regulace
- řízení žaluzií, rolet, markýz apod.

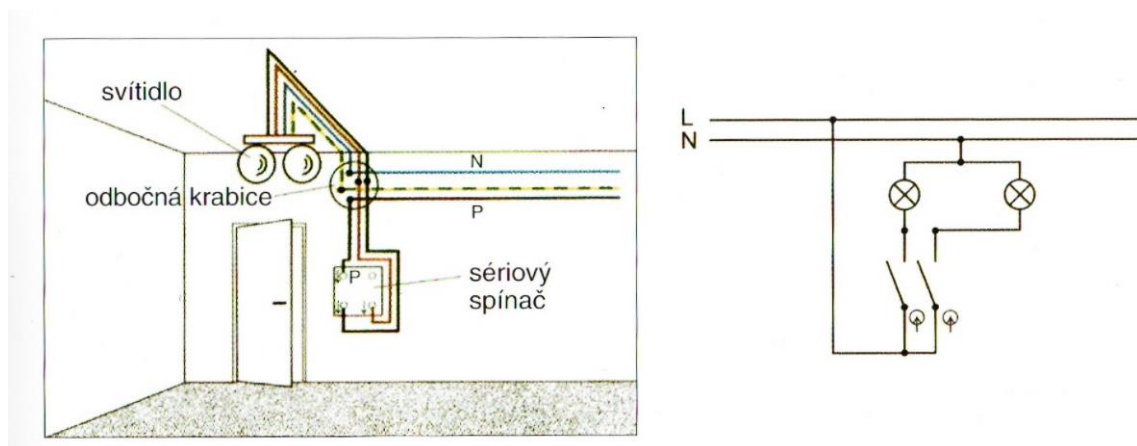
Regulaci osvětlovací soustavy lze rozdělit na manuální a automatickou. Za manuální regulaci považujeme i situaci, kdy uživatel je přímým aktérem řízení. Manuální řízení může tedy znamenat, že existuje např. displej, na kterém jsou zobrazovány aktuální měřené světelné aspekty v místnosti, popř. doporučené světelné parametry a uživatel místnosti sám nastaví parametry, které v místnosti požaduje. Toto lze kombinovat například s pohybovými senzory, kdy po opuštění místnosti uživatelem bude osvětlovací soustava vypnuta. Při automatické regulaci či řízení osvětlovací soustavy neuvažujeme přímý zásah uživatele, ale předpokládáme, že se osvětlovací soustava řídí pomocí algoritmu nastaveného v řídicím systému osvětlovací soustavy. V dnešní době je samozřejmostí, že lze přepínat řízení osvětlovací soustavy mezi manuální a automatickou.

2.1 Manuální regulace světelných podmínek v interiéru

Za manuální regulaci je považována jakákoli regulace, která není autonomně či jinak řízena než uživatelem. Jde o složitější způsob regulace osvětlovacích soustav, ale dříve jiná možnost nebyla. Uživatel musí sám regulovat osvětlovací soustavu dle aktuálně potřebných podmínek. Za manuální regulaci však lze považovat i svítidla s více pólovým spínáním či výbojová svítidla se stmívači ve vypínači. Následující podkapitoly obsahují nejdůležitější principy regulací od nejjednoduššího po nejinteligentnější řešení.

Vypínače

Jde o analogové řízení většiny druhů světelných zdrojů, které se využívá již velmi dlouho. Principiálně funguje na rozdělení světelných zdrojů ve svítidle, popřípadě v osvětlovací soustavě na více okruhů, které jsou spínány každý zvlášť. Pro spínání se používají obyčejné spínače či jednopólové spínače řazení 5. Na Obr. 2.1 je uveden příklad takovéto regulace osvětlovací soustavy. Jde o skokovou metodu regulace osvětlovací soustavy, což znamená, že jdou nastavit pouze hladiny osvětlenosti podle počtu okruhů, např. 25 %, 50 %, 75 %, 100 % z maximální hodnoty osvětlenosti, která může být instalovanou osvětlovací soustavou dosažena.



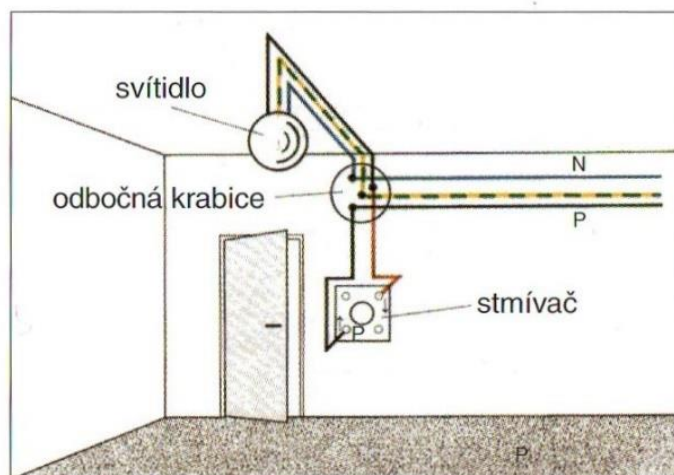
Obr. 2.1: Regulace svítidla pomocí spínače řazení 5 [1]

Zpoždovače

Pomocí relátek se zpožděným přitahem či zpožděným odpadem se dále vyvíjela možnost regulace. Těmito způsoby se dalo docílit automatického zhasínání světel v chodbách, ale i automatického rozsvícení osvětlovacích soustav ráno. Bohužel čas mezi sepnutím a stisknutím spínače nebyl příliš přesný.

Stmívače

Dříve se jednalo a analogové řízení například pomocí potenciometrů nebo autotransfornátorů. Dnes je to již spíše pomocí elektronických měničů. Stále však setrvává největší nevýhoda tohoto typu regulace a to, že při stmívání klesá měrný výkon většiny světelných zdrojů, tj. světelný výkon klesá více než elektrický příkon, jelikož se větší poměr elektrické energie přemění na teplo než na světlo. Na Obr. 2.2 je uveden příklad zapojení této regulace osvětlovací soustavy.



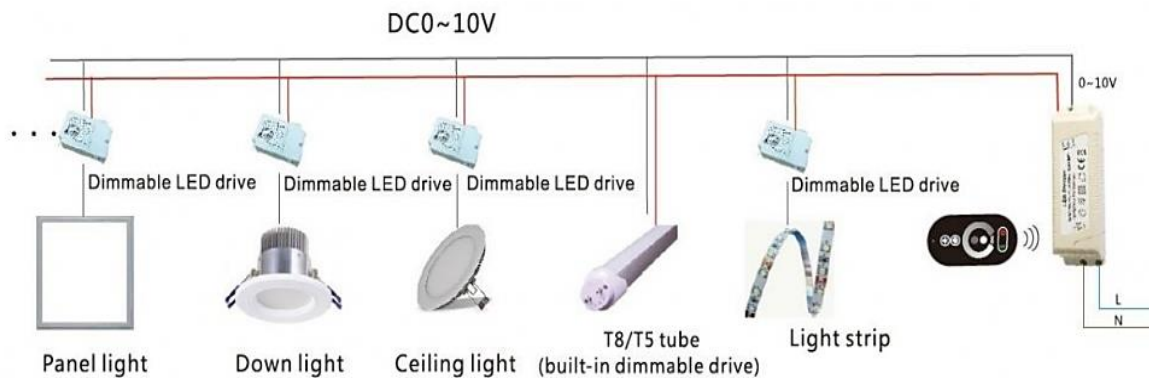
Obr. 2.2: Regulace svítidla pomocí stmívače [1]

2.2 Automatická regulace světelných podmínek interiéru (adaptivní osvětlení)

Za adaptivní osvětlení vnitřních prostor lze uvažovat umělou osvětlovací soustavu, která autonomně reaguje na změny osvětlenosti v interiéru, intenzity a chromatičnosti dopadajícího světla na skleněnou desku okna, denní dobu, roční období, přítomnost a požadavky uživatele apod. Pod touto definicí si můžeme představit, že umělé osvětlovací soustavy místností plynule mění barvu, intenzitu, směrovost a osvětlenost ve všech místnostech v závislosti na požadavcích uživatele, normativních a hygienických předpisech a denní a roční době. V případě, že uživatel opustí místnost, anebo když jde uživatel spát, autonomní řídicí systém osvětlovací soustavu vypne. Sensory a čidla pohybu se dají navíc využít v případě nepřítomnosti uživatelů objektu, například při zamčení dveří pro řízení zabezpečovacího systému objektu.

Řízení v konceptu inteligentního osvětlení

Inteligentní řízení je kombinace řízení pomocí stmívače s dálkovým ovládáním, nějakým řídicím systémem, senzory či časovými spínači. Dříve se jednalo o analogové řízení elektronických předřadníků, které jsou ovládány napětovým signálem z PIR senzoru na vstupu předřadníku. K tomu je potřeba použít dvou vodičové vedení mezi předřadníkem a PIR senzorem. Dochází zde k úbytku napětí a nemusí být splněna stejná hodnota řídicího napětí na všech předřadnících svítidel v osvětlovací soustavě budovy. Používá se řídicí napětí v rozsahu 1 až 10 V. Toto zapojení je vhodné spíše pro menší osvětlovací soustavy např. bytových jednotek panelového domu. Na Obr. 2.3 je uveden příklad zapojení této regulace osvětlovací soustavy.



Obr. 2.3: Zapojení svítidel pomocí analogových stmívačů řízených 0 až 10 V [8]

Dnes se využívá digitální řízení místo analogového. Má lepší odolnost proti rušení a přepólování řídicích kontaktů. Má možnost zpětného hlášení poruchy osvětlovací soustavy a plynulou regulaci [2], [3]. Tedy možnost změny teploty chromatičnosti, stmívání jen části svítidel a zapojení do systému SMART HOME. Používá se několik druhů rozhraní mezi nejrozšířenější patří: DALI, KNX, DMX a starší DSI. Tato rozhraní se využívají pro adaptivní osvětlení. Jejich vysvětlení je uvedeno v následující kapitole 3.

3 Dostupné technologie pro řízení osvětlovacích soustav interiérů

„Světelné zdroje, kromě klasických žárovek, potřebují pro svou činnost předřadné přístroje. U klasických žárovek plní předřadný přístroj pouze funkci regulátoru.“ [2], [3] Jak je již výše uvedeno, existuje více technologií pro řízení osvětlovacích soustav. Záleží na světelném zdroji, jaký předřadník je potřeba využít. Tato kapitola obsahuje stručný přehled všech základních dostupných technologií regulace osvětlovacích soustav a stručnou charakteristiku jejich výhod a nevýhod, dle kterých lze následně zvolit nejlepší postup řešení regulace osvětlovací soustavy pro konkrétní rodinný dům. Již v minulosti byla snaha o regulaci osvětlení interiéru, hlavně pro vytvoření zrakové a psychologické pohody. Z technologických důvodů však nebylo možné dosáhnout ideálních podmínek pro dané zrakové činnosti.

Přepínání okruhů

Základní regulace používaná již velmi dlouho. Jde o více světelných okruhů, každý je spínáný zvlášť. Jedná se o skokovou regulaci hladin osvětlenosti nejčastěji 0 %, 25 %, 50 %, 100 %.

Fázová regulace

Jedná se o regulaci napětím, kdy střídavý měnič napětí mění velikost efektivní hodnoty napětí beze změny amplitudy napětí. Jde o plynulou regulaci hladin osvětlenosti od 0 % do 100 %.

Amplitudová regulace

Jde o regulaci transformátorem nebo střídavým měničem napětí, kdy měnič přímo mění efektivní hodnotu napětí na výstupu. Plynulá regulace hladin osvětlenosti 0 % až 100 %.

3.1 Halogenové žárovky

Vyrábějí se na různé hodnoty napětí 230, 24, 12, 6 V. Pro ty, které nejsou na 230 V je potřeba zapojit předřadník. Většinou se používají indukční transformátory, nebo elektronické transformátory.

Indukční transformátory

„Indukční transformátory jsou zpravidla navinuty na toroidním jádru složeném z transformátorových plechů. Vyrábějí se běžně ve výkonech od 20 do 1 000 VA. Indukční transformátory se vyrábějí i ve stmívatelném provedení. Účinnost transformátoru se pohybuje od 0,7 do 0,85. Nevýhodou těchto transformátorů je větší hmotnost a oteplení při provozu.“ [2], [3] Samy o sobě jsou navíc zdrojem tepla. Musí mít dvojitou izolaci a jištění přímo na transformátoru proti zkratu, většinou bimetal či pojistku. Pro halogenové žárovky se již vyrábějí digitální předřadníky, které je možné ovládat pomocí nějakého z výše zmíněných rozhraní DSI, DALI, DMX nebo KNX. Na Obr. 3.1 je uveden příklad elektromagnetického předřadníku halogenových žárovek.



Obr. 3.1: Indukční transformátor [2], [3]

Elektronické transformátory

„Elektronické transformátory pracují na principu středofrekvenčního měniče. Síťové napětí se nejdříve usměrní a poté se v oscilačním obvodu rozkmitá na frekvenci kolem 30–40 kHz. Na feritovém transformátoru se transformuje na pracovní napětí, zpravidla 12 V.“ [2], [3] Elektronický transformátor musí být na vstupu vybaven filtrem proti vyšším harmonickým kmitočtům. Tyto předřadníky se vyrábějí v regulovatelných verzích. Pro analogové ovládání, DSI, DALI, DMX, KNX. Na Obr. 3.2 je uveden příklad elektronického předřadníku halogenových žárovek.



Obr. 3.2: Elektronický transformátor [2], [3]

3.2 Výbojové světelné zdroje

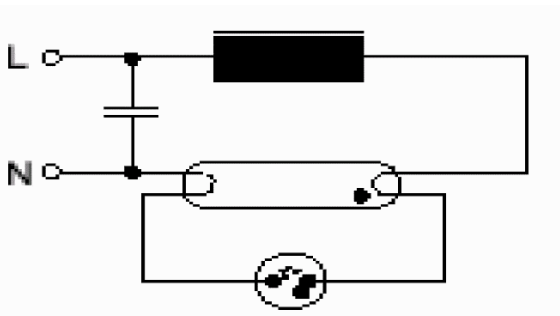
Výbojové světelné zdroje potřebují ke svému provozu předřadný obvod, který stabilizuje proud tekoucí výbojovým zdrojem. Používají se magnetické nebo elektronické předřadníky.

3.2.1 Předřadníky pro nízkotlaké výbojové světelné zdroje

„Předřadníky zde lze rozdělit na indukční (magnetické) a elektronické. Při použití indukčních předřadníků (tlumivka) je nutné použít zapalovač (startér) pro zapálení výboje v trubici. Jelikož účinnost předřadníku se pohybuje od 0,25 do 0,60, je nutné použít kompenzaci.“ [2], [3] U průmyslových aplikací je důležité kompenzovat tzv. stroboskopický efekt, proto se používají svítidla s více než jedním světelným zdrojem. Každý ze světelných zdrojů je napájen s jiným fázovým posuvem, aby blikal v proti-fázi, fázový posun je zajištěn kondenzátorem.

Indukční předřadníky

Do této skupiny patří předřadníky pro lineární zářivky, kompaktní zářivky a nízkotlaké sodíkové výbojky. „Pro lineární zářivky se v osvětlovací praxi nejvíce používají tři typy elektromagnetických předřadníků, a to předřadníky s přídavným žhavením elektrod (tlumivka a doutnavkový startér), předřadníky s rychlým startem a předřadníky s okamžitým startem.“ [1] Na Obr.3.3 je uveden příklad zapojení nízkotlakého výbojového zdroje s přídavným žhavením elektrod.

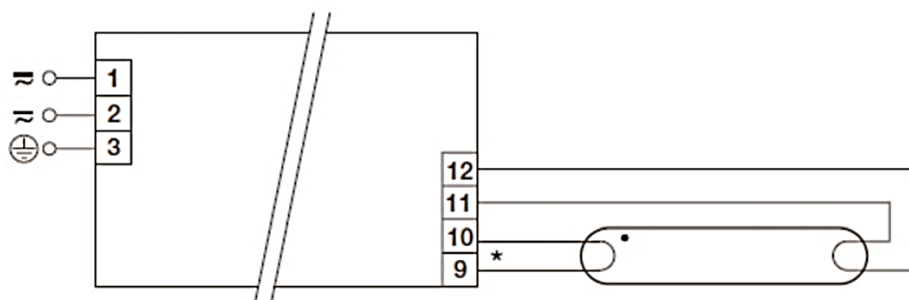


Obr. 3.3: Schéma zapojení magnetického předřadníku [7]

Elektronické

„Základní funkcí elektronických předřadníků je stejně jako v případě předřadníků elektromagnetických zapálit výboj a omezit proud procházející výbojem.“ [1] Elektronické předřadníky mají několik výhod. Nepochází ke stroboskopickému jevu, není třeba

tlumivky, $\cos \varphi$ je přibližně 0,98. Vyrábějí se i ve stmívatelných verzích. Na Obr. 3.4 je uveden příklad zapojení nízkotlaké výbojky s elektronickým předřadníkem.



Obr. 3.4: Schéma zapojení elektronického předřadníku [2], [3]

3.2.2 Předřadníky pro vysokotlaké výbojové světelné zdroje

Stejně jako u předřadníků pro nízkotlaké výbojové světelné zdroje lze i u vysokotlakých výbojových světelných zdrojů dělit předřadníky na indukční a elektronické. Indukční předřadníky fungují obdobně, jen u jednotlivých druhů výbojových světelných zdrojů mají odpovídající impedance. [2], [3]

Pro zapálení výboje je samozřejmě zapotřebí startér, který vytvoří pulzní napětí až 5 kV. Elektronické předřadníky se dělají ve výkonech 20 až 600 W. Vyrábějí se i ve stmívatelných verzích. „Při stmívání halogenidových výbojek je nutné použít typ, který je pro stmívání doporučen. Při použití halogenových výbojek, které nejsou pro stmívání doporučené, dochází ke změnám světelně-technických vlastností.“ [2], [3] Na Obr. 3.5 vlevo je uvedena tlumivka pro vysokotlakou výbojku a na Obr. 3.6 vpravo je elektronický stmívatelný předřadník.



Obr. 3.5: Tlumivka [2], [3]

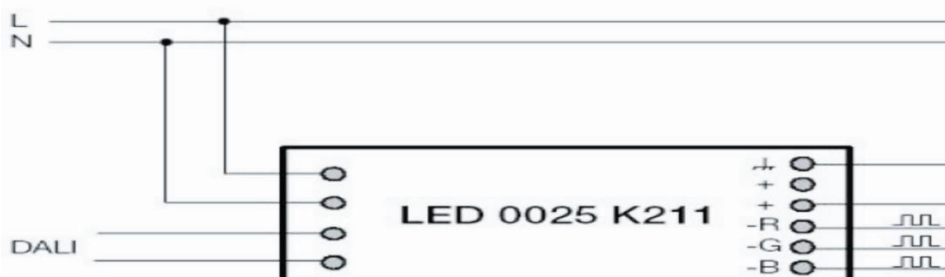


Obr. 3.6: Stmívatelný elektronický předřadník [2], [3]

3.3 Elektroluminiscenční světelné zdroje

„Zařízení slouží k napájení světelných diod stejnosměrným konstantním napětím či proudem. Obsahují ochrany proti zkratu, přetížení, přepětí a teplotě. Vyrábějí se také v

regulovatelném provedení s možností regulace tlačítky, potenciometry a v digitálních systémech řízení.“ [2], [3] Většinou jsou předřadníky typizovány na hodnoty napětí 5, 12, 24 V. Navíc je zde možná regulace chromatičnosti světla pomocí RGB, popřípadě RGBW. Na Obr. 3.7 je uvedena ukázka DALI předřadníku pro RGB modul.

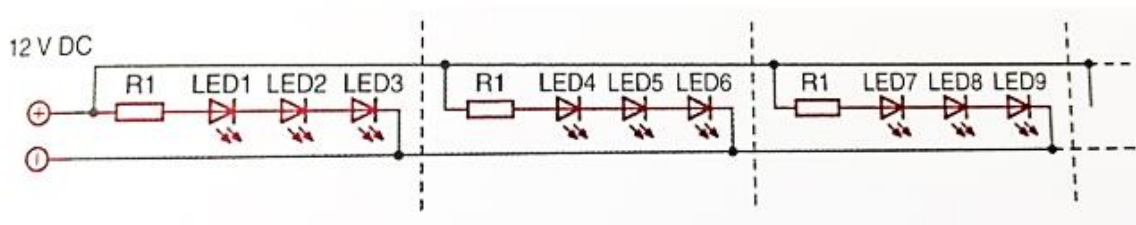


Obr. 3.7: Elektronický DALI RGB předřadník [2], [3]

Napěťový zdroj

V jednoduchých elektronických zapojeních se standartními LED je použit napěťový zdroj a pro omezení proudu je zapojen předřadný rezistor. Vzhledem k různým úbytkům napětí na LED různých barev musí mít odpor pro každou barvu jinou hodnotu. Totéž se týká změny napájecího napětí. Navíc při kolísání napětí se mění proud LED, a tím i vyzařovaný světelný tok. [1]

Zapojení s napěťovým zdrojem se většinou používá u pevných LED modulů s integrovaným rezistorem, které jsou typizovány na určité napětí, viz výše. Velkou nevýhodou je ne hospodárnost tohoto zapojení z důvodu úbytku na předřadném rezistoru. Na Obr. 3.8 je uveden lineární LED modul napájený napěťovým zdrojem.

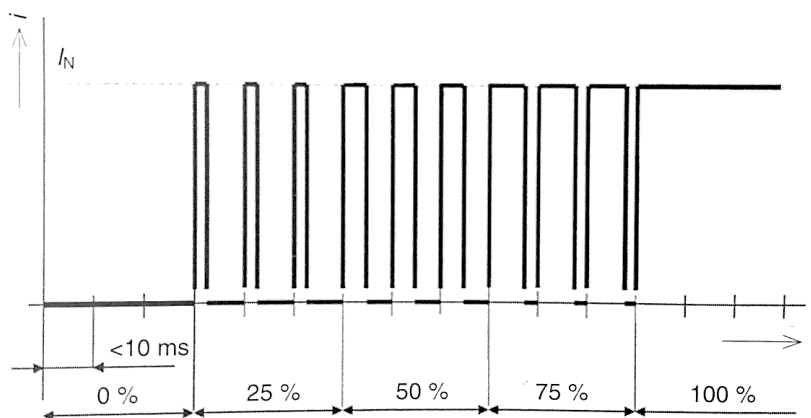


Obr. 3.8: Lineární LED modul napájený napěťovým zdrojem [1]

Proudový zdroj

„K napájení světelných diod je podstatně výhodnější použít zdroj proudu místo zdroje napětí. Tento zdroj dodává definovaný proud, který není závislý ani na úbytku napětí na LED ani na velikosti napájecího napětí. Každý proudový zdroj má definovaný proud a maximální výstupní napětí.“ [1] Výstupní proud zůstává konstantní až do okamžiku, kdy je

na LED větší úbytek, než je maximální napájecí napětí proudového zdroje. Stmívání LED je možné od 0 % do 100 %, ale z důvodu strmé VA charakteristiky LED není vhodné stmívání regulovat změnou velikosti napětí. Z tohoto důvodu se používá pulzně šířková modulace (dále jen PWM). Jde o princip, kdy se využívá setrvačnosti lidského oka a dioda vlastně bliká. Poměr zapnutí vůči vypnutí určuje hodnotu vyzařovaného světelného toku. Na Obr. 3.9 je uveden příklad řízení LED pomocí PWM.

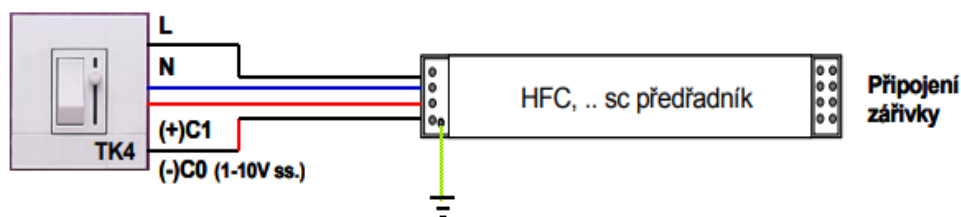


Obr. 3.9: Ukázka regulace světelného toku LED pomocí PWM [1]

3.4 Systémy řízení osvětlovacích soustav

Analogová regulace

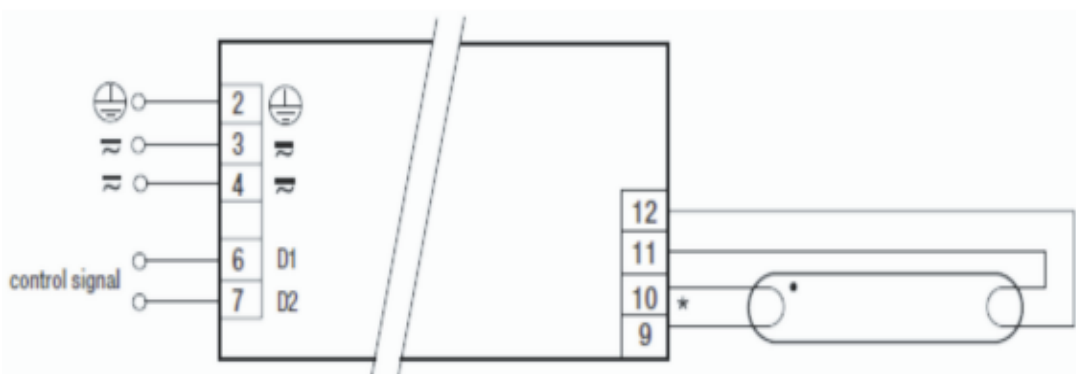
S pomocí senzoru osvětlení je možné automaticky udržovat přednastavenou úroveň osvětlenosti v místnosti. „Úroveň osvětlenosti v daném prostoru je snímána senzorem, který může být umístěn ve svítidle nebo v podhledu. Signál ze senzoru, odvozený od osvětlenosti sdruženého osvětlení, je předán do elektronického předřadníku, který ovládá osvětlení.“ [1] Při použití analogových předřadníků je nutné manuální spínání či časové spínání pomocí nějakého vypínače. Další možností by mohl být senzor pohybu pro spínání této soustavy jen v případě přítomnosti uživatele. Velkou nevýhodou je umístění řídicího vedení, které nesmí z důvodu rušení být vedeno současně s napájecím vedením elektronického předřadníku. Na Obr. 3.10 je uveden příklad ovládání analogového předřadníku zářivkového svítidla.



Obr. 3.10: Schéma zapojení analogového předřadníku 1 až 10 V se stmívačem [7]

DSI

DSI je starší digitální rozhraní pro řízení elektronických předřadníků svítidel. „V DSI (Digital serial interface = digitální sériové rozhraní) se převádí signály obslužných elementů (tlačítka, senzory, domovní řídicí systémy atd.) na digitální data a přenáší je k jednotlivým elektronickým předřadným přístrojům. Protože jednotlivé předřadníky jsou řízeny digitálně, je úroveň světelného toku od prvního do posledního svítidla stejná.“ [2], [3] Stmívání je logaritmické pro přizpůsobení se vnímání lidského oka. Hladina osvětlenosti je závislá většinou na čidlech intenzity osvětlení v jednotlivých místnostech na požadované ploše. Na Obr. 3.11 je uvedeno schéma zapojení s předřadníky DSI.



Obr. 3.11: Schéma zapojení elektronického předřadníku DSI [2], [3]

DALI (Digital Adresseble Lighting Interface)

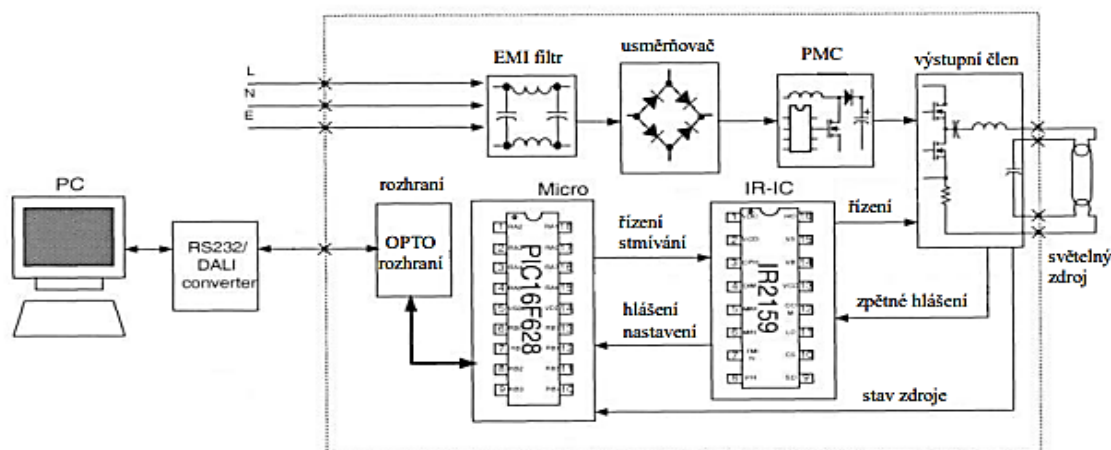
Jedná se o otevřený protokol a mezinárodní normu, která zaručuje kompatibilitu se stmívači různých výrobců. Výhodou je možnost individuálního nastavení každého okruhu za stmívačem při zachování jednoduché topologie kabelového vedení, v kombinaci s multi-senzorem osvětlení, který zahrnuje směrový senzor osvětlenosti v kombinaci se senzorem pohybu. Pro systém DALI jsou k dispozici předřadníky pro většinu druhů světelných zdrojů. Existují i akční členy pro zapojení do systému DALI jakýchkoliv spínaných elektrických prvků např. žaluzií a rolet.

Ke každé sběrnici DALI jde připojit až 64 individuálně adresovatelných předřadníků, přičemž každý umožňuje připojení samostatného tlačítkového ovladače, čímž se komplikuje zapojení celého systému. Je možné ovládat nezávisle na sobě všech 64 svítidel. Svítidla mohou být rozdělena až do 16 skupin, které lze skupinově řídit. [9]

„Ve spolupráci s předřadníkem DALI zajišťuje v osvětlovacích soustavách několik funkcí:

- udržování nastavené úrovně osvětlenosti umělého osvětlení v závislosti na denním světle,
- automatické rozsvícení v případě přítomnosti osob, jsou-li světelné podmínky nedostačující,
- automatické zhasnutí osvětlovací soustavy, jakmile osoby opustí daný prostor,
- automatické zhasnutí umělého osvětlení, je-li úroveň denního světla dostačující.

Řídicí vedení DALI je možné, na rozdíl od případu analogového řízení, vést společně s napájecím vedením v jednom kabelu nebo jako součást strukturované kabeláže.“ [1] Na Obr. 3.12. je uvedeno blokové schéma DALI předřadníku.



Obr. 3.12: Blokové schéma předřadníku DALI [7]

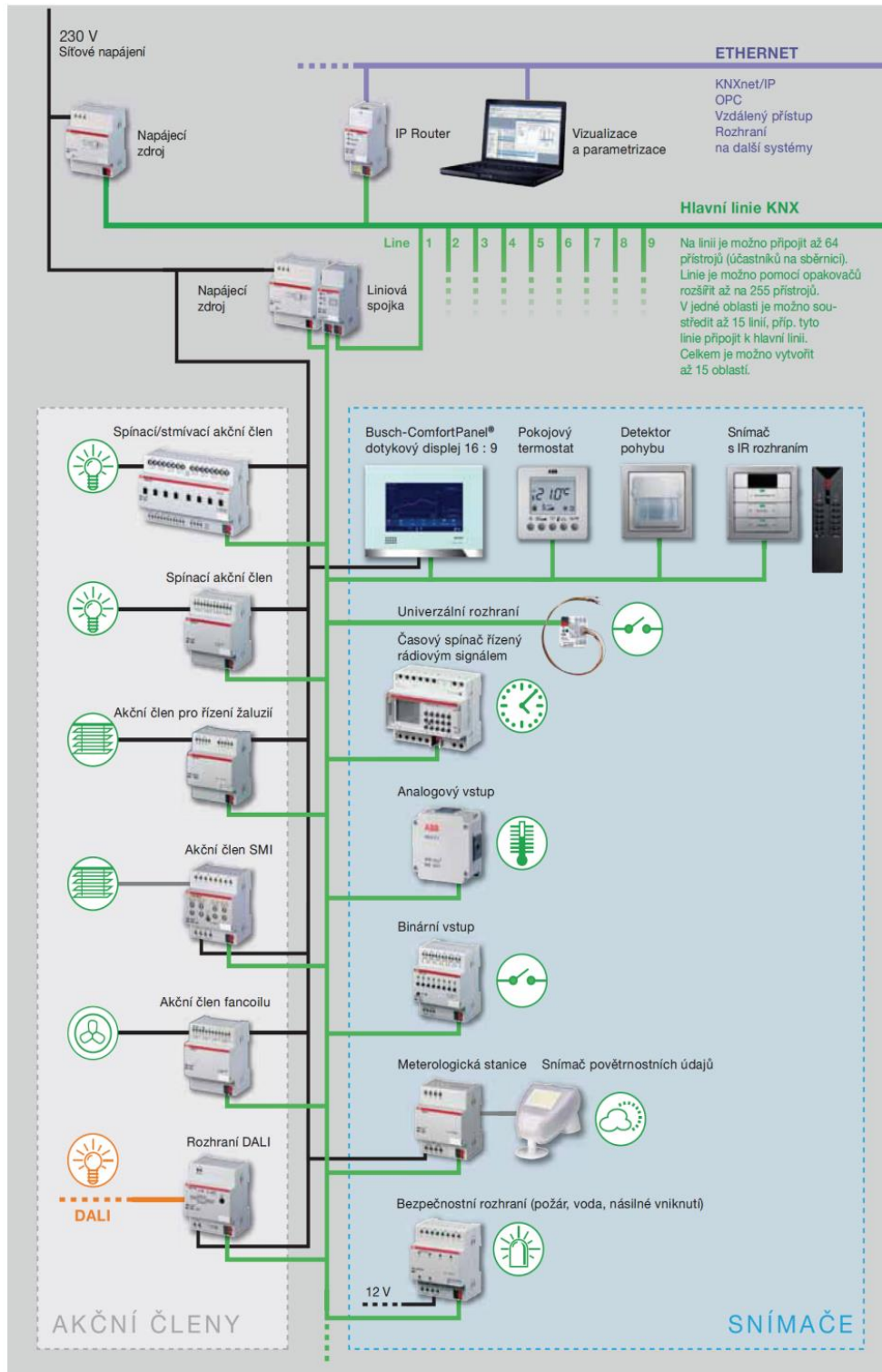
DMX (Digital Multiplex)

Jedná se o protokol pro digitální přenos řídicích informací, nejčastěji využívaný pro jevištní efekty a osvětlení. V rámci interiérových osvětlovacích soustav je díky DMX snadné řešit úkony spojené se změnami chromatičnosti svítidel. Svítidla se na třížilové ovládací vedení zapojují sériově. Tento protokol je spíše pro ruční regulaci svítidel právě pro jevištní RGB efekty, nebo pro jiné dynamické světelné scény, např. osvětlení kašen, fasád budov, divadelní a filmové efekty apod.

KNX

Je jednotný a nezávislý komunikační protokol pro inteligentní propojení moderního vybavení v domácnosti. „KNX je jediný celosvětový otevřený standard pro automatizaci domácností a systém technologie budov v souladu s EN 50090.“ [2], [3] Přednost spočívá v

decentralizovaném uspořádání. Místo centrálního ovládání jsou senzory a aktory umístěné v jednotlivých částech budovy. KNX podporuje různá média pro přenos dvoulinku, ethernetový kabel, bezdrátový přenos nebo přenos po silovém vedení. Na Obr. 3.13 je uveden příklad zapojení pro ovládání domácnosti pomocí protokolu KNX.



Obr. 3.13: Schéma inteligentního systému KNX [2], [3]

4 Zhodnocení výhod a nevýhod technologií řízení osvětlovacích soustav

Základní metody řízení, do kterých patří přepínání okruhů, různé řazení vypínačů nebo přepínačů, pohybových čidel a fázová a amplitudová regulace, se dají v kombinaci využít pro většinu světelných zdrojů. Fázovou a amplitudovou regulaci však nelze využít pro výbojové světelné zdroje s indukčními předřadníky. Pro tyto zdroje je nejlepší volbou elektronický předřadník.

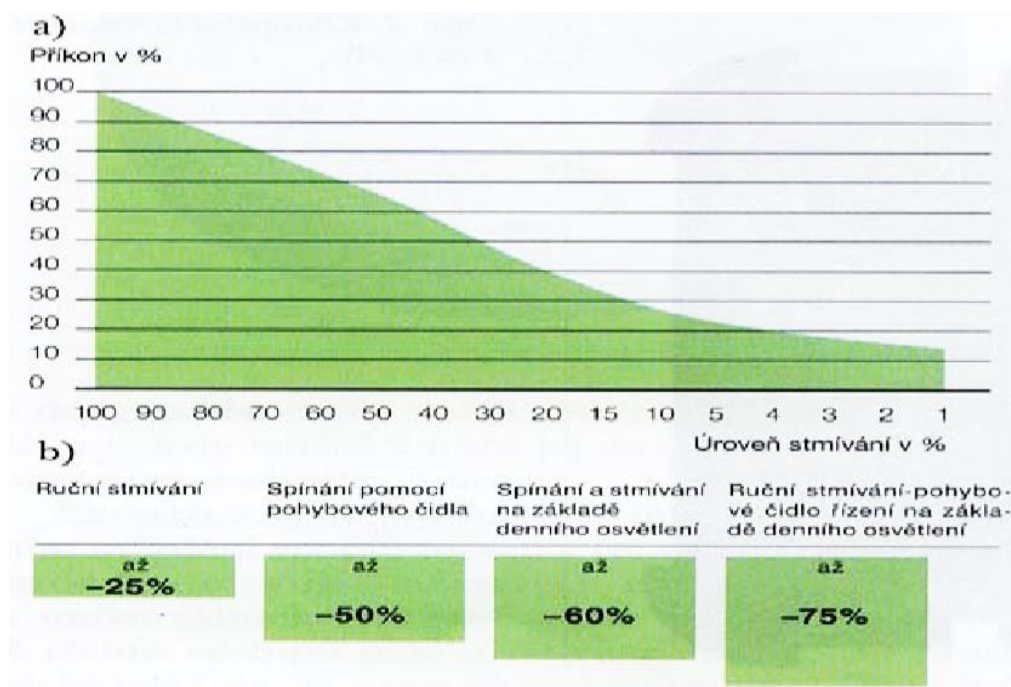
4.1 Halogenové žárovky

Indukční předřadníky

Velkým problémem indukčních předřadníků je jejich induktivní charakter, tedy nutnost kompenzace jejich účinníku. S tím samozřejmě souvisí i větší potřebný příkon přiváděný ke světelnému zdroji, tedy i problémy s dimenzováním přívodu. U větších výkonů může vznikat hluk v předřadníku, což může omezit možnosti jeho využití.

Elektronické předřadníky

Při použití elektronických předřadníků dojde k úspoře až 30 % u nestmívatelných předřadníků a dokonce až 75 % u stmívatelných s dalšími systémy řízení, jak je zobrazeno na Obr. 4.1. [7]



Obr. 4.1: a) pokles příkonu a b) spotřeby při použití elektronických předřadníků [7]

4.2 Výbojové světelné zdroje

Indukční předřadníky

Mezi největší nevýhody elektromagnetických předřadníků pro světelné zdroje je jejich hmotnost, možnost vibrací, hluku, oteplení či vznik stroboskopického jevu. [7]

Induktivní předřadníky pro výbojové světelné zdroje se skládají z tlumivky a startéru pro zapálení výboje v trubici. Je nutné kompenzovat tento předřadník, protože účinník samotného předřadníku bez kompenzace se pohybuje dle velikosti a příkonu mezi hodnotami 0,25 až 0,60. [1]

Nevyrábějí se ve stmívatelných verzích.

Elektronické předřadníky

Elektronické předřadníky plní stejnou funkci jako indukční předřadníky. Jelikož pracují na mnohem vyšších frekvencích, než je síťová frekvence, nedochází u nich ke vzniku stroboskopického jevu. Účinník je u nich mnohem lepší než u indukčních, protože není potřeba tlumivka, proto se pohybuje okolo 0,98. Vyrábějí se i ve stmívatelných verzích, ale jen pro některé typy výbojek, jelikož stmívání například vysokotlakých halogenových výbojek je nevhodné z důvodu ztráty světelně-technických aspektů.

4.3 Elektroluminiscenční světelné zdroje

Pro elektroluminiscenční světelné zdroje se využívají elektronické předřadníky, jelikož LED napájíme stejnosměrnými zdroji. Při použití neřízeného usměrňovače a následně pulzního měniče je účinník odpovídající odebíranému výkonu ze sítě roven 1.

Napětový zdroj

Z důvodu nutnosti různých hodnot rezistorů pro různé barvy se používá jen pro pevné LED moduly. Velkou nevýhodou napětového zdroje pro LED je kolísání napájecího napětí zdroje. Může dojít ke kolísání výstupního napětí a tím i světelného toku LED.

Proudový zdroj

Z výše uvedeného důvodu je lepší použití proudového zdroje. Stmívání v případě použití proudového zdroje pro LED je možné v rozsahu 1 až 100 %. Při velmi malých intenzitách světelného toku při velkém setmění LED může docházet ke stroboskopickému jevu, s tím by se mělo předem počítat při návrhu regulace, tedy spínací frekvence PWM.

4.4 Systémy řízení osvětlovacích soustav

Díky adaptivní regulaci osvětlovacích soustav bude delší životnost světelných zdrojů, jelikož při snížení měrného světelného výkonu zdroje (vlivem stárnutí) regulace elektricky upraví vyzařovaný světelný tok. Tím pádem budou nižší výdaje na údržbu osvětlovací soustavy. Rozsah regulace intenzity osvětlení je možný v intervalu 1 až 100 %.

Analogová regulace

Při použití analogové regulace je nutné časové, pohybové či manuální spínání. Tato regulace již umožňuje udržování přednastavené úrovně osvětlení. Je však nutné instalovat řídicí vedení, které nemůže být umístěno společně s napájecím vedením. Proto je velmi obtížná realizace do starších budov. Dnes je lepší spíše některá z digitálních regulací.

DSI

Jedná se o starší typ digitálního rozhraní. Oproti předchozí analogové regulaci má velikou výhodu nejen v rušení řídicího vedení, ale i v digitálním signálu, jelikož na všech svítidlech (nezáleží na vzdálenosti vedení) je úroveň světelného toku stejná. Stmívání je již prováděno logaritmicky, což je přirozené lidskému vnímání. *„Jednotlivé DSI předřadníky bývá možné ovládat přímo připojenými tlačítkovými ovladači. V rozsáhlejších osvětlovacích systémech je ale výhodnější společné řízení celých skupin předřadníků.“* [9]

DALI (Digital Addressable Lighting Interface)

Výrobky systému DALI nemusí podléhat certifikaci, ale postačí prohlášení výrobce. To může způsobit chyby v komunikaci celkového systému, proto je lepší celý systém skládat od jednoho výrobce či od výrobců s kompatibilními komponenty. *„Ve srovnání s analogovým řízením svítidel s předřadníky 10 V DC má systém DALI mnoho výhod:*

- *řídicí vstupy předřadníků jsou bezpotenciálové,*
- *stmívání probíhá po logaritmické křivce odpovídající lidskému vnímání,*
- *je možné individuální i skupinové adresování jednotlivých předřadníků,*
- *snadno lze vytvářet scénické osvětlení,*
- *je možné zpětné hlášení stavů,*
- *souběžné stmívání více svítidel je synchronizováno,*
- *lze nastavit časy pro dobu stmívání,*
- *v předřadnicích jsou integrovány spínací prvky.“* [9]

KNX

Na rozdíl od DALI, kde postačí jen prohlášení výrobce (jak je již uvedeno výše). Sběrníkový systém KNX podléhá povinné certifikaci. U systému KNX navíc není sběrníkový systém vyvinut přímo pro řízení světelných zdrojů, ale je spíše všeobecnější, lze použít pro řízení například topení, zabezpečení, žaluzií, vizualizace atd.

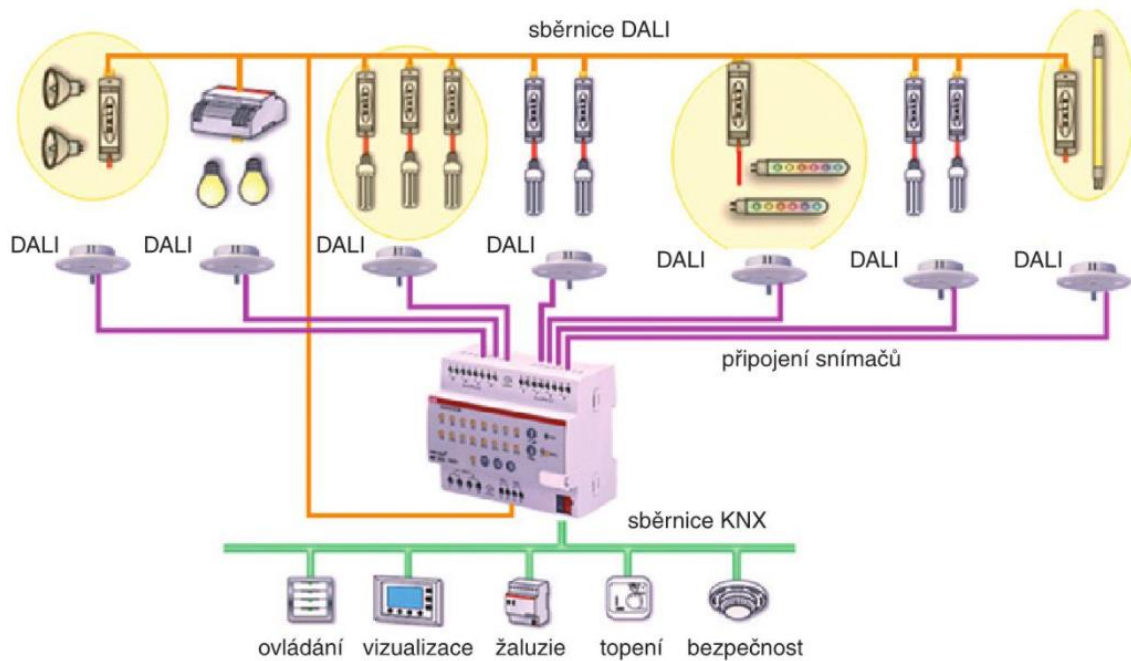
„V rozsáhlejších instalacích je obzvláště výhodné kombinovat řízení osvětlení se svítidly na sběrnici DALI s ovládáním dalších funkcí, jakými jsou vytápění, chlazení, stínění apod. na společné sběrnici KNX. K tomu je využíváno celé spektrum typů rozhraní KNX/DALI, která zabezpečují obousměrnou komunikaci mezi oběma sběrnici.“ [9]

DMX (Digital Multiplex)

Tento protokol je spíše určený pro jevištní efekty, a tedy ruční ovládání svítidel. Nejlepší je pro různé RGB efekty, ale není moc vhodný pro autonomní regulaci osvětlovací soustavy domácnosti. Jeho velkou výhodou je však snadné řešení úkonů se změnami chromatičnosti svítidel. Spíše než na řízení osvětlovací soustavy interiéru se hodí více na vytvoření a řízení scénického osvětlení.

4.5 Volba svítidla a předřadníku

Nejlepší volbou svítidel jsou dnes již RGB, popřípadě RGBW LED zdroje s digitálně řízeným elektronickým předřadníkem, který umožňuje regulaci intenzity každé barvy zvlášť. V tomto případě je možné v interiérech dosáhnout skoro 100 % ideálních světelných podmínek nezávisle na uživateli a na místnosti, jelikož v každé místnosti bychom chtěli dosáhnout trochu jiných světelně-technických podmínek. Proto nejlepší volbou pro celou domácnost při rekonstrukci či stavbě nového domu je kombinace rozhraní KNX/DALI, jak již bylo uvedeno. Na Obr. 4.2 je uveden příklad řízení na konstantní hodnotu osvětlenosti na sběrnici DALI ve spolupráci se sběrnici KNX. Při zvolení této kombinace řízení osvětlení a dalších elektrických spínaných prvků domácnosti lze dosáhnout takzvaného konceptu SMART HOME. V tomto konceptu je domácnost co se týče energetických nároků - mnohem více hospodárnější než domácnost se starou osvětlovací soustavou tvořenou neřízenými světelnými zdroji a svítidly. U moderních osvětlovacích soustav lze zároveň dosáhnout mnohem lepších světelných podmínek než v případě využití starších osvětlovacích soustav.

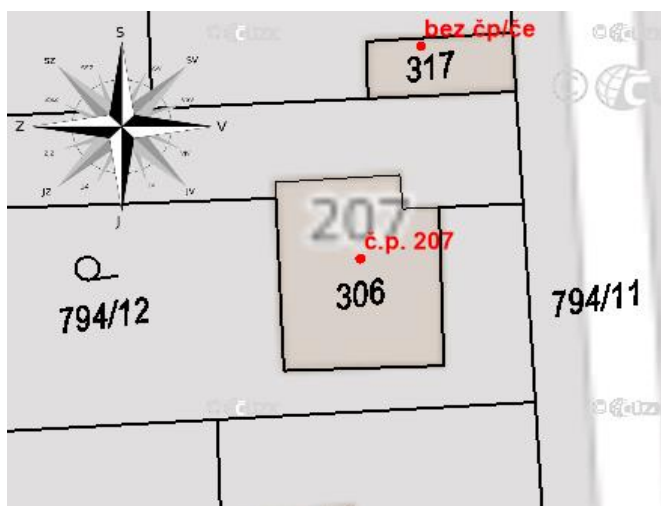


Obr. 4.2: příklad řízení osvětlovací soustavy na konstantní hodnotu osvětlenosti DALI/KNX [9]

„Při použití požadovaného způsobu ovládání svítidel a následné volbě optimálních ovládacích prvků, ve vazbě na činnost i dalších funkcí v objektu, ve spolupráci s projektanty dalších dílčích částí instalace, je nutné nejdříve stanovit požadavky na způsob činnosti osvětlení. Je to mj. také proto, aby všechny ovládací prvky mohly být použity ve společném designu, a tím bylo zajištěno takové estetické řešení, které plně vyhoví pro daný interiér.“ [9]

5 Popis objektu a zhodnocení činitele denní osvětlenosti

Pro návrh nové osvětlovací soustavy byl využit starší dvougenerační rodinný dům z 80. let minulého století. Skoro celá elektroinstalace v domě je původní (kromě dostavěného podkroví) z doby stavby domu a dnes již absolutně nevyhovuje využití budovy. Proto jsem se rozhodl v mé bakalářské práci navrhnout inteligentní osvětlovací soustavy pro jednotlivé místnosti tohoto domu. Půdorys objektu č.p. 207 je zobrazen v mapovém podkladu na Obr. 5.1 a foto objektu je vyobrazeno na Obr. 5.2.

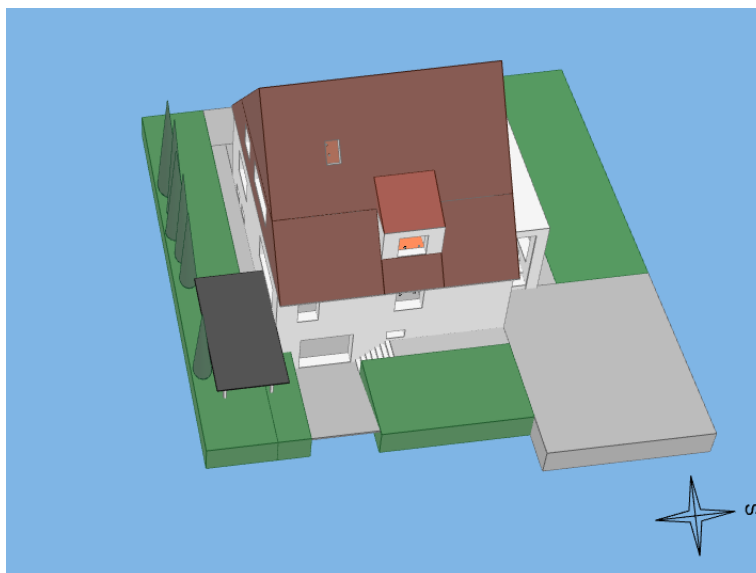


Obr. 5.1 Mapový podklad stavby [10]



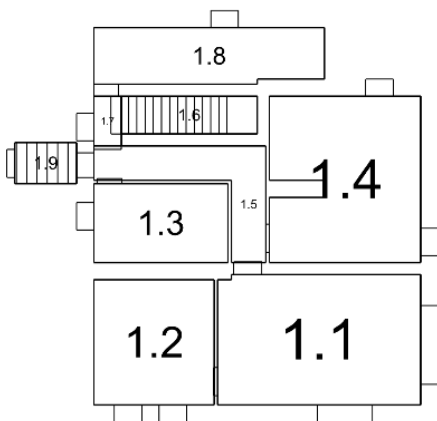
Obr. 5.2. Fotografie objektu

Rodinný dům je dvoupodlažní se sklepem a přistavěným podkrovím. Návrh domu byl nejdříve vypracován v softwaru AutoCAD a následně konvertován do softwaru BuildingDesign, ve kterém byl vytvořen a zhodnocen návrh nové inteligentní osvětlovací soustavy. Nejdříve však bylo nutné ověřit proslunění budovy, tedy činitele denní osvětlenosti. Pro účel této práce je brána v potaz třída zrakové činnosti III viz Tab. 5.1. Ověření proslunění budovy bylo provedeno dvěma způsoby. Jednak ve výše zmíněném softwaru a následně ručním měřením na místě, které bylo provedeno spíše jen pro porovnání s výsledky softwaru a ověření relevantnosti hodnot vypočítaných softwarem. Z tohoto důvodu není činitel denní osvětlenosti naměřen pro celou budovu, ale jen pro jednu nejlépe prosluněnou místnost budovy. Činitel denní osvětlenosti nebude řešen pro sklep budovy. V následující kapitole 5.1 je uveden návrh budovy v programu BuildingDesign a výpočet činitele denní osvětlenosti v tomto softwaru, který je porovnán s naměřenými hodnotami. Na Obr. 5.3 je zobrazen 3D model budovy vytvořený v softwaru BuildingDesign.



Obr. 5.3: 3D návrh rodinného domu v programu BuildingDesign

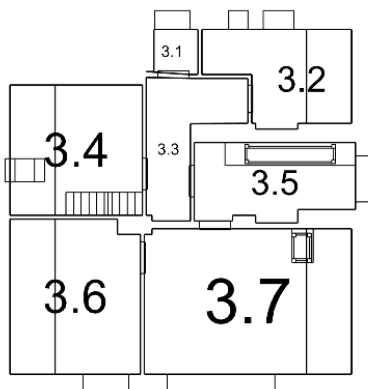
Na Obr. 5.4 je půdorys sklepa budovy s očíslováním místností, Obr. 5.5 vyobrazuje půdorys přízemí budovy s očíslováním místností, Obr. 5.6 vyobrazuje půdorys nadzemního podlaží budovy a Obr. 5.7 vyobrazuje půdorys podkroví budovy s očíslováním místností.



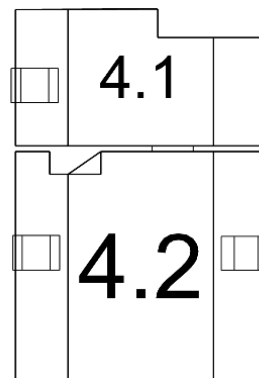
Obr. 5.4: půdorys sklepa budovy



Obr. 5.5: půdorys přízemí budovy



Obr. 5.6: půdorys nadzemního podlaží budovy



Obr. 5.7: půdorys podkroví budovy

5.1 Zhodnocení činitele denní osvětlenosti budovy

Činitel denní osvětlenosti dle normy ČSN 73 0580-1 určuje hodnotu činitele denní osvětlenosti dle zrakové činnosti a dle délky doby pobytu uživatelů v interiéru. Dále určuje funkční vymezení vnitřního prostoru, tj. kde je nutné již navrhovat umělé osvětlení pro doplnění denního. V Tab. 5.1 je uveden příklad třídění zrakových činností a odpovídající minimální hodnoty činitele denní osvětlenosti D_m (%), které by měly být splněny dle normy pro boční osvětlovací systém.

Tab. 5.1: Třídění zrakových činností a hodnoty činitele denní osvětlenosti [11]

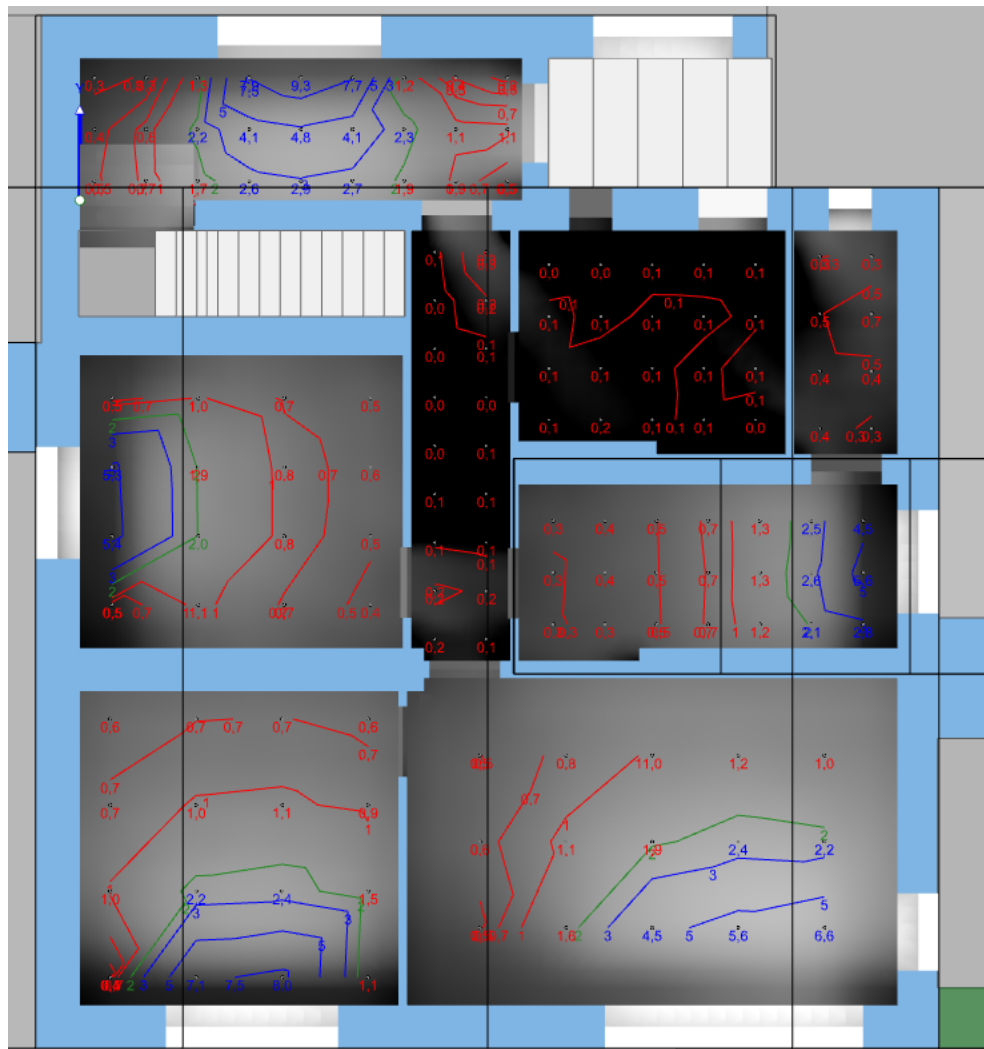
Třída zrakové činnosti	Charakteristika zrakové činnosti	Poměrná pozorovací vzdálenost	Příklady zrakových činností	Činitel denní osvětlenosti D_{min} (%)	Činitel denní osvětlenosti D_m (%)
I	mimořádně přesná	3 330 a větší	Nejpřesnější zraková činnost s omezenou možností použití zvětšení	3,5	10
II	velmi přesná	1 670 až 3 330	velmi přesné činnosti při výrobě a kontrole, velmi přesné rýsování	2,5	7
III	přesná	1 000 až 1 670	přesná výroba a kontrola, technické kreslení	2	6
IV	středně přesná	500 až 1 000	čtení, psaní, obsluha strojů	1,5	5
V	hrubší	100 až 500	manipulace s předměty a materiálem	1	3
VI	velmi hrubá	menší než 100	sprchování, mytí, převlékání	0,5	2
VII	celková orientace	-	chůze, skladování materiálu	0,2	1

5.2 Určení činitele denní osvětlenosti ze simulace

V softwaru BuildingDesign byl vytvořen model budovy se všemi místnostmi odpovídajícími reálné situaci. Výsledky, tj. stanovení činitele denní osvětlenosti pomocí výpočtu provedeného tímto softwarem, jsou uvedeny dále.

Přízemní podlaží

V tomto podlaží činitel denní osvětlenosti odpovídá hodnotám pro přesnou zrakovou činnost (Třída zrakové činnosti III, tzn. $D_{min} = 2$ %) jen v blízkosti okenních otvorů. Tyto oblasti jsou na Obr. 5.8 vymezeny zelenou izofotou, tzn. spojnicí spojující místa s konstantní hodnotou činitele denní osvětlenosti.



Obr. 5.8: Určení činitele denní osvětlenosti v programu BuildingDesign pro přízemí budovy

Pro oblasti, kde $D_{min} > 2 \%$, není třeba navrhovat plnohodnotnou umělou osvětlovací soustavu. Pro potřeby práce bude navržena plnohodnotně a případně regulována dle světelných podmínek. Pokud by se v těchto oblastech vyskytovaly pracovní desky či jiná místa přesného zřakového úkonu, je nutné osvětlovací soustavu doplnit o místní světelný zdroj, abychom na pracovní desce vždy naměřili požadované hodnoty osvětlenosti, které jsou již uvedeny v kapitole 1.3. V Tab. 5.2 je ukázka výpočtu činitele denní osvětlenosti přízemí budovy korespondující s Obr. 5.8.

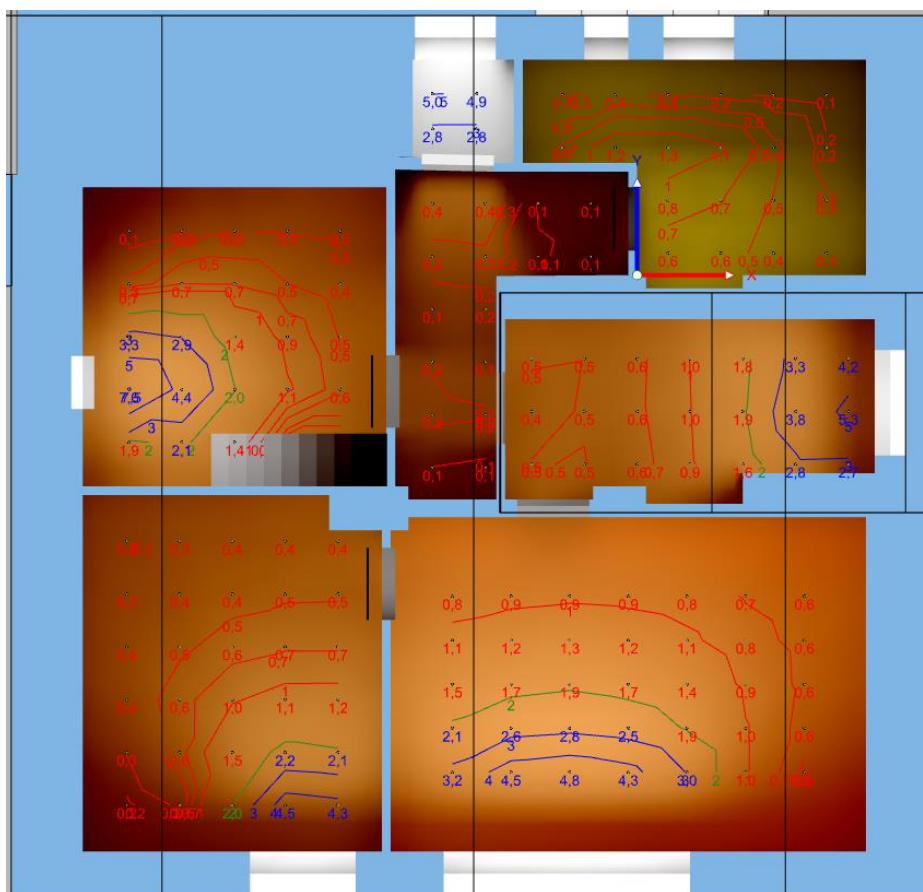
Tab. 5.2: Vypočtené hodnoty činitele denní osvětlenosti přízemí budovy

Název	Režim	Minimální	Požadovaná	Maximální	Rovnoměrnost
2.1 - Obývací Pokoj – obývací pokoje					
Činitel denní osv.	Výchozí	(0,7) 87 / 95 %	(2,0) 33 / 50 %	6,6 %	0,078
2.2 - Ložnice – obývací pokoje					
Činitel denní osv.	Výchozí	(0,7) 94 / 95 %	(2,0) 25 / 50 %	8,1 %	0,061
2.3 - Pokoj – odpočívárny					
Činitel denní osv.	Výchozí	(0,7) 63 / 95 %	(2,0) 25 / 50 %	5,4 %	0,084
2.4 - Chodba – komunikační prostory a chodby					
Činitel denní osv.	Výchozí	(0,7) 0 / 95 %	(2,0) 0 / 50 %	0,3 %	0,094
2.5 - Kuchyň – kuchyně					
Činitel denní osv.	Výchozí	(0,7) 48 / 95 %	(2,0) 29 / 50 %	5,6 %	0,0042
2.6 - Spižárna – skladiště a zásobárny					
Činitel denní osv.	Výchozí	(0,7) 13 / 95 %	(2,0) 0 / 50 %	0,7 %	0,39
2.7 - Koupelna – šatny, umývárny, koupelny, toalety					
Činitel denní osv.	Výchozí	(0,7) 0 / 95 %	(2,0) 0 / 50 %	0,2 %	0,2
2.9 - Veranda – komunikační prostory a chodby					
Činitel denní osv.	Výchozí	(0,7) 74 / 95 %	(2,0) 41 / 50 %	9,3 %	0,025

Jak je vidět z Obr. 5.8 a z Tab. 5.2 zcela nesplňují normu tři místnosti ve střední části podlaží, pro které je nutno navrhnout plnohodnotnou umělou osvětlovací soustavu. Konkrétně jde o místnosti 2.4, 2.6, 2.7.

1. nadzemní podlaží

Pro toto podlaží vyšly hodnoty činitele denní osvětlenosti velice podobně jako pro předchozí podlaží. Je to dáno díky obdobnému uspořádání místností a osvětlovacích otvorů jako v předchozím podlaží. V tomto podlaží bylo navíc provedeno kontrolní měření, které bude sloužit ke kontrole výsledků vypočítaných na Obr. 5.9. V Tab. 5.3 je uveden příklad výpočtu činitele denní osvětlenosti nadzemního patra budovy. Konkrétně se jedná o místnost 3.7. Tato místnost byla ke kontrolnímu měření vybrána kvůli jižnímu umístění osvětlovacího otvoru a nejlepším světelným podmínkám v budově.



Obr. 5.9: Určení činitele denní osvětlenosti v programu BuildingDesign pro 1. nadzemní podlaží budovy

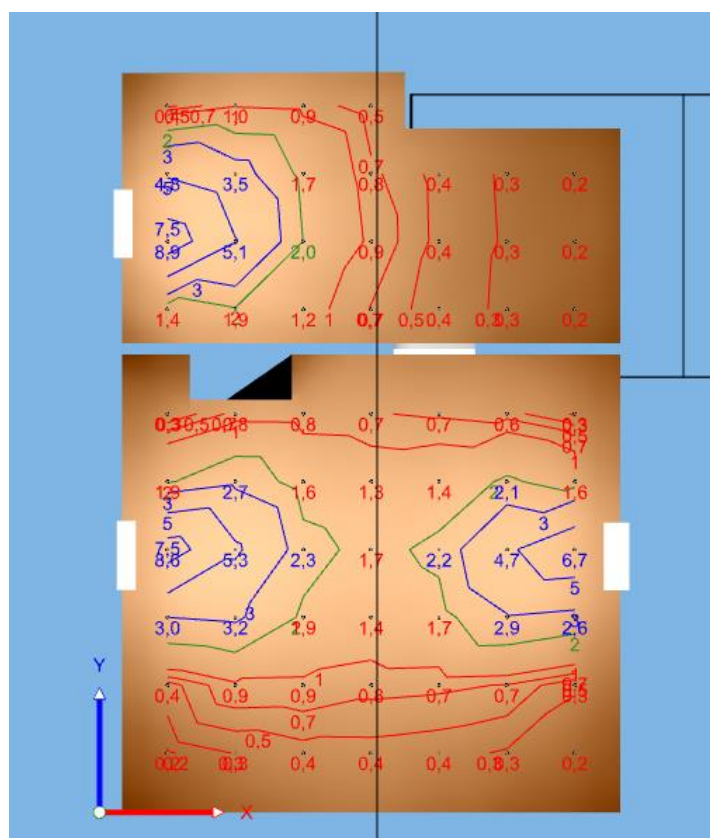
Tab. 5.3: Vypočtené hodnoty činitele denní osvětlenosti v nadzemním patře budovy

Název	Režim	Minimální	Požadovaná	Maximální	Rovnoměrnost
3.1 - Veranda – komunikační prostory a chodby					
Činitel denní osv.	Výchozí	(0,7) 100 / 95 %	(2,0) 100 / 50 %	5,0 %	0,55
3.2 - Koupelna – šatny, umývárny, koupelny, toalety					
Činitel denní osv.	Výchozí	(0,7) 70 / 95 %	(2,0) 0 / 50 %	1,1 %	0,38
3.3 - Chodba – komunikační prostory a chodby					
Činitel denní osv.	Výchozí	(0,7) 0 / 95 %	(2,0) 0 / 50 %	0,3 %	0,29
3.4 - Pokoj – obývací pokoje					
Činitel denní osv.	Výchozí	(0,0) 100 / 95 %	(2,0) 31 / 50 %	5,0 %	0,092
3.5 - Kuchyň – kuchyně					
Činitel denní osv.	Výchozí	(0,7) 71 / 95 %	(2,0) 29 / 50 %	4,2 %	0,12
3.6 - Ložnice – odpočívárny					
Činitel denní osv.	Výchozí	(0,7) 50 / 95 %	(2,0) 13 / 50 %	2,5 %	0,15
3.7 - Obývací pokoj – obývací pokoje					
Činitel denní osv.	Výchozí	(0,7) 94 / 95 %	(2,0) 29 / 50 %	4,2 %	0,14

Z Tab. 5.3 je zřejmé, že denní osvětlení budovy neodpovídá normě pro denní osvětlení, proto je nutné navrhnout sdruženou osvětlovací soustavu.

Podkroví

Pro místnosti umístěné v podkroví vyšly hodnoty činitele denní osvětlenosti poměrně dobře a daly by se velice jednoduše vylepšit přidáním světlovodů či světlíků do střechy. Místnosti se ale využívají i ve večerních hodinách, proto bude navržena plnohodnotná umělá osvětlovací soustava pro doplnění denní složky světla v místnostech a pro potřeby večerní či noční práce pro dosažení požadovaných světelných podmínek na pracovní desce stolu. Na Obr. 5.10 a v Tab. 5.4 jsou uvedeny výpočty z programu BuildingDesign pro podkrovní místnosti budovy.



Obr. 5.10: Určení činitele denní osvětlenosti v programu BuildingDesign pro podkrovní budovy

Tab. 5.4: Vypočtené hodnoty činitele denní osvětlenosti v podkroví budovy

Název	Režim	Minimální	Požadovaná	Maximální	Rovnoměrnost
4.1 - Pokoj – obývací pokoje					
Činitel denní osv.	Výchozí	(0,0) 100 / 95 %	(2,0) 35 / 50 %	6,0 %	0,043
4.2 - Ložnice – odpočívárny					
Činitel denní osv.	Výchozí	(0,0) 100 / 95 %	(2,0) 40 / 50 %	4,9 %	0,12

Z Tab. 5.4 je vidět, že podkroví budovy téměř vyhovělo požadavkům normy. To je dáno tím, že má osvětlovací otvory umístěné ve střeše.

5.3 Ověření hodnot činitele denní osvětlenosti měřením

Měření bylo prováděno dle normy ČSN 36 0011-2, kde je uveden postup měření a vyhodnocení denní osvětlenosti budov. Přímou je zde uvedena i proměnlivost denního osvětlení, která je způsobena vzájemnými pohyby vesmírných těles sluneční soustavy a změnou počasí. Hodnotí se úroveň denního osvětlení a denní složky sdruženého osvětlení, které se určují pomocí poměrné veličiny činitele denní osvětlenosti, který vyjadřuje poměr osvětlenosti v daném bodě na srovnávací rovině k současné osvětlenosti venkovní nezacloněné vodorovné roviny, při rovnoměrně zatažené obloze a za předpokladu tmavého terénu.

Hlavní měřené veličiny:

- osvětlenost v měřících bodech ve vnitřním prostoru stavby E (lx),
- osvětlenost venkovní nezacloněné vodorovné roviny E_h (lx),
- vertikální osvětlenost na rovině vnějšího zasklení okna E_w (lx), která slouží k výpočtu činitele denní osvětlenosti D_w (%),
- jasy ploch ovlivňující zrakovou pohodu ve vnitřním prostoru, ke kterým se ještě doplní jasy osvětlovacích otvorů při průhledu na oblohu a při průhledu na okolní objekty.

Pro vypracování této bakalářské práce nebyly měřeny jasy ploch, ale jen odhadnuty z důvodu potřeby pouze ověření funkčnosti použitého softwaru. Proto byly naměřeny jen výše zmíněné osvětlenosti, které slouží k výpočtům činitele denní osvětlenosti. Činitel denní osvětlenosti je definován dle vztahu (5).

$$D = \frac{E}{E_h} 100 (\%) \quad (5)$$

V následujících Tab. 5.5 a Tab. 5.6 jsou uvedena naměřená data pro místnost 3.7.

Tab. 5.5: Naměřené hodnoty osvětlenosti venku pro ověřovanou místnost.

Hodnoty osvětleností na venkovní nezacloněné vodorovné rovině. E_h (lx)						
8 600	8 480	7 820	7 760	7 150	7 100	7 560
8 660	8 360	7 820	7 620	7 220	7 090	7 540
8 700	8 020	7 670	7 350	7 160	7 130	7 470
8 790	7 860	7 590	7 160	7 126	7 190	7 390
8 780	7 630	7 580	7 100	7 130	7 270	7 310

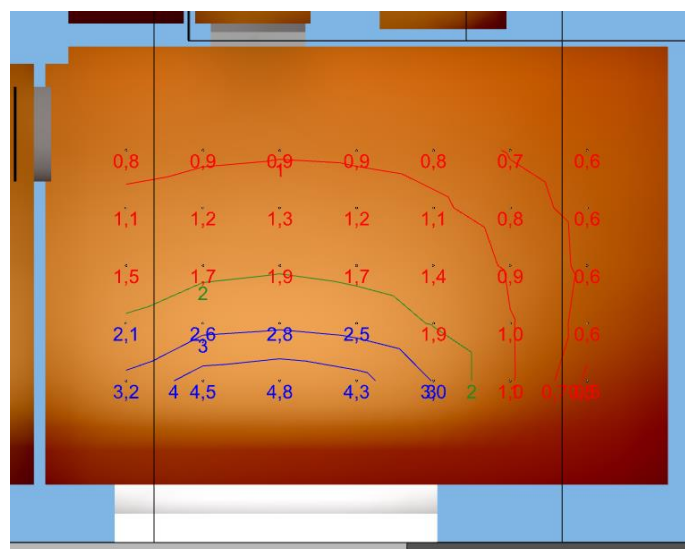
Tab. 5.6: Naměřené hodnoty osvětlenosti uvnitř pro ověřovanou místnost.

Hodnoty osvětlenosti uvnitř na stanovené síti kontrolních bodů. E (lx)						
62	66	34	26	25	23	20
90	101	75	60	55	52	27
129	172	171	92	79	55	31
225	265	248	192	122	81	33
420	438	474	339	194	70	34

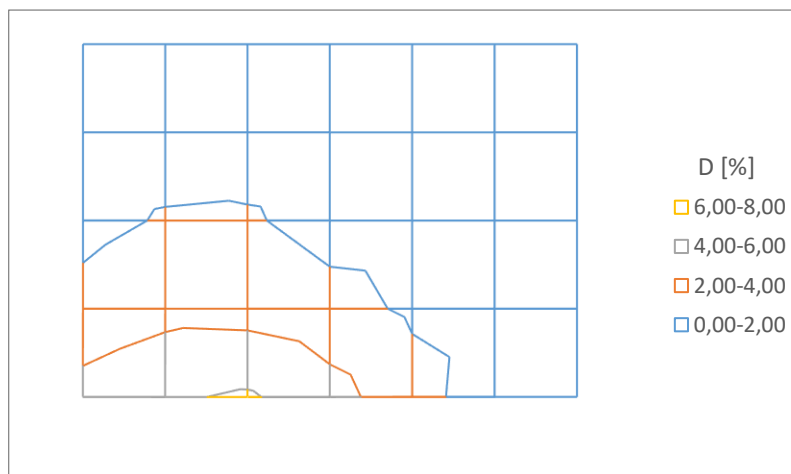
Z těchto naměřených hodnot osvětleností jsou následně dopočteny dle vztahu (5) hodnoty činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech ověřované místnosti, viz Tab. 5.7. Na Obr. 5.11 je zobrazen výpočet téže místnosti v programu BuildingDesign. Tab. 5.7 je vytvořena tak, aby svým rozložením odpovídala rozložení soustavy hodnotících bodů v místnosti na Obr. 5.11. Soustava hodnotících bodů byla umístěna jeden metr od každé zdi a je rozdělena na 5 x 7 bodů. Na Obr. 5.12 jsou vykresleny izofoty odpovídající hodnotám zjištěným měřením (viz Tab. 5.7) pro porovnání s výsledky ze softwaru uvedených na Obr. 5.11.

Tab. 5.7: Vypočítaný činitel denní osvětlenosti z naměřených hodnot ve zvolené místnosti

Hodnoty činitele denní osvětlenosti v síti kontrolních bodů D (%)						
0,72	0,78	0,43	0,34	0,35	0,32	0,26
1,04	1,21	0,96	0,79	0,76	0,73	0,36
1,48	2,14	2,23	1,25	1,10	0,77	0,41
2,56	3,37	3,27	2,68	1,71	1,13	0,45
4,78	5,74	6,25	4,77	2,72	0,96	0,47



Obr. 5.11: Činitel denní osvětlenosti vypočítaný v softwaru



Obr. 5.12: Vyobrazení změřeného činitele denní osvětlenosti z Tab. 5.7

Zhodnocení měření

Z Obr. 5.11 a Obr. 5.12 je zřejmé, že hodnoty teoreticky vypočítané programem BuildingDesign přibližně odpovídají naměřeným hodnotám. I rozložení izofot je velice podobné, proto již dále v této práci budou výpočty programu uvažované za relevantní. Místnost z více než jedné čtvrtiny odpovídá normě pro denní osvětlení budov ČSN 36 0011-2, pro zbytek místnosti je nutné navrhnout plnohodnotnou umělou osvětlovací soustavu s ohledem na vliv denní složky světla. Denní složka světla by se dala zlepšit také velice jednoduše, jelikož má jednu stěnu zkosenou pod střechou, tam by se dal přidat světlovod.

6 Posouzení světelně-technických aspektů stávající osvětlovací soustavy

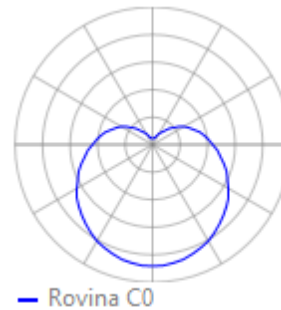
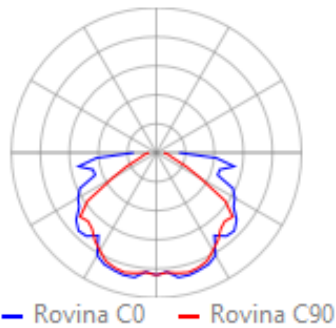
„Pro posouzení sdruženého osvětlení podle ČSN 36 0020 se měří denní osvětlení podle ČSN 36 0011-2 a doplňkové umělé osvětlení podle ČSN 36 0011-3. Obě složky se hodnotí samostatně.“ [12] Měření se následně vyhodnocuje sestavením přehledných tabulek označených tak, aby bylo možné u hodnot identifikovat místo měření podle výkresu. Rozložení světla se také doporučuje znázornit graficky. Pro účel této práce nebyly měřeny jasy ploch v místnostech, ale jen odhadnuty dle barvy zdiva.

6.1 Posouzení světelně-technických aspektů pomocí softwaru

Pro posouzení světelně-technických vlastností stávající světelné soustavy ve vybrané budově je v této práci využit program BuildingDesign a pro posouzení věrohodnosti výsledků programu bylo provedeno měření ve stejné místnosti, ve které bylo provedeno měření činitele denní osvětlenosti v předcházející kapitole 5.3. V následující části textu jsou blíže uvedeny a vyobrazeny stávající osvětlovací soustavy v jednotlivých patrech a jejich světelně-technické vlastnosti.

Sklep

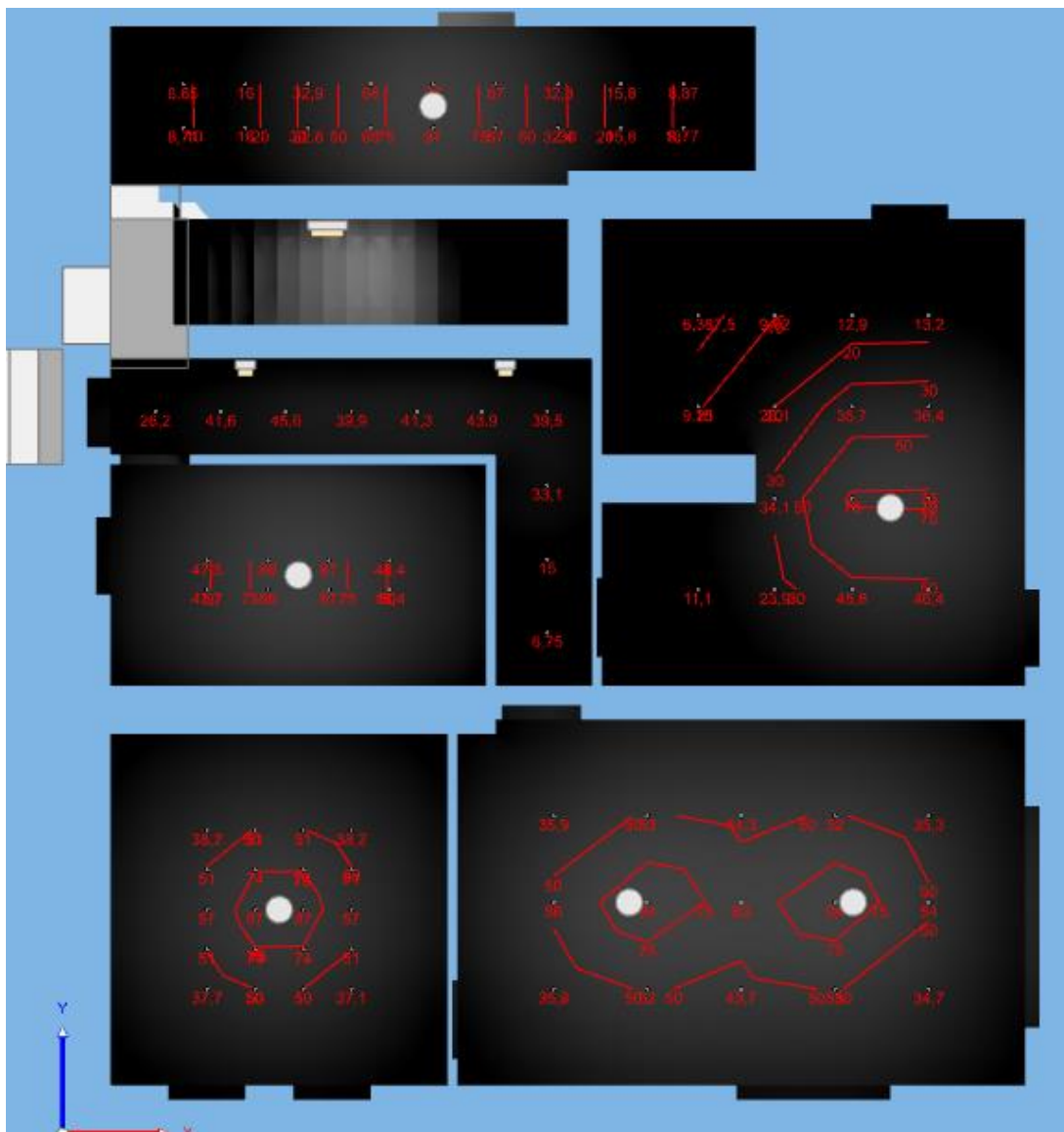
Stávající osvětlovací soustava ve sklepě, ale i ve zbytku budovy, se skládá ze starých žárovkových svítidel. Toto provedení soustavy není z hlediska světelně-technických, ale ani z hlediska energetických vlastností, kvalitní. V dnešní době se tyto světelné zdroje nesmí ani vyrábět ani prodávat v EU. Z tohoto důvodu bylo velice složité nalézt v databázi programu věrohodná svítidla, která by se přiblížila realitě. Ve sklepě jsou zvolena svítidla vyobrazena na Obr. 6.1. a na Obr. 6.2 i s jejich křivkami svítivosti, do kterých je zvolen počet světelných zdrojů dle reality.



Obr. 6.1: Svítidlo 5113201n Elektrosvit Svatobořice (převzato z databáze programu BuildingDesign)

Obr. 6.2: Svítidlo FI6202 Fulgur Brno (převzato z databáze programu BuildingDesign)

Svítidlo z Obr. 6.1 je využito na chodbě a na schodišti ze sklepa do přízemí budovy, je osazeno 60 W žárovkovými světelnými zdroji. Svítidlo vyobrazené na Obr. 6.2 je v návrhu využito ve zbytku sklepa, jelikož se zde ve skutečnosti nacházejí velice podobná svítidla vyrobená v 80. letech minulého století. Některé z těchto svítidel již ani nemají zasklení a dá se tedy říci, že osvětlovací soustava sklepa se skládá jen z „žárovek v objímce“. V návrhu v programu BuildingDesign jsou použity žárovkové světelné zdroje 2 x 60 W nebo 100 W v již zmíněných svítidlech. Na Obr. 6.3 je zobrazena stávající osvětlovací soustava ve sklepech budovy navržená co nejméně ke skutečné s ohledem na omezený výběr zastaralých svítidel v programu BuildingDesign. V Tab. 6.1 je výpočet z programu BuildingDesing korespondující s Obr. 6.3.



Obr. 6.3: Výpočet a znázornění rozložení osvětlenosti stávající umělé osvětlovací soustavy ve sklepech budovy

Tab. 6.1: Vypočtené hodnoty osvětlenosti staré osvětlovací soustavy sklepa budovy

Název	Režim	Minimální	Průměrná	Maximální	Rovnoměrnost	R _a
1.1 - Garáž – povrchové opracování a lakování						
Normálová osv.	Výchozí	34,7 lx	53 / 750 lx	94 lx	0,65 / 0,7	100
1.2 - Sklad – skladiště a zásobárny						
Normálová osv.	Výchozí	37,1 lx	57 / 100 lx	87 lx	0,65 / 0,4	100
1.3 - Prádelna – praní a čištění						
Normálová osv.	Výchozí	47,5 lx	67 / 300 lx	87 lx	0,71 / 0,6	100
1.4 - Kotelna – kotelny						
Normálová osv.	Výchozí	6,38 lx	30,8 / 100 lx	79 lx	0,21 / 0,4	100
1.5 - Chodba – komunikační prostory a chodby						
Normálová osv.	Výchozí	6,75 lx	33,3 / 100 lx	45,6 lx	0,2 / 0,4	100
1.8 - Sklep – skladiště a zásobárny						
Normálová osv.	Výchozí	8,71 lx	38,5 / 100 lx	97 lx	0,23 / 0,4	100

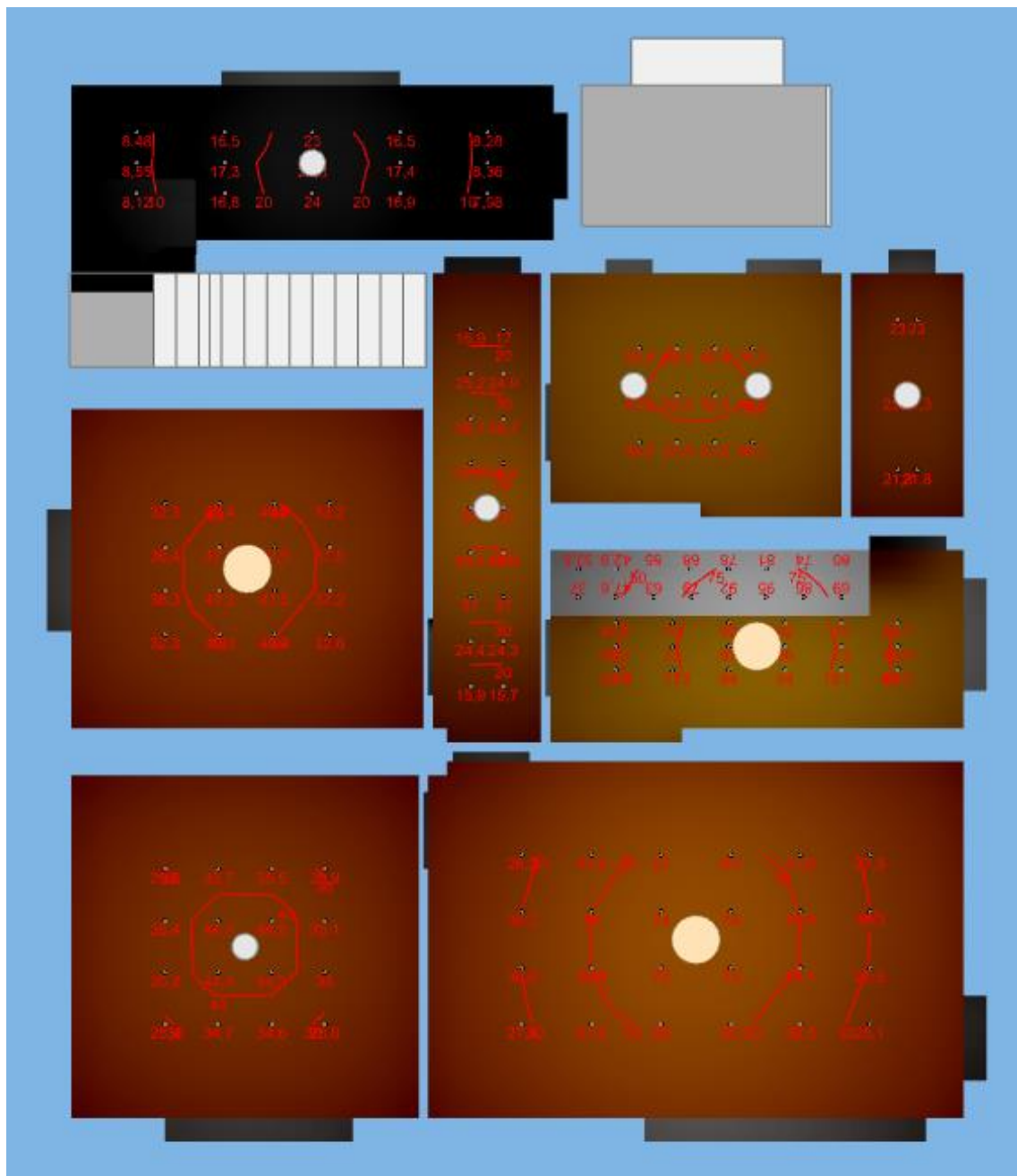
Z uvedeného Obr 6.3 a Tab. 6.1 je jasné, že stávající osvětlovací soustava nevyhovuje požadovaným hodnotám osvětlenosti ani v navrženém stavu, natož již opotřebovaném a znečištěném stavu. Pouze rovnoměrnost ve skladu a v prádelně (místnosti 1.2 a 1.3) odpovídá požadavkům.

Přízemní podlaží

Stávající osvětlovací soustava v přízemí budovy se stejně jako ve sklepech skládá ze zastaralých žárovkových svítidel. V přízemí jsou použita stejná stropní svítidla již uvedená na Obr. 6.2 a závěsná svítidla, která v tomto patře více odpovídají reálně použitým svítidlům, než tomu bylo ve sklepech, jelikož údržba osvětlovací soustavy je mnohem pravidelnější. Na Obr. 6.4 je uvedena stávající osvětlovací soustava v přízemí budovy, která se snaží věrohodně napodobit reálnou situaci. V Tab. 6.2 je uveden příklad výpočtu korespondující s Obr. 6.4. Svítidla jsou osazena 40 až 60 W žárovkovými světelnými zdroji.

Tab. 6.2: Vypočtené hodnoty osvětlenosti staré osvětlovací soustavy přízemí budovy

Název	Režim	Minimální	Průměrná	Maximální	Rovnoměrnost	Ra
2.1 - Obývací pokoj – obývací pokoje						
Normálová osv.	Výchozí	25,1 lx	46,2 / 200 lx	74 lx	0,54 / 0,6	100
2.2 - Ložnice – obývací pokoje						
Normálová osv.	Výchozí	28,6 lx	36 / 100 lx	44,7 lx	0,8 / 0,6	100
2.3 - Pokoj –odpočívárny						
Normálová osv.	Výchozí	32,3 lx	39,3 / 100 lx	47,5 lx	0,82 / 0,4	100
2.4 - Chodba – komunikační prostory a chodby						
Normálová osv.	Výchozí	15,7 lx	34,3 / 100 lx	55 lx	0,46 / 0,4	100
2.5 - Kuchyň – kuchyně						
Normálová osv.	Výchozí	45,7 lx	71 / 200 lx	97 lx	0,65 / 0,6	100
Normálová osv.	Výchozí	33,8 lx	66 / 500 lx	95 lx	0,51 / 0,6	100
2.6 - Spížirna – skladiště a zásobárny						
Normálová osv.	Výchozí	21,8 lx	24,7 / 100 lx	29,3 lx	0,88 / 0,4	100
2.7 - Koupelna – šatny, umývárny, koupelny, toalety						
Normálová osv.	Výchozí	35,6 lx	39,2 / 200 lx	42,5 lx	0,91 / 0,4	100
2.9 - Veranda – komunikační prostory a chodby						
Normálová osv.	Výchozí	7,98 lx	14,9 / 100 lx	24,8 lx	0,54 / 0,4	100



Obr. 6.4: Výpočet a znázornění rozložení osvětlenosti stávající umělé osvětlovací soustavy v přízemí budovy

Z uvedeného Obr. 6.4 a Tab. 6.2 jsou zřejmé velké nedostatky v osvětlenosti místností tohoto patra. Opět jen rovnoměrnost osvětlenosti v některých místnostech odpovídá požadavkům.

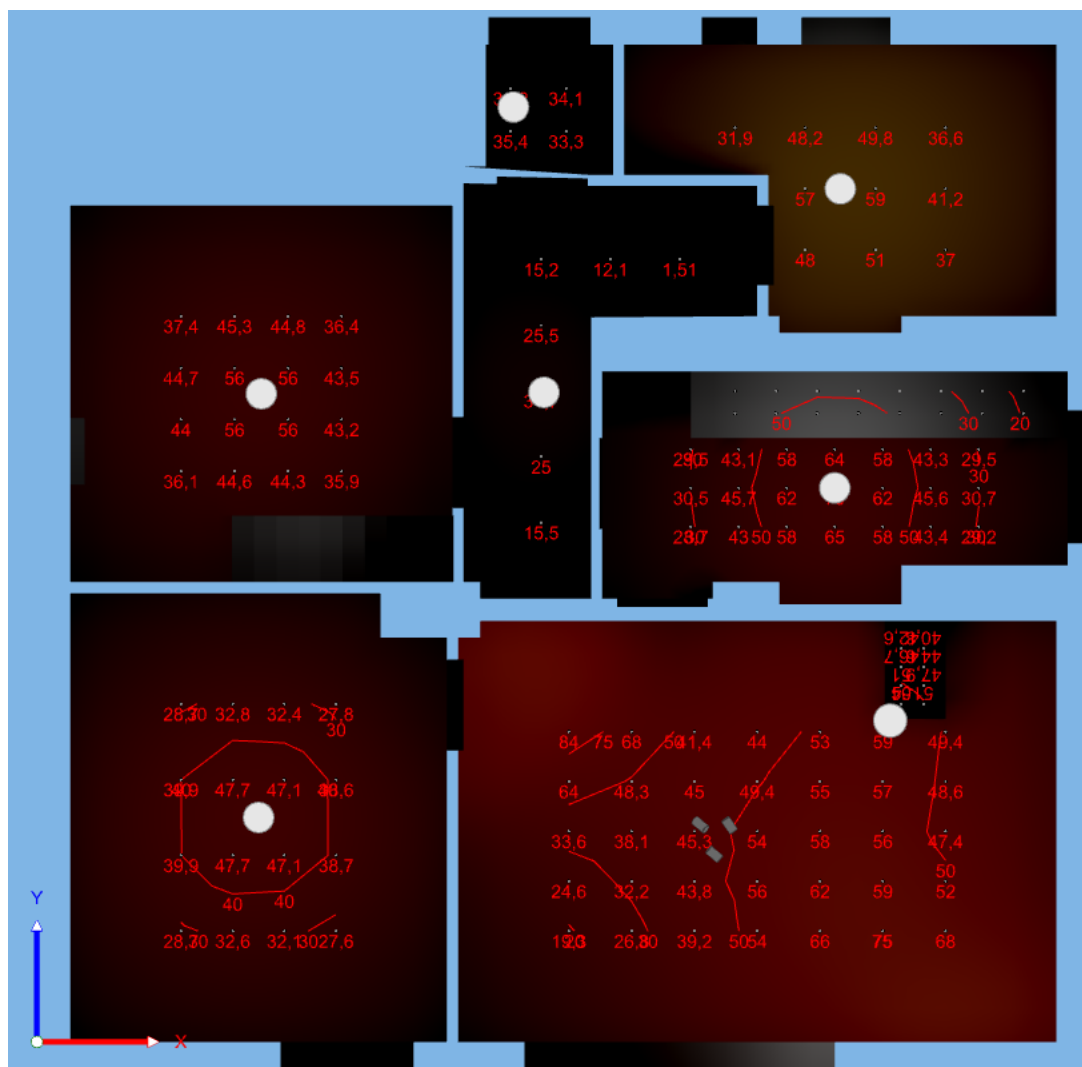
Nadzemní podlaží

Stávající osvětlovací soustava v tomto podlaží je opět složena žárovkovými světelnými zdroji jako v předchozích patrech. Pro návrh byla opět použita stropní svítidla jako v předchozích dvou patrech. V obývacím pokoji je třížárovkový směrový lustr, který byl v

návrhu nahrazen třemi směrovými svítidly se stejnými parametry. Veškerá svítidla jsou osazena 60 W žárovkovými světelnými zdroji. Návrh tohoto patra nejméně napodobuje reálný stav osvětlovací soustavy domu, proto zde bylo provedeno kontrolní měření, a to právě v obývacím pokoji. Stále zde platí, že program počítá nově navrženou soustavu, a tedy hodnoty naměřené nejspíše budou nižší než hodnoty spočtené v softwaru. Na Obr. 6.5 je uveden návrh a výpočet osvětlení stávající osvětlovací soustavy nadzemního podlaží budovy. V Tab. 6.3 je uveden výpočet odpovídající Obr. 6.5.

Tab. 6.3: Vypočtené hodnoty osvětlenosti staré osvětlovací soustavy nadzemního patra budovy

Název	Režim	Minimální	Průměrná	Maximální	Rovnoměrnost	Ra
3.1 - Veranda – komunikační prostory a chodby						
Normálová osv.	Výchozí	33,3 lx	34,8 / 100 lx	36,2 lx	0,96 / 0,4	100
3.2 - Koupelna – šatny, umývárny, koupelny, toalety						
Normálová osv.	Výchozí	31,9 lx	45,9 / 200 lx	59 lx	0,7 / 0,4	100
3.3 - Chodba – komunikační prostory a chodby						
Normálová osv.	Výchozí	1,51 lx	18,1 / 100 lx	31,7 lx	0,084 / 0,4	100
3.4 - Pokoj – obývací pokoje						
Normálová osv.	Výchozí	35,9 lx	45,2 / 100 lx	56 lx	0,79 / 0,6	100
3.5 - Kuchyň – kuchyně						
Normálová osv.	Výchozí	28,7 lx	47,4 / 200 lx	70 lx	0,61 / 0,6	100
Normálová osv.	Výchozí	17,9 lx	38,4 / 500 lx	56 lx	0,47 / 0,6	100
3.6 - Ložnice – odpočívárny						
Normálová osv.	Výchozí	27,6 lx	36,8 / 100 lx	47,7 lx	0,75 / 0,4	100
3.7 - Obývací pokoj – obývací pokoje						
Normálová osv.	Výchozí	19,3 lx	51 / 200 lx	84 lx	0,38 / 0,6	100
Normálová osv.	Výchozí	40,8 lx	47,2 / 500 lx	54 lx	0,86 / 0,6	100

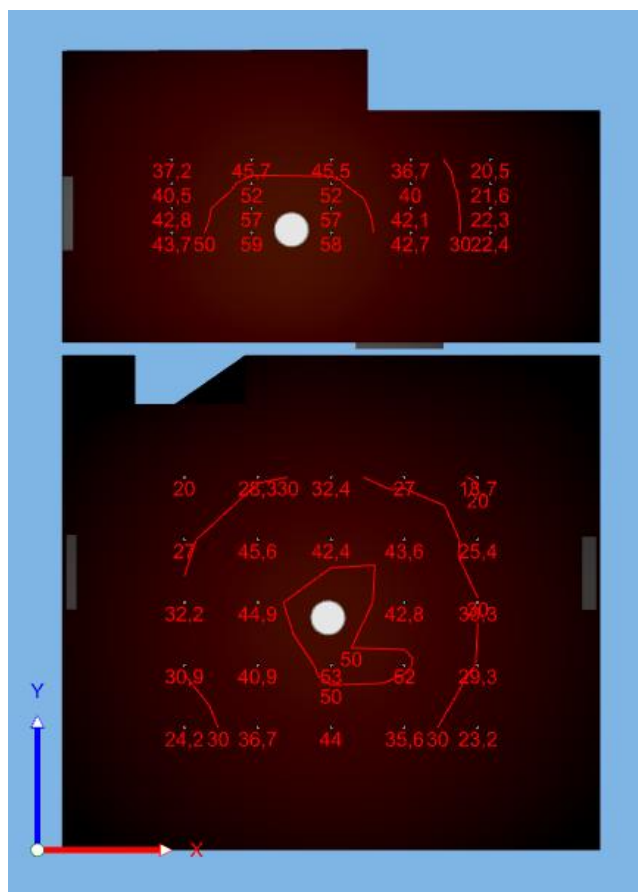


Obr. 6.5: Výpočet rozložení osvětlenosti stávající umělé osvětlovací soustavy v nadzemním podlaží budovy

Ani v tomto podlaží osvětlovací soustava nevyhovuje světelným parametrům dle uvedených požadavků.

Podkroví

V tomto patře, jelikož se zde nacházejí jen dvě místnosti - ložnice a pracovna, je použit jen jeden druh svítidla. Jedná se o stejný typ stropního svítidla, který je použit ve všech předchozích patrech a je vyobrazen na Obr. 6.2. Svítidla jsou osazena 2 x 60 W žárovkovými světelnými zdroji. Na Obr. 6.6 je uveden návrh stávající osvětlovací soustavy v podkroví budovy s rozložením osvětlenosti. V Tab. 6.4 je uveden výpočet staré osvětlovací soustavy podkroví budovy.



Obr. 6.6: Výpočet rozložení osvětlenosti stávající umělé osvětlovací soustavy v podkroví

Tab. 6.4: Vypočtené hodnoty osvětlenosti staré osvětlovací soustavy podkroví budovy

Název	Režim	Minimální	Průměrná	Maximální	Rovnoměrnost	Ra
4.1 - Pokoj – obývací pokoje						
Normálová osv.	Výchozí	20,5 lx	42 / 200 lx	59 lx	0,49 / 0,6	100
4.2 - Ložnice – odpočívárny						
Normálová osv.	Výchozí	18,7 lx	35,6 / 100 lx	59 lx	0,53 / 0,4	100

Podkroví budovy a celá jeho elektroinstalace je mladší než budova, ale přesto zde byla použita obdobná svítidla jako ve zbytku budovy, proto také neodpovídá žadaným hodnotám dle příslušné normy.

6.2 Posouzení světelně-technických aspektů měření

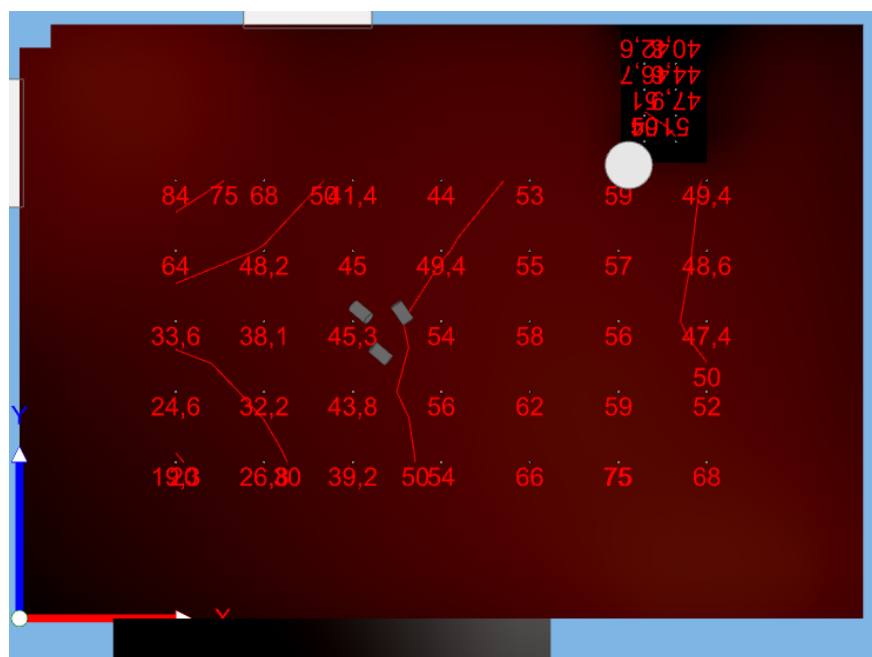
Pro posouzení světelně technických aspektů stávající osvětlovací soustavy měřením byla použita stejná místnost jako pro měření činitele denní osvětlenosti. V této místnosti bylo velice dbáno na věrohodné napodobení stávající osvětlovací soustavy, jak již bylo uvedeno na začátku předchozí kapitoly 6. Měření umělého osvětlení v místnosti bylo prováděno dle normy ČSN 36 0011. Volba sítě kontrolních bodů byla provedena totožně

jako v měření činitele denní osvětlenosti již uvedené kapitole 5.3. Bylo prováděno za tmy a při zatažených závěsech pro minimalizaci vlivu pouličního osvětlení. Osvětlovací soustava byla rozsvícena již 1 hodinu předem pro ustálení světelných aspektů. Hlavní měřenou veličinou byla osvětlenost v místech srovnávací roviny. Opět nebylo provedeno měření jasů ploch, jelikož měření bylo provedeno jen pro porovnání důvěryhodnosti výpočtu programu BuidingDesign. V následující Tab. 6.5 jsou uvedeny hodnoty vodorovné osvětlenosti v kontrolních bodech ve výšce 85 cm nad zemí. Tabulka je opět rozvržena tak, aby odpovídala rozmístění kontrolních bodů v programu BuildingDesign.

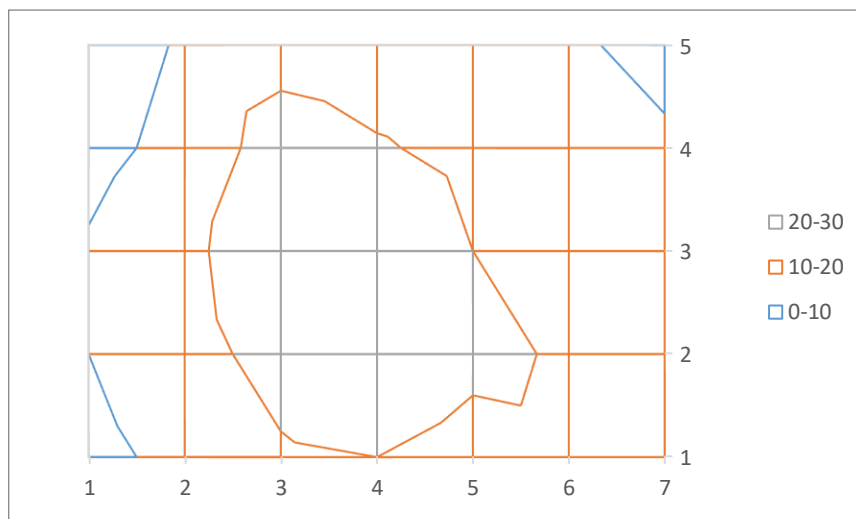
Tab. 6.5: Naměřené hodnoty vodorovné osvětlenosti v kontrolních bodech místnosti

Hodnoty osvětlenosti umělého osvětlení v kontrolních bodech E (lx)						
7	13	19	20	17	18	16
10	17	23	26	22	19	14
11	18	26	28	20	17	11
7	13	25	21	17	13	11
5	11	16	14	12	11	8

Hodnoty vodorovné osvětlenosti naměřené a uvedené v Tab. 6.5 neodpovídají ani zdaleka již uvedeným požadovaným hodnotám. Na Obr. 6.7 je uveden příklad výpočtu osvětlenosti téže místnosti v programu BuildingDesign, a na Obr. 6.8 je uvedeno naměřené rozložení osvětlenosti dle Tab. 6.5 pro porovnání výsledků spočítaných programem a naměřených ve skutečnosti.



Obr. 6.7: Výpočet rozložení osvětlenosti stávající umělé osvětlovací soustavy v programu BuildingDesign



Obr. 6.8: Vyobrazení změřené osvětlenosti z Tab. 6.5

Vyhodnocení měření

Z Obr. 6.7 a Obr. 6.8 je zřejmé, že návrh stávající osvětlovací soustavy v programu BuildingDesign neodpovídá reálnému stavu osvětlovací soustavy, ale ještě ji nadhodnocuje. Může to být způsobeno reflektory moderních směrových svítidel využitých v návrhu, nebo to může být způsobeno zanesením svítidel, zdí nebo jiných ploch v místnosti. Proto bude nově navržená soustava lehce naddimenzovaná, aby i v průběhu let byla stále schopna plnit požadované parametry osvětlení, které již byly uvedeny. V této práci budou hodnoty vypočtené osvětlenosti programem BuildingDesign brány jako relevantní.

6.3 Zhodnocení výsledků

Jelikož ani v jedné z místností budovy hodnota osvětlenosti nedosahuje požadované úrovně, dá se s jistotou říci, že tato soustava z hlediska světelných aspektů vůbec nevyhovuje požadavkům již zmíněné neplatné normy. V Tab. 6.6 jsou uvedeny celkové příkony osvětlovacích soustav jednotlivých pater budovy.

Tab. 6.6: Celkové příkony osvětlovacích soustav jednotlivých pater budovy

Podlaží	Příkon P (W)
Sklep	860
Prizemní podlaží	960
Nadzemní podlaží	660
Podkroví	240
Celkem	2 740

Z hlediska technických parametrů vzhledem k příkonu současné osvětlovací soustavy v řešené budově dosahují velmi špatných světelných parametrů. To je dáno tím, že jsou zde pro osvětlování využity nejméně hospodárné světelné zdroje s nízkým měrným výkonem, jelikož přes 90 % elektrické energie spotřebují na teplo a jen velmi málo na světlo. Celá osvětlovací soustava budovy je o příkonu 2 740 W. Takto navrženou osvětlovací soustavu z hlediska příkonu a špatných světelných podmínek v domě je energeticky nevhodné dále udržovat. A to i z hlediska biologických rytmů člověka, kdy takto špatná osvětlovací soustava může poškodit přirozené rytmy v těle, při práci způsobit únavu očí, nervozitu a neudržení pozornosti. Ze všech těchto důvodů je kapitola 9 této práce věnována posouzení světelně-technických aspektů nově navržené osvětlovací soustavy.

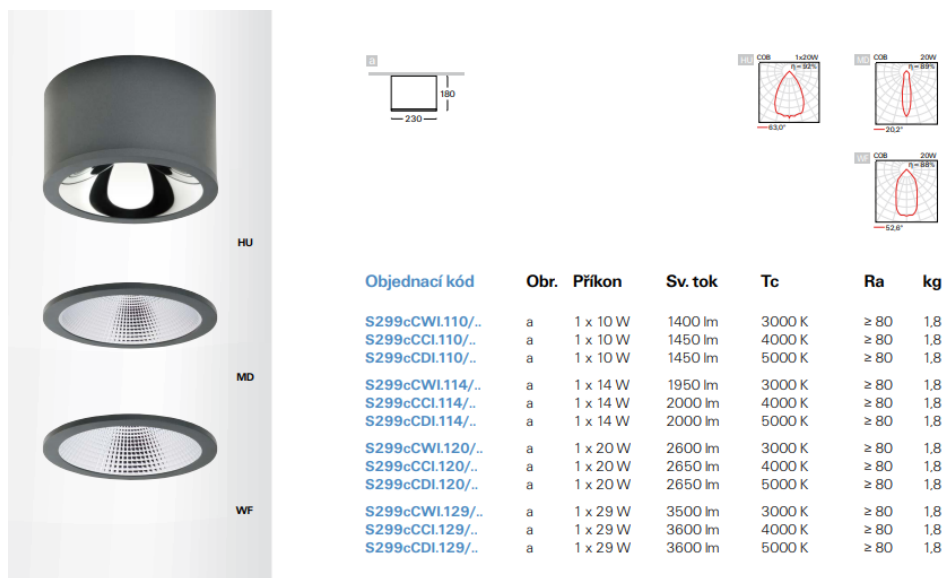
7 Návrh nové umělé osvětlovací soustavy

Nová umělá osvětlovací soustava je navržena tak, aby se muselo co nejméně zasahovat do architektury domu. Čidla pro snímání světelných podmínek interiéru budou integrována do svítidel v místnostech. Na fasádu domu bude navíc připevněno čidlo snímající světelné spektrum denního světla, které bude připojené k regulátoru osvětlovací soustavy v domovním rozvaděči, který je umístěn na schodišti ze sklepa do přízemního podlaží. Z tohoto rozvaděče bude také prováděna veškerá regulace osvětlovací soustavy v budově. Ovládací vedení bude protaženo stávajícími „husími krky“ ve sklepech a v prvním patře. Ve vyšších patrech je strop ze sádkartonových desek, které je možno sundat a napájecí vedení předělat a instalovat nové ovládací vedení. Inteligentní osvětlovací soustava je navržena jen pro obytné místnosti, tudíž v celém sklepech a v místnosti sloužící k uchování potravin nebude osvětlovací soustava regulována, ale jen vhodně navržena pro daný účel místnosti. Také doplňková svítidla nad kuchyňskými linkami nejsou regulovaná, jelikož slouží k případnému dosvícení pracovních ploch i v případě, že inteligentní osvětlovací soustava bude v utlumeném stavu v důsledku denní doby. V následujících podkapitolách jsou blíže specifikovány a okomentovány osvětlovací soustavy jednotlivých pater budovy.

7.1 Volba světelných zdrojů/svítidel

Cílem této bakalářské práce je navrhnout inteligentní osvětlovací soustavu interiéru s ohledem na energetické a ekonomické aspekty a zároveň dbát na vliv světla na lidský organismus. S ohledem na všechny tyto požadavky jsou voleny do návrhu nové osvětlovací soustavy i světelné zdroje a svítidla. Vliv na lidský organismus je velkým tématem, proto je nutné volit světelné zdroje s dostatečně kvalitními světelně-technickými parametry. Jak již bylo zmíněno ve 3. kapitole, v dnešní době je nejlepším a nejčastějším nově voleným světelným zdrojem technologie LED v kombinaci s digitálními elektronickými předřadníky. Vhodné jsou LED panely v provedení RGB či RGBW, jelikož dosahují vysokého podání barev R_a více než 90 a lze plynule měnit náhradní teplotu chromatičnosti T_n zdroje od 2 700 až 6 500 K. Tato svítidla již prodává mnoho výrobců na trhu: Philips, MODUS, LUXART, OSMONT, DEOS Zlín, LEDVANCE, ECO-DESIGN atd. Pro účely této práce byla vybrána svítidla z katalogu firmy DEOS Zlín, ale mohla by být použita i svítidla od ostatních výše zmíněných výrobců či od jiného, který má ve své nabídce stmívatelná svítidla s možností změny teploty chromatičnosti. Výrobce svítidel DEOS Zlín poskytuje ve svém katalogu možnost výběru svítidla a volby osazení LED

čipy, což je pro účely práce velice výhodné. Lze totiž vybrat přiměřeně velká svítidla k velikosti místnosti a následně navolit výkon LED čipu dle přesné potřeby. Dále nabízí výběr napájecího zdroje DALI, který je kompatibilní se svítidly. Tyto možnosti nabízí více výrobců, proto toto není reklama na vybraného výrobce. Zvolený výrobce bohužel neuvádí pokles světelného toku při změně chromatičnosti vyzařovaného světla, proto v návrhu osvětlovací soustavy jsou svítidla lehce naddimenzovaná. Tento problém je jen na domluvě s daným výrobcem, který by na jistě odpověděl a popřípadě následně svítidla osadil méně výkonnými čipy dle dané potřeby. To by mělo kladný energetický efekt na provoz soustavy a zároveň kladný ekonomický efekt na realizaci osvětlovací soustavy. Při použití jednoho stmívatelného zdroje DALI pro více svítidel, je nutné brát ohled na úbytek napětí na vedení k jednotlivým svítidlům. Pokud by se úbytek napětí podcenil, mohlo by to mít za následek nerovnoměrnost světelného toku na jednotlivých svítidlech. Na Obr. 7.1 je uveden příklad svítidla z katalogu výrobce zvoleného pro navrhovanou soustavu. V práci je použito dle kódu S299cCKX.110/HU.D3. Na Obr. 7.2 a Obr. 7.3 jsou tabulky pro tvorbu objednáčích kódů. Kód znamená: stropní svítidlo s napájecím zdrojem ve svítidle, $Ra > 80$, tunable white (2 700 K až 6 500 K), napájecí zdroj stmívatelný tunable white DALI, 1 x 10 W, široký reflektor HUA3, v antracitovém barevném provedení pro interiér.



Obr. 7.1: Svítidlo S299 z katalogu výrobce DEOS Zlín [13]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
V	299	s	LW	DN	.	124	/	HD	A3	.	W3	B

1	SKUPINA DLE MONTÁŽE		2	KÓD PRODUKTU	3	PROVEDENÍ SVÍTIDLA	
V	vestavné	L	lištové	299	typové označení svítidla	s	napájecí zdroj na kabelu (součást svítidla)
S	stropní	Z	závěsné	014	typové označení insertu	c	napájecí zdroj ve svítidle (součást svítidla)
N	nástěnné	C	insert svítidla	apod.		a	napájecí zdroj v adaptéru (součást svítidla)
F	stojanové					r	napájecí zdroj v rozetě (součást svítidla)
						-	bez napájecího zdroje
4	TYP SVĚTELNÉHO ZDROJE (PATICE)		4a	TYP SVĚTELNÉHO ZDROJE	4b	SPEKTRUM LED ZDROJE	
OO	LED PAR16 (GU10)		E2	LED A60, A65 (E27)	E2	LED PAR20, 30, 38 (E27)	
4a	TYP SVĚTELNÉHO ZDROJE		4b	CHROMATIČNOST LED ZDROJE	4b	SPEKTRUM LED ZDROJE	
A	LED COIN 111 COB, COIN 111 AC Ra >80		I	teple bílá "interna" (2700 K)	R	spektrum pro maso a uzeniny	
B	LED COIN 111 COB Ra >90		W	teple bílá (3000 K)	Y	spektrum pro pečivo, lahůdky a sýry	
F	LED COIN 50 COB Ra >80		B	bílá (3500 K)	F	spektrum pro ryby	
G	LED COIN 50 COB Ra >90		C	studená bílá (4000 K)	Z	spektrum pro ovoce a zeleninu	
N	LED COIN 35 COB Ra >80		D	denní bílá (5000 K)	A	spektrum pro umění (Ra>97)	
P	LED COIN 35 COB Ra >90		S	studená denní (6500 K)	V	spektrum pro oděvy, módu	
L	LED panel Ra >80		K	tunable white - komerce (2700 K-6500 K)	P	spektrum pro růst rostlin	
M	LED panel Ra >90		T	dim to warm (stmívání do teplé chromati.)			
C	LED COB Ra >80						
D	LED COB Ra >90						

Obr. 7.2. Tvorba objednačního kódu 1. část u svítidel výrobce DEOS Zlín [13]

5	TYP NAPÁJECÍHO ZDROJE		6	POČET A VÝKON SVĚTELNÉHO ZDROJE	
ZÁKLADNÍ PROVEDENÍ		NOUZOVÉ PROVEDENÍ		POČET ZDROJŮ A PŘÍKON LED SVÍTIDLA	
I	nestmívatelný napájecí zdroj proudový	N	nouzový 1h	108	1 x 8 W
U	nestmívatelný napájecí zdroj napěťový	H	nouzový 3h	114	1 x 14 W
A	stmívatelný analogový 1-10V	F	nouzový 1h s autotestem	229	2 x 29 W
D	stmívatelný DALI	G	nouzový 3h s autotestem	337	3 x 37 W
S	stmívatelný DSI	Z	elektronický adresný modul	443	4 x 43 W
C	stmívatelný s funkcí CORRIDOR	P	centrální bateriový systém		
T	stmívatelný tlačítkem 230V				
W	stmívatelný tlačítkem na svítidle				
L	stmívatelný fázově				
X	stmívatelný Tunable white DALI				
B	stmívatelný Casambi (Bluetooth)				
7	TYP REFLEKTORU		TYP DIFUZORU		
SS	extra úzký - úhel vyzařování <10°	MDG	střední - úhel vyzařování 21-34° (zlatý)	HD	hladký dělený
SP	úzký - úhel vyzařování 10-20°	FLG	široký - úhel vyzařování 35-49° (zlatý)	HG	lakovaný barva zlatá (G1)
MD	střední - úhel vyzařování 21-34°	HU	hladký UGR < 19	SB	lakovaný barva černá struktura (B3)
FL	široký - úhel vyzařování 35-49°	MU	matný UGR < 19	SW	lakovaný barva bílá struktura (W3)
WF	extra široký - úhel vyzařování ≥ 50°			xx	volitelné barevné provedení RAL
8	TYP KRYČÍHO SKLA / FILTRU		TYP DIFUZORU		
T1	tvrzené sklo - čiré	F4	modrý filtr	FH	voštinový filtr
T3	tvrzené sklo - opálové	F5	červený filtr	F9	filtr pro eliptickou distribuci světelného toku*
A1	akrylátové sklo - čiré	F6	zelený filtr		
A3	akrylátové sklo - opálové	F7	žlutý filtr		
M1	akrylátová mikropřisma - čirá				
M3	akrylátová mikropřisma - opálová				
P1	akrylátová prisma - čirá				
9	BAREVNÉ PROVEDENÍ		SPECIÁLNÍ PROVEDENÍ		
W3	bílá struktura interiér/exteriér	B	pro montáž do zalévacího pouzdra		
S3	stříbrná struktura interiér	F	pro montáž do fasádní izolace		
B3	černá struktura interiér/exteriér	KRP	pro montáž do lamelových podhledů		
D3	antracit struktura tmavá interiér/exteriér	P	pro montáž do plechových podhledů		
xx	volitelné barevné provedení RAL				

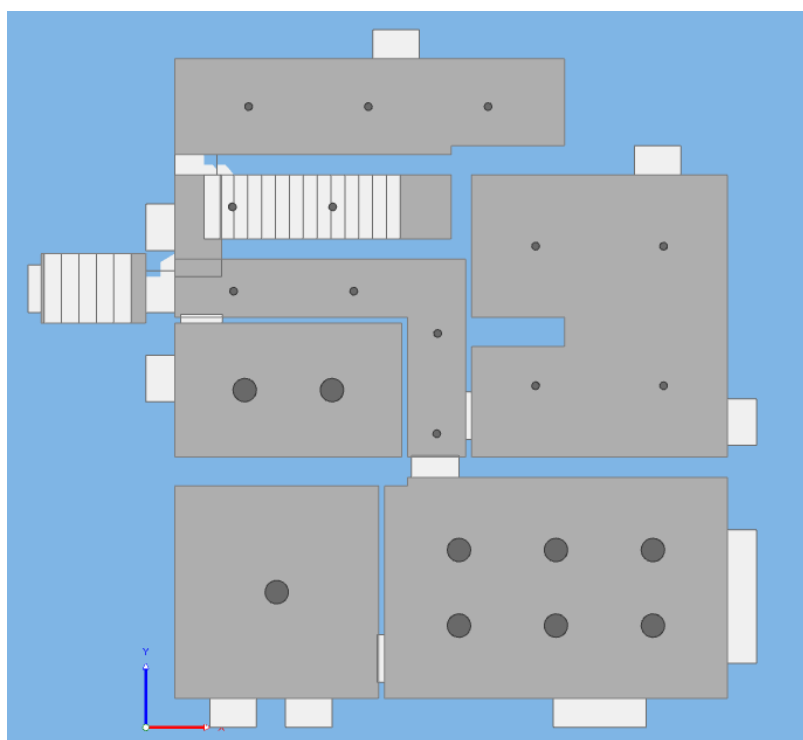
Obr. 7.3. Tvorba objednačního kódu 2. část u svítidel výrobce DEOS Zlín [13]

Další svítidla použitá v projektu jsou volena stejným způsobem. Jedná se typově o stejná svítidla jako je svítidlo uvedené na předchozí straně. Rozdílné jsou jen rozměry a osazenými výkony LED čipů svítidel dle velikosti a struktury místnosti, ve které jsou instalovány. Na rozdíl od uvedeného svítidla jsou v nadzemním podlaží a v podkrovní

objektu vestavná svítidla vestavěná do stropu, jelikož jsou zde sádkartonové stropy, do kterých je výhodnější vyříznout otvor a svítidlo tam umístit. Parametry všech použitých světelných zdrojů v Příloze A.

7.2 Návrh osvětlovací soustavy ve sklepe

Jelikož sklep nepatří mezi trvale obývané místnosti budovy, není zde navržena regulovaná osvětlovací soustava, ale pouze plnohodnotná osvětlovací soustava pro místní účely. Nachází se zde skladovací místnosti, chodba, kotelna, prádelna a garáž, která slouží jako lakovna, proto i její osvětlovací soustava je navržena pro lakovnu. Na Obr. 7.4 je zobrazena navržená osvětlovací soustava pro sklep budovy.



Obr. 7.4: Nově navržená osvětlovací soustava sklep budovy v programu BuildingDesign

Na Obr. 7.4 je vidět několik místností se dvěma druhy svítidel DEOS S830 a DEOS S614. Tato svítidla jsou velice podobná svítidlu, které bylo uvedeno v předchozí kapitole 7.1. Pro garáž tedy místnost 1.1 bylo voleno svítidlo S614 osazené speciálními LED čipy o příkonu 40 W s $T_c = 4\,000\text{ K}$ a $R_a > 90$ z důvodu lakování aut v této místnosti. Ve vedlejších místnostech (1.2 a 1.3) se stejnými typy svítidel jsou osazeny 20 W LED čipy s $T_c = 4\,000\text{ K}$ a $R_a = 80$. Ve zbytku patra byla volena kompaktní LED svítidla s příkonem 7 W a $T_c = 4\,000\text{ K}$ a $R_a = 80$. Na schodišti do přízemí budovy a v kotelně byla

zvolena malá svítidla osazená 14 W čipy a zbylými parametry jako na chodbě. Na Obr. 7.5 je zobrazeno svítidlo DEOS S830 a na Obr. 7.6 je svítidlo DEOS S614.



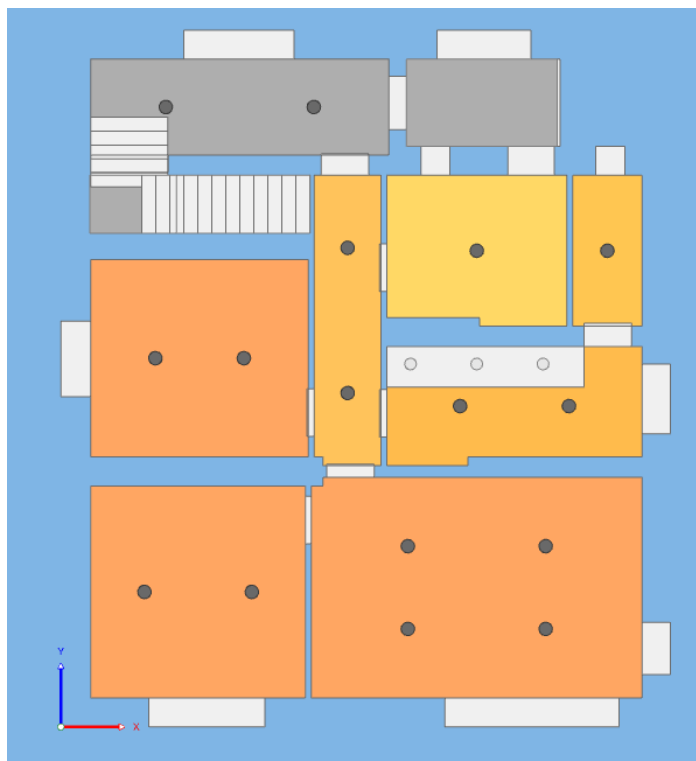
Obr. 7.5: DEOS S830 [13]



Obr. 7.6 DEOS S614 [13]

7.3 Návrh osvětlovací soustavy přízemního podlaží

Toto podlaží je již obýváno, a proto je zde navržena inteligentní osvětlovací soustava. Na Obr. 7.7 je uveden návrh rozmístění osvětlovací soustavy přízemního podlaží.



Obr. 7.7: Návrh osvětlovací soustavy pro přízemní podlaží v programu BuildingDesign

V tomto patře jsou použity dva druhy svítidel, jedním z nich je již výše zmíněný DEOS S299 a druhým je DEOS Z821. Ve spižárně (2.6) a přídavné osvětlení kuchyňské linky není navrženo v konceptu inteligentního osvětlení, jak již je vysvětleno v úvodu kapitoly. Všechny svítidla navržená v konceptu inteligentního osvětlení jsou osazena LED čipy tunable white 2 700 K až 6 500 K z katalogového listu výrobce uvedeného v

předchozí kapitole. Na Obr. 7.8 je zobrazeno svítidlo DEOS S299 a na Obr. 7.9 je zobrazeno svítidlo DEOS Z821.



Obr. 7.8: DEOS S299 [13]



Obr. 7.9: DEOS Z821 [13]

7.4 Návrh osvětlovací soustavy nadzemního podlaží

V tomto patře je celá osvětlovací soustava navržena jako inteligentní. Nevyskytuje se zde žádná místnost, ve které by tento koncept byl vynechán. Pouze u doplňkového osvětlení pracovních desek v kuchyni a v obývacím pokoji (3.7) jsou použity obyčejné LED čipy bez možnosti změny chromatičnosti. Jsou zde použita obdobná svítidla, jako v předchozích dvou patrech, jen jsou volena ve vestavných variantách. V tomto patře jsou využita svítidla DEOS Z821, a DEOS V189, které je vyobrazeno na Obr. 7.10, dále DEOS V159, které je zobrazeno na Obr. 7.11. Poslední doplňkové svítidlo pro pracovní plochu v obývacím pokoji (3.7) je použito DEOS V314, které je na Obr. 7.12.



Obr. 7.10: DEOS V189 [13]

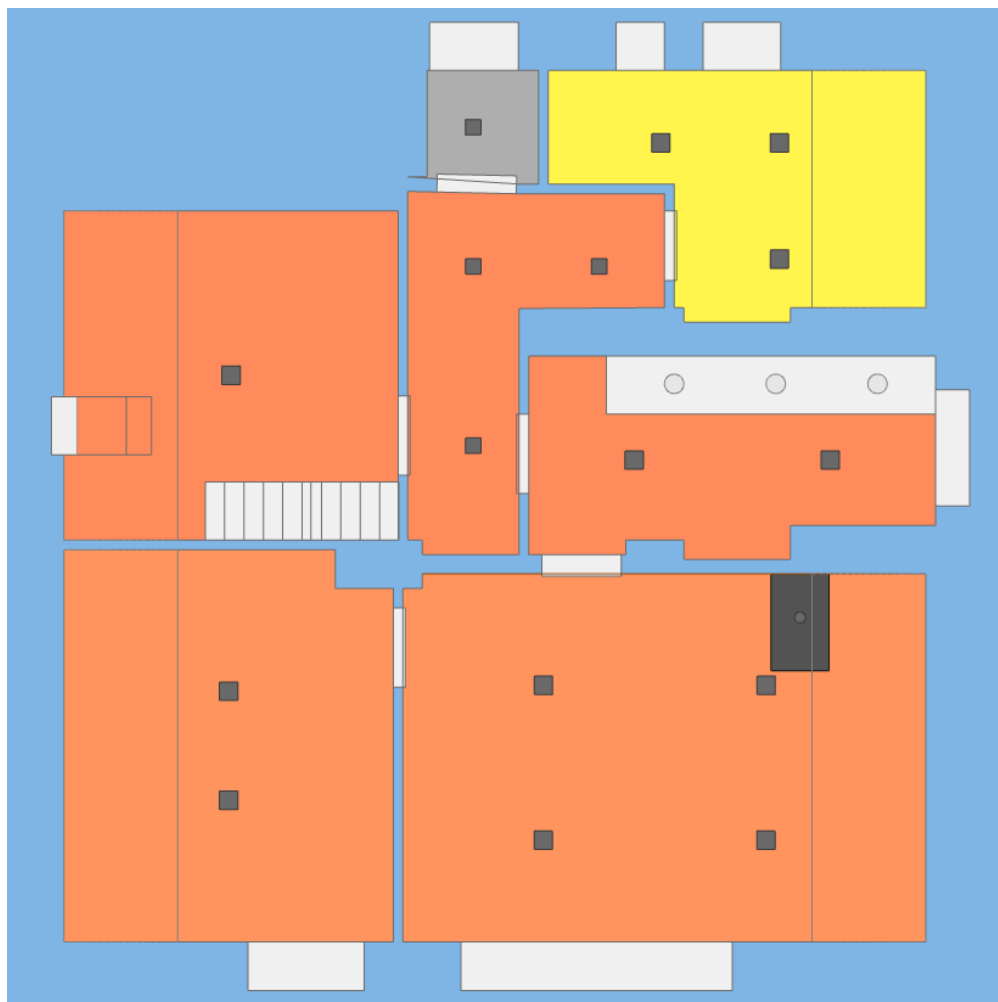


Obr. 7.11: DEOS V159 [13]



Obr. 7.12: DEOS V314 [13]

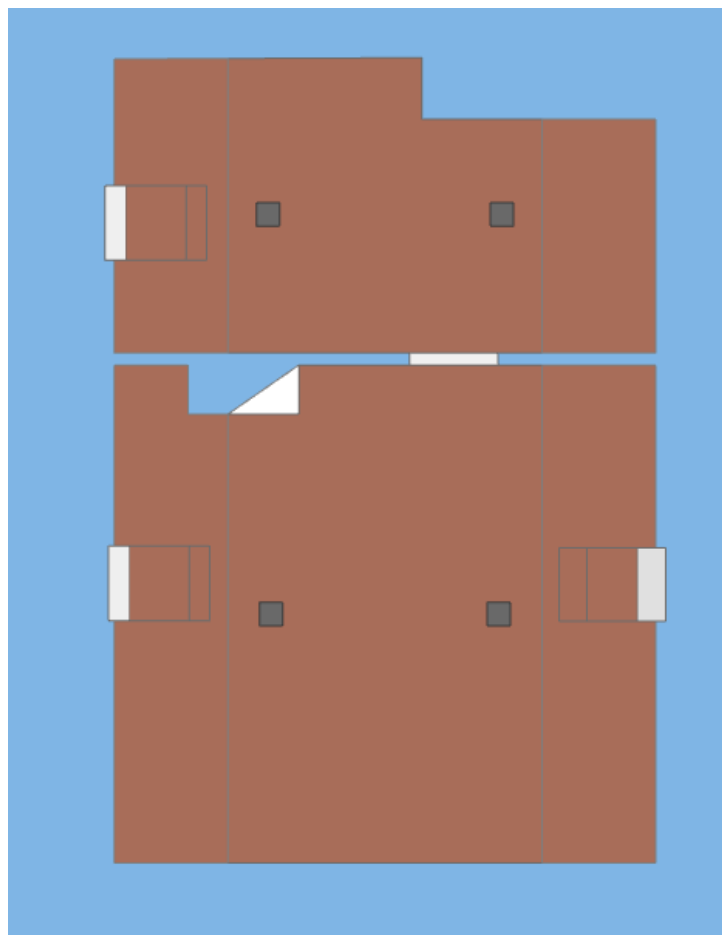
Všechna svítidla umělé osvětlovací soustavy tohoto patra jsou osazena již zmíněnými LED čipy tunable white 2 700 K až 6 500 K z katalogového listu výrobce. Návrh rozmístění svítidel nové osvětlovací soustavy pro nadzemní podlaží budovy v programu BuildingDesign je následně zobrazen na Obr. 7.13.



Obr. 7.13: návrh osvětlovací soustavy pro nadzemní podlaží budovy v programu BuildingDesign

7.5 Návrh osvětlovací soustavy pro podkroví budovy

Obě podkrovní místnosti (4.1, 4.2) jsou využívány jako obytné pokoje, proto je zde také navržena inteligentní osvětlovací soustava. Jelikož se zde nenachází žádná pracovní deska, jsou všechna svítidla umístěná v tomto patře osazena LED čipy tunable white 2 700 K až 6 500 K o příkonu 14 W. V případě, že by zde měla být instalována pracovní plocha, vznikla by nutnost doplnit navrženou osvětlovací soustavu o doplňkové dosvícení, pro které by bylo vhodné využít již použité svítidlo v nižším patře DEOS V314. Návrh umístění svítidel osvětlovací soustavy pro podkroví budovy je vyobrazen na Obr. 7.14. V tomto patře pro inteligentní osvětlovací soustavu byla použita svítidla DEOS V189, která jsou rovněž použita již v nižším patře budovy.



Obr. 7.14: návrh osvětlovací soustavy pro podkroví budovy v programu BuildingDesign

Tímto je návrh světelných zdrojů a svítidel pro novou osvětlovací soustavu hotový a je třeba navrhnout vhodnou regulaci osvětlovací soustavy, aby byl ještě vhodněji využit její světelně-technický potenciál. Při správném navržení lze dosáhnout: energetických úspor, jak již je zmíněno v kapitole 4 zhodnocení dostupných technologií řízení osvětlovacích soustav. Lze dosáhnout i vhodného psychologického vlivu na uživatele domu a na jejich biorytmy. (Jak je již zmíněno v kapitole 1 „důvody řízení osvětlovacích soustav interiérů“.) Následující kapitola je zaměřena na princip řízení navržené osvětlovací soustavy.

8 Princip řízení nové osvětlovací soustavy

Pro řízení osvětlovací soustavy lze použít několik metod. Řízení lze provádět pomocí proporcionálního (dále jen P) regulátoru či proporcionálně integračního (dále jen PI) regulátoru, či jen logickými prvky, tedy rozdělením výkonů osvětlení do několika hladin a následné porovnávání požadované a nynější osvětlenosti pomocí čidel umístěných ve svítidlech. Pro účel této bakalářské práce byl zvolen princip rozdělení do hladin a porovnávání a vyhodnocení pomocí logických prvků. Návrh řízení osvětlovací soustavy a následná analýza funkčnosti navržené regulace inteligentního osvětlení jsou provedeny v prostředí softwaru MATLAB Simulink.

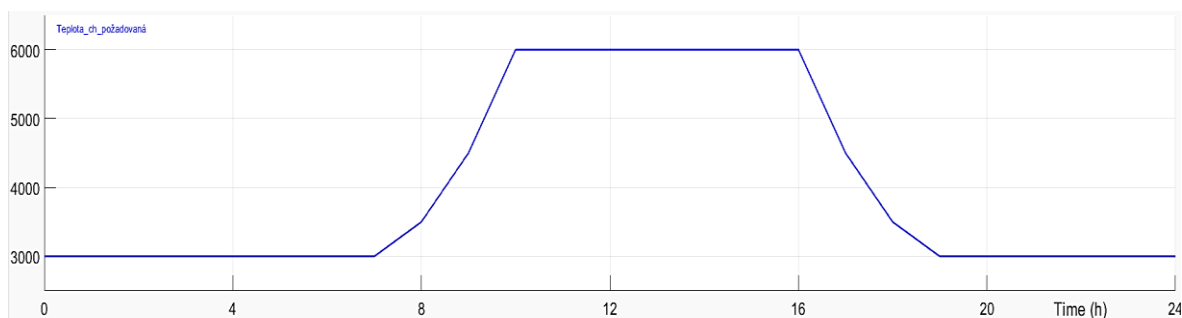
8.1 Teoretický princip řízení osvětlovací soustavy

Při použití P regulátoru je problém s dosažením požadované hodnoty, jelikož proporční složka chybu pouze zesílí, ale nikdy nelze dosáhnout nulové odchylky. Na rozdíl od P regulátoru je PI regulátor schopen dosáhnout přesně požadované hodnoty, ale přináší s sebou problém rychlých změn osvětlenosti snímané čidly. To by mělo za následek blikání svítidel, protože by regulátor reagoval příliš rychle. Další možností je již zmíněné ovládání logickými prvky, kde se vychází z předpokladu, že je svítivost svítidel přímo úměrná poměrnému sepnutí PWM na LED při jmenovitém proudu LED čipy, dále je možné do regulace zavést řízení teploty chromatičnosti svítidel – to je opět zařízeno logickými prvky a čidlem umístěným na fasádě budovy. Ovládání teploty chromatičnosti je prováděno na principu poměrů výkonů na jednotlivé barvy LED. Určení přesných poměrů výkonů jednotlivých barev pro jednotlivé chromatičnosti by muselo být provedeno měřením a následným nastavením poměrů, které jsou zavedeny do spínací frekvence PWM jednotlivých barev.

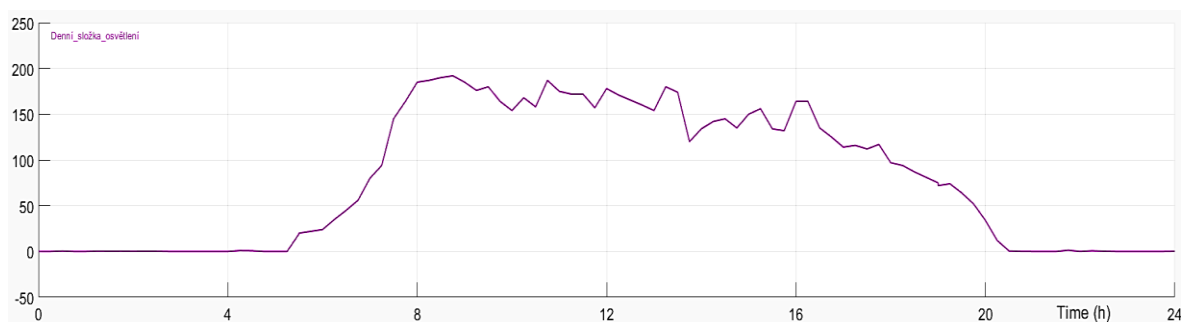
8.2 Návrh regulátoru pro řízení osvětlovací soustavy

Pro regulaci osvětlovací soustavy rodinného domu byla zvolena metoda řízení pomocí logických prvků. Regulace uvedená dále je navržena pouze pro jednu místnost budovy a konkrétně pro obývací pokoj nadzemního podlaží (místnost 3.7). Teplota chromatičnosti v návrhu není měřena na fasádě budovy, ale byla nastavena křivkou uvedenou na Obr. 8.1 dle předpokládané průměrné změny teploty chromatičnosti slunečního záření v průběhu dne. Regulace osvětlení je prováděna pomocí čidla osvětlenosti umístěného ve svítidle. Křivka změny intenzity denní složky osvětlenosti místnosti je zobrazena na Obr. 8.2.

Z Obr. 8.2 je zřejmě viditelné, že denní složka osvětlenosti místnosti je nulová v noci a nejvyšší okolo poledních hodin.

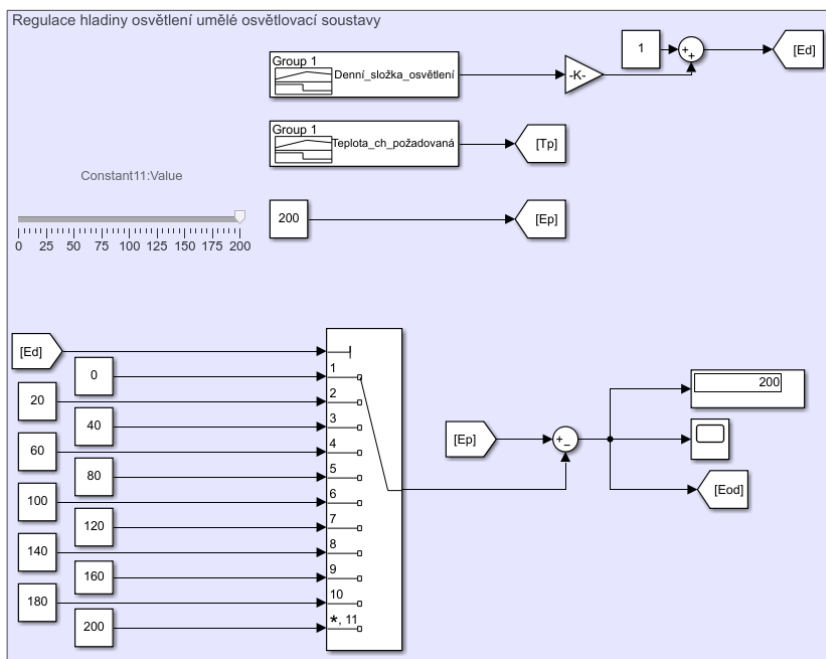


Obr. 8.1: Požadovaná teplota chromatičnosti v závislosti na čase

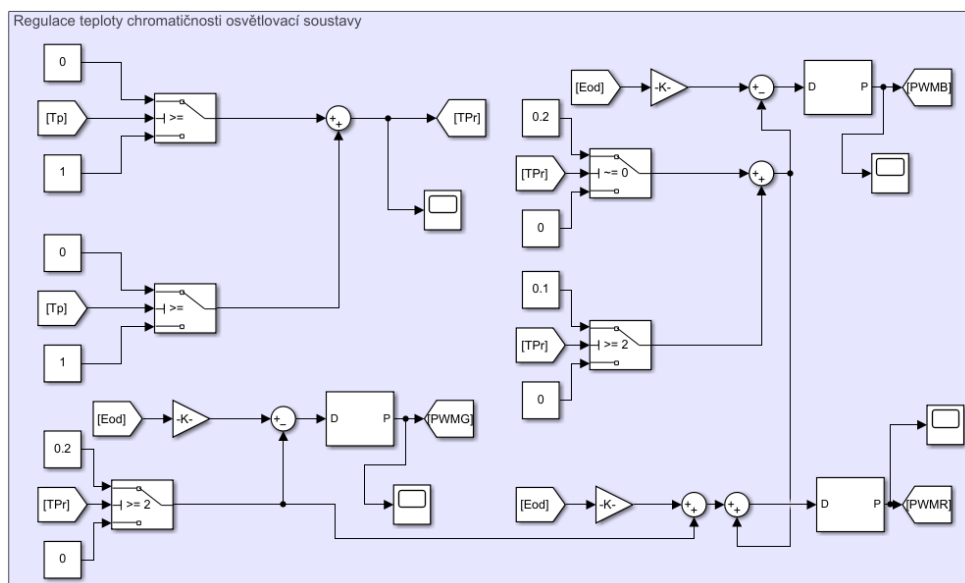


Obr. 8.2: Simulovaný průběh denní složky osvětlenosti v čase

Uživatel budovy má samozřejmě možnost nastavení intenzity osvětlení pomocí tlačítka umístěného na místě spínače v místnosti. Regulátor následně nastaví poměrné sepnutí PWM dle požadované hodnoty osvětlenosti v místnosti. Na Obr. 8.3 je uvedeno logické schéma zapojení regulace hladiny osvětlení doplňkového umělého osvětlení. Kde blok Signal Builder pojmenovaný `Denní_složka_osvětlení` simuluje již zmíněný průběh denní složky osvětlení v místnosti, konstanty (0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200) slouží jako porovnávací hladiny osvětlenosti s měřenou intenzitou osvětlení a blok Signal Builder pojmenovaný `Teplota_ch_požadovaná` simuluje již uvedenou křivku změny teploty chromatičnosti. Posuvné tlačítko slouží k nastavení požadované hodnoty osvětlenosti v místnosti a blok Multi-Switch rozhoduje, při jakém poměrném sepnutí PWM má soustava pracovat. Na následujícím Obr. 8.4 je uvedeno řízení teploty chromatičnosti. Tam je pomocí logických přepínačů rozhodováno, jakou teplotu chromatičnosti a tím poměrné sepnutí PWM má být nastaveno pro modré a zelené diody LED panelu.



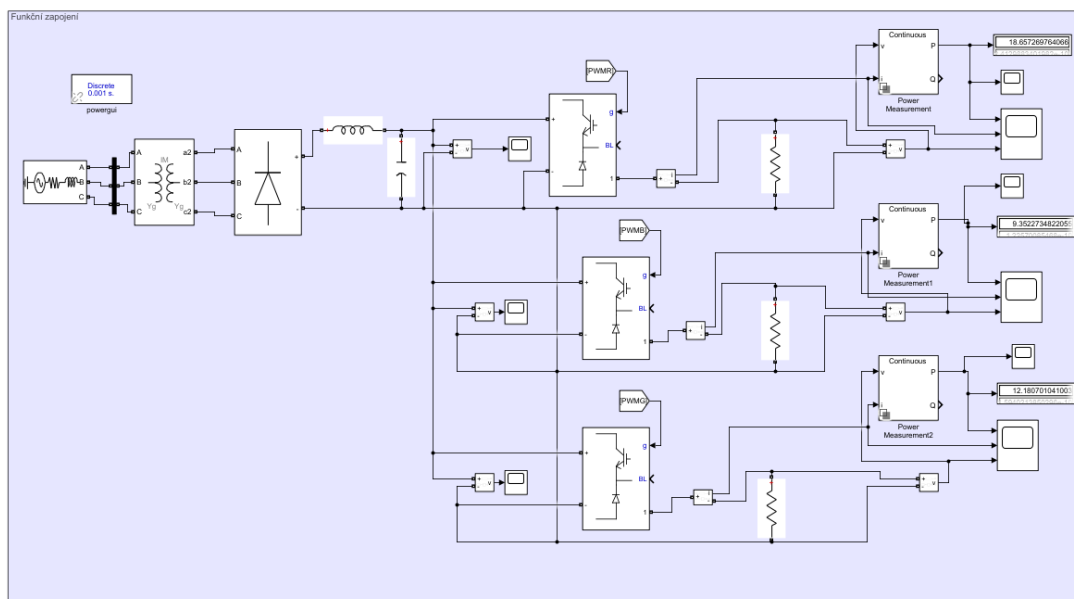
Obr. 8.3: Regulace hladiny osvětlení doplňkové umělé osvětlovací soustavy



Obr. 8.4: Regulace teploty chromatičnosti doplňkové umělé osvětlovací soustavy

LED panely jsou zapojeny k třífázové elektrizační soustavě pomocí transformátoru, neřízeného usměrňovače a pulsního měniče pro snižování napětí. Transformátor je nastaven tak, aby za usměrňovačem bylo stabilizované stejnosměrné napětí o velikosti 12 V. Následně je snižovací pulsní měnič spínán v požadovaném poměrném sepnutí, které přibližně odpovídá svítivosti svítidel. Stejně jako u teploty chromatičnosti by přesné nastavení bylo provedeno měřením při instalaci nové osvětlovací soustavy přímo na místě. Pro nastavení nejsou potřeba žádná speciální měřidla, jelikož stačí čidla použitá k regulaci

osvětlovací soustavy. Na Obr. 8.5 uvedeno funkční zapojení LED panelu k napájecí síti s již zmíněnou regulací soustavy.

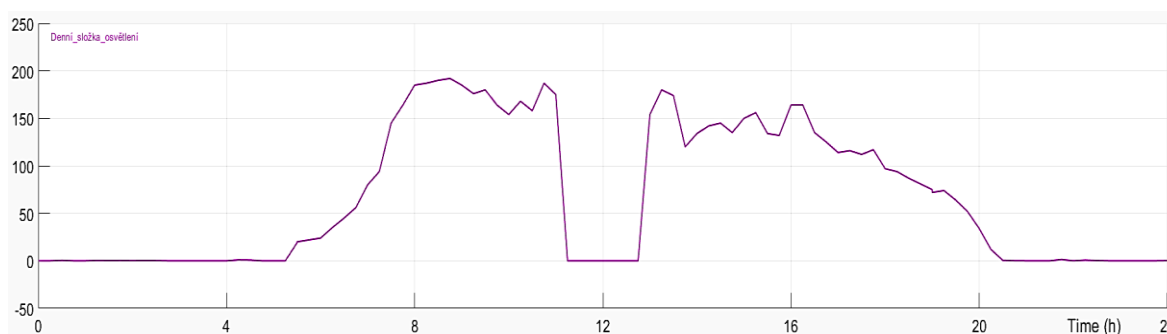


Obr. 8.5: Funkční schéma zapojení umělé osvětlovací soustavy

Stejný princip regulace osvětlovací soustavy by bylo možné použít pro celý rodinný dům. V následující kapitole 8.3 je zhodnocena funkčnost navržené regulace osvětlovací soustavy.

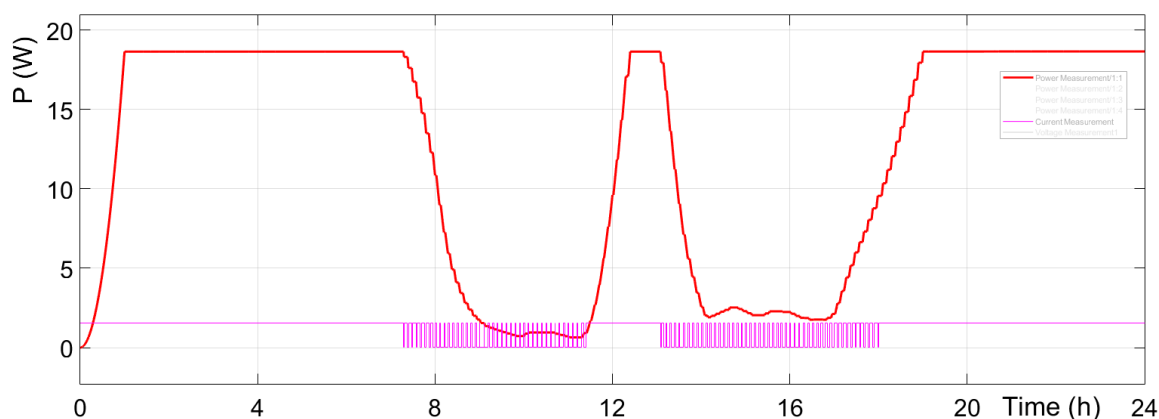
8.3 Vyhodnocení řízení osvětlovací soustavy

Pro zhodnocení funkčnosti regulace byly vybrány příkony jednotlivých barev LED pro jednu místnost. Jelikož jsou LED spínány s hodnotou jmenovitého proudu, jde říci, že je svítivost jedné barvy LED přímo úměrná jejímu vlastnímu příkonu. Průběh denní složky osvětlení byl upraven oproti Obr. 8.2 na průběh, který je zobrazen na Obr. 8.6. Úprava byla provedena z důvodu navýšení příkonu svítidel v průběhu dne, a tedy lepší vizualizace funkčnosti navrženého řízení osvětlovací soustavy.



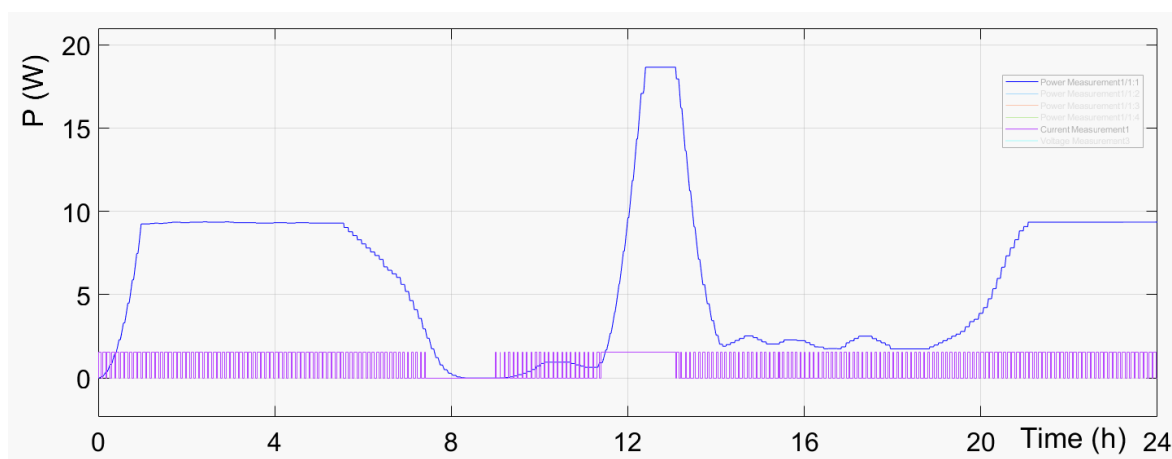
Obr. 8.6: Simulovaný průběh denní složky osvětlenosti v čase s poruchou v poledních hodinách

Křivka teploty chromatičnosti je nastavená stejně jako na Obr. 8.1. Tedy v nočních hodinách by měla být utlumená modrá barva a s ní i zelená - ale méně. A naopak v denních hodinách by všechny barvy měly být při stejném příkonu. Na Obr. 8.7 je zobrazen průběh výkonu a proudu na červených diodách LED panelů místnosti.



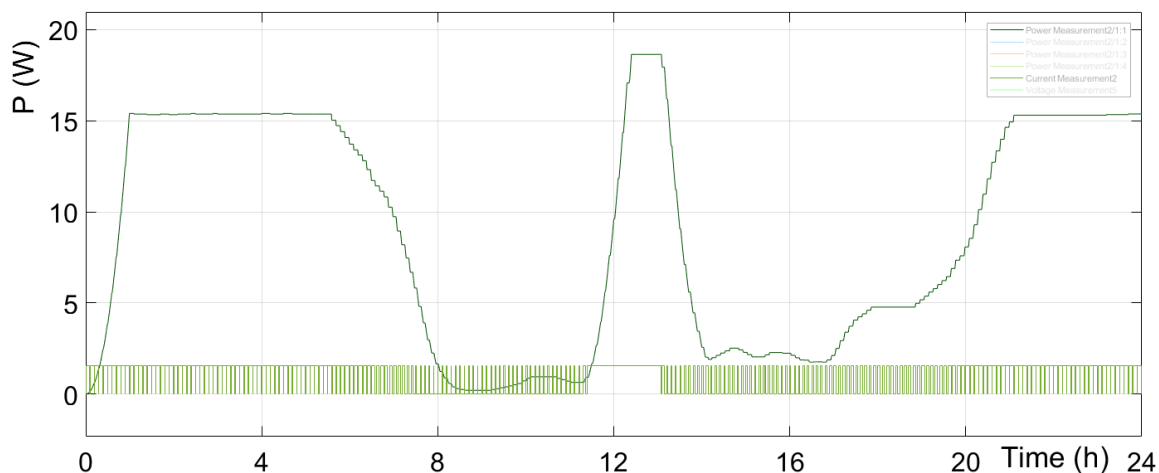
Obr. 8.7: Průběh příkonu a proudu v závislosti na čase červených diod LED panelů místnosti

Příkon červených LED odpovídá předpokladu, že v nočních hodinách a v době poruchy svítí na plný výkon. V denních hodinách, kdy čidla snímají denní složku osvětlenosti, je příkon omezen na potřebnou hladinu. Na Obr. 8.8 je vyobrazen průběh příkonu a proudu modrými diodami LED panelů místnosti.



Obr. 8.8: Průběh příkonu a proudu v závislosti na čase modrých diod LED panelů místnosti

Průběh příkonu modré složky odpovídá předpokladu, že v noci je utlumená a přes den je netlumená. Z důvodu rozlišitelnosti změny teploty chromatičnosti je utlumení modré složky v nočních hodinách přehnané a ve skutečnosti by bylo menší. Na Obr. 8.9 je vyobrazen průběh příkonu a proudu zelenými diodami LED panelů místnosti.



Obr. 8.9: Průběh příkonu a proudu v závislosti na čase zelených diod LED panelů místnosti

Regulace zelené složky opět odpovídá předpokladu a utlumení v nočních hodinách je opět přehnané pro rozlišení změny. Takto realizovaná regulace by zvládla splnit požadavky na řízení osvětlovací soustavy rodinného domu, které by odpovídaly konceptu inteligentního osvětlení. Při požadavku, např. na automatické zhasínání či zařazení dalšího spínače či ovladače, se dá funkční schéma regulace jednoduše upravit dle požadavku. Pro ukázkou základní funkčnosti regulace osvětlovací soustavy je toto zapojení dostatečné, ale pro skutečnou regulaci by odchylky příkonů jednotlivých barev nebyly tak velké. Zároveň rychlost změny příkonů a osvětleností tak vysoká, ale ve skutečnosti by byla uměle zpomalena, aby nedocházelo k blikání svítidel.

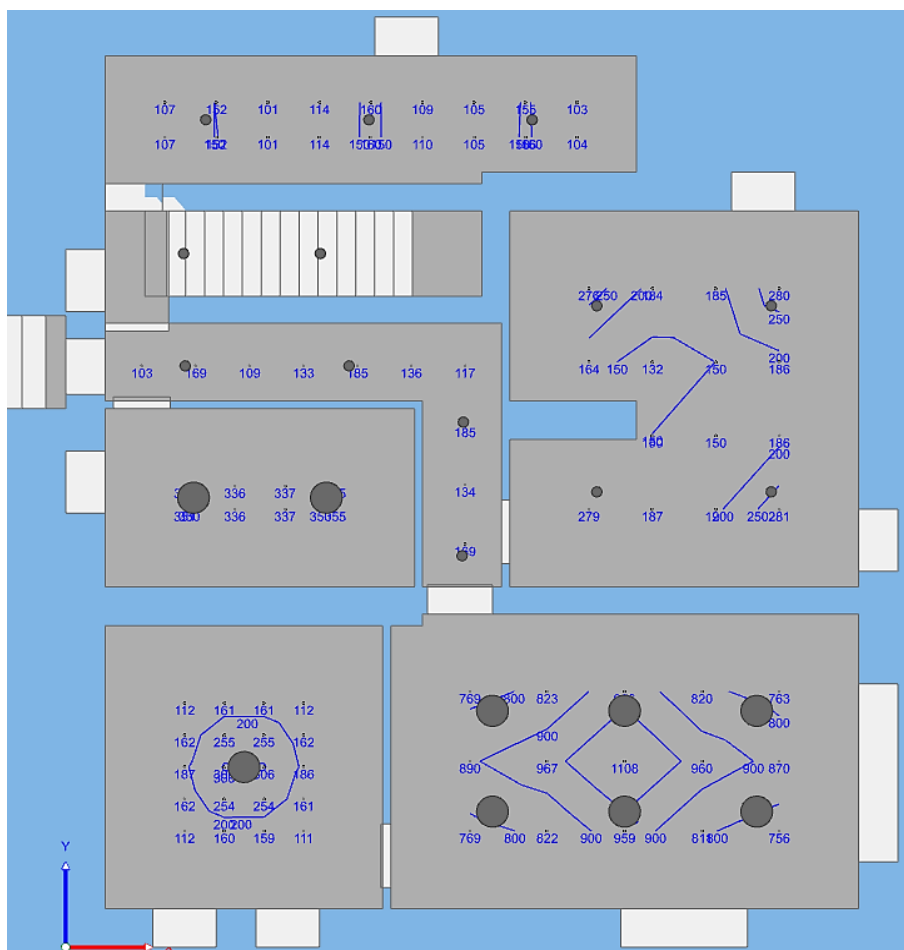
9 Posouzení světelně-technických aspektů nově navržené osvětlovací soustavy

9.1 Posouzení světelně-technických aspektů pomocí softwaru

Pro posouzení světelně-technických aspektů nově navržené osvětlovací soustavy je v této práci použit pouze vhodný software a výsledky nejsou porovnány s naměřenými hodnotami, jelikož soustava je navržena jen teoreticky a není zároveň realizovaná. Relativní pravdivost výpočtu programu BuildingDesign byla ověřena v předchozí kapitole 6.3 při zhodnocování světelně-technických aspektů stávající osvětlovací soustavy, kde bylo provedeno zároveň měření v jedné z místností budovy. Následující část práce se zaměřuje na posouzení světelně-technických aspektů v jednotlivých podlažích budovy.

Sklep

Ve sklepech budovy se nachází několik místností, každá má jiný účel, proto je pro každou místnost volena jiná hodnota osvětlenosti dle již zmíněné normy ČSN 36 0450, popřípadě dle ČSN EN 12464-1. Ta určuje minimální a popřípadě upravené požadavky na osvětlenost pracovních prostorů budov. Konkrétně se zde nachází garáž (lakovna), sklady, kotelna, chodba a prádelna. V lakovně je dle normy nutné dosáhnout minimální hodnoty osvětlenosti 750 lx a požadované rovnoměrnosti 0,7. Pro splnění těchto požadavků je zde zvoleno šest svítidel o celkovém příkonu 240 W. V prádelně je nutné dosáhnout osvětlenosti 300 lx a rovnoměrnosti 0,6, proto jsou zde dvě svítidla stejného typu jako v garáži, každé o příkonu 20 W. Ve zbytku tohoto patra je potřeba pouze 100 lx a rovnoměrnosti 0,4, jelikož se jedná o chodbu, kotelnu a dvě skladiště. Na chodbě, schodišti a v nejsevernější místnosti je devět svítidel DEOS S830, každé o příkonu 7 W. Kotelna je osazena stejným typem svítidel, každé o příkonu 14 W. V poslední místnosti navazující na garáž je zvolen stejný typ svítidla, jako v garáži o příkonu 20 W. Znázornění rozložení osvětlenosti nově navržené osvětlovací soustavy ve sklepech je na Obr. 9.1.



Obr. 9.1: Výpočet a znázornění rozložení osvětlenosti navržené umělé osvětlovací soustavy ve sklepech budovy

Z uvedeného obrázku je patrné, že osvětlovací soustava vyhovuje normativním požadavkům na osvětlení. Navíc jí lze fázově, přepínáním okruhů či jinak regulovat, jak již bylo zmíněno v předcházející kapitole 3 podle požadavku uživatelů domu. Garáž je navržena tak, že každé ze svítidel je zapínáno vlastním vypínačem pro možnost manuální regulace osvětlení v lakovně, při požadavku na lakování jen v nějaké z částí místnosti a sušení v jiné. V Tab. 9.1 je uveden seznam objednacích kódů svítidel s uvedenými cenami od firmy DEOS Zlín. Ceny uvedené v tabulce jsou zjištěné od výrobce při objednávce jednoho kusu a jsou pouze orientační, jelikož se ceny komponentů na trhu stále rychle mění.

Tab. 9.1: Ceny svítidel s vlastními zdroji DALI

S614cLWI.120/DIA3.D3	6 590 (Kč/ks)
S614cMDI.140/DIA3.D3	7 240 (Kč/ks)
S830cLWI.114/A3.D3	3 150 (Kč/ks)
S830cLWI.107/A3.D3	3 110 (Kč/ks)

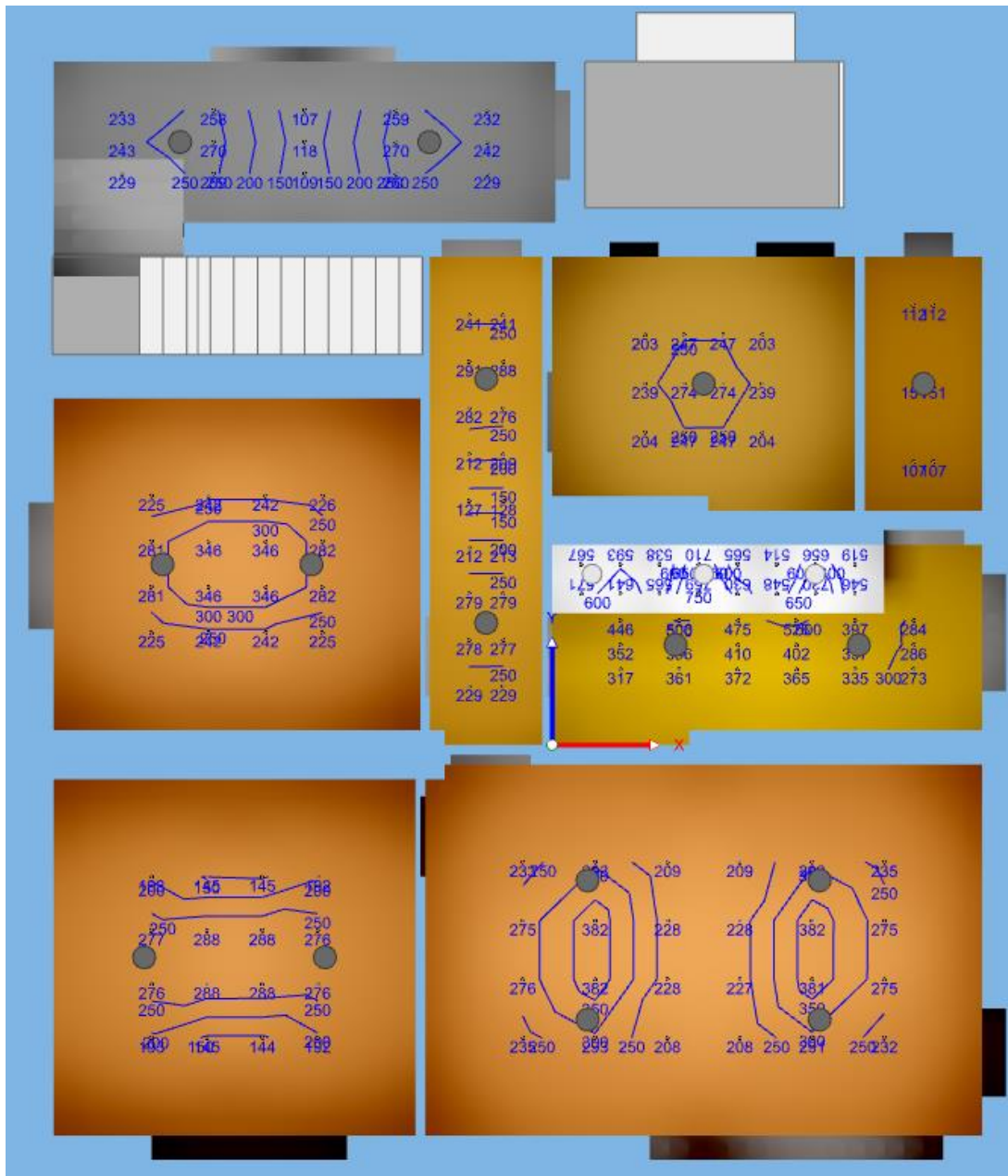
V následující tabulce Tab. 9.2: je uveden přehled z výpočtu v programu BuildingDesign ve sklepě budovy korespondující s Obr. 9.1.

Tab. 9.2: Vypočítané hodnoty osvětleností nově navržené soustavy pro sklep budovy

Název	Režim	Minimální	Průměrná	Maximální	Rovnoměrnost	R_a
1.1 - Garáž – povrchové opracování a lakování						
Normálová osv.	Výchozí	756 lx	870 / 750 lx	1 108 lx	0,87 / 0,7	90 / 80
1.2 - Rybářská – skladiště a zásobárny						
Normálová osv.	Výchozí	111 lx	187 / 100 lx	306 lx	0,59 / 0,4	80 / 60
1.3 - Prádelna – praní a čištění						
Normálová osv.	Výchozí	336 lx	345 / 300 lx	355 lx	0,97 / 0,6	80 / 80
1.4 - Kotelna – kotelny						
Normálová osv.	Výchozí	132 lx	199 / 100 lx	281 lx	0,67 / 0,4	80 / 40
1.5 - Chodba – komunikační prostory a chodby						
Normálová osv.	Výchozí	106 lx	144 / 100 lx	185 lx	0,73 / 0,4	80 / 40
1.8 - Sklep – skladiště a zásobárny						
Normálová osv.	Výchozí	101 lx	123 / 100 lx	160 lx	0,82 / 0,4	80 / 60

Přízemní podlaží

V přízemí se nacházejí dvě ložnice, obývací pokoj, kuchyně, koupelna, chodba a místnost pro skladování potravin. Každá z těchto místností má, dle již zmíněných norem různé požadavky na osvětlení. Jelikož pro toto patro byla navrhována inteligentní osvětlovací soustava, byla zde volena stejná svítidla pro všechny místnosti z důvodu osazení tunable white LED čipy. Všechna svítidla v tomto patře mají každé příkon 10 W. Celé patro splňuje již uvedené požadavky na osvětlovací soustavu. V místech s dostatečným činitelem denní osvětlenosti (viz kapitola 5.1), budou svítidla vhodně regulována pomocí čidel ve svítidlech a regulátoru, pro dosažení požadovaných hodnot osvětleností v jakoukoli denní hodinu. Požadavky dle norem jsou: obývací pokoj a koupelna 200 lx; kuchyně 300 lx (500 lx na pracovní desce); chodba, ložnice a spížirna 100 lx. Rovnoměrnostech osvětlení 0,4 až 0,6, místnosti také splňují. Na Obr. 9.2 je výpočet umělého osvětlení přízemního podlaží.



Obr. 9.2: Výpočet a znázornění rozložení osvětlenosti navržené osvětlovací soustavy v přízemí budovy

V Tab. 9.3 jsou uvedeny objednací kódy svítidel a jejich ceny za jeden kus pro toto podlaží budovy. Ceny uvedené v tabulce jsou jen informativní a mohou se lišit, jak již bylo vysvětleno dříve.

Tab. 9.3: Ceny svítidel s vlastními zdroji DALI

S299cCKX.110/HU.D3	6 960 (Kč/ks)
S299cLDI.110/HDA3.D3	3 720 (Kč/ks)
Z821cDCI.110/.D3	4 420 (Kč/ks)

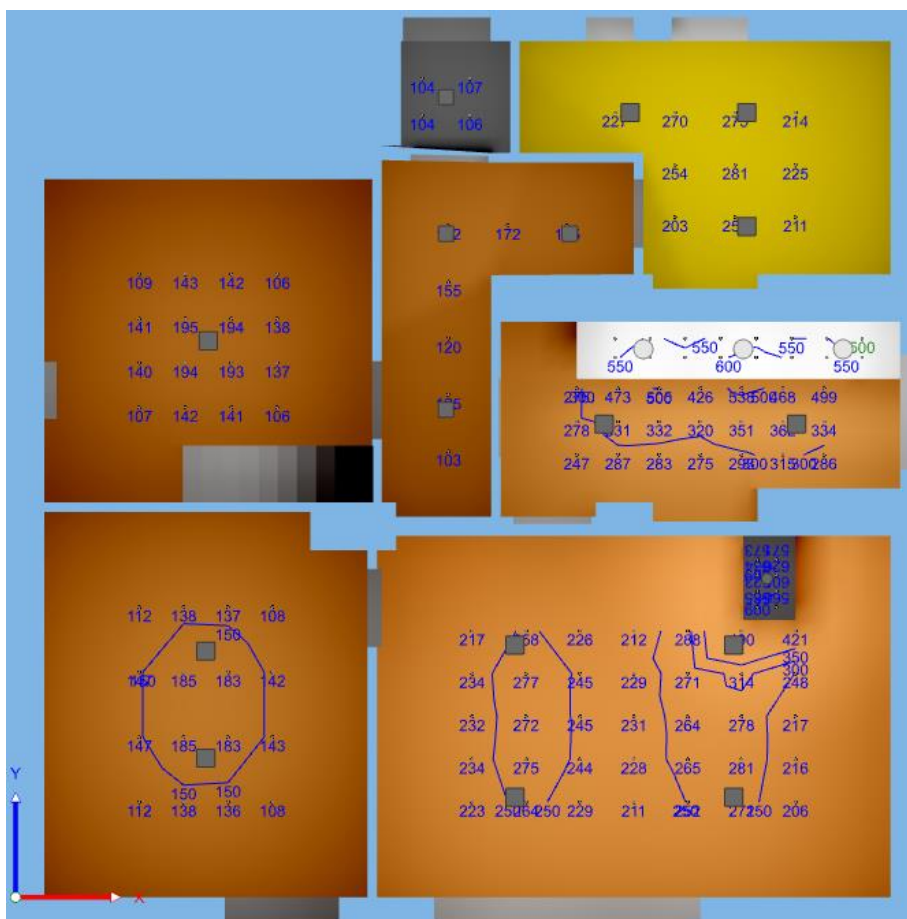
V Tab. 9.4 je uveden přehled výpočtu pro toto podlaží exportovaný ze softwaru BuildingDesign.

Tab. 9.4: Vypočítané hodnoty osvětleností nově navržené soustavy pro nadzemní podlaží budovy

Název	Režim	Minimální	Průměrná	Maximální	Rovnoměrnost	R_a
2.1 - Ob. P – obývací pokoje						
Normálová osv.	Výchozí	208 lx	270 / 200 lx	382 lx	0,77 / 0,6	80 / 80
2.2 - Ložnice – obývací pokoje						
Normálová osv.	Výchozí	144 lx	226 / 100 lx	288 lx	0,64 / 0,6	80 / 80
2.3 - Pokoj – odpočívárny						
Normálová osv.	Výchozí	225 lx	274 / 100 lx	346 lx	0,82 / 0,4	80 / 80
2.4 - Chodba – komunikační prostory a chodby						
Normálová osv.	Výchozí	127 lx	238 / 100 lx	291 lx	0,53 / 0,4	80 / 40
2.5 - Kuchyň – kuchyně						
Normálová osv.	Výchozí	273 lx	381 / 200 lx	526 lx	0,72 / 0,6	80 / 80
Normálová osv.	Výchozí	514 lx	603 / 500 lx	759 lx	0,85 / 0,6	80 / 80
2.6 - Spížírna – skladiště a zásobárny						
Normálová osv.	Výchozí	107 lx	123 / 100 lx	151 lx	0,87 / 0,4	80 / 60
2.7 - Koupelna – šatny, umývárny, koupelny, toalety						
Normálová osv.	Výchozí	203 lx	236 / 200 lx	274 lx	0,86 / 0,4	80 / 80
2.9 - Veranda – komunikační prostory a chodby						
Normálová osv.	Výchozí	107 lx	221 / 100 lx	270 lx	0,49 / 0,4	80 / 40

Nadzemní podlaží

V tomto patře se nacházejí dvě ložnice, obývací pokoj, kuchyně, chodba a koupelna. Dle již zmíněných norem požadujeme osvětlenost v ložnici a na chodbě 100 lx, v kuchyni 300 lx (pracovní deska 500 lx) a v obývacím pokoji a koupelně 200 lx. Jsou zde volena svítidla o takových příkonech, aby těchto hodnot byly schopné dosáhnout při jakýchkoliv podmínkách. V kuchyni a v jedné z ložnic, kde je jen jedno svítidlo, jsou volena svítidla o příkonu 20 W. V obývacím pokoji o příkonech 14 W a ve zbytku patra o příkonech 10 W. Rovnoměrnost osvětlení je opět ve stejném rozmezí 0,4 až 0,6, jako v předchozím patře. Činitel podání barev je volen více než 80 stejně jako ve zbytku budovy kromě lakovny. Na Obr. 9.3 je uveden výpočet umělého osvětlení pro nadzemní podlaží budovy.



Obr. 9.3: Výpočet a znázornění rozložení osvětlenosti navržené osvětlovací soustavy v nadzemním podlaží

Svítilna budou regulována každé zvlášť jako v předchozím patře tak, aby bylo dosaženo vhodných podmínek v každém bodě kontrolní soustavy. Nově navržená soustava v tomto patře vyhovuje zmíněným podmínkám hodnot osvětlenosti v místnostech dle jejich využití. V Tab. 9.5 jsou uvedeny objednávací kódy svítidel a jejich ceny za jeden kus pro toto podlaží budovy. Ceny uvedené v tabulce jsou jen informativní a mohou se lišit, jak již bylo vysvětleno dříve.

Tab. 9.5: Ceny svítidel s vlastními zdroji DALI

V189sLKX.114/A3.D3	6 420 (Kč/ks)
V189sLKX.110/A3.D3	6 380 (Kč/ks)
V189sLKX.120/A3.D3	6 460 (Kč/ks)
V159sCKX.108/A3.D3	5 390 (Kč/ks)
Z821cDCI.110/.D3	4 420 (Kč/ks)
V314sCDWI.108/WFA3.D3	2 960 (Kč/ks)

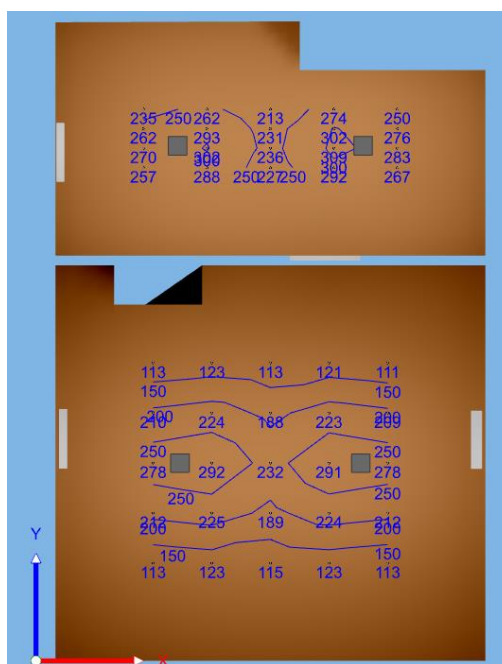
V Tab. 9.6 je uveden přehled výpočtu pro toto podlaží exportovaný ze softwaru BuildingDesign.

Tab. 9.6: Vypočítané hodnoty osvětleností nově navržené soustavy pro nadzemní podlaží budovy

Název	Režim	Minimální	Průměrné	Maximální	Rovnoměrnost	R _a
3.1 - veranda – komunikační prostory a chodby						
Normálová osv.	Výchozí	104 lx	105 / 100 lx	107 lx	0,99 / 0,4	80 / 40
3.2 - koupelna – šatny, umývárny, koupelny, toalety						
Normálová osv.	Výchozí	203 lx	241 / 200 lx	281 lx	0,84 / 0,4	80 / 80
3.3 - chodba – komunikační prostory a chodby						
Normálová osv.	Výchozí	103 lx	142 / 100 lx	172 lx	0,73 / 0,4	80 / 40
3.4 - pokoj – obývací pokoje						
Normálová osv.	Výchozí	106 lx	146 / 100 lx	195 lx	0,73 / 0,6	80 / 80
3.5 - kuchyň – kuchyně						
Normálová osv.	Výchozí	247 lx	356 / 200 lx	538 lx	0,69 / 0,6	80 / 80
Normálová osv.	Výchozí	500 lx	560 / 500 lx	619 lx	0,89 / 0,6	80 / 80
3.6 - ložnice – odpočívárny						
Normálová osv.	Výchozí	108 lx	144 / 100 lx	185 lx	0,75 / 0,4	80 / 80
3.7 - ob. pokoj – obývací pokoje						
Normálová osv.	Výchozí	206 lx	259 / 200 lx	490 lx	0,79 / 0,6	80 / 80
Normálová osv.	Výchozí	566 lx	597 / 500 lx	634 lx	0,95 / 0,6	80 / 80

Podkroví

V podkroví se nacházejí dvě místnosti. Jedna slouží jako pracovna a druhá jako ložnice, v pracovně je požadovaná hodnota osvětlenosti 200 lx a v ložnici 100 lx. Pro dosažení takovýchto hodnot byla zvolena svítidla každé o příkonu 14 W. Na Obr. 9.4 je vyobrazen výpočet osvětlenosti v podkroví budovy.



Obr. 9.4: Výpočet a znázornění rozložení osvětlenosti navržené osvětlovací soustavy v podkroví

Svítilna použita v tomto patře jsou tatáž jako v minulém a je již uveden objednávací kód. V následující tabulce Tab. 9.7 je uveden příklad výpočtu osvětlení podkroví v programu BuildingDesign.

Tab. 9.7: objednávací kódy svítidel pro podkroví s jejich cenami s předřadníkem DALI

Název	Režim	Minimální	Průměrná	Maximální	Rovnoměrnost	R_a
4.1 - Místnost – obývací pokoje						
Normálová osv.	Výchozí	213 lx	266 / 200 lx	309 lx	0,8 / 0,6	80 / 80
4.2 - Místnost – odpočívárny						
Normálová osv.	Výchozí	111 lx	186 / 100 lx	292 lx	0,59 / 0,4	80 / 80

9.2 Zhodnocení výsledků

Pro nově navržené osvětlovací soustavy jednotlivých pater vyšly výpočty osvětlenosti v programu BuildingDesign dle všech požadavků, proto z hlediska světelných aspektů se dá říci, že i v nejhorsích denních světelných podmínkách je nově navržená osvětlovací soustava schopna splnit veškeré předem stanovené požadavky. V Tab. 9.8 je uveden seznam příkonů osvětlovacích soustav jednotlivých pater stejně jako pro stávající osvětlovací soustavu v předchozí kapitole 6.3.

Tab. 9.8: Celkové příkony nově navržených osvětlovacích soustav jednotlivých pater budovy

Podlaží	Příkon P (W)
Sklep	429
Prizemní podlaží	190
Nadzemní podlaží	356
Podkroví	56
Celkem	1 021

Nově navržená soustava navíc dle předchozí tabulky a dle Tab. 6.2 má téměř třikrát nižší příkon, a tedy i energetickou náročnost. Ta se ještě může snížit až o 75 %, jak bylo uvedeno na Obr. 4.1, pomocí vhodné regulace osvětlovací soustavy. Výsledky z hlediska světelně-technických aspektů osvětlovacích soustav (stávající a nové) jsou jen špatně porovnatelné mezi sebou, jelikož jsou mezi nimi velké rozdíly. Při použití nově navržené osvětlovací soustavy je možné dosáhnout libovolných světelných podmínek v interiéru domu, a tedy dosáhnout zrakové pohody uživatelů objektu.

Dalšími důležitými aspekty, které rozhodují o přestavbě osvětlovací soustavy domu, jsou energetická a ekonomická hlediska. Následující kapitola této práce je věnována právě energetickému a ekonomickému vyhodnocení navržené inteligentní osvětlovací soustavy rodinného domu.

10 Energetické a ekonomické vyhodnocení navržené osvětlovací soustavy

Pro hodnocení energetické náročnosti osvětlení budov slouží norma ČSN EN 15193-1+A1: energetická náročnost budov – energetické požadavky na osvětlení – část 1: specifikace, modul M9. Tato norma udává způsoby stanovení energetické náročnosti osvětlení a také udává směrné hodnoty měrné spotřeby pro různé aplikační oblasti. Pro výpočet energetické náročnosti osvětlovacích soustav lze využít rychlou či podrobnou metodu.

10.1 Energetické srovnání stávající a nové osvětlovací soustavy

Celková spotřeba elektrické energie osvětlovací soustavy W se vypočítá jako součet dvou složek, a to spotřeby energie normálního osvětlení W_L a W_P (spotřeba energie pro nabití nouzového osvětlení) a spotřeby ovládacích systémů včetně ztrát. [1] Výpočet se provede dle vztahu (6).

$$W = W_L + W_P \text{ (kW.h/rok)} \quad (6)$$

Při rychlé metodě se využívají W_L a W_P , které charakterizují spotřebu celého objektu. U podrobné metody se počítají zvlášť pro jednotlivé místnosti budovy. Celková spotřeba se pak získá součtem dílčích spotřeb. [1] Spotřeba energie normálního osvětlení W_L se spočte dle vztahu (7).

$$W_L = \frac{(P_n F_C)[(t_D F_0 F_D) + (t_N F_0)]}{1000} \text{ (kW.h/rok)} \quad (7)$$

Kde P_n je celkový instalovaný příkon svítidel (W), t_D je doba provozu s denním světlem (h), t_N je doba provozu bez denního světla (h), F_D je činitel závislosti na denním světle (-), F_0 je činitel závislosti na obsazení (-), F_C je činitel konstantní osvětlenosti (-). [1]

Spotřeba W_P se stanoví dle následujícího vztahu (8).

$$W_P = \frac{P_{pc}[t_y - (t_D + t_N)] + P_{em} t_{em}}{1000} \text{ (kW.h/rok)} \quad (8)$$

Kde P_{pc} je celkový instalovaný ztrátový příkon ovládacích zařízení (W), P_{em} je celkový instalovaný nabíjecí příkon svítidel nouzového osvětlení, t_D je doba provozu s denním světlem (h), t_N je doba provozu bez denního světla (h), t_y standardní roční doba v hodinách, tj. 8 760 h, t_{em} je doba nabíjení nouzového osvětlení (h). [1]

Následně po určení celkové spotřeby elektrické energie se určí měrná spotřeba elektrické energie na 1 m² označovaná $LENI$ (Lighting Energy Numeric Indicator). Ukazatel měrné spotřeby elektrické energie $LENI$ se určí dle následujícího vztahu (9).

$$LENI = \frac{W}{A} \text{ (kWh/m}^2\text{rok; kWh/rok}^{-1}\text{; m}^2\text{)} \quad (9)$$

Kde W je celková spotřeba elektrické energie pro osvětlení (kW.h/rok), A je celková zastavěná plocha objektu (m^2). [1]

Pro výpočet energetické náročnosti nově navržené osvětlovací soustavy dle již zmíněné normy byl v této bakalářské práci využit výpočtový nástroj pro MS Excel [14] Tento nástroj se pro účel práce velice osvědčil.

Tab. 10.1 udává instalovaný výkon stávající a nové osvětlovací soustavy jednotlivých pater budovy. Nově navržené osvětlovací soustavy jednotlivých pater mají menší příkon než stávající osvětlovací soustavy. Celkový příkon nově navržené osvětlovací soustavy je 1,021 kW a celkový výkon stávající osvětlovací soustavy je 2,74 kW.

Tab. 10.1: Instalovaný výkon svítidel stávající a nové osvětlovací soustavy jednotlivých pater domu

Podlaží	Příkon stávající osvětlovací soustavy P (W)	Příkon nově navržené osvětlovací soustavy P (W)
Sklep	860	429
Přízemní podlaží	960	190
Nadzemní podlaží	660	356
Podkroví	240	56
Celkem	2 740	1 021

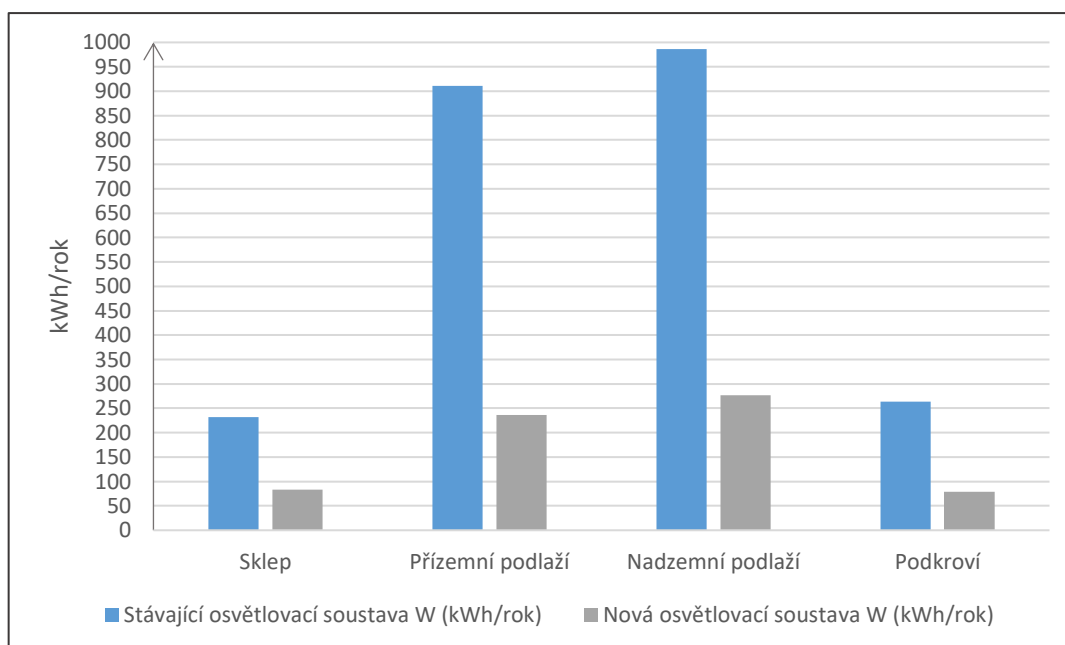
Tyto příkony byly použity pro výpočet spotřeby elektrické energie W a měrné spotřeby pro osvětlení na jeden rok vztahené na 1 m^2 zastavěné plochy $LENI$ za jeden rok jednotlivých pater budovy, které byly vypočteny pomocí výše zmíněného výpočtového nástroje pro výpočet energetické náročnosti budovy dle ČSN EN 15193-1. Příklad výpočtu $LENI$ dle vztahu (9):

$$LENI = \frac{2392,25}{261} = 9,17 \text{ (kWh/m}^2\text{rok)}$$

V Tab. 10.2 jsou uvedeny vypočtené hodnoty energetické náročnosti osvětlovacích soustav jednotlivých pater budovy. Na Obr. 10.1 je znázorněno grafické porovnání spotřeby elektrické energie za jeden rok W jednotlivých pater budovy.

Tab. 10.2: Vypočítané hodnoty spotřeby energie W a indikátoru $LENI$ pro navržené osvětlovací soustavy

Podlaží	Stávající osvětlovací soustava		Nová osvětlovací soustava	
	W (kWh/rok)	$LENI$ (kWh/m ² rok)	W (kWh/rok)	$LENI$ (kWh/m ² rok)
Sklep	231,39	2,79	83,59	1,01
Přízemní podlaží	911,02	10,85	236,37	2,81
Nadzemní podlaží	986,26	14,09	276,24	3,95
Podkroví	263,58	9,41	78,57	2,81
Celkem	2 392,25	9,17	674,77	2,59



Obr. 10.1: Porovnání roční spotřeby elektrické energie osvětlovacích soustav jednotlivých pater budovy

Celková roční spotřeba elektrické energie nově navržené osvětlovací soustavy je 674,77 kWh/rok a spotřeba stávající osvětlovací soustavy je 2 392,25 kWh/rok. (Při uvažování ceny za 1 kWh 7,02 Kč, která je v dnešních dobách velice nestálá.) Celkové roční provozní náklady nově navržené osvětlovací soustavy objektu vyjdou na 4 737 Kč a stávající osvětlovací soustavy na 16 794 Kč. Celková úspora vypočítaná dle zmíněné normy o energetické náročnosti budov vyšla na 12 057 Kč ročně. Při výpočtu energetické náročnosti osvětlovacích soustav byly dle normy zohledněny regulace soustav, doba využití objektu, provoz s denním světlem, provoz bez denního světla.

10.2 Ceník návrhu nové osvětlovací soustavy

V Tab. 10.3 je uvedeno předběžné nacenění nové osvětlovací soustavy bez ocenění vlastních prací na renovaci osvětlovací soustavy. Ceny uvedené v tabulce jsou uvedené bez DPH a RP (recyklační poplatky), a jsou opět jen orientační, jelikož se ceny vstupních komponentů na trhu stále rychle mění. Ceny byly dodány výrobcem svítidel tedy export managerem firmy DEOS Zlín. Celková částka za pořízení nové osvětlovací soustavy bez DPH vychází na 383 945 Kč. Tato vysoká cena je dána nejistotami na trzích, které způsobují rychlé a prudké změny cen vstupních komponentů svítidel. Velkou část této částky tvoří LED čipy tunable white, které zvyšují cenu svítidel téměř na dvojnásobek oproti klasickému stmívání bez změny teploty chromatičnosti světla. LED tunable white čipy by se daly nahradit čipy dim to warm (stmívání do teplé chromatičnosti, které jsou o

40 % levnější než tunable white, ale nejsou schopné na 100 % splnit cíle této bakalářské práce.

Tab. 10.3: Orientační nacenění pořizovacích nákladů nové osvětlovací soustavy

Komponent	Cena celkem (Kč)
V189sLKK.114/A3.D3 – 8 ks	51 360,-
V189sLKK.110/A3.D3 – 5 ks	31 900,-
V189sLKK.120/A3.D3 – 3 ks	19 380,-
V159sCKX.108/A3.D3 – 4 ks	21 560,-
V314sCDWI.108/WFA3.D3 – 1 ks	2 960,-
S299cCKX.110/HU.D3 – 15 ks	104 400,-
S299cLDI.110/HDA3.D3 – 1 ks	3 720,-
S830cLWI.107/A3.D3 – 4 ks	12 440,-
S830cLWI.114/A3.D3 – 3 ks	9 450,-
S614cMDI.140/DIA3.D3 – 6 ks	43 440,-
S614cLWI.120/DIA3.D3 – 3 ks	19 770,-
Z821cDCI.110/.D3 – 6 ks	26 520,-
Závěs pro Z821 – 6 ks	3 480,-
DALI PRO CONT-4RTC – 1 ks	32 759,-
CYKY O2x1mm ² – 75 m	806,-
Celkem	383 945,-

10.3 Ekonomické zhodnocení nové osvětlovací soustavy

Při ekonomickém zhodnocení osvětlovací soustavy je nutné zohlednit životnost světelných zdrojů/svítel osvětlovací soustavy, jelikož výrobce udává minimální životnost svítidel LED tunable white 50 000 h, bude tato hodnota brána za hodnotu, kdy je již nutné světelný zdroj vyměnit za nový. V Tab. 10.4 jsou uvedeny roční doby provozu osvětlovacích soustav jednotlivých pater v hodinách. Doby uvedené v tabulce jsou průměr z ročních dob provozu jednotlivých místností použitých pro výpočet energetické náročnosti v jednotlivých patrech.

Tab. 10.4: Roční doby provozu osvětlovacích soustav jednotlivých pater budovy

Patro	t_D (h)	t_N (h)	$t_D + t_N$ (h)
Sklep	398,3	448,3	846,6
Přízemní podlaží	947,9	758,6	1 706,5
Nadzemní podlaží	972,1	938,6	1 909,7
Podkroví	1 277,5	547,5	1 825

Osvětlovací soustava nadzemního podlaží budovy je během roku používána nejdéle a dosáhla by hranice minimální životnosti přibližně za 26 let. Naproti tomu osvětlovací soustava sklepa by dosáhla své minimální životnosti za přibližně 59 let. Tyto hodnoty životností soustav jsou vzhledem k životnosti wolframových žárovek, které prasknou i do jednoho roku dle okolních podmínek, mnohem delší, a tedy i investice do udržování soustavy bude mnohem nižší. Pro účel této práce je použit hrubý odhad návratnosti investice do nové osvětlovací soustavy dle vztahu (10).

$$T_v = \frac{pr_n}{pr_e(W_s - W_n)} \text{ (rok)} \quad (10)$$

Kde T_v je doba návratnosti, pr_n je pořizovací cena, pr_e je cena elektrické energie za 1 kWh, W_s je roční spotřeba energie staré osvětlovací soustavy a W_n je roční spotřeba energie nové osvětlovací soustavy.

Výše uvedený vztah je spíše orientační, jelikož nezahrnuje výdaje na výměnu světelných zdrojů jak ve stávající, tak v nové osvětlovací soustavě. Návratnost nové osvětlovací soustavy dle vztahu (10) je doložena:

$$T_v = \frac{383\,945}{7,02(2\,392,25 - 674,77)} = 31,84 \text{ (roků)}$$

a již zmíněným hodnotám dříve, vyšla přibližně za 31,8 let. Nejvíce používaná osvětlovací soustava má minimální životnost 26 let, tudíž je jasné, že by muselo již během doby návratnosti dojít k výměně nejpoužívanějších světelných zdrojů, ale na druhou stranu životnost LED zdrojů se všeobecně uvádí vyšší než 70 000 h. V případě takovéto životnosti by se výdaje na osvětlovací soustavu splatily do doby její minimální životnosti i v nejnáročnějších místnostech. Pokud by se do výpočtu zahrnula i životnost wolframových žárovek, která se udává okolo 1000 h, tak za 26 let by musely být čtyřicetkrát vyměněny všechny wolframové žárovky. Při padesáti žárovkách a ceně za kus 30 Kč by údržba stávající osvětlovací soustavy za dobu 26 let stála 60 000 Kč. Když tuto cenu započteme do vzorce (10) odečtením od pořizovací ceny nové osvětlovací soustavy, dostaneme se na dobu návratnosti 26,9 let. Nově navržená osvětlovací soustava, při dodržení požadovaných světelných podmínek v interiéru na rozdíl od stávající má přibližnou návratnost 26 let. Všechny instalované světelné zdroje s maximálně jednotkovými výměnami by měly vydržet.

Závěr

Tato bakalářská práce se měla zaměřit na problematiku řízení osvětlovacích soustav interiérů a vlivu světla na lidský organismus. Co se týká řízení osvětlovacích soustav, bylo v práci zjištěno, že při vhodné regulaci lze dosáhnout až 75 % úspor elektrické energie vůči stejné osvětlovací soustavě, která by byla manuálně zapínána a vypínána dle potřeb uživatelů domu. Vliv světla na lidský organismus byl také brán v úvahu a bylo dosaženo závěru, že je velice výhodné měnit chromatičnost světla ve večerních hodinách do teplejších tónů a během dne naopak do studenějších tónů barev. Dále byl v práci podrobně vysvětlen a popsán vytvořený návrh nové osvětlovací soustavy a jeho technické parametry. Návrh nové osvětlovací soustavy celého domu byl následně ověřen pomocí simulace v softwaru BuildingDesign. Výpočet světelných aspektů nové osvětlovací soustavy vyšel velmi dobře. Navíc byla soustava naddimenzována, aby i po letech provozu a ztrátě svých světelně-technických parametrů byla stále schopna splňovat požadované světelné parametry v budově. Nová osvětlovací soustava (dle mého názoru) dostatečně napravuje nedostatky osvětlení v budově a správně podporuje biologické funkce uživatelů domu. Na mou otázku v úvodu, zda je možné navrhnout takovou soustavu, která by kvalitativně, ale i energeticky a ekonomicky byla využitelná pro osvětlování interiérů v dnešních domácnostech, jsem našel odpověď. A to takovou, že z hlediska světelných aspektů to možné je, ale z hlediska ekonomických je to velmi nákladné, jelikož při dnešních cenách elektronických komponentů by celá osvětlovací soustava stála téměř 400 000 Kč s návratností 30 let. Proto se takový návrh osvětlovací soustavy hodí spíše pro novostavby. Energetickou náročnost osvětlovací soustavy budovy se povedlo snížit více jak třikrát oproti stávající osvětlovací soustavě.

Literatura

- [1] HABEL, Jiří. *Světlo a osvětlování*. Praha: FCC Public, 2013. ISBN 978-80-86534-21-3.
- [2] SOKANSKÝ, Karel. *Světelná technika*. 1. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80.01-04941-9.
- [3] SOKANSKÝ, Karel. *Světelná technika* [online]. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011 [cit. 2022-05-26]. ISBN 978-80-01-04941-9. Dostupné z: <https://www.mpo-efekt.cz/dokument/CVUT-6-Svetelna.pdf>
- [4] VRBÍK, Petr. *Principles of the hygiene of lighting Technology*. 12th European Lighting Conference LUX EVROPA. Kraków, 2013.
- [5] VRBÍK, Petr. Vliv světla na naše zdraví aneb hygiena osvětlování. *SVĚTLO: časopis pro světlo a osvětlování* [online]. 2015, **18**(5), 3 [cit. 2022-05-25]. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/flipviewer/Svetlo/2015/05/Svetlo_05_2015/index.html#p=45
- [6] MAJXNER, Tomáš. Umělé osvětlení v bytech. *SVĚTLO: časopis pro světelnou techniku a osvětlování* [online]. 2010, **13**(1), 3 [cit. 2022-05-25]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/umele-osvetleni-v-bytech--15413>
- [7] SOKANSKÝ, Karel, Petr KREJČÍ, Josef NEZVAL, Tomáš NOVÁK a František ORSÁG. *Inteligentní řízení osvětlovacích soustav vnitřního osvětlení* [online]. Ostrava, 2003 [cit. 2022-05-26]. Dostupné z: <https://www.mpo-efekt.cz/dokument/3102.pdf>. Odborná publikace. VŠB-TU Ostrava.
- [8] Obrázek. In: *Britrade* [online]. [cit. 2022-05-25]. Dostupné z: <https://www.britrade.cz/ledshop/led-ovladace/led-ovladace-230v/led-proudovy-zdroj-regulovatelny-0-7amax-rizeny-napetim-0-10v-detail>
- [9] KUNC, Josef. Jak ovládat osvětlení. *SVĚTLO: časopis pro světelnou techniku a osvětlování* [online]. 2012, **15**(1), 4 [cit. 2022-05-25]. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/flipviewer/Svetlo/2012/01/Svetlo_01_2012/index.html#p=32
- [10] Mapový podklad. In: *Ikatastr* [online]. [cit. 2022-05-25]. Dostupné z:

[https://www.ikatastr.cz/#kde=50.4323,14.0015,20&mapa=osm&vrstvy=parcelybudo
vy,cislabudov](https://www.ikatastr.cz/#kde=50.4323,14.0015,20&mapa=osm&vrstvy=parcelybudo
vy,cislabudov)

- [11] ČSN 73 0580-1 *Denní osvětlení budov: Část 1: Základní požadavky*. 2007.
- [12] ČSN 36 0011-1 *Měření osvětlení prostorů: Část 1: Základní ustanovení*. 2014.
- [13] Obrázek. In: *Deos* [online]. [cit. 2022-05-25]. Dostupné z: <http://www.deos.cz/index.php?lang=cz&zobraz=smerova>
- [14] Výpočtový nástroj pro MS Excel. In: *Světloblog* [online]. [cit. 2022-05-25]. Dostupné z: <https://www.svetloblog.cz/index.php?svetlo=energeticka-narocnost-osvetleni>.

Seznam příloh

Příloha A – Katalogový list výrobce DEOS Zlín svítidlo S299

Příloha B – Katalogový list výrobce DEOS Zlín svítidlo S830

Příloha C – Katalogový list výrobce DEOS Zlín svítidlo S614

Příloha D – Katalogový list výrobce DEOS Zlín svítidlo Z821

Příloha E – Katalogový list výrobce DEOS Zlín svítidlo V314

Příloha F – Katalogový list výrobce DEOS Zlín svítidlo V159

Příloha G – Katalogový list výrobce DEOS Zlín svítidlo V189

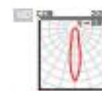
Přílohy

Příloha A – Katalogový list výrobce DEOS Zlín svítidlo S299 [13]



LED downlighty

stropní svítidlo včetně elektronického předřadníku - volitelné provedení předřadníku - hliníkový kroužek vhodný pro montáž doplňků - volitelné barevné provedení - kvalitní hliníkový reflektor s vysokou účinností v provedení MD, WF a reflektor HU s UGR < 19 - volitelné dekorativní doplňky - střední dimerizovaná životnost svítidla 50 000h L70/B50 při Ta = 25°C - barevná odchylka MacAdam 3 SDCM



Objednávací kód	Obr.	Příkon	Sv. tok	Tc	Ra	kg
S299cCWL110/_	a	1 x 10 W	1400 lm	3000 K	≥ 80	1,8
S299cCCL110/_	a	1 x 10 W	1450 lm	4000 K	≥ 80	1,8
S299cCDI110/_	a	1 x 10 W	1450 lm	5000 K	≥ 80	1,8
S299cCWL114/_	a	1 x 14 W	1950 lm	3000 K	≥ 80	1,8
S299cCCL114/_	a	1 x 14 W	2000 lm	4000 K	≥ 80	1,8
S299cCDI114/_	a	1 x 14 W	2000 lm	5000 K	≥ 80	1,8
S299cCWL120/_	a	1 x 20 W	2600 lm	3000 K	≥ 80	1,8
S299cCCL120/_	a	1 x 20 W	2650 lm	4000 K	≥ 80	1,8
S299cCDI120/_	a	1 x 20 W	2650 lm	5000 K	≥ 80	1,8
S299cCWL129/_	a	1 x 29 W	3500 lm	3000 K	≥ 80	1,8
S299cCCL129/_	a	1 x 29 W	3600 lm	4000 K	≥ 80	1,8
S299cCDI129/_	a	1 x 29 W	3600 lm	5000 K	≥ 80	1,8

- Vyšší hodnota indexu podání barev - CRI** (pouze pro Tc 3000K, 4000K)
D
Příklad sestavení objednávacího kódu: Ra ≥90 S299cDCL129/WFD3
- Speciální chromatičnost / spektrum LED zdroje**
B / I / S / H / K / T / R / Y / F / Z / A / V / P / 6
Příklad sestavení objednávacího kódu: spektrum pro maso a uzeniny S299cCRI129/WFD3
- Stmívatelné provedení svítidla**
A / C / D / T / L / X / B
Příklad sestavení objednávacího kódu: stmívatelné DALI S299cCDD129/WFD3
- Nouzové provedení svítidla**
N / H / F / G
Příklad sestavení objednávacího kódu: nouzový provoz S299cCCIN129/WFD3
- Volitelné typy reflektorů**
HU / MD / WF
Příklad sestavení objednávacího kódu: reflektor WF S299cCCL129/WFD3

PDF Doplnky - nelze pro reflektor HU!



PDF Příslušenství



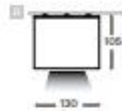
Příloha B – Katalogový list výrobce DEOS Zlín svítidlo S830 [13]



S830

LED downlighty

stropní kruhové svítidlo včetně elektronického předřadníku - volitelné provedení předřadníku - zvýšené krytí IP54 - těleso z hliníkového profilu - volitelné barevné provedení - opálový kryt z PMMA, prismatický nebo mikropismatický - střední dimenzovaná životnost svítidla 50 000h L70/B50 při Ta = 25°C - barevná odchylka MacAdam 3 SDCM



Objednávací kód	Obr.	Příkon	Sv. tok	Tc	Ra	kg
S830cLWL107/..	a	1 x 7 W	900 lm	3000 K	≥ 80	0,7
S830cLCI.107/..	a	1 x 7 W	940 lm	4000 K	≥ 80	0,7
S830cLDI.107/..	a	1 x 7 W	960 lm	5000 K	≥ 80	0,7
S830cLWL110/..	a	1 x 10 W	1240 lm	3000 K	≥ 80	0,7
S830cLCI.110/..	a	1 x 10 W	1310 lm	4000 K	≥ 80	0,7
S830cLDI.110/..	a	1 x 10 W	1340 lm	5000 K	≥ 80	0,7
S830cLWL114/..	a	1 x 14 W	1700 lm	3000 K	≥ 80	0,7
S830cLCI.114/..	a	1 x 14 W	1790 lm	4000 K	≥ 80	0,7
S830cLDI.114/..	a	1 x 14 W	1840 lm	5000 K	≥ 80	0,7

Vyšší hodnota indexu podání barev - CRI

M
Příklad sestavení objednávacího kódu: Ra ≥90 [S830cMDI.114/A3.D3](#)

Strmivatelné provedení svítidla

D / T / A
Příklad sestavení objednávacího kódu: [strmivatelné DALI](#) [S830cLDD.114/A3.D3](#)

PDF Volitelné typy akrylátových skel



Příklad sestavení objednávacího kódu:
[akrylátový opálový difuzor](#)
[S830cLDI.114/A3.D3](#)

Příloha C – Katalogový list výrobce DEOS Zlín svítidlo S614 [13]



LED downlighty

stropní kruhové svítidlo včetně elektronického předřadníku - verze pouze přímého osvětlení - verze přímého - nepřímého osvětlení DN vytváří na stropě umocňující světelný efekt - těleso svítidla z lakovaného ocelového plechu - volitelné barevné provedení - hladký opálový, prismatický čirý nebo mikropismatický opálový difuzor z PMMA se clonou - pro stropní i nástěnnou montáž - střední dimenzovaná životnost svítidla 50 000h L70/B50 při Ta = 25°C - barevná odchylka MacAdam 3 SDCM - rozptylový ochranný kryt nepřímého vyzařování - příslušenství pro závěsnou verzi se objednává samostatně



Objednací kód	Obr.	Příkon	Sv. tok	Tc	Ra	kg
S614cLWI.120/DI ...	a	1 x 20 W	2820 lm	3000 K	≥ 80	3,0
S614cLCL.120/DI ...	a	1 x 20 W	2990 lm	4000 K	≥ 80	3,0
S614cLDI.120/DI ...	a	1 x 20 W	3070 lm	5000 K	≥ 80	3,0
S614cLWI.128/DI ...	a	1 x 28 W	4030 lm	3000 K	≥ 80	3,0
S614cLCL.128/DI ...	a	1 x 28 W	4270 lm	4000 K	≥ 80	3,0
S614cLDI.128/DI ...	a	1 x 28 W	4390 lm	5000 K	≥ 80	3,0
S614cLWI.140/DI ...	a	1 x 40 W	5420 lm	3000 K	≥ 80	3,0
S614cLCL.140/DI ...	a	1 x 40 W	5740 lm	4000 K	≥ 80	3,0
S614cLDI.140/DI ...	a	1 x 40 W	5900 lm	5000 K	≥ 80	3,0
S614cLWI.120/DN ...	b	1 x 20 W	2820 lm	3000 K	≥ 80	3,1
S614cLCL.120/DN ...	b	1 x 20 W	2990 lm	4000 K	≥ 80	3,1
S614cLDI.120/DN ...	b	1 x 20 W	3070 lm	5000 K	≥ 80	3,1
S614cLWI.128/DN ...	b	1 x 28 W	4030 lm	3000 K	≥ 80	3,1
S614cLCL.128/DN ...	b	1 x 28 W	4270 lm	4000 K	≥ 80	3,1
S614cLDI.128/DN ...	b	1 x 28 W	4390 lm	5000 K	≥ 80	3,1
S614cLWI.140/DN ...	b	1 x 40 W	5420 lm	3000 K	≥ 80	3,1
S614cLCL.140/DN ...	b	1 x 40 W	5740 lm	4000 K	≥ 80	3,1
S614cLDI.140/DN ...	b	1 x 40 W	5900 lm	5000 K	≥ 80	3,1

■ Vyšší hodnota indexu podání barev - CRI

M
Příklad sestavení objednacího kódu: Ra ≥ 90 S614cMDI.140/DIA3.D3

■ Strmivatelné provedení svítidla

B / D / T
Příklad sestavení objednacího kódu: strmivatelné DALI S614cLWD.140/DIA3.D3

PDF Volitelné typy akrylátových skel

Příklad sestavení objednacího kódu:
akrylátový opálový difuzor S614cLDI.140/DIA3.D3

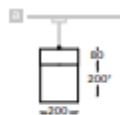
PDF Příslušenství

Příloha D – Katalogový list výrobce DEOS Zlín svítidlo Z821 [13]



LED závěsná svítidla

svítidlo s integrovaným elektronickým předřadníkem - těleso z lakovaného plechu - volitelné barevné provedení - pasivní chlazení modulu - opálové stínítko z PMMA - střední dimenzovaná Životnost svítidla 50 000h L70/B50 při Ta = 25°C - barevná odchylka MacAdam 3 SDCM - volitelný závěs se objednává samostatně



* včetně rozměr možný

Objednací kód	Obr.	Přikon	Sv. tok	Tc	Ra	kg
Z821cCWL110	a	1 x 10 W	1400 lm	3000 K	≥ 80	3,2
Z821cCCL110	a	1 x 10 W	1450 lm	4000 K	≥ 80	3,2
Z821cCDL110	a	1 x 10 W	1450 lm	5000 K	≥ 80	3,2
Z821cCWL114	a	1 x 14 W	1950 lm	3000 K	≥ 80	3,2
Z821cCCL114	a	1 x 14 W	2000 lm	4000 K	≥ 80	3,2
Z821cCDL114	a	1 x 14 W	2000 lm	5000 K	≥ 80	3,2
Z821cCWL120	a	1 x 20 W	2600 lm	3000 K	≥ 80	3,2
Z821cCCL120	a	1 x 20 W	2650 lm	4000 K	≥ 80	3,2
Z821cCDL120	a	1 x 20 W	2650 lm	5000 K	≥ 80	3,2
Z821cCWL129	a	1 x 29 W	3500 lm	3000 K	≥ 80	3,2
Z821cCCL129	a	1 x 29 W	3600 lm	4000 K	≥ 80	3,2
Z821cCDL129	a	1 x 29 W	3600 lm	5000 K	≥ 80	3,2
Z821cCWL137	a	1 x 37 W	4200 lm	3000 K	≥ 80	3,2
Z821cCCL137	a	1 x 37 W	4300 lm	4000 K	≥ 80	3,2
Z821cCDL137	a	1 x 37 W	4300 lm	5000 K	≥ 80	3,2
Z821cCWL143	a	1 x 43 W	4900 lm	3000 K	≥ 80	3,2
Z821cCCL143	a	1 x 43 W	5000 lm	4000 K	≥ 80	3,2
Z821cCDL143	a	1 x 43 W	5000 lm	5000 K	≥ 80	3,2

■ Vyšší hodnota indexu podání barev - CRI (pouze pro Tc 3000K, 4000K)

D

Příklad sestavení objednacího kódu: Ra ≥ 90

Z821cDCL143.D3

■ Strmivatelé provedení svítidla

B / D

Příklad sestavení objednacího kódu: strmivatelé DALI

Z821cCCD.143.D3

■ Rozšířený způsob montáže



Příslušenství



ZSL-K
oz. 731

ZSL-P
oz. 731

ZVL-K
oz. 732

ZLL
oz. 733

Lihty
oz. 41

Příloha E – Katalogový list výrobce DEOS Zlín svítidlo V314 [13]



LED směřová svítidla vestavná

vestavné svítidlo - otočné o 355° a výklopné do 180° - těleso z hliníkového plechu - integrovaný elektronický předřadník - volitelné barevné provedení - kvalitní hliníkové reflektory s vysokou účinností - střední dimenzovaná životnost svítidla 50 000h L70/B50 při Ta = 25°C - barevná odchylka MacAdam 3 SDCM - přídavné ochranné sklo nebo volitelný filtr



Objednací kód	Obr.	Příkon	Sv. tok	Tc	Ra	kg
V314sCWL108/..	a	1 x 8 W	1140 lm	3000 K	≥ 80	1,2
V314sCCL108/..	a	1 x 8 W	1180 lm	4000 K	≥ 80	1,2
V314sCDI108/..	a	1 x 8 W	1180 lm	5000 K	≥ 80	1,2
V314sCWL110/..	a	1 x 10 W	1400 lm	3000 K	≥ 80	1,2
V314sCCL110/..	a	1 x 10 W	1450 lm	4000 K	≥ 80	1,2
V314sCDI110/..	a	1 x 10 W	1450 lm	5000 K	≥ 80	1,2
V314sCWL114/..	a	1 x 14 W	1950 lm	3000 K	≥ 80	1,2
V314sCCL114/..	a	1 x 14 W	2000 lm	4000 K	≥ 80	1,2
V314sCDI114/..	a	1 x 14 W	2000 lm	5000 K	≥ 80	1,2
V314sCWL120/..	a	1 x 20 W	2600 lm	3000 K	≥ 80	1,2
V314sCCL120/..	a	1 x 20 W	2650 lm	4000 K	≥ 80	1,2
V314sCDI120/..	a	1 x 20 W	2650 lm	5000 K	≥ 80	1,2
V314sCWL129/..	a	1 x 29 W	3500 lm	3000 K	≥ 80	1,2
V314sCCL129/..	a	1 x 29 W	3600 lm	4000 K	≥ 80	1,2
V314sCDI129/..	a	1 x 29 W	3600 lm	5000 K	≥ 80	1,2
V314sCWL137/..	a	1 x 37 W	4200 lm	3000 K	≥ 80	1,2
V314sCCL137/..	a	1 x 37 W	4300 lm	4000 K	≥ 80	1,2
V314sCDI137/..	a	1 x 37 W	4300 lm	5000 K	≥ 80	1,2
V314sCWL143/..	a	1 x 43 W	4900 lm	3000 K	≥ 80	1,2
V314sCCL143/..	a	1 x 43 W	5000 lm	4000 K	≥ 80	1,2
V314sCDI143/..	a	1 x 43 W	5000 lm	5000 K	≥ 80	1,2

Volitelné typy reflektorů (* max. 14W)

SS* / SP / MD / FL / WF / MDG / FLG

Příklad sestavení objednacího kódu: reflektor s úhlem vyzařování MD V314sCCL143/MD.D3

Vyšší hodnota indexu podání barev - CRI (pouze pro Tc 3000K, 4000K)

D

Příklad sestavení objednacího kódu: Ra ≥90 V314sCDI143/MD.D3

Stmívatelné provedení svítidla (nelze pro 8W)**

A** / B / C / D / T / L** / X / W

Příklad sestavení objednacího kódu: stmívatelné DALI V314sCCD143/MD.D3

PDF Volitelné typy přídavných skel / filtrů



Příklad sestavení objednacího kódu: voštinový filtr (honeycomb)

V314sCC143/MD.FH.D3

PDF Příslušenství



Příloha F – Katalogový list výrobce DEOS Zlín svítidlo V159 [13]



LED downlighty

vestavné čtvercové svítidlo v kompaktním boxu včetně předřadníku - volitelné provedení předřadníku - pasivní chlazení modulu - ocelový rámeček s opalovým krytem z PMMA nebo mikroprismy - středně dimenzovaná životnost svítidla 50 000h L70/B50 při Ta = 25°C - barevná odchylka MacAdam 3 SDCM - volitelné barevné provedení - rychlá montáž bez použití nářadí - zvýšené IP v uzavřených podhledech



Objednáací kód	Obr.	Příkon	Sv. tok	Tc	Ra	kg
V159sCWL108/..*	a	1 x 8 W	1140 lm	3000 K	≥ 80	0,9
V159sCCL108/..*	a	1 x 8 W	1180 lm	4000 K	≥ 80	0,9
V159sCDL108/..*	a	1 x 8 W	1180 lm	5000 K	≥ 80	0,9
V159sCWL110/..	a	1 x 10 W	1400 lm	3000 K	≥ 80	0,9
V159sCCL110/..	a	1 x 10 W	1450 lm	4000 K	≥ 80	0,9
V159sCDL110/..	a	1 x 10 W	1450 lm	5000 K	≥ 80	0,9
V159sCWL114/..	a	1 x 14 W	1950 lm	3000 K	≥ 80	0,9
V159sCCL114/..	a	1 x 14 W	2000 lm	4000 K	≥ 80	0,9
V159sCDL114/..	a	1 x 14 W	2000 lm	5000 K	≥ 80	0,9
V159sCWL120/..	a	1 x 20 W	2600 lm	3000 K	≥ 80	0,9
V159sCCL120/..	a	1 x 20 W	2650 lm	4000 K	≥ 80	0,9
V159sCDL120/..	a	1 x 20 W	2650 lm	5000 K	≥ 80	0,9

Vyšší hodnota indexu podání barev (CRI) pouze pro Tc 3000K, 4000K
D
 Příklad sestavení objednáacího kódu: Ra ≥90 V159sDCI.120/A3.D3

Speciální chromatičnost / spektrum LED zdroje
B / I / S / H / K / T / R / Y / F / Z / A / V / P / 6
 Příklad sestavení objednáacího kódu: spektrum pro maso a uzeniny V159sCRI.120/A3.D3

Stmívatelné provedení svítidla (*nelze)
A / B / C / D / T / L / X
 Příklad sestavení objednáacího kódu: stmívatelné DALI V159sCCD.120/A3.D3

Nouzové provedení svítidla
N / H / F / G
 Příklad sestavení objednáacího kódu: nouzový provoz V159sCCIN.120/A3.D3

PDF **Volitelné typy akrylátových skel**

 Příklad sestavení objednáacího kódu: akrylátový opalový difuzor V159sCCL120/A3.D3

PDF **Příslušenství**

Příloha G – Katalogový list výrobce DEOS Zlín svítidlo V189 [13]



LED downlighty

vestavné čtvercové svítidlo včetně předřadníku · volitelné provedení předřadníku · pasivní chlazení modulu · ocelový rámeček s opálovým krytem z PMMA, prismatické nebo mikropismatické · středně dimenzovaná životnost svítidla 50 000h L70/B50 při Ta = 25°C · barevná odchylka MacAdam 3 SDCM · volitelné barevné provedení · rychlá montáž bez použití nářadí



Objednací kód	Obr.	Příkon	Sv. tok	Tc	Ra	kg
V189sLWI.107/..	a	1 x 7 W	900 lm	3000 K	≥ 80	0,6
V189sLCI.107/..	a	1 x 7 W	940 lm	4000 K	≥ 80	0,6
V189sLDI.107/..	a	1 x 7 W	960 lm	5000 K	≥ 80	0,6
V189sLWI.110/..	a	1 x 10 W	1240 lm	3000 K	≥ 80	0,6
V189sLCI.110/..	a	1 x 10 W	1310 lm	4000 K	≥ 80	0,6
V189sLDI.110/..	a	1 x 10 W	1340 lm	5000 K	≥ 80	0,6
V189sLWI.114/..	a	1 x 14 W	1700 lm	3000 K	≥ 80	0,6
V189sLCI.114/..	a	1 x 14 W	1790 lm	4000 K	≥ 80	0,6
V189sLDI.114/..	a	1 x 14 W	1840 lm	5000 K	≥ 80	0,6
V189sLWI.120/..	a	1 x 20 W	2360 lm	3000 K	≥ 80	0,6
V189sLCI.120/..	a	1 x 20 W	2480 lm	4000 K	≥ 80	0,6
V189sLDI.120/..	a	1 x 20 W	2550 lm	5000 K	≥ 80	0,6

Vyšší hodnota indexu podání barev - CRI

M
Příklad sestavení objednacího kódu: Ra ≥90 V189sMDI.120/A3D3

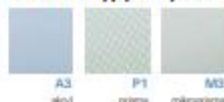
Stmívatelné provedení svítidla

A / B / C / D / T / L / X
Příklad sestavení objednacího kódu: stmívatelné DALI V189sLWD.120/A3D3

Nouzové provedení svítidla

N / H / F / G
Příklad sestavení objednacího kódu: nouzový provoz V189sLWIN.120/A3D3

PDF Volitelné typy akrylátových skel



Příklad sestavení objednacího kódu:
akrylátový opálový difuzor

V189sCCI.129/A3D3

PDF Příslušenství



230V-50Hz