

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ**

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



Nízkoenergetické osvětlení multifunkčního domu

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vypracoval:

Tomáš Lidmila

Vedoucí práce:

doc. Ing. Bohumír Garlík, CSc.

2021

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Lidmila Jméno: Tomáš Osobní číslo: 470533
Zadávací katedra: K125 - Technické zařízení budov
Studijní program: Stavební inženýrství - B3651
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb - 3608R008

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Nízkoenergetické osvětlení multifunkčního domu
Název bakalářské práce anglicky: Intelligent lighting in multifunctional building

Pokyny pro vypracování:

Zpracujte analýzu konceptu TZB objektu z hlediska zásobování elektrickou energií od přípojky až po komplex spotřebičů na straně zátěže elektrickou energií (větrání, zásobování teplem, osvětlení, dobíjecími stanicemi a spod.). Na tomto základě proveďte návrh základních (hlavních) elektrických rozvodů, navrhnete dimenze jištění, kabeláže a ochrany. Hlavní soustředění pak zaměřte na efektivní a úsporný návrh osvětlení, jak z hlediska energetické náročnosti, tak i z hlediska kvality osvětlení jednotlivých místností. Aplikujte software a hledisko výběru osvětlovacích zdrojů v kontextu automatizace osvětlení multifunkčního domu. Zpracujte projektovou dokumentaci a vypracujte technickou zprávu pro stavební řízení v měřítku 1:50 - 1:100 (půdorysy, řezy).

Seznam doporučené literatury:

Garlík, B. Technická zařízení budov, elektrická instalace v budovách, Česká technika-nakladatelství ČVUT, 2017, ISBN 978-80-01-06342-2

Garlík, B. Inteligentní budovy, BEN - technická literatura, Praha 2012, ISBN 978-80-7300-440-8

Jméno vedoucího bakalářské práce: doc. Ing. Bohumír Garlík, CSc.

Datum zadání bakalářské práce: 19.2.2021 Termín odevzdání bakalářské práce: 16.5.2021
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

22.02.2021

Datum převzetí zadání

Prohlašuji, že jsem svoji bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a podkladů.

V Sokolově dne

Podpis

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce panu doc. Ing. Bohumíru Garlíkovi, CSc. za odborné vedení a za poskytnuté materiály a konzultace.

Dále bych rád poděkoval firmě CAD & Stav spol. s r.o. za poskytnutí základní výkresové dokumentace k řešenému objektu.

OBSAH

OBSAH	5
ÚVOD	9
1. OSVĚTLENÍ.....	10
1.1. Základní světelně technické veličiny a jednotky	10
1.1.1. Prostorový úhel Ω [sr] (steradián)	10
1.1.2. Svítivost I = [cd] (kandela).....	10
1.1.3. Světelný tok Φ = [lm] (lumen).....	11
1.1.4. Intenzita osvětlení E = [lx] (lux).....	11
1.1.5. Světlení H = [lm/m ²] (lumen na metr čtvereční)	12
1.1.6. Jas L = [cd/m ²] (kandela na metr čtvereční)	12
1.1.7. Teplota chromatičnosti T_c = [K] (Kelvin).....	12
1.1.8. Index barevného podání R_a = [-]	13
1.1.9. Měrný výkon η = [lm/W] (lumen na watt).....	13
1.2. Elektrické zdroje světla	14
1.2.1. Teplotní světelné zdroje	14
1.2.1.1. Standardní žárovky.....	14
1.2.1.2. Halogenové žárovky	15
1.2.2. Výbojové světelné zdroje.....	15
1.2.2.1. Nízkotlaké výbojky	15
1.2.2.2. Vysokotlaké výbojky	16
1.2.3. Elektroluminiscenční světelné zdroje (LED).....	16
1.2.3.1. LED diody	16
1.2.3.2. Laserové diody.....	17
1.3. Požadavky na osvětlení prostorů dle normy.....	18
1.4. Dělení svítidel	19
1.4.1. Dělení podle světelného toku	19
1.4.2. Dělení podle IP krytí.....	19
1.5. Výpočet umělého osvětlení.....	21
1.5.1. Toková metoda	21
1.5.2. Bodová metoda.....	21
2. Silnoproud.....	22
2.1. Vodiče.....	22
2.1.1. Způsob uložení vodičů v kabelech	22
2.1.2. Barevné značení vodičů	23

2.1.3.	Značení vodičů podle harmonizovaných norem.....	23
2.1.4.	Starší značení vodičů.....	24
2.2.	Dimenzování průřezů	25
2.2.1.	Dimenzování výpočtem	25
2.2.1.1.	Výpočet úbytku napětí	27
2.2.2.	Dimenzování vodičů podle výpočtu plochy průřezu	28
2.3.	Elektrické přístroje	29
2.3.1.	Spojovací přístroje	29
2.3.1.1.	Zásuvka	29
2.3.1.2.	Svorka	29
2.3.2.	Spínací přístroje	30
2.3.2.1.	Vypínač	30
2.3.2.2.	Spínač.....	30
2.3.3.	Jistící a ochranné přístroje	30
2.3.3.1.	Pojistky.....	30
2.3.3.2.	Jističe	31
2.3.3.3.	Proudové chrániče.....	32
2.3.4.	Elektroměry.....	32
2.4.	Přípojkové skříně a rozvaděče.....	33
2.4.1.	Přípojkové skříně	33
2.4.2.	Rozvaděče	33
2.4.2.1.	Klasické rozvaděče.....	33
2.4.2.2.	Elektroměrové rozvaděče.....	33
3.	Návrh silnoproudých rozvodů a nízkoenergetického osvětlení multifunkčního domu ...	35
3.1.	Seznámení s objektem	35
3.2.	Výpočet udržovacího činitele	36
3.3.	Návrh osvětlovací soustavy	37
3.3.1.	Zvolená svítidla	37
3.3.2.	Řízení osvětlovací soustavy.....	38
3.3.3.	Pořizovací náklady	40
3.4.	Ekonomické zhodnocení osvětlovací soustavy	41
3.4.1.	Výpočet energetické bilance osvětlovací soustavy bez regulace	41
3.4.2.	Výpočet energetické bilance osvětlovací soustavy s regulací	42
3.4.3.	Výpočet spotřeby imaginární soustavy.....	45
3.4.4.	Porovnání variant osvětlovací soustavy	47

4.	Návrh silnoproudých rozvodů.....	49
4.1.	Návrh hlavního domovního vedení HDV:.....	51
4.2.	Návrh dimenze odboček	52
5.	Závěr	54
6.	Seznam tabulek.....	55
7.	Seznam grafů	55
8.	Seznam obrázků.....	55
9.	Zdroje.....	57
10.	Seznam příloh	60

Anotace

Bakalářská práce se zabývá návrhem nízkoenergetického osvětlení a silnoproudých rozvodů pro multifunkční dům. Práce je rozdělena na dvě hlavní části. První část se zabývá teoretickým řešením návrhu, popisuje různé typy prvků jak pro osvětlení, tak pro silnoproud. Ve druhé části se aplikuje teorie na konkrétní budovu, v tomto případě multifunkčního domu s ordinacemi lékařů ambulantní péče.

Klíčová slova

Osvětlení, Elektrické rozvody, elektroinstalace, LED, Nízkoenergetické osvětlení, osvětlovací soustava, multifunkční dům, svítidlo, úspora

Annotation

The bachelor's thesis deals with the design of low-energy-lighting and high-current distribution for a multifunctional house. This thesis is divided into two main parts. The first part deals with the theoretical solution of the design, describes various types of elements for both lighting and high current. In the second part, the theory is applied to a specific building, in this case a multifunctional house with clinics.

Key words

Lighting, electrical wiring, wiring, LED, low-energy-lighting, lighting systém, multifunctional house, light, savings

ÚVOD

Úkolem této bakalářské práce je navrhnout úsporné a efektivní osvětlení pro vybranou budovu a případně její automatizace. Dále udělat analýzu objektu z hlediska zásobování elektrickou energií od přípojky až po komplex spotřebičů. Na jejíž základě udělat návrh hlavních silnoproudých rozvodů od dimenze jištění až po kabeláž.

V první části bakalářské práce se seznámíme s hlavní problematikou návrhu osvětlovací soustavy od základních veličin, typ svítidel až po jejich výpočtové metody.

V další části práce se seznámíme s problematikou a návrhem silnoproudých rozvodů od dimenzování vodičů až po seznámení různých elektrických přístrojů, které bývají součástí soustavy.

V části praktické se tyto teoretické znalosti aplikují na multifunkční dům. Bude obsahovat návrh osvětlovací soustavy, její automatizaci a porovnání ekonomické výhodnosti vůči imaginární soustavě z klasických žárovek. Následně budou navrženy silnoproudé rozvody pro zapojení osvětlovací soustavy a případných spotřebičů.

Přílohy budou obsahovat výkresy pro osvětlovací soustavu a pro zásuvkové rozvody společně se zapojení rozvaděčů a technickou zprávu.

1. OSVĚTLENÍ

1.1. Základní světelně technické veličiny a jednotky

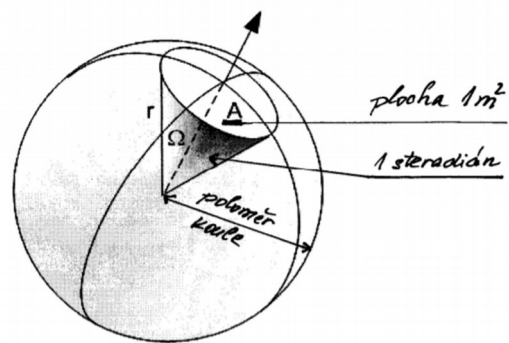
1.1.1. Prostorový úhel Ω [sr] (steradián)

Prostorový úhel charakterizuje velikost výseče z prostoru vymezenou obecnou kuželovou nebo jehlanovou plochou. 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.

Plocha 1 m² kužele na kouli o poloměru 1 m je považován jako 1 steradián.

$$\Omega = \frac{A}{r^2} \text{ (sr)}$$

Kde: **A**: plocha vyřznuta úhlem Ω [m²],
r: poloměr koule [m].



Obrázek 1 - Definice prostorového úhlu [2]

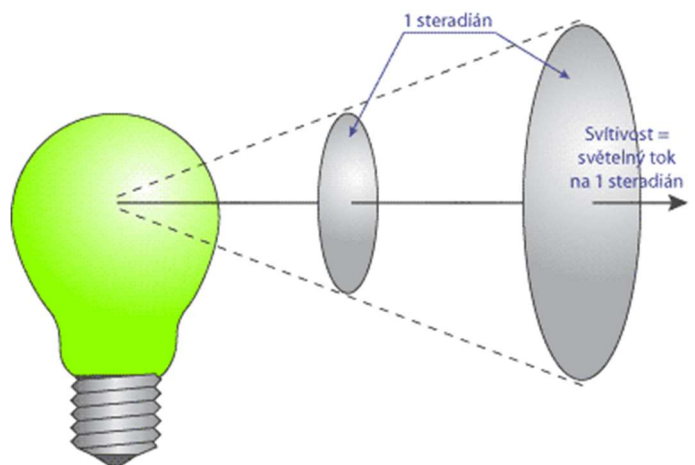
1.1.2. Svítivost I [cd] (kandela)

Svítivost udává, kolik světelného toku vyzáří svítidlo do prostorového úhlu v určitém směru. Hodnota v kandelách udává hustotu světelných paprsků. Se vzdáleností se hodnota nemění (mění se pouze hustota na m², ale ne hustota na prostorový úhel).

Hodnota se vypočte ze vzorce:

$$I = \frac{\Phi}{\Omega} \text{ (cd)}$$

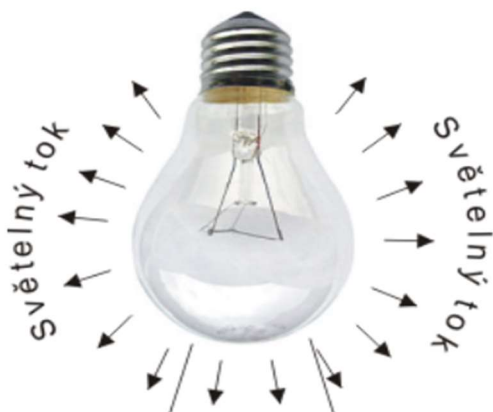
Kde: **Φ** : Světelný tok [lm]
 Ω : Prostorový úhel [sr].



Obrázek 2 - Vizuální definice svítivosti [1]

1.1.3. Světelný tok $\Phi = [lm]$ (lumen)

Světelný tok udává, kolik světla vyzáří světelný zdroj do všech směrů. Lumen měří jen užité světlo (záření), které je posuzováno lidským okem. 1 lm je definovaný jako světelný tok vyzářený zdrojem o svítivosti 1 cd do prostorového úhlu 1 sr.



Obrázek 3 - Definice světelného toku [1]

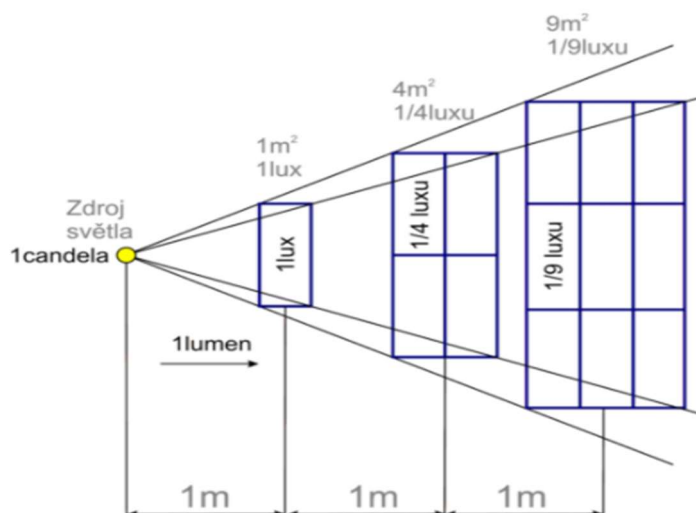
1.1.4. Intenzita osvětlení $E = [lx]$ (lux)

Intenzita osvětlení udává hodnotu světelného toku Φ dopadajícího na uvažovanou plochu tzn. hodnota 1 lx vzniká když 1 lm dopadá rovnoměrně na plochu 1 m². Norma ČSN EN 12 464-1 doporučuje minimální hodnoty osvětlení pro vnitřní prostory, aby se zaručily dobré podmínky viditelnosti.

$$E = \frac{\Phi}{A} (lx)$$

Kde: Φ : Světelný tok [lm],

A : osvětlovaná plocha [m²]



Obrázek 4 - Definice úbytku intenzity osvětlení [1]

1.1.5. Světlení $[H] = [lm/m^2]$ (lumen na metr čtvereční)

Světlení udává velikost světelného toku emitovaného z plochy zdroje.

$$H = \frac{\Phi_s}{A_s} (lm/m^2)$$

kde: Φ_s : Světelný tok vyzářený svítidlem [lm],

A_s : Plocha, ze které světelný tok vyzařuje [m^2].

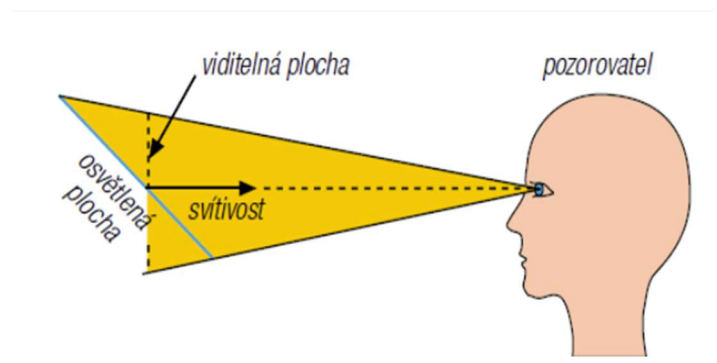
1.1.6. Jas $L = [cd/m^2]$ (kandela na metr čtvereční)

Jas je jednotka definovaná jako měrná svítivost. Tato veličina je určena plošnou a prostorovou hustotou světelného toku, proto závisí na poloze pozorovatele a na směru jeho pohledu. Na tuto veličinu lidské oko přímo reaguje, resp. na jeho kontrast.

$$L = \frac{I}{S_p} (cd/m^2)$$

Kde: I : Svítivost [cd],

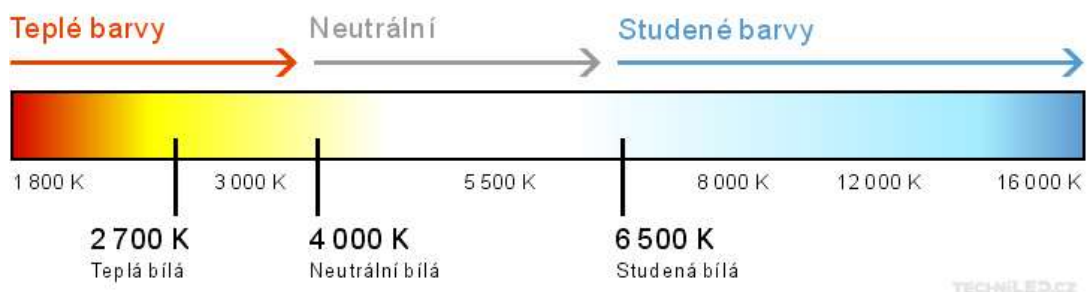
S_p : svítící plocha [m^2].



Obrázek 5 - Definice jasu [4]

1.1.7. Teplota chromatičnosti $T_c = [K]$ (Kelvin)

Teplota chromatičnosti (známá i jako barevná teplota) udává různé odstíny vyzařované svítilny a světelnými zdroji. Měří se v Kelvinech a obvykle dosahuje hodnot od 1800 K (temně oranžová až červená) po 8000 K (světle modrá). Různé typy teploty se doporučují do různých prostorů (např. teplé odstíny se doporučují do odpočinkových prostorů, zatímco chladné a neutrální odstíny do prostorů kanceláří či nákupních středisek).



Obrázek 6 - Spektrum teploty chromatičnosti [5]

1.1.8. Index barevného podání $R_a = [-]$

Index barveného podání udává, jak přesně zdroj podává svým světelným tokem barvy spektra. Hodnota R_a se udává v číslech od 0 do 100, kde čím více se blížíme k hodnotě 100, tím živější barvy a věci vypadají pod tímto světlem přirozeněji. Pokud se hodnota blíží k 0, barvy jsou vybledlé až nepřirozené.



Obrázek 7 - Příklad různých hodnot R_a [3]

1.1.9. Měrný výkon $\eta = [lm/W]$ (lumen na watt)

Veličina vyjadřuje, jak účinně převádí světelný zdroj elektrickou energii na světlo. To znamená jak velké množství světleného toku (lm) vytvoří světelný zdroj na jeden 1 Watt elektrické energie.

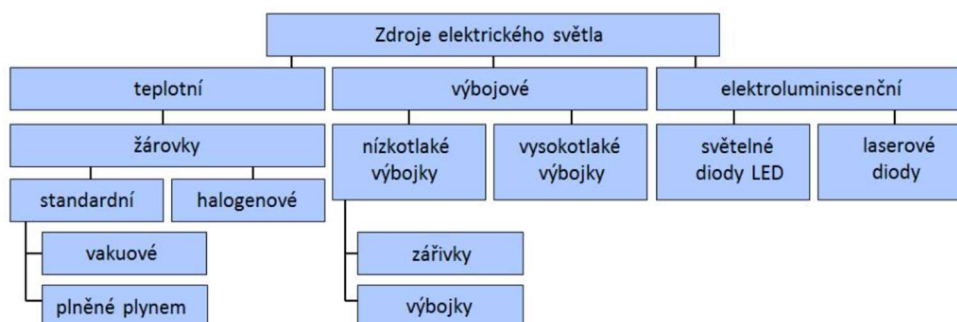
$$\eta = \frac{\Phi}{P} (lm/W)$$

kde: Φ : Světelný tok [lm]

P : Elektrický příkon [W]

1.2. Elektrické zdroje světla

Elektrické zdroje světla se dají rozdělit podle principu vzniku světla na:



Obrázek 8 - Dělení světelných zdrojů [6]

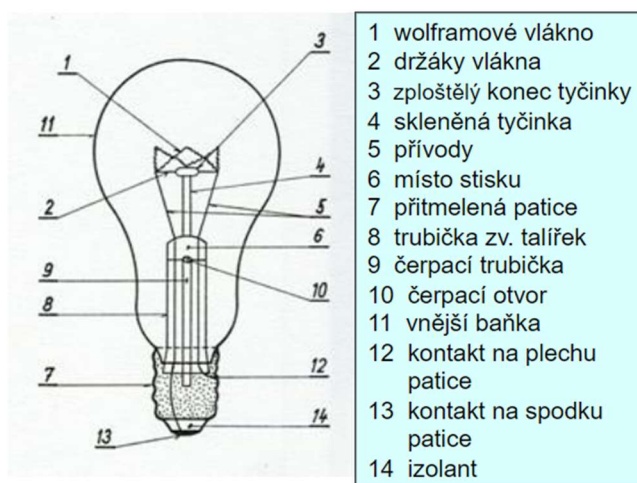
1.2.1. Teplotní světelné zdroje

Princip vzniku světla je za pomoci ohřevu těles, což je případ obyčejných a halogenových žárovek, kde zdrojem záření je rozžhavená pevná látka. U žárovek je používáno kovové (wolframové) vlákno, kterým prochází elektrický proud a je rozžhavené na vysokou teplotu. Vyznačují se velmi malým měrným výkonem.

1.2.1.1. Standartní žárovky

Standartní žárovky jsou jedním z nejrozšířenějších světelných zdrojů. Jejich hlavní výhodou je jednoduchá instalace, nízká cena, snadná údržba a široký sortiment. Bohužel tento typ světelného zdroje má velmi krátkou životnost (oproti ostatním zdrojům) a nízký měrný výkon.

Žárovky jsou typické vynikajícím podáním barev Ra (až 100), vyzařující teplé světlo okolo 2700 až 2900 K. Okamžitě nastartují bez blikání, s téměř okamžitým ustálením světelného toku. Likvidace vyhořelých žárovek je snadná, jelikož neobsahují žádné škodlivé látky.

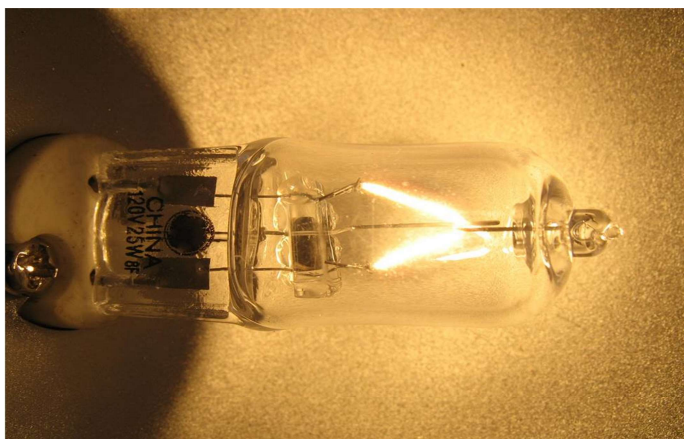


Obrázek 9 - Konstrukční provedení žárovky [7]

1.2.1.2. Halogenové žárovky

Halogenové žárovky jsou plněné plynem s příměsí halogenů nebo jejich sloučenin. U klasických žárovek se vypařený wolfram usazuje na povrchu baňky a snižuje její světelný tok, zatímco u halogenových žárovek se vypařený wolfram slučuje s halogenem a vlivem tepelného pole se vrací zpět na vlákno, kde dochází k tzv. disociaci, tj., wolfram se usazuje na vlákno žárovky a halogen se vrací zpět k povrchu baňky. Tímto způsobem se světelný tok zvyšuje a prodlužuje se životnost žárovky.

Halogenové žárovky vyzařují teplotu chromatičnosti od 2 900 až 3 400 K, mají lepší měrný výkon oproti standardním žárovkám. Díky disociaci nepřesahuje úbytek světla po dobu její životnosti 5 %.



Obrázek 10 - Pohled na halogenovou žárovku zblízka [8]

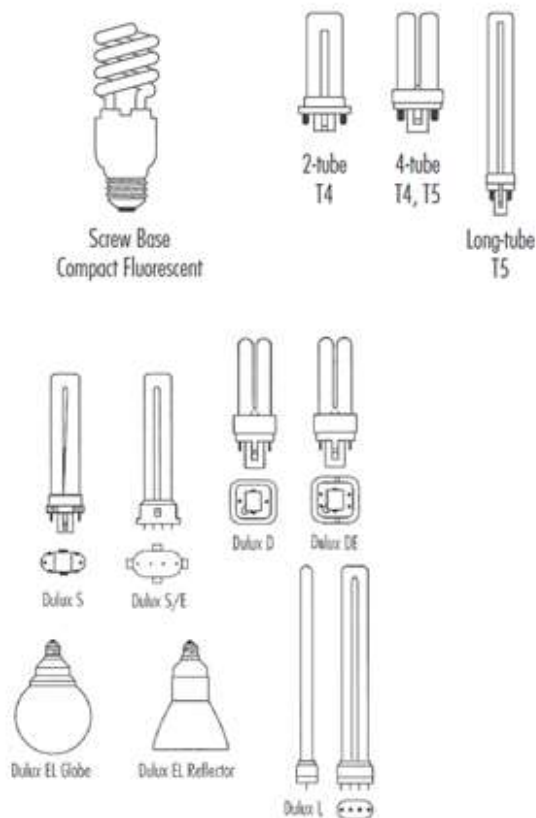
1.2.2. Výbojové světelné zdroje

Výbojové světelné zdroje jsou založeny na principu elektrický výbojů v plynech a párách různých kovů. Využívají přeměnu elektrické energie na kinetickou energii elektronů, které se pohybují ve výbojovém prostoru. Při kolizi elektronů s atomy plynů a kovových par se jejich energie mění na optické záření.

1.2.2.1. Nízkotlaké výbojky

Nejtypičtější nízkotlaké výbojky jako zářivky. Jsou to rtuťové výbojky, v nichž se ultrafialové záření transformuje vrstvou luminoforu na viditelné světlo.

Typické pro zářivky je jejich vysoký měrný výkon (až 100 lm/W), široký sortiment příkonů, teploty chromatičnosti a dlouhé životnosti. Hlavní nevýhodou je obsah rtuti dělající ze zářivek nebezpečný odpad.



Obrázek 11 - Různé druhy zářivek [9]

1.2.2.2. Vysokotlaké výbojky

Vysokotlaké výbojky jsou používány zejména pro komunikace či sportovní prostory. Kvůli dlouhému ustálení světla (někdy až 10 minut) se nedoporučují do vnitřních prostorů. Jejich příkon často přesahuje 100 W. Velkou výhodou je dlouhá životnost (10 000-15 000 hod) a stálost světelného toku (po jeho ustálení). Nejtypičtější vysokotlaké výbojky jsou z rtuti, sodíku a halogenidů.

1.2.3. Elektroluminiscenční světelné zdroje (LED)

Do této kategorie patří laserové diody a LED diody.

1.2.3.1. LED diody

LED (light emitting diode = světlo emitující dioda) je nový typ osvětlení s dobrou ekologickou a ekonomickou technologií, které se i nadále vyvíjí.

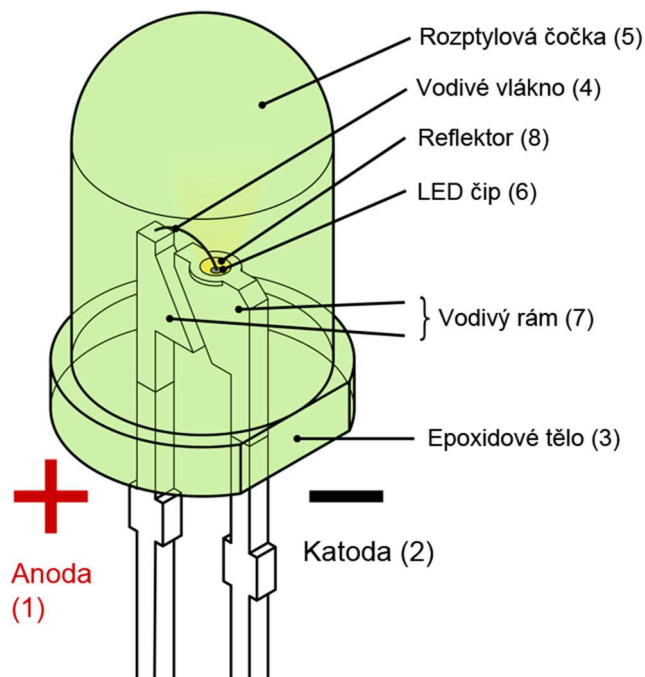
Dioda vytváří světelné záření po průchodu elektrické energie skrz polovodič. Diody jsou z větších případů vybaveny optickým prvkem pro lepší rozptyl světla z epoxidové pryskyřice. Dle vlastností tohoto prvku lze vytvořit bodové či rozptylové osvětlení s různými vyzařovacími úhly. První diody byly schopné vyzařovat pouze jediné barvy, a to barvy červené. Až později za pomoci luminoforu se podařilo dosáhnout bílého světla.

Každý odstín barvy osvětlení potřebuje rozdílné hodnoty napětí, např. pro žlutou barvu se používá 2,18 V a pro fialovou barvu až 4 V.

Největší výhodou LED zdrojů je jejich vysoký měrný výkon (přesahující i 100 lm/W), schopnost vyzařovat v různých odstínech a barvách, dlouhá životnost (přesahující i 100 000 h), možnost stmívání, okamžité ustálení světelného toku a neobsahují škodlivé látky.

Mezi nevýhody patří vysoká pořizovací cena, která se nám vrátí v podobě úspor na elektrické energii. Životnost LED diod závisí na jejich chlazení, to zajišťuje hliníkové tělo případně chladič, který je přímo spojen s LED diodami.

V současné době se vyrábí velké množství LED svítidel, od LED diod, LED žárovek a LED pásků až po rozšiřovací optiku a robustních svítidel či LCD displejů.



Obrázek 12 - Konstrukční provedení LED diody [10]

1.2.3.2. Laserové diody

Laserové diody proti LED diodám generují světlo odpovídající světlu laseru, tj. má o dost užší spektrum (monochromatické). Samotné světlo je vyznačované vysokou zářivostí a malou rozbíhavostí laserového svazku.



Obrázek 13 - Laserové diody 1 W 808nm [11]

1.3. Požadavky na osvětlení prostorů dle normy

Osvětlení pracoviště a okolního prostředí musí odpovídat náročnosti vykonávané práce na zrakovou činnost a ochranu zdraví v souladu s normou. Požadavky na osvětlení prostorů pro většinu pracovních a ostatních prostorů z hlediska její intenzity specifikuje norma **ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů – Část 1: Vnitřní pracovní prostory**

Pro pracoviště o denním osvětlením musí být dodrženo alespoň minimální hodnota **D_{min}** = 1,5 % a průměrná hodnota **D_m** musí dosahovat až 3 %.

U pracovišť se sdruženým osvětlením musí hodnoty denní světla dosahovat minimálně **D_{min}** = 0,5 % a průměrně alespoň **D_m** = 1 %.

Pracoviště, která jsou osvětlená pouze umělým osvětlením, musí jejich světelná soustava dosahovat požadovaných **E_m** dáno normou (viz tab.1).

Prostor (činnost)	Udržovaná osvětlenost ²⁾ \bar{E}_m (lux)	Prostor (činnost)	Udržovaná osvětlenost ²⁾ \bar{E}_m (lux)
Komunikační prostory a chodby	100	Kadeřnictví	500
Nakládací rampy a místa	150	Šperkařství – výroba šperků	1000
Odpočívárny	100	Prádelny a čistírny – praní a čištění	300
Ošetřovny	500	Administrativní prostory – zakládání dokumentů, kopírování atp.	300
Regálové sklady – uličky bez obsluhy	20	Administrativní prostory – psaní, psaní na stroji, čtení, zpracování dat	500
Regálové sklady – uličky s obsluhou	150	Administrativní prostory – recepce	300
Pekárna – příprava a pečení	300	Šatny, toalety	200

Tabulka 1 - Přehled udržované osvětlenosti ve vybraných prostorách [13]

Z toho vyplývá, že hlavní hodnoty pro osvětlení jsou **D_m** (činitel denní osvětlenosti) a **E_m** (poměr osvětlenosti).

Veličina **D_m** znázorňuje, kolik % denní osvětlenosti se dostane do interiéru. Hodnota **E_m** řeší poměr osvětlení mezi místem nejvíce osvětleným místem a místem s nejmenším přístupem světla. Tato hodnota musí splňovat požadavky dle normy.

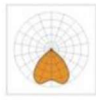









Mezi další používané normy pro osvětlení patří norma pro měření umělého osvětlení **ČSN 36 0011-3 - Měření osvětlení prostorů – Část 3: Měření umělého osvětlení vnitřních prostorů**. Norma stanovuje požadavky a postupy pro správné měření umělého osvětlení prostorů.

1.4. Dělení svítidel

Samostatné světelné zdroje nevystačí pro osvětlení prostoru vzhledem k příliš vysokému jasů nebo nevyhovujícímu světelnému toku. Proto se musí světelné zdroje uložit do „svítidel“, které rozloží osvětlení do správných podmínek, omezí oslnění, ale i napojí světelné zdroje do elektrických rozvodů a upevní je ke konstrukci.

1.4.1. Dělení podle světelného toku

Jeden ze způsobů dělení svítidel je podle jejich rozložení světelného toku (viz tab.2)

Označení	Svítidlo	Světelný tok do dolního poloprostoru	Světelný tok do horního poloprostoru	Příklad křivky svítivosti	Obrázek
A	Přímé	100 – 90 %	0 – 10%		
B	Převážně přímé	90 – 60 %	10 – 40%		
C	Směšené	60 – 40 %	40 – 60%		
D	Převážně nepřímé	40 – 10 %	60 – 90%		
E	Nepřímé	10 – 0%	90 – 100%		

Tabulka 2 - Rozložení světelných toků svítidel [14]

1.4.2. Dělení podle IP krytí

IP je akronym pro Internal Protection vyjadřující stupeň ochrany krytem. Kód IP tvoří zmíněný akronym a dvě číslice:

- První číslice uvádí ochranu před vnikem cizích předmětů a nebezpečným dotykem
- Druhá číslice uvádí ochranu před vnikem vody

První číslice	Stupeň ochrany	Druhá číslice	Stupeň ochrany
0X	Žádná ochrana	X0	Žádná ochrana
1X	Ochrana před vniknutí předmětu o průměru nad 50 mm (před hřbetem ruky)	X1	Odolné vůči svisle dopadajícím kapkám vody
2X	Ochrana před vniknutí předmětu o průměru nad 12 mm (před prstem)	X2	Odolné vůči svisle dopadajícím kapkám vody při naklonění 15°
3X	Ochrana před vniknutím předmět o průměru nad 2,5 mm (před nástrojem)	X3	Odolné vůči svisle stříkající vodě při naklonění až 60° po dobu 5 minut (tzn. ochrana proti pokropení vodou)
4X	Ochrana před vniknutím předmětů s průměrem nad 1 mm (před drátem)	X4	Odolné vůči tryskající vodě ze všech směrů (libovolnou)
5X	Částečná ochrana proti vniknutí prachu	X5	Odolné vůči intenzivně tryskající vodě ze všech směrů (tlakovou)
6X	Úplně prachotěsné	X6	Odolné vůči intenzivně tryskající vodě ze všech směrů
		X7	Odolné vůči dočasnému ponoření pod vodu s max. hloubkou 1 m
		X8	Vhodné pro trvalé ponoření

Tabulka 3 - Vysvětlení IP krytí [15]

1.5. Výpočet umělého osvětlení

Do základních metod výpočtu osvětlení patří:

- Toková metoda
- Bodová metoda

Toková metoda se používá pro výpočet osvětlení u srovnávacích rovin, je proto i považovaná za jednodušší, a hlavně rychlejší metodou pro návrh osvětlovací soustavy.

Metoda bodová se používá pro výpočet osvětlení v konkrétních bodech. Tato metoda je časově náročnější, a proto není příliš praktická pro návrh svítidel do místnosti. Bodová metoda se použije pouze pokud chceme znát hodnotu osvětlenosti ve specifických bodech. Pro celkový návrh je však nejlepší použít obě metody. Metodou tokovou vypočteme požadovaný počet svítidel a následně jej ověříme pomocí detailnější metody.

1.5.1. Toková metoda

Toková metoda je nejpoužívanější postup pro předběžný návrh osvětlení. Používá se ke stanovení celkové světelného toku Φ_c potřebného k zajištění požadované osvětlenosti E_m na srovnávací rovině.

$$\Phi_c = \frac{E_m * A}{z * \eta_r} [lm]$$

Kde: E_m : požadovaná osvětlenost prostoru (dle normy) [lx],

A : osvětlovací plocha srovnávací roviny [m²],

z : udržovací činitel [-] (vychází z typu zdroje, jeho spolehlivost a okolního prostředí),

η_r : činitel využití prostoru [-] (závisí na typu svítidla a jeho světelného toku a na rozměrech osvětlovaného prostoru společně s jejich odrazností).

Výstupem vzorce je požadované množství lumenů na místnost, kterou vydělíme hodnotou světelného toku zdroje v jednom svítidle (hodnotu udává výrobce). Vzorec pro výpočet pro tokovou metodu vychází z fyzikálního vztahu mezi osvětleností (E), světelným tokem (Φ) a plochou (A).

1.5.2. Bodová metoda

Bodová metoda umožňuje výpočet jak na vodorovné rovině, tak i na rovině svislé nebo i nakloněné. Vychází z následujícího vzorce (6), který zanedbává odraznost světelného toku.

$$E = \frac{I_z}{l^2 * \cos(\alpha)} [lx]$$

Kde: I_z : svítivost zdroje (udává výrobce) [cd],

l : vzdálenost bodu od svítidla [m],

α : úhel, pod kterým dopadá paprsek na řešený bod [°].

2. Silnoproud

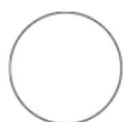
2.1. Vodiče

Jak už z názvu vychází, elektrický vodič je látka schopná vedení elektrického proudu. V dnešní době se používají 2 druhy vodičů, a to vodiče hliníkové a vodiče měděné.

Hliník je při srovnání s mědí o dost lehčí, a hlavně levnější materiál. Zároveň je ale horším vodičem z bezpečnostních důvodů. Hliník se snadněji roztáhne teplotou a tím dochází k deformaci u svorky. Po zmenšení proudu se hliníkový vodič ochladí, tím se zmenší průřez vodiče, což ovlivní, že svorka nebude dostatečně doléhat na vodič a může vlivem přechodného vysokého odporu dojít k požáru. Tento jev se hlavně objevuje u starých elektroinstalací. V dnešní době již existují svorky, které tomuto jevu odolávají.

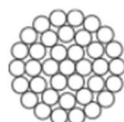
Dále se podle normy **ČSN 332000-5-52** nesmí používat hliníkové vodiče o průřez menšího než 10 mm². To nám zamezí používat hliníkové vodiče pro vnitřní elektrické rozvody, kde se průřezy pro zásuvky a světla nejčastěji používají do 3 mm².

2.1.1. Způsob uložení vodičů v kabelech



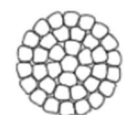
Kulatý jednodrátový (RE)

Pro malé a střední průřezy (měděné holé nebo pocínované). Používá se při výrobě kabelů a vodičů pro pevné uložení.



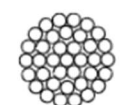
Kulatý mnohadrátový (RM)

Pro střední a velké průřezy. Používá se při výrobě kabelů a vodičů pro pevné uložení.



Kulatý mnohadrátový komprimovaný (RM)

Pro kompaktní vodiče středních a velkých průřezů. Používá se při výrobě kabelů a vodičů pro pevné uložení.



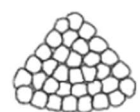
Z jemných, popřípadě velmi jemných drátků

Pro všechny průřezy z holé nebo pocínované mědi. Používá se při výrobě kabelů a vodičů pro pohyblivé uložení.



Sektorový jednodrátový (SE)

Pro střední a velké průřezy z hliníku do 240 mm. Používá se při výrobě 3 nebo 4 žilových kabelů pro pevné uložení.



Sektorový mnohadrátový (SM)

Pro střední a velké průřezy z mědi a hliníku od 35 mm. Používá se při výrobě 3 nebo 4 žilových kabelů pro pevné uložení.

Obrázek 14 - Uložení vodičů v kabelech [17]

2.1.2. Barevné značení vodičů

Barva vodičů je určena podle ČSN 33 0166 ed.2 následovně:

Ochranný vodič PE: ● zeleno-žlutá

Střední vodič N: ● modrá

Fázová žíla L₁: ● hnědá

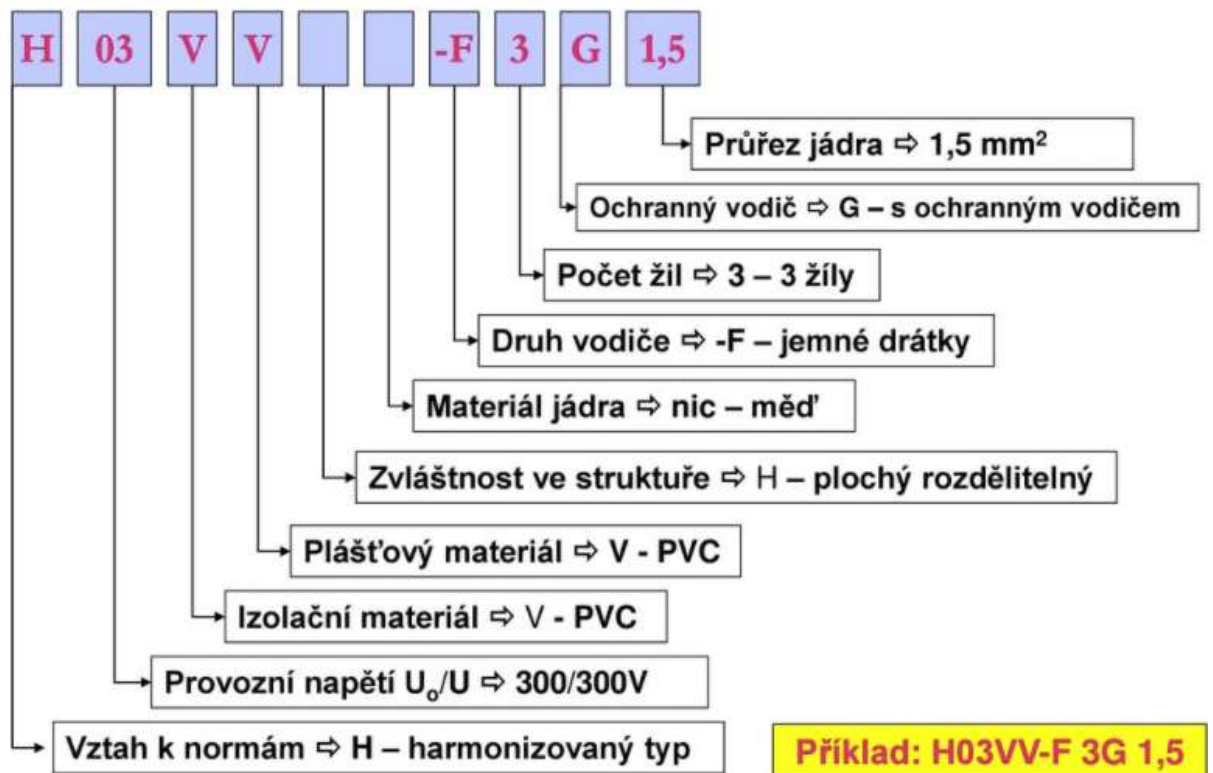
Fázová žíla L₂: ● černá

Fázová žíla L₃: ● šedá

2.1.3. Značení vodičů podle harmonizovaných norem

Metoda značení vodičů podle harmonizovaných norem byla zavedena pro snadnější identifikace výrobků na mezinárodním trhu. Výrobci nejčastěji používali značení podle národních norem, které ale způsobovalo problémy při zahraničním obchodu. Z těchto důvodů byl zaveden tento systém Evropským výborem pro normalizaci v elektrotechnice.

Značení vodičů je rozděleno do několika částí následovně podle pořadí:



Obrázek 15 - Harmonizované značení vodičů [18]

2.1.4. Starší značení vodičů

Doposud používané značení kabelů obzvláště na českém trhu se značí následovně:

1.Písmeno	2.Písmeno	3.Písmeno	4.Písmeno	5.Číslice	6.Písmeno	7.Číslice
Materiál vodiče	Materiál izolace žíly	Druh vodiče	Společná izolace	Počet žil	Barevná kombinace	Průřez vodiče
C – Měď	Y – PVC	K – kabel pro pevné uložení	Y – PVC		J – Vodiče se zelenožlutou žílou	
A – Hliník	G – Pryž	L – lehká šňůra (pro pohyblivé uložení)	G – Pryž		O – Vodiče bez zelenožluté žíly	
	E – Polyetylén	T – těžká šňůra	E – Polyetylén			
	XE – Zesíťovaný polyetylén	V – vodič pro vysoké napětí	XE – Zesíťovaný polyetylén			

Tabulka 4 - Popis starého značení vodičů

2.2. Dimenzování průřezů

Dimenzování průřezů vodičů se řeší s ohledem na kritéria dané normou **ČSN 33 2130**. Norma určuje princip návrhu, rekonstrukce a provedení vnitřních elektrických rozvodů pro výstavby občanského, bytového či administrativního charakteru.

2.2.1. Dimenzování výpočtem

Pro zjištění požadovaného průřezu je nejprve zapotřebí znát instalovaný příkon. Od toho je tabulka stupně elektrifikace (tab. 5) nebo se hodnota instalovaného příkonu dá lehce odvodit ze spotřebičů v určité jednotce (byt, kancelář apod.).

Stupeň elektrifikace		Maximální soudobý příkon
A	Byty, v nichž se elektřina používá k osvětlení a pro domácí elektrické spotřebiče, kde příkon žádného spotřebiče nepřesáhne 3,5 kVA.	7 kW
B	Byty, v nichž se elektřina používá k osvětlení a pro domácí elektrické spotřebiče, kde příkon spotřebiče přesahuje 3,5 kVA.	11 kW
C	Byty s elektrickým vybavením jako byty stupně A kvag B, v nichž se používají spotřebiče pro vytápění nebo klimatizaci a jejich spotřeba je měřena u jednotlivých spotřebitelů zvlášť. Je třeba dopočítat	Není stanoveno

Tabulka 5 - Stupeň elektrifikace bytů a jejich příkon dle ČSN 33 2130 [20]

Hodnota pro stupeň elektrifikace **C** se dá vypočítat například z následujícího vzorce:

$$P_i = P_{\text{osvětlení}} + P_{\text{el.vaření}} + P_{\text{ohřev TUV}} + P_{\text{el.vytápění}} + P_{\text{ostatní}} \quad (7)$$

Z této veličiny se dá určit hodnota výpočtového zatížení P_p , ale nejprve je zapotřebí znát součinitel soudobosti β dané distribuční soustavy případně jejich spotřebičů. Součinitel soudobosti udává, jaký maximální odběr nastane v praxi.

Pro bytové odběry existuje tabulka:

Počet bytů ve skupině „n“	Soudobost β_n	Počet bytů ve skupině „n“	Soudobost β_n	Počet bytů ve skupině „n“	Soudobost β_n
2	0,77	13	0,42	24	0,36
3	0,66	14	0,41	25	0,36
4	0,60	15	0,41	26	0,36
5	0,56	16	0,40	27	0,35
6	0,53	17	0,39	28	0,35
7	0,50	18	0,39	30	0,35
8	0,48	19	0,38	40	0,33
9	0,47	20	0,38	50	0,31
10	0,45	21	0,37	60	0,30
11	0,44	22	0,37	80	0,30
12	0,43	23	0,37	100	0,28

Tabulka 6 - Soudobost β_n v závislosti na počtu bytů [20]

Výpočet zatížení hlavního domovního odběru (HDV):

$$P_p = (\sum_{n=1}^n P_b) * \beta_n \quad [\text{kW}] \quad (8)$$

Kde: $(\sum_{n=1}^n P_b)$: Součet soudobých příkonu n bytů připojených na HDV [kW],

β_n : soudobost n bytů (viz tab.6)

Výpočtový proud:

$$I_p = \frac{1000 * P_p}{\sqrt{3} * U_s * \cos \phi} \quad [\text{A}] \quad (9)$$

Kde: P_p : výpočtový proud [kW],

U_s : jmenovité sdružené napětí soustavy [V]






$\cos(\phi)$: průměrný účinník spotřebičů [-]

Podle vypočteného proudu se stanoví požadovaný průřez a jistič pro vodiče dle tab. 7:

Průřez vodičů [mm ²]	Dovolené zatěžovací proudy [A]									
	Při dvou zatížených vodičích					Při třech zatížených vodičích				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	6	10	-	-	-	6	6	10	-	-
1,5	10	10	10	16	16	10	10	10	10	10
2,5	16	16	16	20	20	16	16	16	20	16
4	20	25	25	32	32	20	20	25	25	25
6	25	32	32	40	40	25	25	32	32	32
10	32	50	50	50	50	32	32	50	40	50
16	50	63	63		63	50	50	63	50	63
25	63	80	80		80	63	63	80	63	80
35	80	100	100		125	63	80	100	80	100
50	100	125	125		160	80	100	125	100	125
70	125	160	160		200	100	125	160	125	160
95	125	160	275		250	125	160	160	160	225
100	160	160	250		250	160	200	160	160	250

Tabulka 7 - Přiřazení pojistek a jističů kabelům a vodičům s Cu jádrem a izolací PVC [20]

Značení A/B/C/D/E vyjadřuje způsob uložení vodičů (tab. 8):

způsob uložení	označení	popis
	A	Izolované vodiče v trubkách zapuštěných v izolačních stěnách.
	B	Izolované vodiče v trubkách nebo lištách na stěně.
	C	Kabely vícežilové na zdi., ve zdivu, na podlaze
	D	Kabely vícežilové v trubkách v zemi, nebo přímo v zemi.
	E	Kabely 2+3 žilové na vzduchu

Tabulka 8 - Uložení vodičů [20]

2.2.1.1. Výpočet úbytku napětí

Při volbě průřezu je ještě zapotřebí ověřit, jestli velikost úbytku napětí vedeno v HDV a odbočkách nepřesahuje 2 % (v bytových rozvodnicích 3 %)

Výpočet úbytku napětí pro jednofázovou soustavu:

$$\Delta U_f = \frac{2 * L * P_b * 1000}{\gamma * S * U_f} \quad [\text{V}] \quad (10)$$

Výpočet úbytku napětí pro třífázovou soustavu:

$$\Delta U_f = \frac{L * P_b * 1000}{\gamma * S * U_s} \quad [\text{V}] \quad (11)$$

Kde: **L**: délka vedení (z pravidla nejvzdálenějšího vývodu) [m],

P_b: soudobý příkon [kW],

γ: měrná elektrická vodivost jádra vodiče [S.m/mm²] (pro měď γ= 56,2 S.m/mm², pro hliník γ= 35,2 S.m/mm²),

S: průřez vodiče [mm²],

U_f: fázové jmenovité napětí [V],

U_s: sdružené jmenovité napětí [V].

2.2.2. Dimenzování vodičů podle výpočtu plochy průřezu

Stanovením normy **ČSN 33 2130 ed.3** se z důvodu ohřívání vodičů za provozu doporučuje zatížení vodiče $\sigma=I/S= 8$ až $10 \text{ A}/1\text{mm}^2$.

Ze strany bezpečnosti se počítá s hodnotou **8 A/1mm²** z tohoto vztahu získáme vzorec pro výpočet plochy vodiče v závislosti na proudu:

$$S = \frac{I_{max}}{8} \quad [\text{mm}^2] \quad (12)$$

Kde: **I_{max}**: maximální proud [A],

S: průřez vodiče [mm²].

Výpočet maximálního proudu:

$$I_{max} = \frac{P_b}{U_s} \quad [\text{A}]$$

Kde: **P_b**: maximální soudobý příkon bytu [W],

U_s: jmenovité sdružené napětí [V]

2.3. Elektrické přístroje

Elektrické přístroje slouží k ovládání elektrických obvodů.

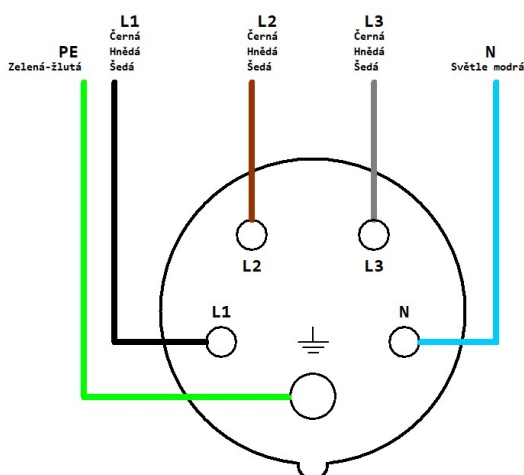
Jejich základní dělení je následující:

- **Spojovací** (zásuvka, svorka)
- **Spínací** (vypínač, spínač)
- **Jisticí a ochranné** (pojistka, jistič, proudový chránič)
- **Měřicí** (elektroměr)

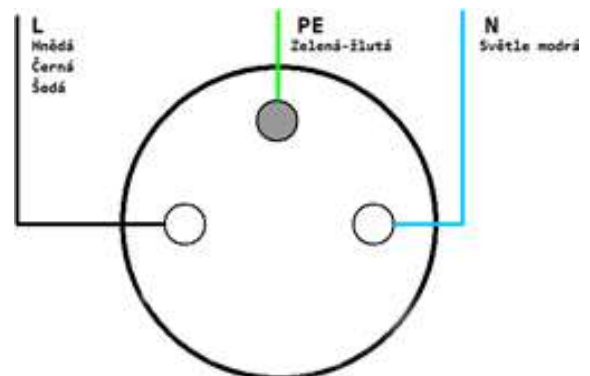
2.3.1. Spojovací přístroje

2.3.1.1. Zásuvka

Zásuvka je přístroj sloužící k připojení spotřebičů do elektrorozvodné sítě. Nejčastěji jsou připevněné do stěny budovy, rozvaděče nebo stroje. Další varianty zásuvek jsou například prodlužovačky či rozbočky.



Obrázek 16 - Zásuvka 400 V v síti TN-C-S [21]



Obrázek 17 - Zásuvka 230 V v síti TN-C-S [21]

2.3.1.2. Svorka

Svorka slouží v elektrotechnice k připojení přívodního vodiče nebo k propojení více vodičů. Nejznámější firma pro výrobu svorek je firma WAGO. Wago svorky zajišťují kontakt s vodičem přitlačenou pružinou. Na rozdíl od „svorkovnice“ wago svorka je schopná spojit více než dva vodiče. Samotná svorkovnice slouží k rozebíratelnému propojení vodičů.

2.3.2. Spínací přístroje

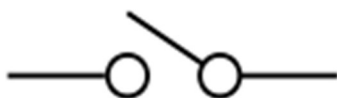
2.3.2.1. Vypínač

Je mechanický spínač určený pro ovládání osvětlení. Nejčastěji používané vypínače jsou následující:

- Spínač – ovládá jedno světlo z jednoho místa
- Střídavý spínač – ovládá jedno světlo ze dvou míst
- Křížový spínač – ovládá světla z více než dvou míst
- Dvojitý střídavý spínač – ovládání dvou světel ze dvou míst.

2.3.2.2. Spínač

Spínače slouží k vodivému spojení či rozpojení elektrického obvodu. Je považovaný za nejjednodušší přístroj, neboť realizuje pouze logickou funkci ANO/NE na jednom vodiči.



Obrázek 18 - Schematická značka spínače

2.3.3. Jistící a ochranné přístroje

2.3.3.1. Pojistky

Pokud dojde ke zkratu v obvodu a začne v něm protékat větší proud, než samotný průřez vodiče dovolí to způsobí zvýšení teploty až případnému požáru. Právě tomuto brání pojistka.

Nejčastější typy pojistek jsou:

- Tavné – při zvýšení teploty se krátký drátek přetaví a způsobí přerušení chráněného obvodu
- Trubičkové – skleněná trubička s vodivými kontakty na koncích, ve kterých je tavný drátek, který se opět roztaví a přeruší obvod při zvýšené teplotě
- Lamelové – při zvýšení proudu dojde k porušení lamely

Nejvyšší proud, který může procházet pojistkou je takzvaný „Jmenovitý proud“. „Jmenovité proudy“ jsou vyznačeny na pojistce a jsou vždy menší než tavné proudy (proud při kterém se pojistka přetaví).

Důležitou částí pojistky je porcelánová pojistková vložka (obr. 18), v jejíž dutině je tavný drátek spojující protilehlé kontakty. V dutině je i křemičitý písek pro absorpci tepla způsobené přetavením drátku.



Obrázek 19 - Pojistková vložka [22]

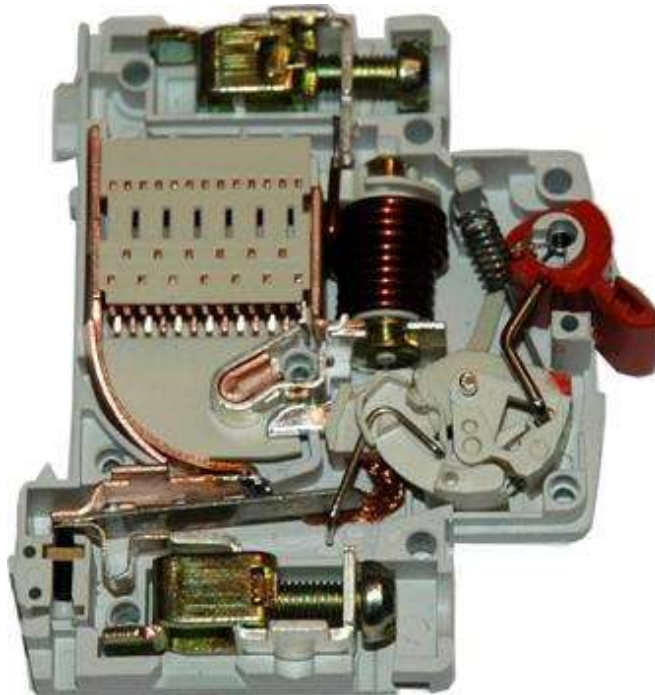
2.3.3.2. Jističe

Jističe vykonávají stejnou funkci jako pojistky s výhodou opakovaného použití. V pojistkách se přetaví drátek, který je následně zapotřebí vyměnit, zatímco u jističe po odstranění závady stačí jen jistič znovu zapnout překlopením páčky či sepnutím tlačítka. Obdobným způsobem lze proud vedený jističem vypínat.

Další velký rozdíl mezi pojistkou a jističem je, že zatímco pojistka pouze přeruší obvod v případě zkratu, jistič přeruší obvod i v případě přetížením proudu, jenž by mohl poškodit elektrické spotřebiče.

Jističe lze rozdělit podle způsobu ochrany:

- Elektromagnetickým vypínáním – jistič přeruší kontakty při náhlém proudovém nárůstu
- Tepelným vypínáním – jistič přeruší kontakty, pokud teplota vzroste nad povolenou teplotu dlouhodobým průchodem zvýšeného proudu



Obrázek 20 - Skutečná stavba jističe [22]

2.3.3.3. Proudové chrániče

Proudový chránič je elektrický ochranný přístroj, který detekuje hodnotu reziduálního proudu ve vodiči a vypíná samotný obvod při překročení určité hodnoty, pro který je chránič nastaven. Rozdíl mezi proudovým chráničem a např. jističem je, že proudový chránič se sepne již při mnohem menším proudu oproti jističi. Jedná se o způsob ochrany osob či zvířat, pokud nastane kontakt s nebezpečným napětím.

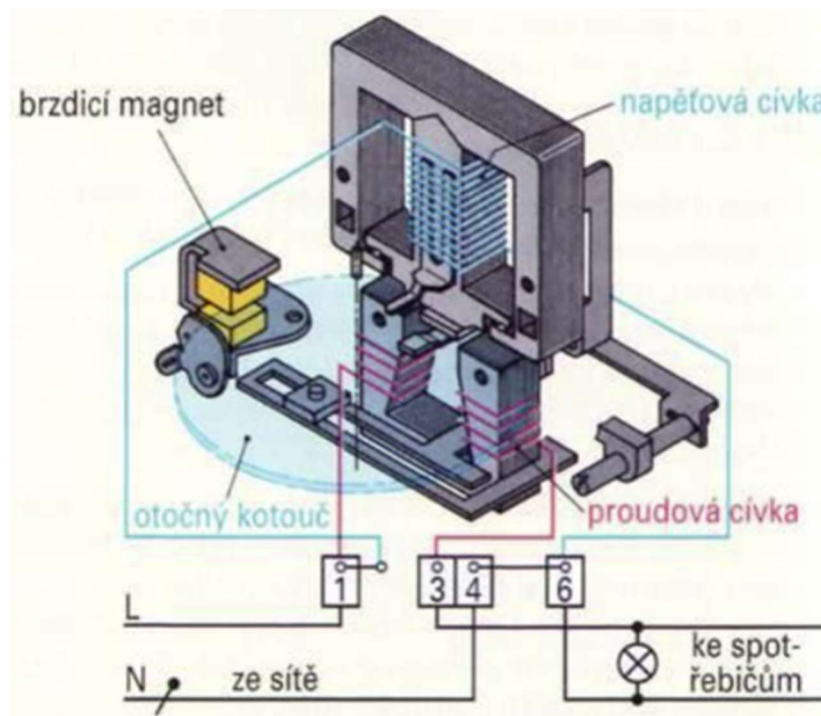
V dnešní době je povinností jistit zásuvkové obvody v koupelnách proudovými chrániči.

Proudový chránič funguje na principu tvorby magnetického toku, který je ale v součtu nulový, protože odchází i přichází stejně velký proud. Pokud ale nastane problém a proud poteče jinak, aktivuje to elektromagnetickou spoušť, která spustí volnoběžku a ta rozpojí silové kontakty.

2.3.4. Elektroměry

Elektroměr slouží k měření množství spotřebované elektřiny. Používají se buď jednofázové či třífázové elektroměry.

Měření elektrického proudu se provádí za pomoci indukčních elektroměrů. Funguje to na principu protékání dvěma pevnými cívkami, které vytváří magnetické pole, kde se otáčí hliníkový kotouč. Otáčky se přenášejí pomocí tzv. šnekového kola do počítacího mechanismu. Brzdící magnet slouží k tomu, aby se kotouč nepřetáčel vlivem setrvačnosti a odpovídal specifickému proudu.



Obrázek 21 - Měřicí soustava indukčního elektroměru [23]

2.4. Přípojkové skříně a rozvaděče

2.4.1. Přípojkové skříně

Samotné přípojkové skříně se ve většině případech nachází na fasádě objektu, v samostatném sloupku nebo na jiném snadno přístupném místě. V přípojkové skříně dochází k připojení hlavního domovního vedení na elektrickou přípojku. Kromě této funkce splňuje i jištění celého objektu. Cílem tohoto jištění je zamezení přenosu vzniklých zkratů od distribučního poskytovatele ale i naopak.

Přístup k přípojkové skříně musí být bezbariérový a mimo evakuační cesty. Skříně musí být minimálně 0,6 m a maximálně 1,5 m nad zemí.

2.4.2. Rozvaděče

Rozvaděč je skříně, ve které se nachází různé typy spínacích prvků od ochranných až měřících zařízení. Vstupuje do něj napájecí kabel například od hlavního domovního rozvodu a vystupují z něj kabely k různým spotřebičům nebo zásuvkovým a světelným obvodům.

Skříně rozvaděčů jsou typicky z plastu nebo ocelového plechu. Tyto rozvaděče se dělí na dva druhy:

- Klasické rozvaděče
- Elektroměrové rozvaděče

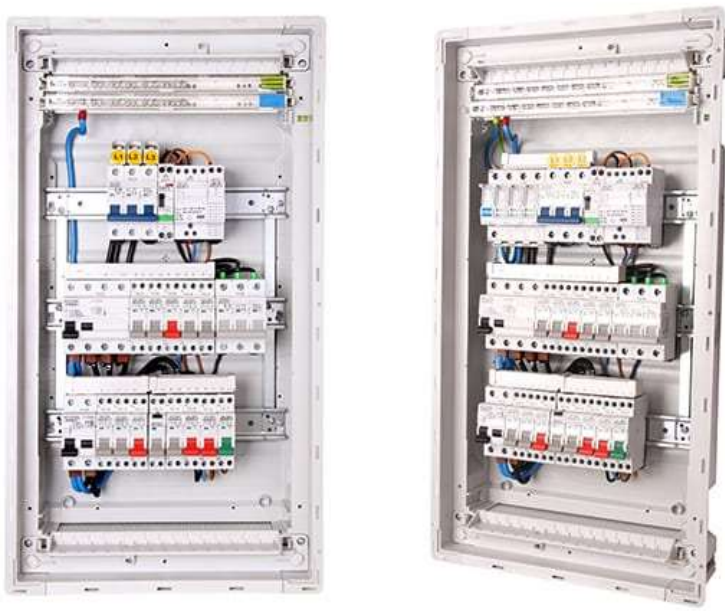
2.4.2.1. Klasické rozvaděče

Klasické rozvaděče obsahují základní přístroje k chodu a jištění bytové, kancelářské či jiné jednotky. Typicky jsou zde umístěny jističe, proudové chrániče a hlavní odpínač rozvaděče.

2.4.2.2. Elektroměrové rozvaděče

Elektroměrové rozvaděče se typicky umísťují na vstupu přívodního kabelu do bytového či jiného objektu a slouží k měření odebrané elektrické energie. Konstrukce je určena podle požadavků samotné distribuce. Podle normy musí být umístěny na veřejně přístupném místě, u bytů to jsou například společné prostory.

Další zařízení, co se mohou vyskytovat v elektroměrových rozvaděčích jsou HDO (dvousazbové měřící zařízení). Krytí elektroměrového rozvaděče pro vnitřní prostředí musí být alespoň IP 40 a ve venkovním prostředí IP 43 (vysvětlení krytí viz. kapitola 1.4.2).



Obrázek 22 - Ukázka klasického rozvaděče [24]

3. Návrh silnoproudých rozvodů a nízkoenergetického osvětlení multifunkčního domu



Obrázek 23 - Vizualizace budovy

3.1. Seznámení s objektem

Zvolený multifunkční dům v převážné míře slouží jako zdravotnické zařízení se 6-ti ambulantními ordinacemi a dále jako kancelářské zázemí správy budovy tohoto zařízení a přilehlé budovy lékárny.

Budova je dvoupodlažní nepodsklepená. V 1.NP je vstupní hala se schodištěm, 3 ordinace se zázemím (čekárna, přípravná, ordinace lékaře, denní místnost, sociální zařízení), technické prostory, úklid a sociální zařízení. Ve 2.NP je chodba se schodištěm, 3 ordinace se zázemím, kanceláře a sociální zařízení.

Konstrukce objektu je z pórobetonového zdiva a stropní konstrukce jsou železobetonové. V celém objektu kromě technické místnosti je sádkartonový podhled.

Kabely budou zasekány do zdi nebo povedou nad podhledem.

Objekt je vytápěn elektrickým přímotopným zdrojem. Pro místnosti, kde nelze zajistit přirozené větrání je navrženo vzduchotechnické zařízení. Jednotka obsahuje teplovodní výměník a příváděcí a odváděcí ventilátor o el. příkonu 1kW/ventilátor.

3.2. Výpočet udržovacího činitele

Velkou roli při dimenzování osvětlovací soustavy hraje udržovací činitel **MF**:

$$MF = LLMF * LSF * LMF * RSMF$$

$$MF = 0,9 * 1 * 0,89 * 0,96 = 0,77$$

Kde:

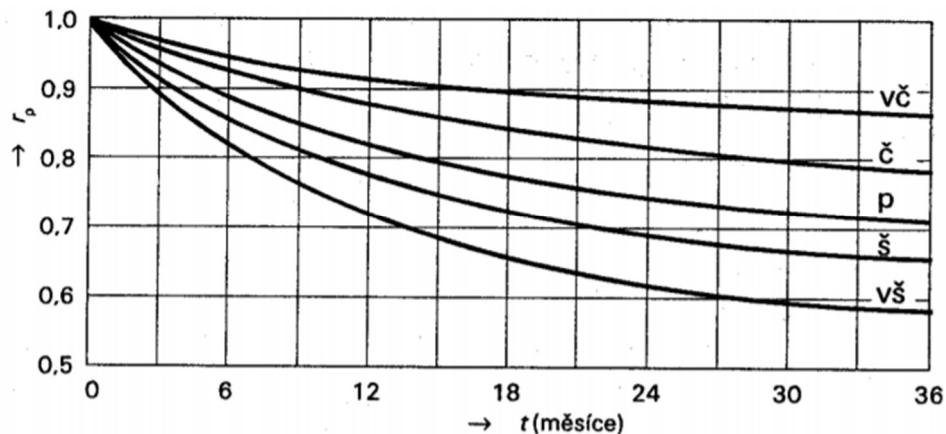
LLMF: činitel stárnutí světelného zdroje [-]. Hodnota se dá vyčíst od dodavatele. Pro můj výpočet jsem zvolil soustavu s hodnotou LLMF 0,9 (100.000 h **L90B50**)

LSF: činitel funkční spolehlivosti světelných zdrojů [-]. Světelné zdroje se nebudou vyměňovat hromadně, ale pouze jednotlivě. Proto **LSF = 1**.

LMF: udržovací činitel svítidla [-]. Ordinance jsou považovány za prostory **velmi čisté**, podle grafu [n] lze odečíst hodnotu 0,89 pro t = 24 měsíců.

RSMF: udržovací činitel povrchu [-]. Činitele odrazu pro povrch jsou zvoleny 0,70, 0,50, 0,20. Pro čisté prostředí se tento součinitel pohybuje okolo hodnoty 0,95-0,97. Zvolil jsem hodnotu 0,96.

Výsledná hodnota 0,77 byla dále započítána do výpočtového programu DIALUX pro jejich výstupy.



Graf 1 – Činitele LMF [16]

3.3. Návrh osvětlovací soustavy

Osvětlení je navrženo za pomoci softwaru Dialux EVO (viz. příloha 1) a technické normy ČSN EN 12464-1 pro požadovanou hodnotu \bar{E}_m (podle tab. 1).

Činitele odrazu jsou zvoleny 0,5 pro stěny, 0,2 pro podlahy, 0,1 pro okna + pro skleněné dveře, 0,7 pro stropy a obyčejné dveře.

Dalším faktorem výběru osvětlení je její teplota chromatičnosti:

- Pro čekárny byla zvolena teplota 3000 K, která má nažloutlý až naoranžovělý odstín podobný klasické žárovce.
- Pro ostatní místnosti je zvolena teplota 4000 K napodobující denní barvu světla.

3.3.1. Zvolená svítidla

Pro osvětlovací soustavu byla zvolena svítidla od firmy Elkovo-Čepelík z řady LOUVRE.

Do čekáren byly zvoleny svítidla ZCLED3G1-15L830/HR-LOS se světelným tokem 1964 lm a příkonem 15 W.

Do sociálních zařízení a denních místností se zvolila svítidla ZCLED3GPK2-15L940/40HR-LOS se světelným tokem 1760 lm a příkonem 15 W.

Na chodbách a v technické místnosti svítidla ZCLED3G1-15L840/HR-LOS se světelným tokem 2070 lm a příkonem 15 W. Svítidla na chodbách dále mají nouzový zdroj a systém stmívání DALI.

Do kanceláří a ordinací jsou zvolena ZCLED3G1-23L840/HR120-OPT-W se světelným příkonem 3170 lm a příkonem 23 W (rozmístění viz. výkres 1 a 2).

V tabulce 9 jsou sepsány základní technické a světelné vlastnosti zvolených svítidel:

Název	Montáž	Výkon P [W]	Měrný výkon η [lm·W ⁻¹]	Světelný tok Φ [lm]	R _a [-]	T _c [K]	Barva světla	Životnost [h]
ZCLED3G1-15L830	Přisazené, Závěsné	15	131,1	1967	>80	3000	830	100 000
ZCLED3GPK2-15L940	Přisazené, Závěsné	15	117,3	1760	>90	4000	940	100 000
ZCLED3G1-15L840	Přisazené, Závěsné	15	138	2070	>80	4000	840	100 000
ZCLED3G1-23L840	Přisazené, Závěsné	23	137,8	3170	>80	4000	840	100 000

Tabulka 9 - Zvolená svítidla

3.3.2. Řízení osvětlovací soustavy

Řízení osvětlení v ordinacích a prostorech, kde se převážně pohybují zaměstnanci (tj. sociální zařízení pro zaměstnance, úklid, technická místnost apod.) bude za pomoci klasického vypínače.

Pro sociální zařízení (toalety) pro návštěvníky se využijí pohybová čidla a senzory pohybu.

Halová a schodišťová svítidla budou řízena v závislosti na příspěvku denního světla pomocí systému DALI. Z tohoto důvodu je každé svítidlo v hale opatřeno stmívatelným předřadníkem.

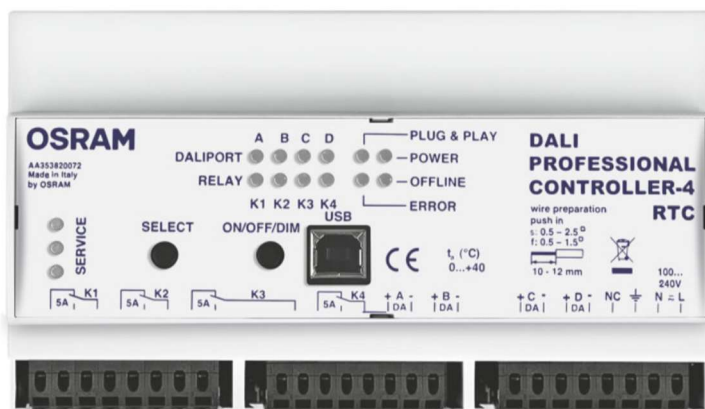
Soustava bude rozdělena na 4 části:

- 1 část je vstupní hala se schodištěm (místnost 101)
- 2.část je hala (místnost 102)
- 3.část je hala ve 2.NP (místnost 202)
- 4.část je hala se schodištěm ve 2.NP (místnost 201)

Každá z částí bude mít vlastní senzor denního světla který bude měřit aktuální osvětlenost E_m v rovině ve výšce 0,85 m. Zvolené senzory jsou schopny taktéž pracovat s protokolem DALI. Díky inteligentnímu systému DALI lze regulaci také provádět v závislosti na roční době a délce dne (denního světla).

Řídící jednotka

Pro řízení soustavy bude použita jednotka DALI PRO CONT-4 RTC.



Obrázek 24 - DALI PRO CONT-4 RTC [25]

Jednotka DALI PRO CONT-4 RTC umožňuje ovládání v závislosti na denním světle, umožňuje automatické či ruční nastavení referenční hodnoty pro regulaci. Dále je možná údržba dálkově a software lze stáhnout na IOS/Android mobily.

Senzor denního světla

Pro snímání denního světla byl vybrán senzor OSRAM DALI LS/PD LI. S úhlem detekce 40–90°. Bude instalován do podhledu ve výšce 2,8m.

Detekce přítomnosti světla je za pomoci pasivního IR prvku.



Obrázek 25 - OSRAM DALI LS/PD LI [26]

Senzor pohybu na sociální zařízení

Senzor pohybu bude zapojen samostatně od systému DALI. Byl zvolen Senzor pohybu 40 bílá s nastavením času od 5 sekund až po 7 minut.



Obrázek 26 - Senzor pohybu 40 bílá [27]

3.3.3. Pořizovací náklady

V tab. 10 je uvedena cenová kalkulace vybraných komponentů pro osvětlovací soustavu.

Svítidla	Cena za kus [Kč]		Ks	Cena celkem [Kč]	
	Bez DPH	S DPH		Bez DPH	S DPH
ZCLED3G1-15L830	1 599,00	1935,00	12	19 188,00	23 220,00
ZCLED3GPK2-15L940	1 641,00	1986,00	25	41 025,00	49 650,00
ZCLED3G1-15L840+DimDali+NZ	3523,00	4263,00	10	35 230,00	42 630,00
ZCLED3G1-15L840	1 599,00	1935,00	5	7 995,00	9 675,00
ZCLED3G1-23L840	2 418,00	2926,00	71	171 678,00	207 746,00
Řídící jednotky					
DALI PRO CONT-4 RTC	30 413,00	36 800,00	1	30 413,00	36 800,00
Senzory					
OSRAM DALI LS/PD LI	688,00	832,00	4	2 752,00	3 330,00
Senzor pohybu 40 bílá	364,00	440,00	13	4 732,00	5 726,00
Σ Celkem				313 013,00	378 746,00

Tabulka 10 - Investiční náklady

3.4. Ekonomické zhodnocení osvětlovací soustavy

Nejdůležitějšími aspekty pro určení ekonomické hodnoty patří: instalovaný příkon, náklady na spotřebovanou elektrickou energii a pořizovací cena.

Vypočet se rozdělí na 4 části:

- 1. část zhodnotí osvětlovací soustavu bez regulace
- 2. část zhodnotí osvětlovací soustavu s regulací
- 3. část se bude zabývat návrhem imaginární soustavy z klasických žárovek
- 4. část porovná vypočtené varianty.

3.4.1. Výpočet energetické bilance osvětlovací soustavy bez regulace

Pro výpočet instalovaného příkonu je zapotřebí zavést všechna svítidla posuzované soustavy. Jelikož je soustava neregulovaná, je zanedbána cena jednotek DALI a senzorů.

Celkový instalovaný příkon osvětlovací soustavy se vypočítá následovně:

$$P_c = n_1 * P_1 + n_2 * P_2 + n_3 P_3 + n_4 * P_4 + n_5 * P_5$$
$$P_c = 14 * 15 + 15 * 25 + 10 * 15 + 5 * 15 + 23 * 71 = 2,443 \text{ kW}$$

Kde: $n_{(1-5)}$: počet svítidel [-],

$P_{(1-5)}$: výkon svítidla [W],

P_c : celkový příkon osvětlovací soustavy.

Objekt je v provozu od 7.00 do 18.00 a pouze v pracovní dny.

To odpovídá 11 hodinám denně a 2860 hodin ročně:

$$E_c = P_c * t = 2,443 * 2860 = 6959 \text{ kWh/rok}$$

Kde: E_c : množství spotřebované energie [kWh/rok],

P_c : výkon osvětlovací soustavy [kW],

t : doba provozu za rok [h].

Při aktuální ceně elektrické energie 4,83 Kč pak celková suma na roční spotřebu energie odpovídá:

$$C = E_c * A_c = 6959 * 4,83 = 33612 \text{ Kč/rok}$$

Kde: C : cena elektrické energie za rok [Kč/rok],

E_c : roční spotřeba energie [kWh/rok],

A_e : cena energie [Kč/rok].

Poměrné náklady na zdroje za rok lze zanedbat díky dlouhé životnosti LED zdrojů. Předpokládá se, že po skončení její životnosti dojde k pořízení osvětlovací soustavy nové.

Celkové náklady po dvaceti letech (bez DPH) se vypočítá ze vztahu:

$$C_{20r} = C * 20 + C_z = 33612 * 20 + 275116 = 947\,356 \text{ Kč/20let}$$

Kde: C_{20r} : Celkové náklady po dvaceti letech [Kč/20let],

C : cena elektrické energie za rok [Kč/rok],

C_z : pořizovací cena světelných zdrojů [Kč].

3.4.2. Výpočet energetické bilance osvětlovací soustavy s regulací

Princip stanovení úspor regulací

Při stanovení potenciálních úspor bylo vycházeno ze 2 výstupů.

Prvním výstupem jsou grafy znázorňující hodnoty venkovního osvětlení v luxech pro každou hodinu provozu a každý měsíc v roce se zataženou oblohou.

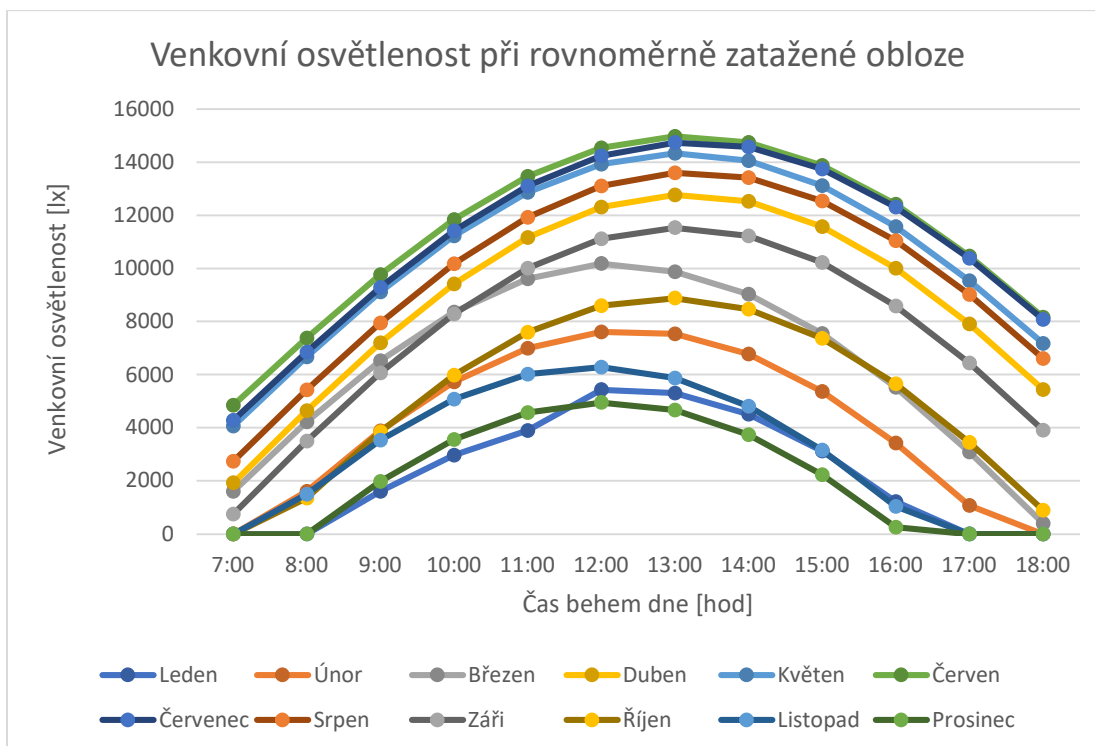
Druhým výstupem jsou hodnoty užitečných ploch podílu světla pro místnost se senzorem denního světla (viz tab. 11).

Co se týče místností se senzorem pohybu (tj. sociální zařízení), tak zde se uvažuje čas provozu za den 4 hodiny.

V místnostech, kde světelná soustava není automatizovaná uvažujeme, že osvětlení je aktivní po dobu 8 hodin (tj. ráno od 7.00-11.00 a 14.00-18.00).

Č. místnosti	Dm
101	3,902 %
102	0,368 %
201	1,900 %
202	4,185 %

Tabulka 11 - Hodnoty užitečných ploch podílu světla



Graf 2 – Venkovní osvětlení v závislosti na čase

Postup výpočtu úspor

Pro stanovení úspor na základě venkovní osvětlenosti E_{ext} a příspěvku denního světla D_m byla vypočtena hodnota E_{int} představující hodnotu vnitřní osvětlenosti v lx, co se do prostoru v dané době teoreticky dostane.

Je uveden příklad pro místnost 102 pro únor ve 14:00 hod:

$$E_{int} = E_{ext} * D_m = 6775 * \frac{0,368}{100} \doteq 25 \text{ lx}$$

Kde: E_{int} : příspěvek denního světla v objektu [lx],

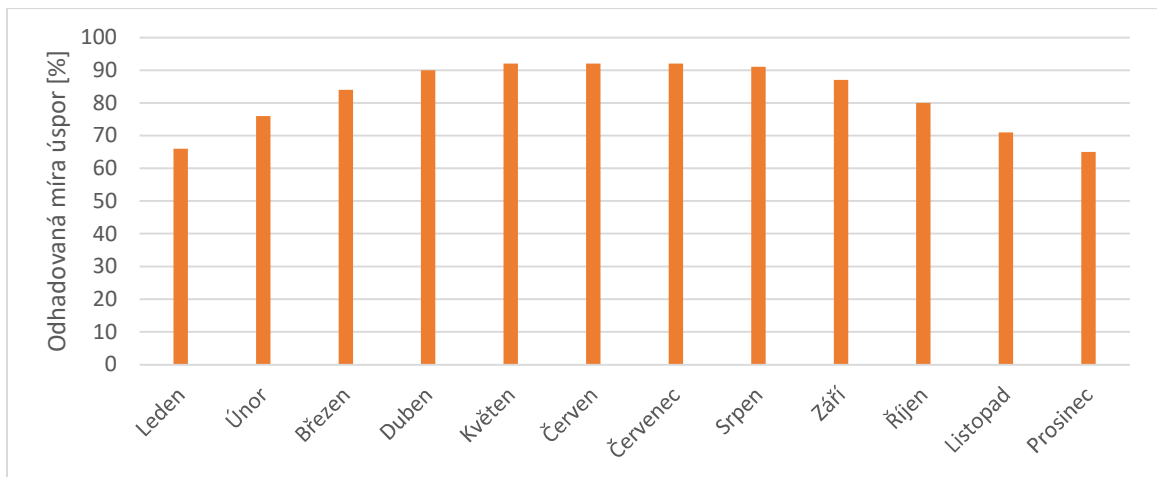
E_{ext} : venkovní osvětlenost z grafu 2 pro únor ve 14.00,

D_m : dostupnost denního světla [%].

Z výpočtu vyplývá, že v únoru ve 14:00 hod je teoretická hodnota příspěvku denního světla 25 lx, kde při požadované hladině osvětlenosti pro chodby $E_m = 100 \text{ lx}$ je 25 %.

Dále jelikož navrhovaná soustava osvětluje místnost na 193 lx, je možno její výkon zredukovat až na 75 lx, tj. na 39 % z původního maximálního výkonu = úspora až 61 %.

Obdobným způsobem bylo postupováno při výpočtu pro každou hodinu a každý měsíc v roce. V grafu 3 jsou znázorněny odhadované procentuální úspory v jednotlivých měsících.



Graf 3 – odhadovaná míra úspor za rok

Úspory jsou vztaženy ke svítidlům se zabudovaným systémem DALI.

Celková hodnota odhadovaných úspor za rok činí 82,2 % z příkonu. K tomuto odhadu je ještě třeba přičíst příkony pro místnosti se senzorem pohybu a ostatní místnosti dle předpokladu.

Osvětlovací soustava sociálních zařízení a místností s čidlem pohybu s denním provozem 4 hodiny, tj. 1040 hodin ročně.

Pro místnosti bez automatizace se odhaduje provoz 8 hodin denně, tj. 2080 hodin ročně.

Osvětlení v čekárnách bude zapnuté po celou dobu provozu, tj. 2860 hodin.

$$E_c = t_1 * n_1 * P_1 + t_2 * n_2 * P_2 + t_3 * n_3 * P_3 + t_4 * n_4 * P_4 + E_D$$

$$E_c = 1040 * 13 * 15 + 2860 * 12 * 15 + 2080 * 17 * 15 + 2080 * 71 * 23$$

$$E_c = 4646 \text{ kWh/rok}$$

Kde: E_D : množství spotřebované energie pro soustavu se systémem DALI [kWh/rok],

$n_{D,1-5}$: počet stejných svítidel o stejné regulace [-],

$t_{D,1-5}$: doba provozu jednotlivých částí soustavy [h],

$P_{D,1-5}$: výkon jednotlivých svítidel soustavy [W],

E_c : množství spotřebované energie celkem [kWh/rok].

$$C = E_c * A_c = 4646 * 4,83 = 22\,436 \text{ Kč/rok}$$

Kde: C : cena elektrické energie za rok [Kč/rok],

E_c : roční spotřeba energie [kWh/rok],

A_e : cena energie [Kč/rok].

Celkové náklady po dvaceti letech:

$$C_{20r} = C * 20 + C_z = 22\,436 * 20 + 313\,013 = 761\,733 \text{ Kč/20let}$$

Kde: **C_{20r}**: Celkové náklady po dvaceti letech [Kč/20let],

C: cena elektrické energie za rok [Kč/rok],

C_z: pořizovací cena světelných zdrojů [Kč].

3.4.3. Výpočet spotřeby imaginární soustavy

Jelikož příkon klasických žárovek je přímo úměrný intenzitě osvětlení **lm**, lze přibližným výpočtem určit požadovaný příkon pro dostatečné osvětlení místnosti.

Pro náš výpočet budeme uvažovat využití 100 W žárovek a přímé osvětlení. Pro příklad použijeme místnost č. 122 (denní místnost) o rozměrech 3,275 x 3,200 x 2,800 m (d x š x v).

Nejprve se výpočte tzv. činitel místnosti **m**:

$$m = \frac{a}{h} = \frac{3,2}{1,95} = 1,64$$

kde: **a**: je délka kratší strany místnosti [m],

h: výška svítidla nad srovnávací rovinou (zde 0,85 m nad úrovní podlahy) [m]

Dále se určí potřebný měrný výkon osvětlovací soustavy. Pro její určení je nejprve zapotřebí znát, jestli je místnost tmavá, světlá či středně světlá pomocí výpočtu střední odraznosti stěn a stropu (viz tabulka. 12). Pokud je průměrná odraznost vyšší než 70 %, místnost je považovaná za světlou. 70–50 % je místnost středně světlá a méně než 50 % je tmavá. Z tabulky 13 se následně určí měrný příkon lm/W.

Místnost					
Plocha místnosti	Šířka [cm]	Výška [cm]	Plocha [cm ²]	Koeficient v %	Koef*plocha
1.stěna (s okny)	327,5	280	91 700		
Z toho skleněné dveře	100	255	25 500	10	255 000
Z toho okna	120	162,5	19 500	10	195 000
Z toho volná plocha			46 700	50	467 000
2.stěna	325	280	91 000		
Z toho dveře	80	200	16 000	70	1 120 000
Z toho volná plocha			75 000	50	3 750 000
3.stěna	327,5	280	91 700		
Z toho dveře	80	200	16 000	70	1 120 000
Z toho volná plocha			75 700	50	3 785 000
4.stěna	325	280	91 000		
Z toho dveře	80	200	16 000	70	1 120 000
Z toho volná plocha			75 000	50	3 750 000
strop	327,5	320	104 800	70	7 336 000
Celkem			470 200		22 898 000
Průměrný koeficient odraznosti stěn a stropu					55,90 %

Tabulka 12 - Výpočet průměrného koeficientu odraznosti stěn

Z výpočtu vyšlo, že průměrný koeficient odraznosti je 55,90 %, tj. místnost středně světlá. Z následující tabulky lze vyčíst měrný příkon $P_m = 37,4 \text{ lm/W}$.

Činitel místnosti	Stěny a strop osvětleného prostoru		
	Světlé (>70 %)	Střední (70-50 %)	Tmavé (<50 %)
Měrný příkon lm/W			
<1	51	59,5	79,4
1-1,5	43,4	50,2	62,7
1,5-2	33,4	37,4	41,4
2-3	29,0	31,6	34,2
3-4	25,8	27,8	29,9
4-6	23,5	25,1	26,3
>6	22,3	23,8	24,6

Tabulka 13 - měrný příkon lm/W v závislosti na činiteli

Ve finále se vypočte informativní hodnota potřebného příkonu dosazením do vzorce:

$$P = P_m * \frac{E}{10 * \eta} * S = 37,4 * \frac{100}{10 * 13,6} * 10,65 = 290,5 \text{ W}$$

Kde: **P**: příkon osvětlovací soustavy v místnosti [W],

P_m: měrný příkon odečtený z tab. 12 [W],

E: požadovaná osvětlenost (pro denní místnost 100 lx) [lx],

η: měrný výkon použitých světelných zdrojů (100 žárovky mají měrný výkon okolo 13,6 lm/W) [lm/w],

S: plocha místnosti [m²].

Požadovaná hodnota příkonu je 290,5 W, což jsou 3 kusy 100 W žárovek.

Obdobně se vyřeší zbylé místnosti, viz. příloha 2.

Z výpočtu vyšlo že požadovaný příkon pro imaginární osvětlovací soustavu vychází na **56,3 kW**.

Provozní režim bude stejný jako při neregulovaném stavu originální soustavy, tj. 2860 hodin ročně:

$$E_c = P_c * t = 56,3 * 2860 = 161018 \text{ kWh/rok}$$

Kde: **E_c**: množství spotřebované energie [kWh/rok],

P_c: výkon osvětlovací soustavy [kW],

t: doba provozu za rok [h].

$$C = E_c * A_c = 161018 * 4,83 = 777717 \text{ Kč/rok}$$

Kde: **C**: cena elektrické energie za rok [Kč/rok],

E_c: roční spotřeba energie [kWh/rok],

A_e: cena energie [Kč/rok].

Další roli u imaginárního systému bude hrát i její životnost. U klasických žárovek je průměrná životnost 1000 hodin. To znamená, že bude zapotřebí vyměnit soustavu téměř 3x ročně. Jedna klasická žárovka vyjde na průměrných 20 Kč/kus.

Pořizovací náklady: $C_z = 20 * 564 = 11280 \text{ Kč}$

Náklady za žárovky za rok: $C_{1r} = 11\,280 * 3 = 33840 \text{ Kč/rok}$

Celkové náklady za 20let:

$C_{20r} = C * 20 + C_{1r} * 20 = 777717 * 20 + 33840 * 20 = 16\,231\,139 \text{ Kč/20let}$

Kde: C_{20r} : Celkové náklady po dvaceti letech [Kč/20let],

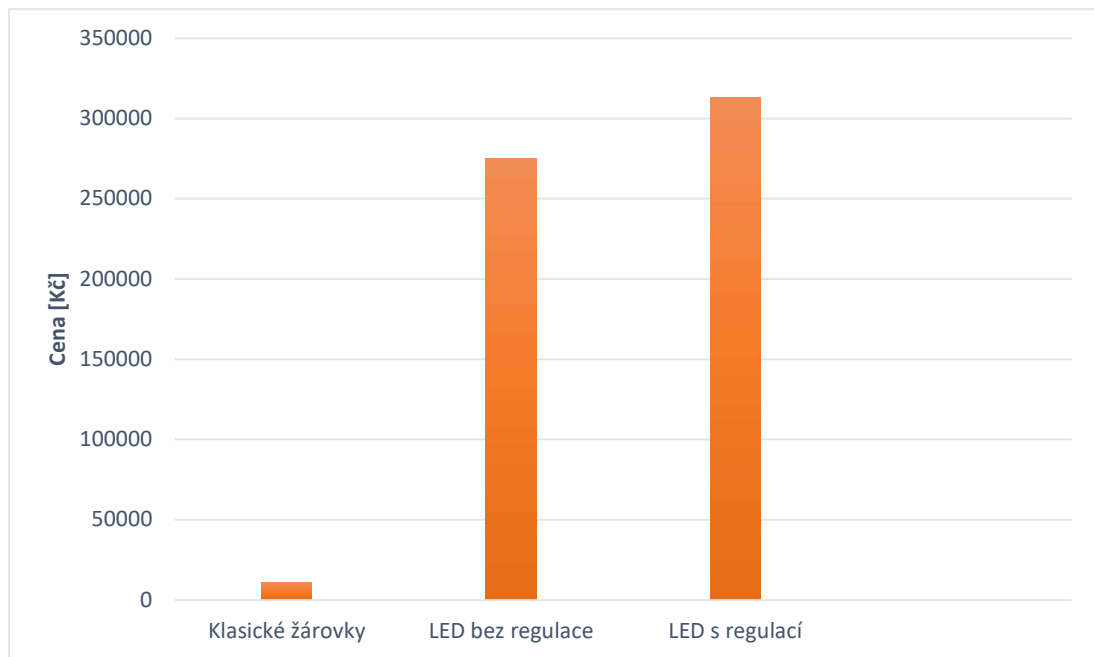
C : cena elektrické energie za rok [Kč/rok],

C_{1r} : cena zdrojů [Kč/rok].

3.4.4. Porovnání variant osvětlovací soustavy

Z grafu 4 lze vidět, že pořizovací cena pro imaginární soustavu je nejnižší, ale její údržba a spotřeba elektrické energie je oproti regulované a neregulované soustavě mnohonásobně vyšší, viz graf 5.

Proto navrhuji soustavu LED s regulací.



Graf 4 – Investiční náklady



Graf 5 – Náklady za 20 let provozu

4. Návrh silnoproudých rozvodů

Pro výpočet požadovaného příkonu pro úseky se využila oficiální tabulka 14 od ČEZ.

Každá ordinace bude mít kromě osvětlení k dispozici:

- Televizi v čekárně
- 3 ledničky s mrazákem (v přípravně, ordinaci a denní místnosti)
- 2 počítače
- Zásuvky pro ostatní potřeby (vysavače atd.)
- Samostatný zásuvkový vývod na kuchyňskou linku

$$P_{I \text{ ordinace}} = P_{\text{světlo}} + P_{\text{televize}} + 2 * P_{\text{počítače}} + 3 * P_{\text{lednice}} + P_{\text{kuchyně}} + P_{\text{ostatní}}$$
$$P_I = 0,359 + 1 + 2 * 0,3 + 3 * 0,2 + 1,5 + 4 \doteq 8,1 \text{ kW}$$

Společné prostory (tj. kanceláře, technická místnost, sociální zařízení, chodby apod.) se budou počítat obdobným způsobem rozděleny na 1. NP a 2. NP:

1.NP:

$$P_{I1} = P_{\text{světlo}} + P_{\text{bojler}} + P_{\text{kotel}} + P_{\text{VZT}} + P_{\text{regulace}} + P_{\text{clona}} + P_{\text{ostatní}}$$
$$P_{I1} = 0,225 + 9 + 22 + 2 + 0,15 + 0,8 + 4 \doteq 39 \text{ kW}$$

2.NP:

$$P_{I1} = P_{\text{světlo}} + 4 * P_{\text{počítače}} + P_{\text{kuchyně}} + P_{\text{myčka}} + P_{\text{plošina}} + P_{\text{ostatní}}$$
$$P_{I1} = 0,41 + 4 * 0,3 + 1,7 + 1,6 + 1,5 + 4 \doteq 10,5 \text{ kW}$$

Celkový instalovaný příkon:

$$P_I = 6 * P_{I \text{ ordinace}} + P_{I1} + P_{I2} = 6 * 8,1 + 39 + 10,5 = 98,1 \text{ kW}$$

Spotřebič	Obvyklé hodnoty příkonu (kW)
Akumulační vytápění	2 - 2,3
Digestoř	0,4
El.bojler 80l	0,85 - 1
El.bojler 125l	1,35 - 1,6
El.bojler 200l	2 - 2,4
El.bojler 400l - 500l	7 - 9
El.vysoušeč vlasů	1,5
Fritéza	1,5 - 2
Chladnička	0,1
Infrazářič	1
Kávovar	1
Kombinovaná chladnička	0,1 - 0,3
Kuchyňský robot	0,4
Mikrovlnná trouba	1 - 1,6
Mrazák	0,1
Myčka	1,3 - 1,6
Osvětlení	0,5 - 1
PC, elektronika	0,3
Pračka	2,2 - 2,4
Průtokový ohříváč	5 - 20
Přímotopné konventory	2
Přímotopné vytápění (nezateplený objekt)	32 W na m ³
Přímotopné vytápění (zateplený objekt)	13 W na m ³
Rychlovarná konvice	2
Sklokeramická varná deska	2 - 8
Sporák elektrický	6 - 8
Sporák kombinovaný	2 - 3
Sušička	2,2 - 2,4
Tepelné čerpadlo	3 - 8
Vařič 1 plotýnka	1 - 1,5
Vestavná elektrická trouba	2,5 - 3,5
Vysavač	0,8 - 1,5
Žehlička	1 - 1,9

Tabulka 14 - Typické příkony spotřebičů dle ČEZ [31]

4.1. Návrh hlavního domovního vedení HDV:

Nejprve je zapotřebí si stanovit soudobost. Ne všechny spotřebiče vždy pojedou ve stejný čas, proto navrhuji pro ordinace soudobost **0,6** [-]. Co se týče společných prostorů, v 1. NP se uvažuje soudobost **0,55** a v 2. NP **0,6**.

Po vynásobení instalovaného příkonu soudobostí nám vyjde hodnota výpočtového zatížení:

$$P_p = \beta_{ordinace} * P_{I_{ordinace}} * 6 + \beta_1 * P_{I1} + \beta_2 * P_{I2}$$

$$P_p = 0,6 * 8,1 * 6 + 0,55 * 39 + 0,6 * 10,5 = 56,91 \text{ kW}$$

Pro určení vodiče a jeho jističe je třeba znát výpočtový proud pro třífázový proud:

$$I_p = \frac{1000 * P_p}{\sqrt{3} * U_s * \cos \varphi} = \frac{1000 * 54,96}{\sqrt{3} * 400 * \cos 1} = 82,143 \text{ A}$$

kde: I_p : Výpočtový proud [A],

P_p : Výpočtové zatížení [kW],

U_s : napětí soustavy [V],

$\cos(\varphi)$: průměrný účinník spotřebičů (uvažujeme 1).

HDV je uloženo v zemi, tj. typ uložení D. Na tomto základě a výpočtového proudu se stanový podle tab. 7 velikost průřezu vodiče = **50 mm²** a nejbližší vyšší hodnota jističe, tedy **100 A**.

NÁVRH: KABEL CYKY-J 5X50; JISTIČ 100 A.

Výpočet úbytku napětí pro tří fázovou soustavu HDV:

Určí se pomocí proudových momentů vynásobením velikosti proudu a vzdálenosti k rozvaděčům (vzdálenost odečtena z výkresů):

$$I_i * L_i = 90,6 * 8,9 = 806,34 \text{ m} * \text{A}$$

$$\Delta U_s = \frac{\sqrt{3} * (I_i * L_i) * \cos \varphi}{\gamma * S} = \frac{\sqrt{3} * 806,34 * 1}{56,2 * 50} = 0,497 \text{ V}$$

kde: γ : měrná elektrické vodivosti jádra vodiče [S*m/mm²] (měď $\gamma = 56,2 \text{ S*m/m}$),

S : průřez vodiče [mm²].

Dovolený úbytek napětí by měl být menší než 2 % jmenovitého napětí:

$$U_{max} = 0,02 * U_s = 0,02 * 400 = 8 \text{ V}$$

$$\Delta U_s < U_{max} = 0,497 \text{ V} < 8 \text{ V} \rightarrow \text{NÁVRH VYHOVUJE}$$

4.2. Návrh dimenze odboček

Pro výpočet dimenze vodiče do rozvodnic ordinací s instalovaným příkonem 8,1 kW

$$I_{max} = \frac{P_b}{U_s} = \frac{8100}{400} = 20,25 \text{ A}$$

kde: I_{max} : maximální zatěžovací proud [A]

P_b : instalovaný příkon [W]

U_s : napětí soustavy [V]

Dimenze vodiče se následně vypočte:

$$S_{min} = \frac{I_{max}}{8} = \frac{20,25}{8} = 2,53125 \text{ mm}^2$$

Ve finále se pomocí tabulky **n** určí jistič s nejbližší vyšší hodnotou, tedy 25 A, ze které vychází průřez vodiče na **4 mm²**.

NÁVRH: KABEL CYKY-J 5X4; JISTIČ 25 A.

Výpočet úbytku napětí pro tří fázovou soustavu:

$$\Delta U_s = \frac{L * P_b * 1000}{\gamma * S * U_s} = \frac{15 * 8,1 * 1000}{56,2 * 4 * 400} = 0,1351 \text{ V}$$

kde: **L**: délka vedení [m] (nejdelší odbočka má 15 m, tj. pokud vyhoví tak všechny ostatní kratší také budou vyhovovat),

P_b: soudobí příkon [kW]

γ: měrná elektrická vodivost jádra vodiče [S*m/mm²] (měď = γ 56,2 S*m/m),

S: průřez vodiče [mm²]

U_s: jmenovité napětí sdružené [V]

Dovolený úbytek napětí by měl být menší než 2 % jmenovitého napětí:

$$U_{max} = 0,02 * U_s = 0,02 * 400 = 8 \text{ V}$$

$$\Delta U_s < U_{max} = 0,1351 \text{ V} < 8 \text{ V} \rightarrow \text{NÁVRH VYHOVUJE}$$

Patro	Rozvodnice	Instalovaný příkon [W]	Soudobost [-]	Výpočtový příkon [W]	Vypočtený zatěžovací proud [A]	Návrhový průřez [mm²]	Návrhový jistič [A]
1.NP	R0.1	39000	0,55	21450	59,30	16	63
	R0.2	8100	0,6	4860	20,25	4	25
	R0.3	8100	0,6	4860	20,25	4	25
	R0.4	8100	0,6	4860	20,25	4	25
2.NP	R1.1	10500	0,6	6300	26,26	6	32
	R1.2	8100	0,6	4860	20,25	4	25
	R1.3	8100	0,6	4860	20,25	4	25
	R1.4	8100	0,6	4860	20,25	4	25

Tabulka 15 - Souhrn průřezů, jističů a vodičů

5. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout úsporné a efektivní osvětlení z hlediska energetické náročnosti a kvality osvětlení jednotlivých místností. Z toho následně určit celkovou elektrickou energii objektu (od osvětlení, po zařízení budov) a navrhnout hlavní elektrické rozvody, jakožto dimenze jištění a kabeláže.

První část se zabývala hlavní problematikou zadání podle informací čerpaných z odborné literatury a technických článků.

Druhá část se zaměřila na výpočet a návrh pro konkrétní objekt, kterým byl multifunkční dům, sloužící jako zdravotnické zařízení s ambulantními ordinacemi a zároveň jako kancelářské zázemí správy budovy tohoto zařízení a přilehlé budovy lékárny.

Výstupem jsou výkresy s označenými vývody a dimenzemi elektroinstalace včetně navržené automatizace osvětlení ve společných prostorách budovy. K projektu je vypracovaná technická zpráva, ve které jsou podrobně popsány a vysvětleny technická provedení dle platných norem a vyhlášek.

Bakalářská práce s názvem „Nízkoenergetické osvětlení multifunkčního domu“ byla vypracována za pomoci programů AutoCad 2018, MS Excel, MS Word, DialuxEvo Pro.

6. Seznam tabulek

Tabulka 1 - Přehled udržované osvětlenosti ve vybraných prostorách [13]	18
Tabulka 2 - Rozložení světelných toků svítidel [14]	19
Tabulka 3 - Vysvětlení IP krytí [15]	20
Tabulka 4 - Popis starého značení vodičů	24
Tabulka 5 - Stupeň elektrifikace bytů a jejich příkon dle ČSN 33 2130 [20]	25
Tabulka 6 - Soudobost β_n v závislosti na počtu bytů [20]	25
Tabulka 7 - Přiřazení pojistek a jističů kabelům a vodičům s Cu jádrem a izolací PVC [20]	26
Tabulka 8 - Uložení vodičů [20]	27
Tabulka 9 - Zvolená svítidla	37
Tabulka 10 - Investiční náklady	40
Tabulka 11 - Hodnoty užitečných ploch podílu světla	42
Tabulka 12 - Výpočet průměrného koeficientu odraznosti stěn	45
Tabulka 13 - měrný příkon lm/W v závislosti na činiteli	46
Tabulka 14 - Typické příkony spotřebičů dle ČEZ [31]	50
Tabulka 15 - Souhrn průřezů, jističů a vodičů	53

7. Seznam grafů

Graf 1 – Činitele LMF [16]	36
Graf 2 – Venkovní osvětlení v závislosti na čase	43
Graf 3 – odhadovaná míra úspor za rok	44
Graf 4 – Investiční náklady	47
Graf 5 – Náklady za 20 let provozu	48

8. Seznam obrázků

Obrázek 1 - Definice prostorového úhlu [2]	10
Obrázek 2 - Vizuální definice svítivosti [1]	10
Obrázek 3 - Definice světelného toku [1]	11
Obrázek 4 - Definice úbytku intenzity osvětlení [1]	11
Obrázek 5 - Definice jasu [4]	12
Obrázek 6 - Spektrum teploty chromatičnosti [5]	12
Obrázek 7 - Příklad různých hodnot R_a [3]	13
Obrázek 8 - Dělení světelných zdrojů [6]	14
Obrázek 9 - Konstrukční provedení žárovky [7]	14
Obrázek 10 - Pohled na halogenovou žárovku zblízka [8]	15
Obrázek 11 - Různé druhy zářivek [9]	16
Obrázek 12 - Konstrukční provedení LED diody [10]	17
Obrázek 13 - Laserové diody 1 W 808nm [11]	17
Obrázek 14 - Uložení vodičů v kabelech [17]	22

Obrázek 15 - Harmonizované značení vodičů [18]	23
Obrázek 16 - Zásuvka 400 V v síti TN-C-S [21]	29
Obrázek 17 - Zásuvka 230 V v síti TN-C-S [21]	29
Obrázek 18 - Schematická značka spínače.....	30
Obrázek 19 - Pojistková vložka [22]	31
Obrázek 20 - Skutečná stavba jističe [22]	31
Obrázek 21 - Měřicí soustava indukčního elektroměru [23]	32
Obrázek 22 - Ukázka klasického rozvaděče [24]	34
Obrázek 23 - Vizualizace budovy	35
Obrázek 24 - DALI PRO CONT-4 RTC [25]	38
Obrázek 25 - OSRAM DALI LS/PD LI [26]	39
Obrázek 26 - Senzor pohybu 40 bílá [27]	39

9. Zdroje

- [1] Světlo. PaloBastl [online]. Dostupné z: <http://palobastl.sweb.cz/svetlo/svetlo.html>
- [2] UMĚLÉ OSVĚTLENÍ V BUDOVÁCH. Ing. Bohumír Garlík, CSc. Katedra TZB – PDF Stažení zdarma. Představujeme Vám pohodlné a bezplatné nástroje pro publikování a sdílení informací. [online]. Copyright © DocPlayer.cz [cit. 09.05.2021]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/34483279-Umele-osvetleni-v-budovach-ing-bohumir-garlik-csc-katedra-tzb.html>
- [3] Co znamená u LED hodnota CRI? LED osvětlení – Velkoobchod, maloobchod – LEDme s. r. o. [online]. Copyright © 2015 LEDme s. r. o. [cit. 09.05.2021]. Dostupné z: https://ledme.cz/textove-novinky/6_co-znamenau-led-hodnota-cri.html
- [4] Osvětlení – teorie. Světelné studio [online]. Dostupné z: <https://www.svetelnestudio.cz/osvetleni-interieru-teorie>
- [5] Barevná teplota. TechniLED [online]. Dostupná z: <http://www.techniled.cz/20-barevna-teplota/>
- [6] PPT – Stroje a zařízení PowerPoint Presentation, free download – ID:3252763. Upload and Share PowerPoint Presentations Online – SlideServe [online]. Copyright © 2021 SlideServe [cit. 09.05.2021]. Dostupné z: <https://www.slideserve.com/chad/stroje-a-za-zen>
- [7] ELEKTRICKÉ SVĚTELNÉ ZDROJE – ppt stáhnout. SlidePlayer – Nahrávejte a Sdílejte své PowerPoint prezentace [online]. Copyright © 2021 SlidePlayer.cz Inc. [cit. 09.05.2021]. Dostupné z: <https://slideplayer.cz/slide/2936825/>
- [8] History of Halogen Lamps - Who Invented Halogen Light Bulb? History of Lighting – Development of Lighting Technology [online]. Copyright © 2021 [cit. 09.05.2021]. Dostupné z: <http://www.historyoflighting.net/light-bulb-history/history-of-halogen-lamps/>
- [9] I9 Compact Fluorescent Lamps - Lighting. Energy Efficiency Guide - Chapters - Lighting [online]. Dostupné z: <http://lighting-guide.wikidot.com/i9-compact-fluorescent-lamps>
- [10] Jak LED diody fungují | LED Solution.cz. LED Solution | Levná LED svítidla a osvětlení zítra u Vás [online]. Copyright © [cit. 09.05.2021]. Dostupné z: <https://eshop.ledsolution.cz/led-diody-technicke-udaje/>
- [11] Laserové diody 1 W 808nm. DANYK.CZ - Elektrotechnika, shémata, návody [online]. Dostupné z: <http://danyk.cz/laser4.html>
- [12] Výrobky světelné techniky jako zdroje odpadů s obsahem rtuti – Časopis Elektro – Odborné časopisy. Odborné časopisy [online]. Copyright © 2014 [cit. 09.05.2021]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/vyrobky-svetelne-techniky-jako-zdroje-odpadu-s-obsahem-rtuti--15104>
- [13] Osvětlení pracoviště, Ing. Kateřina Petrová [online] Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/bozp/16590-osvetleni-pracoviste>
- [14] SVÍTIDLA ČVUT / FEL. - ppt stáhnout. SlidePlayer – Nahrávejte a Sdílejte své PowerPoint prezentace [online]. Copyright © 2021 SlidePlayer.cz Inc. [cit. 09.05.2021]. Dostupné z: <https://slideplayer.cz/slide/15160640/>

- [15] Co je stupeň krytí IP? | GoLED. Ověřené LED osvětlení | GoLED [online]. Copyright © 2012 [cit. 09.05.2021]. Dostupné z: <https://www.goled.cz/blog/stupen-kryti-ip/>
- [16] Osvětlení a osvětlovací technika, Studijní podklad FSV ČVUT, Praha K125 Dostupné z: http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125tz02/cviceni/uloha_7/teorie_osvetleni.pdf
- [17] PRAKAB PRAŽSKÁ KABELOVNA, a.s. člen skupiny SKB KATALOG PRODUKTŮ. PRODUKTY – PDF Free Download. Představujeme Vám pohodlné a bezplatné nástroje pro publikování a sdílení informací. [online]. Copyright © DocPlayer.cz [cit. 09.05.2021]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/8310682-Prakab-prazska-kabelovna-a-s-clen-skupiny-skb-katalog-produktu-produkty-2009-2010-www-prakab-cz.html>
- [18] Značení vodičů a kabelů – ppt stáhnout. SlidePlayer – Nahrávejte a Sdílejte své PowerPoint prezentace [online]. Copyright © 2021 SlidePlayer.cz Inc. [cit. 09.05.2021]. Dostupné z: <https://slideplayer.cz/slide/11958864/>
- [19] Toraka elektro-materiály [online]. Copyright © [cit. 09.05.2021]. Dostupné z: https://www.elektro-materialy.cz/files/prod_files/kabely-popis--rozdeleni--pouziti-a-prudove-zatizeni.pdf
- [20] GARLÍK, Bohumír. Technická zařízení budov: elektrická instalace v budovách. Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2017. ISBN 978-80-01-06342-2.
- [21] Zapojení zásuvek, prodlužovaček atd. – mylms. mylms [online]. Dostupné z: <https://www.mylms.cz/zapojeni-zasuvek-prodluzovacek-atd/>
- [22] ***Pojistky a jističe: MEF. Fyzika: MEF [online]. Copyright © 2006 [cit. 09.05.2021]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/327-pojistky-a-jistice>
- [23] Elektroměry. Podle principu měřicí soustavy dělíme elektroměry na: indukční elektroměry, elektronické impulzní elektroměry. - PDF Free Download. Představujeme Vám pohodlné a bezplatné nástroje pro publikování a sdílení informací. [online]. Copyright © DocPlayer.cz [cit. 09.05.2021]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/19472888-Elektromery-podle-principu-merici-soustavy-delime-elektromery-na-indukcni-elektromery-elektronicke-impulzni-elektromery.html>
- [24] Rozvaděče | iElektra.cz - elektroinstalační materiál. iElektra.cz - elektroinstalační materiál [online]. Copyright © 1995 [cit. 09.05.2021]. Dostupné z: <https://www.ielektra.cz/rozvadece>
- [25] DALI PRO CONT-4 RTC | OSRAM DS. 301 Moved Permanently [online]. Copyright © 2021, OSRAM GmbH. All rights reserved. [cit. 09.05.2021]. Dostupné z: https://www.osram.cz/ecat/DALI%20PRO%20CONT-4%20RTC-%C5%99%C3%ADd%C3%ADc%20jednotky-DALI%20PROFESSIONAL-Syst%C3%A9my%20%C5%99%C3%ADzen%C3%AD%20osv%C4%9Btlen%C3%AD-Digital%20Systems/cz/cs/GPS01_1028866/
- [26] eibabo® technology store | eibabo.cz [online]. Copyright © 1997 [cit. 09.05.2021]. Dostupné z: <https://www.eibabo.cz/ledvance/multisenzor-pro-ovladani-osvetleni-dalieco-ls-pd-li-eb11413149?c=81095>

- [27] Senzor pohybu 40 bílá | Svět svítidel. Svítidla a osvětlení – Svět svítidel [online]. Copyright © 1994 [cit. 09.05.2021]. Dostupné z: <https://www.svet-svitidel.cz/senzor-pohybu-sensor-40-bila-gxsi004.html>
- [28] Co je DALI? | Lxf.cz. LXF.cz - prodej, montáž a realizace návrhů LED osvětlení [online]. Dostupné z: <https://www.lxf.cz/dali/>
- [29] Úvodní stránka – Elkovo Čepelík. Úvodní stránka – Elkovo Čepelík [online]. Copyright © ELKOVO ČEPELÍK s.r.o. [cit. 09.05.2021]. Dostupné z: <https://www.elkovo-cepelik.cz/>
- [30] Výpočet osvětlení. Lustry-svitidla.cz [online]. Copyright © Michal Macek, 2008. Dostupné z: <https://www.lustry-svitidla.cz/vypocet-osvetleni>
- [31] Typické příkony běžných spotřebičů | Úvod | Distribuční portál. 301 Moved Permanently [online]. Copyright © 2021, ČEZ, [cit. 09.05.2021]. Dostupné z: <https://www.napoveda-dip.cezdistribuce.cz/dip/cs/zadost-pripojzeni/prikony-spotrebicu.html>
- [32] Výsledky proudového testování bez šroubových svorek WAGO a IDEAL [online]. Dostupné z: <https://elektrika.cz/data/clanky/vysledky-proudoveho-testovanibezsrubovych-svorek-wago-a-ideal>

10. Seznam příloh

- 1) Výstupy z DiaLUX evo pro 1.NP a 2.NP
- 2) Výpočet imaginární soustavy
- 3) Výkres č.1 – Světelné obvody 1.NP
- 4) Výkres č.2 – Světelné obvody 2.NP
- 5) Výkres č.3 – Zásuvkové obvody 1.NP
- 6) Výkres č.4 – Zásuvkové obvody 2.NP
- 7) Výkres č.5 – Legenda Elektroinstalace
- 8) Výkres č.6 – Zapojení elektroměrového rozvaděče RE
- 9) Výkres č.7 – Zapojení rozvaděče R0.1
- 10) Výkres č.8 – Zapojení rozvaděče R1.1
- 11) Výkres č.9 – Zapojení rozvaděče R0.2 – R1.4
- 12) Výkres č.10 – Schéma DALI osvětlení
- 13) Technická zpráva