

# Priestorové charakteristiky svietidiel využívajúce detektory PIR,MW

Bc. Andrej Belianský

---

Diplomová práce  
2022



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky  
Ústav elektroniky a měření

Akademický rok: 2021/2022

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Andrej Belianský**  
Osobní číslo: **A19419**  
Studijní program: **N3902 Inženýrská informatika**  
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**  
Forma studia: **Kombinovaná**  
Téma práce: **Prostorové charakteristiky svítidel využívající detektory PIR, MW.**  
Téma práce anglicky: **Spatial Characteristics of Lights Using PIR, MW Detectors**

## Zásady pro vypracování

1. Popište vývoj zdrojů světla a rozdělte je dle principu.
2. Provedte rešerši zdrojů světla a přísvitů využívaných v bezpečnostním průmyslu a v nepoplachových aplikacích.
3. Zpracujte způsoby ovládání svítidel.
4. Provedte měření prostorových charakteristik svítidel využívajících PIR a MW detektory.
5. Navrhněte jejich použití v bezpečnostních aplikacích.
6. Odhadněte další vývoj těchto systémů.

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

Seznam doporučené literatury:

1. LUKÁŠ, Luděk a kolektiv. Bezpečnostní technologie, systémy a management I. Zlín: VeRBuM, 2011. ISBN 978-80-87500-05.
2. LUKÁŠ, Luděk a kolektiv. Bezpečnostní technologie, systémy a management II. Zlín: VeRBuM, 2012. ISBN 978-80-87500-19-4.
3. LUKÁŠ, Luděk a kolektiv. Bezpečnostní technologie, systémy a management III. Zlín: VeRBuM, 2013. ISBN 978-80-87500-35-4.
4. VALOUCH, Jan. Projektování integrovaných systémů. Vyd. 2. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2015, 1 online zdroj (169 s.). ISBN 978-80-7454-557-3.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Rudolf Drga, Ph.D.**  
Ústav bezpečnostního inženýrství

Datum zadání diplomové práce: **3. prosince 2021**  
Termín odevzdání diplomové práce: **23. května 2022**



**doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.**  
děkan



**Ing. Milan Navrátil, Ph.D.**  
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 7. února 2022

## **Prohlašuji, že**

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

## **Prohlašuji,**

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

Ve Zlíně, dne

Bc. Andrej Belianský

## **ABSTRAKT**

Diplomová práca sa zaoberá súčasnými svietidlami, ich zdrojmi, technológiami ich riadenia a možnosťami ich ovládania pomocou detektorov PIR, MW. Zameriava sa na opis základných častí a princíp fungovania najčastejšie využívaných detektorov, ktorými sú PIR detektory. Praktická časť obsahuje porovnanie metód detekcie pohybu, aplikáciu detektorov pohybu v praxi a prevedené meranie priestorových charakteristík svietidiel s PIR detektormi.

Kľúčové slová: PIR, MW detektory, meranie, svietidlá.

## **ABSTRACT**

The diploma thesis deals with the current luminaires, their sources, their control technologies and the possibilities of their control using PIR, MW detectors. It focuses on the description of the basic parts and the principle of operation of the most commonly used detectors, which are PIR detectors. The practical part includes comparison of motion detection methods, application of motion detectors in practice and measurement of spatial characteristics of luminaires with PIR detectors.

Key words: PIR, MW detectors, measurement, luminaires.

Ďakujem pánovi Ing. Rudolfovi Drgovi, Ph.D., vedúcemu mojej diplomovej práce, za veľmi užitočnú metodickú pomoc, smerovanie, cenné rady a pripomienky, ktoré mi dal pri spracovaní mojej diplomovej práce.

Zároveň ďakujem aj mojej rodine a priateľom za podporu počas celého štúdia.

Prehlasujem, že odovzdaná verzia diplomovej práce a verzia elektronická nahratá do IS/STAG sú totožné.

# OBSAH

|  |           |
|--|-----------|
| <b>ÚVOD</b> .....  | <b>9</b>  |
| <b>I. TEORETICKÁ ČASŤ</b> .....  | <b>10</b> |
| <b>1 SVETLO</b> .....  | <b>11</b> |
| 1.1 ZÁKLADNÉ PARAMETRE SVETELNÝCH ZDROJOV .....  | 12        |
| 1.2 SVETELNÉ ZDROJE A ICH DELENIE .....  | 15        |
| 1.2.1 Teplotné svetelné zdroje .....   | 15        |
| 1.2.2 Výbojové svetelné zdroje.....  | 19        |
| 1.2.3 Elektroluminiscenčné svetelné zdroje .....   | 22        |
| <b>2 SVIETIDLÁ</b> .....   | <b>26</b> |
| 2.1 TRIEDENIE SVIETIDIEL .....   | 26        |
| 2.1.1 Technické svietidlá .....  | 27        |
| 2.1.2 Dekoračné svietidlá .....  | 28        |
| 2.1.3 Orientačné a signalizačné svietidlá.....   | 28        |
| 2.2 ZÁKLADNÉ ČASTI SVIETIDIEL .....  | 29        |
| 2.2.1 Svetelne činné časti svietidiel .....  | 29        |
| 2.2.2 Elektrické časti svietidiel .....  | 33        |
| 2.2.3 Konštrukčné časti svietidiel .....   | 33        |
| 2.3 SPÔSOBY OVLÁDANIA SVIETIDIEL .....   | 34        |
| 2.3.1 Analógové ovládanie .....  | 34        |
| 2.3.2 Digitálne ovládanie.....   | 35        |
| <b>3 DETEKCIA A DETEKTORY POHYBU</b> .....   | <b>37</b> |
| 3.1 PRINCÍPY FUNGOVANIA DETEKcie POHYBU .....  | 39        |
| 3.2 DETEKcie POHYBU S VYUŽITÍM ELEKTROMAGNETICKÉHO POĽA .....                                    | 41        |
| 3.3 ŠPECIFICKÉ METÓDY DETEKcie POHYBU.....   | 44        |
| 3.4 TRENDY VO VÝVOJI DETEKTOROV POHYBU.....  | 45        |
| <b>II. PRAKTICKÁ ČASŤ</b> .....  | <b>50</b> |
| <b>4 POROVNANIE METÓD DETEKcie POHYBU A ICH POUŽITIE V PRAXI</b> .....                           | <b>51</b> |
| 4.1 PIR DETEKTORY .....  | 51        |
| 4.2 MIKROVLNNÉ DETEKTORY.....  | 53        |
| 4.3 INFRAZÁVORY.....   | 53        |
| 4.4 KAMEROVÉ SYSTÉMY .....   | 54        |
| <b>5 POŽIADAVKY NA MIESTO STRÁŽENIA S POUŽITÍM SVIETIDIEL V BEZPEČNOSTNÝCH APLIKÁCIÁCH</b> ..... | <b>55</b> |
| 5.1 VYBRANÉ TYPY PROSTREDIA .....  | 56        |
| 5.1.1 Rodinný dom, byt .....   | 57        |
| 5.1.2 Priemyselné objekty .....  | 58        |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| 5.1.3    | Administratívne budovy.....  | 59        |
| <b>6</b> | <b>MERANIE PRIESTOROVEJ CHARAKTERISTIKY SVIETIDIEL .....</b>         | <b>60</b> |
| 6.1      | VÝBER SVIETIDIEL.....  | 60        |
| 6.1.1    | Stropné/nástenné svietidlo s PIR senzorom VERA WHST78-BI.....        | 61        |
| 6.1.2    | Nástenné pohyblivé LED svietidlo IP65 s PIR senzorom .....           | 63        |
| 6.2      | NORMA STN EN 50131-2-4 POPLACHOVÉ SYSTÉMY.....                       | 65        |
| 6.3      | VÝVOJOVÝ DIAGRAM MERANIA .....                                       | 69        |
| 6.4      | PRÍPRAVA PRACOVISKA NA MERANIE .....                                 | 70        |
| 6.5      | UPEVNENIE SVIETIDIEL NA STOJAN.....                                  | 70        |
| 6.6      | PREVEDENÉ MERANIE SVIETIDLA PIR SO SENZOROM VERA WHST78-BI.....      | 72        |
| 6.6.1    | Prvý test .....  | 72        |
| 6.6.2    | Druhý test.....  | 72        |
| 6.6.3    | Tretí test .....   | 73        |
| 6.6.4    | Štvrtý test .....  | 74        |
| 6.6.5    | Piaty test.....  | 75        |
| 6.7      | PREVEDENÉ MERANIE LED SVIETIDLA IP65 S PIR SENZOROM .....            | 77        |
| 6.8      | POROVNANIE NAMERANÝCH HODNÔT .....                                   | 79        |
| 6.8.1    | Porovnanie hodnôt svietidla VERA WHST78-BI s PIR senzorom .....      | 79        |
| 6.8.2    | Porovnanie hodnôt pohyblivého LED svietidla IP65 s PIR senzorom..... | 80        |
| 6.8.3    | Vyhodnotenie nameraných hodnôt s hodnotami od výrobcu.....           | 80        |
|          | <b>ZÁVER .....</b>   | <b>81</b> |
|          | <b>ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY.....</b>                               | <b>83</b> |
|          | <b>ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK.....</b>                                | <b>87</b> |
|          | <b>ZOZNAM OBRÁZKOV .....</b>   | <b>88</b> |
|          | <b>ZOZNAM GRAFOV.....</b>  | <b>90</b> |



## ÚVOD

Problematika ochrany života a majetku osôb je v dnešnej spoločnosti veľmi aktuálnou témou. Súčasné bezpečnostné hrozby, medzi ktoré patrí nielen kriminalita, ale tiež problém nelegálnej migrácie a terorizmu, majú za následok to, že zaistenie ochrany a bezpečnosti jedinca i celej spoločnosti sa stalo nevyhnutnou každodennou súčasťou života. V minulosti postačujúce zabezpečenie objektov systémom PZTS je v súčasnej dobe stále častejšie doplňované aj o kamerové systémy.

Detektory pohybu patria medzi najpoužívanejšie typy detektorov vôbec. Dá sa povedať, že sú najdôležitejšou súčasťou celého systému PZTS. Detektor je funkčným prvkom tohto systému, ktorý je v priamom kontakte so stráženým prostredím. Ak je detektor správne nainštalovaný, nastavený a pripojený do systému, vysiela pri narušení stráženého prostredia signál ústredne PZTS, ktorá následne bezodkladne vyhlási poplach.

Bezpečnostné technológie sa neustále vyvíjajú a všetky spoločnosti sa snažia svoje výrobky neustále modernizovať. Okrem modernizácie produktov je ich ďalším cieľom aj minimalizácia možnosti falošných poplachov. Znižovanie výrobných cien detektorov pohybu a kamier umožňuje ich ľahšiu dostupnosť širokej verejnosti. Pri inštalácii všetkých systémov technického zabezpečenia je veľmi dôležité podrobne zmapovať celý objekt vrátane jeho okolia. Na základe zistených informácií potom odborný projektant navrhne vhodnú technológiu, ktorá zaistí najlepší variant možného zabezpečenia. V prípade súkromných objektov je možné vyjsť v ústrety prania zákazníka ako pri výbere použitých technológií, tak aj v prípade jeho finančných možností a stanovených limitov. Pokiaľ ide o ostatné objekty (či už priemyselné, administratívne či objekty štátnej správy a samosprávy) je v prípade realizácie technického zabezpečenia nevyhnutné držať sa predovšetkým platných predpisov.

Z klasických pohybových detektorov sa najčastejšie v dnešnej dobe používajú PIR detektory, prípadne duálne detektory kombinujúce PIR detektor s detektorom mikrovlnným. Ultrazvukové detektory sa podľa vyjadrení projektantov a špecialistov z niekoľkých odborných spoločností z odboru slaboprúdovej techniky a technického zabezpečenia objektov v dnešnej dobe nevyužívajú alebo celkom výnimočne.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 SVETLO

Svetlo patrí už oddávna k najzáhadnejším javom pozorovateľným v prírode. Vedomosti o svetelnom procese, teda o počiatku vzniku a následnom pohltení svetla či jeho vlastnostiach, sa stali oblasťou záujmu vo vede. Jednotlivé objavy umožňovali formulovať zákony o svetle a vytvárať teórie vysvetľujúce pôsobenie prirodzeného svetla. S postupným vývojom civilizácie sa človek čiastočne vyslobodil z plnej závislosti na slnečnom žiarení a svoj záujem sústredil na využívanie umelých svetelných zdrojov. Technický vývoj pokročil natoľko, že elektrické osvetlenie umožňovalo presvetľovanie priestorov, kde denné svetlo nedosiahlo. Tento pokrok mnohokrát spôsoboval to, že úloha denného osvetlenia v budovách bola často podceňovaná. Avšak umelé osvetlenie v uzavretých priestoroch nenahradí úplne úlohu prirodzeného svetla, ktoré predstavuje zdroj energie pre všetok pozemský život. [1]

Viditeľné svetlo má charakter elektromagnetického žiarenia pohybujúceho sa v rozmedzí vlnových dĺžok 380 až 780 nm. Pri prechode atmosférou dochádza k slabnutiu intenzity svetla. Intenzita denného osvetlenia na horizontálnom povrchu Zeme, označovaná ako exteriérová alebo globálna osvetlenosť, zahŕňa svetlo priame a oblohové. Tá má zásadný vplyv na jas oblohy, ktorá je závislá na polohe Slnka či aktuálnej oblačnosti. Slnko predstavuje primárny svetelný zdroj vyžarujúci svetlo, zatiaľ čo Mesiac a obloha je zdrojom sekundárnym, pretože svetlo odrážajú od zdroja primárneho. [1]

Zdroj svetla neprináša so sebou len osvetlenie na uskutočnenie určitej činnosti, ale aj ovplyvňuje náladu a správanie jedinca, vnímanie celého priestoru a fyziologické funkcie človeka. Ak máme priestor rovnako osvetlený, smie vyvolávať pocit, že je priestorový, ale ničím nezaujímavý a jednotvárný vďaka neprítomnosti menej osvetlených častí alebo tieňov. Odlišný priestor, osvetlený rozdielne, môže spôsobovať menší dojem a vytvárať pocit súkromia. [2]

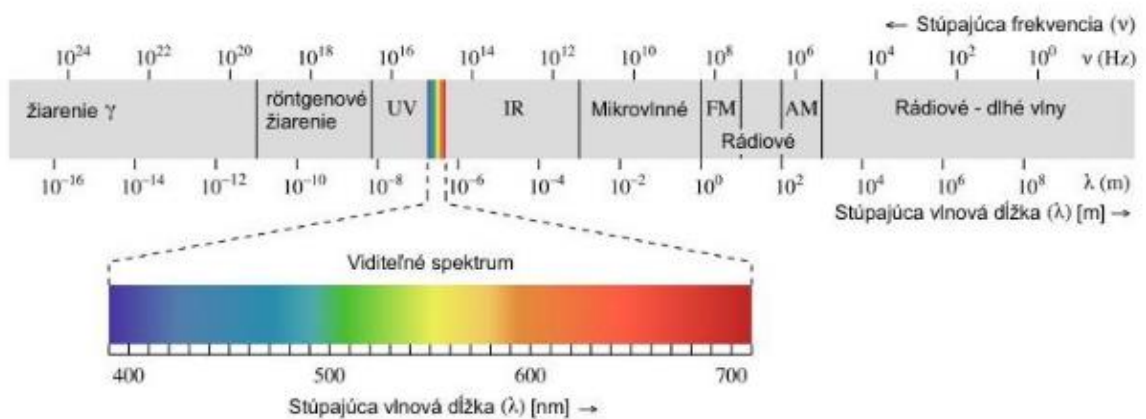
Typ zvoleného osvetlenia a jeho intenzita má zásadný vplyv na používateľovo vnímanie priestoru. V interiéri je zásadné ako denné (prirodzené), tak umelé osvetlenie, ktoré dokresľuje celkovú atmosféru priestoru. Denné osvetlenie je tvorené súčasne slnečným a rozptýleným oblohovým svetlom. Oproti tomu umelé osvetlenie funguje za pomoci umelých zdrojov, najčastejšie elektrických. Často dochádza ku kombinácii uvedených možností a hovoríme o osvetlení združenom. [3]

Svetelná kvalita ale nie je veličina, ktorej hodnoty je možné namerať či spočítať. Veitch a Newshman konštatovali, že kvalita svetla sa vyskytuje vo chvíli, keď svetelné situácie sú

naklonené k uspokojeniu potrieb človeka, ktoré sú napr. nálada, estetický úsudok, optický komfort, viditeľnosť, absolvovanie úlohy, zdravie, bezpečnosť, harmónia a pekný úsudok. [4]



Obr. č. 1 Umelé zdroje svetla [28]



Obr. č. 2 Spektrum elektromagnetického žiarenia [29]

## 1.1 Základné parametre svetelných zdrojov

Svetelné zdroje sú hlavným prvkom v rámci celej osvetľovacej sústavy. Kvalita svetelného zdroja je hodnotená súborom ukazovateľov, ktoré všestranne charakterizujú jeho vlastnosti. Parametre sú vytvárané na základe dlhodobého štatistického sledovania a vyhodnocovania výsledkov. Môžu poslúžiť pri výbere správneho svetelného zdroja, ktorý bude spĺňať kvalitu osvetlenia a hospodárnosť osvetľovacej sústavy. Parametre svetelných zdrojov je možné rozdeliť na technické a prevádzkové. Delenie nie je striktné a jednotlivé parametre sa vzájomne prelínajú. [5]

Medzi najdôležitejšie technické parametre zdrojov patria ich konštrukčné prevedenie, elektrické, svetelno-technické parametre a životnosť. Konštrukčnými parametrami rozumieme predovšetkým vonkajšie a pripojovacie rozmery, hmotnosť, výšku svetelného stredy, rozmery svietiaceho telesa, tvar banky a jej optické vlastnosti (číra, matovaná, zrkadlená, farebná, pokrytá luminoformom a pod.), typ päťice, konštrukcia prívodov, elektród a pod. Pod parametre elektrické spadá príkon svetelného zdroja, napätie napájacej siete, veľkosť a druh prúdu (jednosmerný a striedavý) a tiež napätie na zdroji. Pokiaľ sa jedná o zdroje výbojové, potom hovoríme o zápalnom napätí, napätí výbojky, strate energie v predradníku, účinníku, nábehovom prúde, napätí predžeravovacím a zhášacom a napätí okamžitého znovuzápalu. K svetelno-technickým parametrom patrí svetelný tok a jeho spektrálne zloženie, svietivosť, jej priestorové rozloženie a jas. Podstatná je zmena týchto parametrov v čase. Kolorimetrické vlastnosti vyžarovaného svetla popisujú trichromatické súradnice  $x$  a  $y$ , teplota chromatickosti  $T_c$  a indexy podania farieb  $R_a$ . Pri ortuťových výbojkách je podstatná aj tzv. červená zložka. [5] [6]

Život svetelného zdroja je celková doba jeho svietenia do okamihu, keď je v praxi nepoužiteľný alebo sa za nepoužiteľný považuje podľa stanovených kritérií. Spravidla je udávaný v hodinách. V každom svetelnom zdroji prebiehajú počas jeho činnosti fyzikálne aj chemické procesy pôsobiace na zmeny jeho funkcie. Koniec života žiaroviek je daný prepálením vlákna. Oproti tomu žiarivky a výbojky podliehajú počas ich zapojenia priebežnému poklesu svetelného toku, preto sú v tejto súvislosti uvádzané pojmy užitočný a fyzický život. Užitočný život je doba funkcie zdroja, počas ktorej si jeho parametre zachovávajú hodnoty ležiace v určitých stanovených medziach. Pojem fyzický život označuje dobu svietenia do okamihu úplnej straty jeho prevádzkyschopnosti (napr. pri žiarovkách do prerušenia vlákna alebo prívodov, pri výbojkách do okamihu, keď sa vo výbojke nezapáli výboj a pod.). Činiteľ starnutia vyjadruje podiel svetelného toku zdroja v danom okamihu jeho života a počiatočného svetelného toku pri svietení zdroja za stanovených podmienok. Obvykle sa uvádza v percentách. Činiteľ funkčnej spoľahlivosti číselne zodpovedá časti z celkového počtu skúšaných svetelných zdrojov, ktorá v danom čase za stanovených podmienok a určitej početnosti zapínania zostáva ešte funkčná. Priemerný život znázorňuje časový úsek, počas ktorého činiteľ funkčnej spoľahlivosti svetelných zdrojov klesne na 50 % pri referenčných podmienkach. Uvedené parametre sú podstatné z hľadiska správneho projektovania osvetľovacej sústavy a ich následnej údržby. [6]

Svetelný tok znázorňuje určité množstvo svetla, ktoré je za pomoci svetelného zdroja vyžiarené za jednotku času. Dáva nám informáciu, koľko je daný svetelný zdroj schopný vyprodukovať svetla. Hodnoty sú v lúmenoch a nájdeme ich v katalógu alebo priamo na obale svetelného zdroja. Svetelný tok bežnej 100 W žiarovky je približne 1350 lm, čo znamená, že na 13,5 lm svetla z tejto žiarovky pripadá 1 W elektrického príkonu. [5] [6]

Teplota chromatickosti zaznamenáva farbu svetla pochádzajúcu z daného svetelného zdroja. Určenie prebieha v závislosti s tzv. čiernym telesom. Pokiaľ dôjde k navýšeniu teploty tohto telesa, podiel modrej zložky v spektre stúpne a naopak podiel zložky červenej klesne. Na základe číselných hodnôt udávajúcich teplotu chromatickosti rozlišujeme niekoľko skupín svetelnej farebnosti. Rozmedzie 2700 – 3500 K udáva teplú bielu farbu. Svetelný zdroj vyžaruje žltý odtieň svetla a najviac sa podobá klasickej žiarovke. Osvetľuje priestory určené na relaxáciu, je teda vhodný do spální či obývacích izieb. Hodnoty od 3000 do 4500 K označujú odtieň chladnej bielej a tento odtieň je vhodný pre osvetlenie prechodových častí v interiéri (napr. chodba, kúpeľňa a WC). Aktívne zóny vyžadujú vyššie teploty chromatickosti. Porušenie týchto zásad vedie k únave organizmu a dlhodobá činnosť v zle osvetlenom prostredí má za následok zhoršenie zraku. Osvetlenie, ktorého teplota chromatickosti sa pohybuje okolo hodnôt 4500 - 5500 K, sa najviac približuje osvetleniu prirodzenému a jeho umiestnenie je vhodné v mieste detskej izby, kuchyne a pod. Svetlá, ktorých teplota sa pohybuje v rozmedzí 5500 - 6000 K, sú vhodné na osvetlenie kancelárií či verejných priestorov. Studený biely odtieň dokáže organizmus povzbudiť a je vhodný pre intenzívnu činnosť. Svetlo s teplotou chromatickosti blížiac sa k hodnote 8000 K získava modrý nádych. Na vnímanie svetla sa podieľa aj okolité prostredie. [7]

V rámci vzťahu svetlo a farba je potrebné spomenúť tzv. index podania farieb, ktorý zaznamenáva farby osvetlených predmetov v priestore, ktorý je osvetlený pomocou svetelného zdroja. Označenie Ra 100 znamená, že farby sú najlepšie zreteľné. S klesajúcou hodnotou klesá možnosť farebného rozlíšenia. Ra 0 znamená, že farby nemožno rozpoznať. Ra v obytných priestoroch by podľa odporúčania mala dosahovať hodnoty 80 a Ra priemyselných hál či vonkajších priestorov by sa mala držať hodnôt okolo čísla 65. Konkrétna hodnota indexu podania farieb pri lineárnych či kompaktných žiarivkách by mala byť k dispozícii v rámci kódového označenia. Žiarivka, ktorej označenie obsahuje kombináciu napr. 36 W/840 upresňuje, že sa jedná o svetelný zdroj s príkonom 36 W, indexom podania farieb pohybujúcim sa v rozmedzí 80 až 89 a teplotou chromatickosti 4000 K (značené v stovkách kelvinov). [5] [6]

Medzi najpodstatnejšie prevádzkové parametre patrí účinnosť, popr. merný výkon svetelného zdroja, spoľahlivosť, kompatibilita so zariadením, kde sú zdroje prevádzkované a tiež ich ekonomickosť. Merný výkon svetelného zdroja (lm/W) je jedným z najdôležitejších ukazovateľov akosti zdroja, ktorý charakterizuje efektívnosť premeny elektrickej energie na svetelnú. [6]

## 1.2 Svetelné zdroje a ich delenie

Táto kapitola rozoberá jednotlivé typy svetelných zdrojov využívaných pri svietení v domácnosti, ich princíp, štruktúru či parametre. Svetelné zdroje sa podľa princípu vzniku svetla delia na teplotné (obyčajné a halogénové žiarovky), výbojkové (žiarivky, kompaktné žiarivky, vysokotlakové ortuťové, zmesové a halogenidové výbojky, vysokotlakové a nízkotlakové sodíkové výbojky, xenónové výbojky a pod.) a elektroluminiscenčné (svetelné diódy LED). [5] [6]

### 1.2.1 Teplotné svetelné zdroje

Jedná sa o najstaršiu skupinu elektrických svetelných zdrojov, ktorých princíp vyžarovania svetla je založený na jave inkandescencie, teda tepelnom vybudení látky, kedy povrch zahriatej látky vysiela do okolia elektromagnetické žiarenie, ktorého zložkou je aj viditeľné svetlo. Látka zahriata prúdom elektrického prúdu vysiela do okolia optické žiarenie so spojitým spektrom. Teplotné zdroje sa vyznačujú veľmi malou účinnosťou premeny elektrickej energie na svetelnú, naproti tomu majú najlepší index podania farieb, vďaka čomu sú na trhu stále obľúbeným zdrojom osvetlenia. Hlavnými predstaviteľmi tejto skupiny sú žiarovky - klasická a halogénová. [6] [8]

Medzi výhody teplotných zdrojov radíme nasledovné:

- obsahujú spojité spektrum všetkých farieb so zvýšeným podielom červenej a infračervenej oblasti, ktorá je charakteristická pre teplotné žiariče,
- nepotrebujú predradné obvody – pripájajú sa priamo na sieťové napätie,
- jednoduchá prevádzka a jednoduchá výmena chybných zdrojov,
- jednoduchá konštrukcia, malé rozmery a hmotnosť,
- rýchly štart bez blikania, stabilné svietenie bez miešania a okamžitá stabilizácia svetelného toku po pripojení na sieť,

- jednoduchá likvidácia – neobsahujú žiadne zdraviu škodlivé látky,
- majú široký rozsah prevádzkových teplôt,
- ľubovoľná poloha svietenia,
- nízka obstarávacia cena. [6]

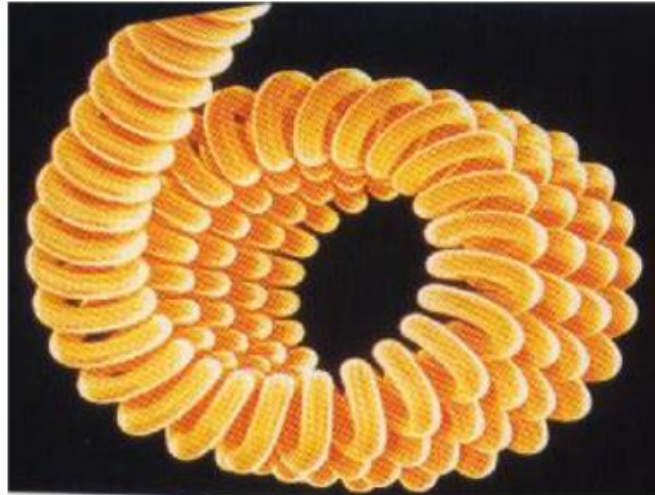
Medzi nevýhody teplotných zdrojov radíme nasledovné:

- veľmi nízky merný výkon,
- krátka stredná doba života spôsobená odparovaním volfrámového vlákna a jeho následným prerušením,
- značný pokles svetelného toku počas života,
- závislosť parametrov (najmä doby života) na napájacom napätí. [6] [7]

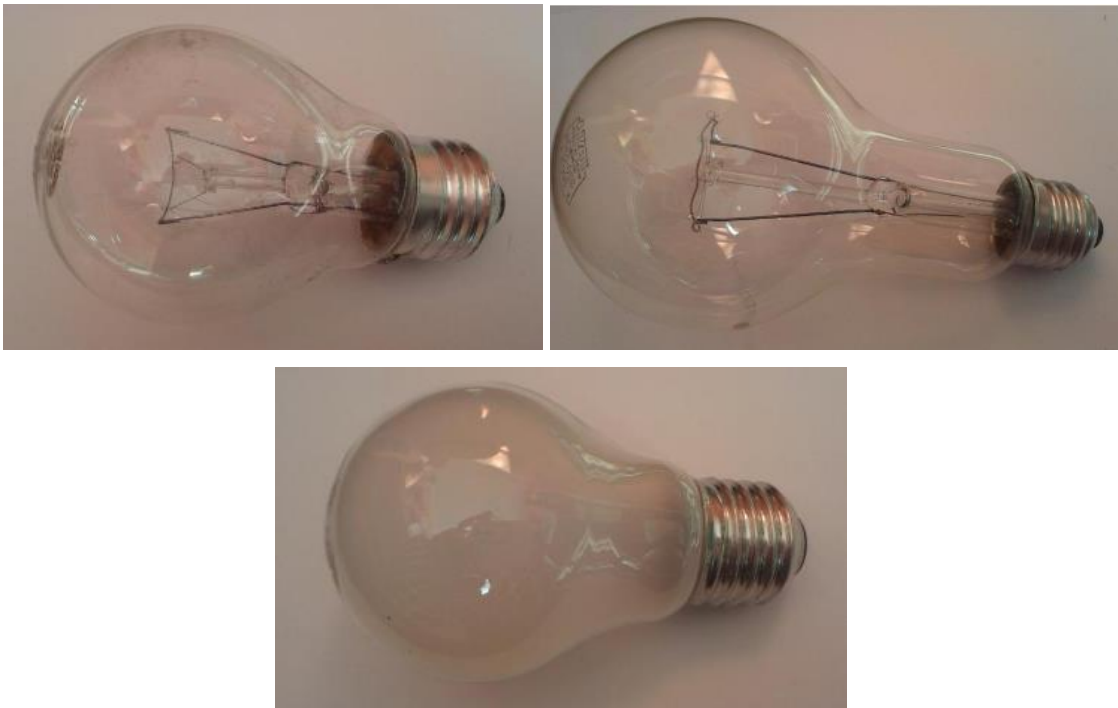
Vlastným zdrojom žiarenia obyčajnej žiarovky je vlákno vyrobené z veľmi tenkého volfrámového drôtu, ktorý je zvinutý do jednoduchej alebo dvojitej skrutkovice. Priemer tohto drôtu sa pohybuje od 10  $\mu\text{m}$  pre žiarovky 15 W, do 120  $\mu\text{m}$  pre žiarovky 200 W. Teplota vlákna je okolo 2500 K, pričom teplota na povrchu banky dosahuje až 200 °C. Správne umiestnenie drôtu je dosiahnuté pomocou molybdénových háčikov, umiestnených do šošovky tyčinky, ktorá je spoločne so sklenenými časticami (tanierikom a čerpacou trubičkou) súčasťou tzv. nôžky. Tá je aj s vláknom zatavená do vonkajšej banky zhotovenej z mäkkého sodnovápenatého skla. Na trhu nájdeme niekoľko typov baniek – číre, farebné, zrkadlené, chemicky matované či opaľované nanosením rozptylnej vrstvy v elektrostatickom poli. Vnútorňá časť prívodu je vyrobená z niklu alebo poniklovaného železa. Časť prostredná je z tzv. plášťového drôtu obsahujúceho železoniklové jadro s medeným plášťom, povrchovo upravené metódou bóraxovania, s teplotným činiteľom dĺžkovej rozťažnosti, ktorá zodpovedá rozťažnosti skleneného tanierika. Vďaka tomu je spojenie kovových a sklenených súčastí žiarovky vákuovo tesné a je zaistené vákuom či inertným prostredím po celú funkčnú dobu žiarovky. Prívod z jeho vonkajšej časti je vyrobený zo zliatiny niklu a medi (tiež monel) a plní funkciu poistky a to v prípade, ak by v žiarovkách plnených plynom vznikol pri prerušení vlákna výboj. Zároveň je vďaka nemu prostredníctvom päťice naviazaný kontakt s objímkou. Tieto prírody sú prepojené s päťicou pomocou spájkovania či zvarovania. Priestor vo vnútri banky je úplne vyčerpaný a náplňou žiaroviek plnených plynom je obvykle argón či kryptón s prímiesou dusíka, ktorý bráni pred možnými výbojmi medzi závitmi vlákna. Plyn vo vnútri svetelného zdroja znižuje rýchlosť vyparovania vlákna, zvyšuje teplotu a tým merný výkon žiarovky, zlepšuje prúd



svetelného toku počas svietenia. Klasické žiarovky sú najčastejšie opatrené závitovou päticou označovanou ako E27 (prípadne menším variantom E14), z hliníka či galvanicky poniklovanej mosadze, alebo bajonetovou päticou značenou ako B22d. Päťica k banke drží vďaka špeciálnemu tmelu. [6] [8] [9] [10]



Obr. č. 3 Dvojito vyvinuté vlákno žiarovky rozžeravené prechodom elektrického prúdu [6]



Obr. č. 4 Príklady klasických žiaroviek [6]

Halogénová žiarovka pracuje podobne ako žiarovka obyčajná, teda priechodom elektrického prúdu dochádza k ohrevu vlákna a emisii fotónov. Okrem toho sa tu uplatňuje

volfrám-halogénový cyklus, ktorý spôsobuje návrat odparených atómov volfrámu späť na vlákno a tým zabraňuje jeho usadzovaniu na vnútornej stene banky a stenčovaniu vlákna. Volfrám-halogénovým cyklom nazývame jav pri ktorom sa odparené atómy volfrámu zlučujú v blízkosti steny banky, pri teplote nižšej ako 1700 K, s halogénom, v banke obsiahnutým, na príslušný halogenid volfrámu. Tento halogenid vplyvom rozloženia teplotného poľa prestupuje do blízkosti vlákna, kde sa vplyvom vyššej teploty opäť rozpadá na halogén a volfrám, ktorý sa potom usadzuje späť na vlákno. Halogénové žiarovky, na rozdiel od obyčajných žiaroviek, majú priemernú životnosť 4000 – 5000 h, bez usadzovania volfrámu na vnútornom povrchu banky a tým bez poklesu svetelného toku po dobu životnosti. Umožňujú vlákno žhaviť na vyššiu teplotu. Vzhľadom na to, že so zvyšovaním teploty rastie svetelný tok, je týmto dosiahnutá efektívnejšia premena elektrickej energie na viditeľné svetlo. Spektrum halogénové žiarovky obsahuje viac kratších vlnových dĺžok a svetlo sa tak javí viac biele. Teplota chromatickosti neprežhavenej halogénovej žiarovky sa pohybuje v rozmedzí hodnôt 2900 až 3100 K, pri špeciálnych prežhavených typoch, avšak za cenu veľmi krátkej životnosti (len okolo 15 h), až 3400 K. Bežná žiarovka má teplotu chromatickosti len okolo 2500 K pri strednej dobe života, ako už bolo povedané v úvode, 1000 h. Halogénové žiarovky majú proti žiarovkám obyčajným aj drobné nevýhody. Sú nimi predovšetkým emisie žiarenia v UV oblasti, nutnosť opatrnej manipulácie bez dotyku skla žiarovky rúk a mierne vyššie cena. [6] [10] [11]



Obr. č. 5 Príklady halogénových žiaroviek [11]

### 1.2.2 Výbojové svetelné zdroje

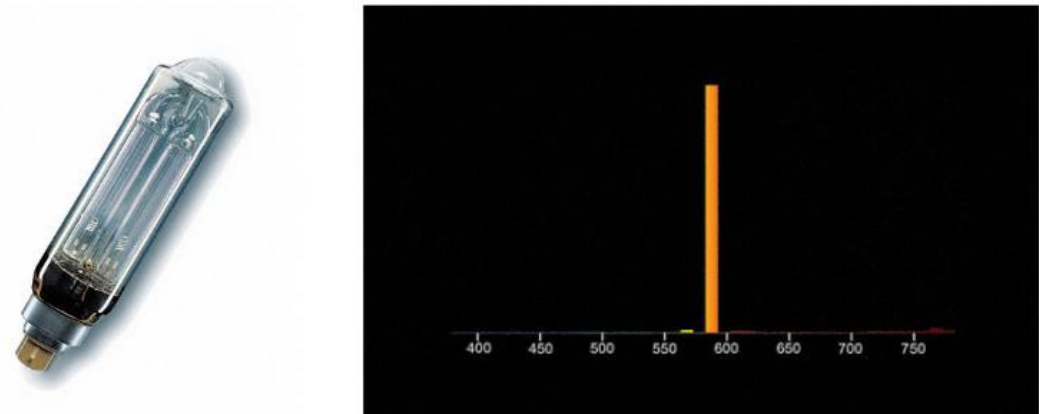
Tieto svetelné zdroje pracujú na princípe, že elektrický prúd prechádza prostredím, kde sú isté pary a plyny. Stretnutím elektrického prúdu s týmito plynmi dochádza k výboju. Najčastejšie sú to plyny a pary sodíka, ortuti a halogenidov. Pri všeobecnom osvetlení sa výbojové zdroje delia na:

- **Nízkotlakové výbojové zdroje** - medzi tieto zdroje patria predovšetkým žiarivky, ďalej sú zastúpené kompaktnými žiarivkami, nízkotlakovými sodíkovými výbojkami a indukčnými výbojkami. [6]
  - a) **Žiarivky** - jedná sa o ortuťové výbojky, kde je svetlo vyžarované vrstvou alebo vrstvami luminoforu v kontakte s ultrafialovým žiarením. Obsahujú nielen ortuť, ale aj vzácne plyny, napr. neón, argón. Je možné dosiahnuť rôzne farebné odtiene svetla, podľa toho aký typ luminoforu sa použije napr. ružové, teplé biele, biele, denné, chladné biele. Vyrábajú sa v niekoľkých tvarových variantoch. Najčastejšie sú lineárne alebo trubicové, ďalej sa trubica môže rôzne tvarovať do kruhu či písmena U alebo W. [6] [8]
  - b) **Kompaktné žiarivky** - princíp vzniku svetla pri kompaktných žiarivkách je rovnaký ako pri žiarivkách. Opäť sa jedná o vrstvu luminoforu, ktorá pri styku s ultrafialovým žiarením vydáva svetlo. Odlišnosť kompaktných žiariviek je v ich konštrukcii. [6]
  - c) **Nízkotlakové sodíkové výbojky** - sú to svetelné zdroje, kde svetlo vzniká výbojom v sodíkových parách pri tlaku 0,1 až 1,5 Pa. Patrí medzi najviac účinné svetelné zdroje vyrábané sériovým spôsobom. Pri vývoji konštrukcie sa riešila veľká chemická aktivita čistého sodíka voči druhom bežne používaných materiálov svetelných zdrojov. Horák je vyrobený zo zvláštne upraveného vápenatého skla zvnútra pokrytého boritým sklom, ktoré je odolné proti pôsobeniu sodíka za vysokej teploty. Medzi ich klady patrí veľký merný výkon, dlhá životnosť, nízka jasnosť povrchu, zápal aj pri teplotách pod bodom mrazu atď. [6]
  - d) **Indukčné výbojky** - tu sa jedná o úplne nové odvetvie svetelných zdrojov. Prvýkrát sa objavili v Japonsku v 80. rokoch, na trh sa však dostali až v roku 1991. Výboj je spôsobený vonkajším vysokofrekvenčným poľom. Výboj je uskutočňovaný v priestore, kde nie je elektróda, čo je charakteristickým, zvláštnym znakom indukčných výbojok. Komplikácia je obstaranie vhodného

napájacieho zdroja, jeho parametre (cena, spoľahlivosť, životnosť, technická stránka) sa podieľajú na jeho neľahkom zavedení do praxe. Medzi plusy patrí bezodkladný štart, veľmi dlhá životnosť, konštantnosť svetelného toku, atď. [6] [8]



Obr. č. 6 Príklady kompaktných žiariviek [6]



Obr. č. 7 Príklad nízkotlakovej sodíkovej výbojky [6]



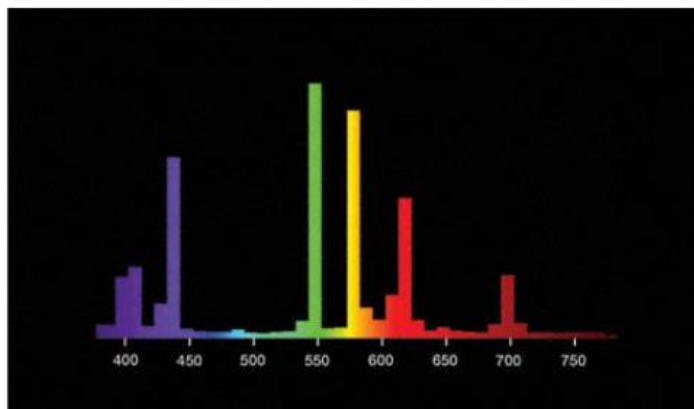
Obr. č. 8 Príklady indukčných výbojok [6]

- **Vysokotlakové výbojové zdroje** - líšia sa od nízkotlakových výbojových zdrojov iným mechanizmom zrodu svetla. Princíp je navyšovanie tlaku v ortuťových parách

a navýšenie prúdovej hustoty. Energia, týmto spôsobom vyžarovaná, dosahuje vyšších vlnových dĺžok a vyššieho merného výkonu. Vznikne spojité spektrum. Vysokotlakové výbojové zdroje sú reprezentované:

- a) vysokotlakovými ortuťovými výbojkami,
- b) zmesovými výbojkami,
- c) halogenidovými výbojkami,
- d) vysokotlakovými sodíkovými výbojkami. [6] [8]

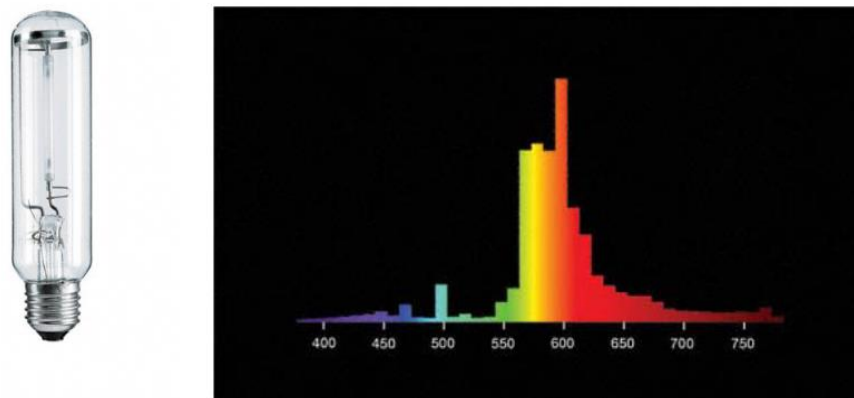
Tieto zdroje svetla, hoci majú veľký merný výkon, sa neodporúčajú na všeobecné osvetľovanie, pretože v ich spektre chýba červená zložka svetla. Farby predmetov a ľudskej pokožky potom pôsobia úplne nedôveryhodne a nereálne. Pomôcť sa tomu dá kombináciou s iným svetelným zdrojom či premeniť ultrafialové žiarenie náležitým luminoforiem a získať tým červené spektrum atď. [6] [12]



Obr. č. 9 Príklad vysokotlakovej ortuťovej výbojky [6]



Obr. č. 10 Zmesová výbojky (vľavo) a halogenidová výbojka (vpravo) [6]



Obr. č. 11 Príklad vysokotlakovej sodíkovej výbojky [6]

### 1.2.3 Elektroluminiscenčné svetelné zdroje

Elektroluminiscenčným svetelným zdrojom vládnu LED svetelné diódy (Light Emitting Diode), elektroluminiscenčné panely a laserové diódy. U laserových a svetelných diód (čo sú polovodičové súčiastky) je elektrický prúd prepúšťaný výlučne jedným smerom tzv. prechod PN, ktorý je základom pre polovodičové súčiastky. Pri elektroluminiscenčných paneloch je svetlo vytvárané elektrickým poľom v pevnej hmote. Prvé využiteľné diódy sa v praxi objavili už v 70. rokoch 20. storočia. Najväčšieho rozvoja a využitia sa však

dočkali až v posledných približne pätnástich rokoch. Dnes sú vďaka svojim vlastnostiam najpoužívanejším a najvyhľadávanejším zdrojom svetla na trhu. Zaujímavosťou je, že boli vynájdené už v 20. rokoch 20. storočia, ale ešte neboli na takej úrovni, aby boli uplatniteľné v praxi. V dnešnej dobe diódy LED zaznamenávajú veľký technologický posun, stále dochádza k zlepšeniu jej vlastností, využívaniu nových materiálov a rozširovaniu sortimentu. Takmer každá firma zaoberajúca sa svietidlami či svetelnými zdrojmi, ponúka LED svetelné diódy. Jedna z predností LED je, že sú zdrojom monochromatického žiarenia rovnako ako laser. Je to žiarenie, ktoré má iba úzke pásmo vlnových dĺžok na rozdiel od žiaroviek. [6] [10] [12] [13]

Princíp fungovania LED svetelnej diódy je založený na polovodičoch, ktoré utvárajú buď nadbytok elektrónov (typ N), alebo nedostatok, čo znamená prebytok dier (typ P). Tieto polovodiče sa v jednom mieste stretávajú a tým vznikne prechod PN. Keď sa k prechodu umiestni jednosmerné napätie, začnú sa k sebe elektróny a diery približovať. Tým začne rekombinácia, čo znamená, že z každého páru elektrónu a diery sa začne uvoľňovať isté množstvo energie, ktoré môže ísť von mimo kryštál. Elektrická energia je tak transformovaná priamo na určité farebné svetlo. [6] [12]

Zo začiatku bola prvá farba svetla diódy červená, ďalej potom nasledovala farba zelená, po nej oranžová a žltá. Ako poslednú sa podarilo objaviť farbu modrú. [6] [10] [12]

Objavom modrej farby dalo po prvýkrát možnosť vytvoriť diódy s bielym svetlom. Biele svetlo je zložené svetlo, ktoré nemá jednu vlnovú dĺžku, nedá sa teda priamo vyrobiť. Vyvinutie bielej farby svetla sa stalo zlomové pre svetelné diódy LED. Týmto okamihom sa diódy rozšírili do mnohých odvetví uplatnenia, predovšetkým do všeobecného osvetlenia. Biele svetlo sa dá vytvoriť tromi spôsobmi. V prvom sa dá biele svetlo získať zmiešaním červeného, zeleného a modrého svetla LED diódy tým vznikne RGB LED. V druhom spôsobe sa dá použiť modré LED s luminoforom. Posledným spôsobom je použitie UV LED s luminoforom. [6] [10] [12]

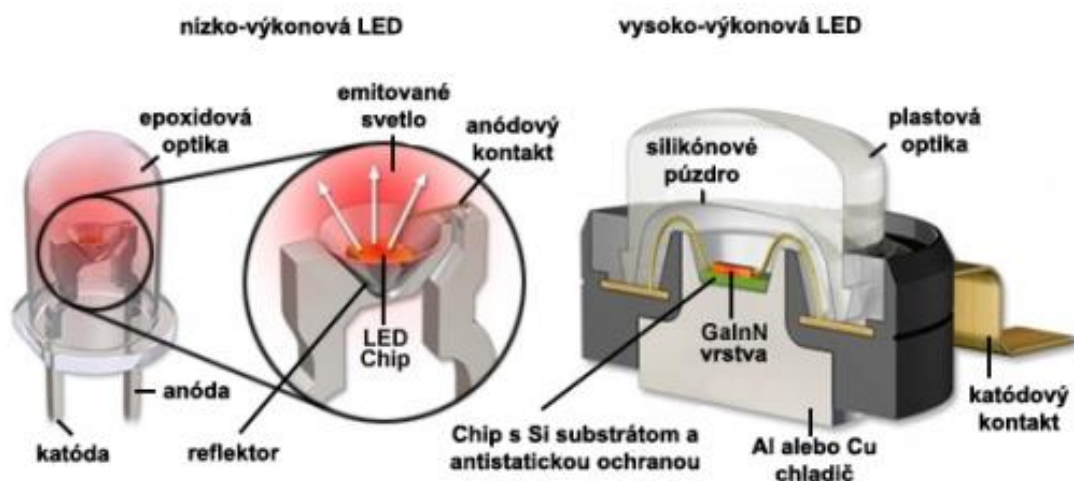
Prvé čipy LED svetelných zdrojov mali značne malé rozmery, približne 0,05 mm<sup>2</sup> a mali aj malý prúd v jednotkách miliampérov. Postupným vývojom sa však čipy začali zväčšovať a s tým rástol aj prúd a svetelný tok. Vývojom sa dosiahla dióda o prúde jednotiek ampérov s príkonom až 10 W a svetelný tok sa tak priblížil k hodnote 1000 lm. Dnešný sortiment je možné roztriediť do troch skupín:

- **diódy s malým výkonom a prúdom 1 - 2 mA,**
- **bežné diódy s väčším prúdom ako 20 mA,**
- **špeciálne s väčším prúdom ako 350 mA.** [6] [12]

Samostatné LED sa dnes už veľmi nevyužívajú, spravidla sa zoskupujú do väčších celkov, možno ich dostať v najrôznejších variantoch. Technológia umožnila výrobcovi združiť svetelné diódy do takých celkov, aby bolo možné LED svetelné diódy použiť aj u starších typov svietidiel a nahradiť tak žiarovky, halogénové žiarovky, žiarivky atď. Vznikol tak LED zdroj zachovávajúci rozmery bežných svetelných zdrojov. [6]

Ďalším zdokonalením bolo výroba celých súprav zložených z LED modulov. Tieto komplety sú už pripravené pre používateľov tak, že si môže sám zložiť svoj svetelný zdroj alebo celé svietidlo podľa seba. Z každého sa tak môže stať designer. [6]

Rýchly rozvoj a pokusy s LED svetelnými zdrojmi v Európe spôsobila legislatíva EÚ, ktorá nariaďuje zastaviť výrobu klasických žiaroviek a ich stiahnutie z predaja. Stalo sa tomu tak nielen z hľadiska požiadavky na zredukovanie spotreby energie, ale aj pre zlepšenie životného prostredia a ekológie. Prechodom k LED svetelným zdrojom dochádza na menšiu spotrebu uhlia a na zníženie prachových častíc v ovzduší. Tiež zníženie emisií  $\text{SO}_2$  a  $\text{CO}_2$ . Naozaj znateľne sa tak zníži spotreba elektriny. Toto rozhodnutie má veľký vplyv, ako na spotrebiteľov, tak aj na architektov a dizajnérov, ktorí stoja pred obrovským krokom a pokrokom, ktorý by mali čo najviac využiť pre svoj prospech. [14]



Obr. č. 12 Príklad konštrukcie nízko-výkonovej a vysoko-výkonovej LED [12]





Obr. č. 13 Příklady LED žárovek [12]

## 2 SVIETIDLÁ

Na ich popis sa využíva pomerne rozsiahly súbor parametrov. Základom sú svetelne technické parametre, ktoré sme si zhrnuli v prechádzajúcich kapitolách. Tieto základné svetelne technické parametre sa používajú na základný účel, a to meranie osvetľovania. Mimo tieto parametre je potrebné pri použití svietidiel zohľadniť prostredie, v ktorom sa svietidlá používajú. Musíme zohľadniť elektrické a prevádzkovo technické vlastnosti. V dnešnej dobe hrá dôležitý parameter tiež energetická náročnosť osvetľovacej sústavy, teda použitých svietidiel v sústave. Mnohokrát je dôležitý aj vzhľad svietidla. [6]

V nasledujúcich podkapitolách sa bližšie zameriame na triedenie svietidiel a na základné časti svietidiel.

### 2.1 Triedenie svietidiel

Každé svietidlo má odlišný účel použitia, preto sa rozdeľujú do určitých skupín. Triedenie do týchto skupín uľahčuje zákazníkovi orientáciu na trhu a výrobcovi popis výrobkov. Klasifikáciu svietidiel tiež využívajú architekti, projektanti či dizajnéri pri svojich návrhoch budov a interiérov, kedy každá skupina je vhodná pre určitý typ budovy. Správny výber svietidla do interiéru podporí činnosť, ktorú tu osoba chce vykonávať, zaistí, že aktivita je vykonávaná v optimálne osvetlenom prostredí, kde zrak chýba. Svietidlo sa môže zvoliť podľa rôznych charakteristík, napríklad druh svetelného zdroja, montáž, účel, alebo technických parametrov. Škála svietidiel je naozaj veľmi široká a mnoho typov svietidiel je vhodných na rovnaký účel, preto je zložité urobiť prehľadné rozdelenie. Dnešné trh ponúka extrémne množstvo typov svietidiel, jedná sa až o desiatky tisíc aspoň trochu odlišných svietidiel napr. materiálom, životnosťou, optickým efektom, spracovaním, cenou, a pod. Je to hlavne dané skutočnosťou, že na trh sa dostáva mnoho firiem zo zahraničia. V skorších rokoch to bolo na našom území iné, v obchodoch sa škála ponúkaných svietidiel pohybovala okolo päťsto rôznych druhov svietidiel. Bolo tak jednoduché poradiť a určiť vhodný výber svietidla. [6] [15]

Rozčleňovanie svietidiel do skupín je skutočne rozmanité. Jedno zo základných rozdelení je podľa účelu použitia na:

- **svietidlá technické,**
- **svietidlá dekoračné,**

- **svietidlá orientačné a signalizačné.** [6]

Tieto skupiny sú medzi sebou vzájomne porovnávané a hodnotené a to na základe technických parametrov, ale hlavne účelu použitia. Hranicu medzi jednotlivými skupinami však nemožno jednoznačne určiť. Pretože aj technické svietidlo môže zároveň plniť funkciu dekoračnú a naopak. [6]

Ďalšími skupinami, do ktorých je možné svietidlá rozdeľovať, je napr. členenie podľa svetelno-technického hľadiska, kde sa svietidlá delia podľa rozprestretia svetelného toku. Ďalej, kde je svietidlo umiestnené či upevnené, na stolné, stojanové, nástenné, stropné, závesné, apod. Tiež podľa úžitkového svetelného zdroja a cenových skupín. [15]

### 2.1.1 Technické svietidlá

Technickými svietidlami sú myslené svietidlá, ktoré musia priestor, pracovnú plochu, alebo predmety osvetliť na nejakú požadovanú úroveň, aby bola zaistená dobrá viditeľnosť a nedochádzalo k poškodzovaniu zraku. Umiestňujú sa v priestoroch, kde používame zrak na vykonávanie určitej práce, tzv. zrakovým úlohám. Jedná sa tu najčastejšie o pracovné pôsobisko, či už je to veľká hala, pracovný stôl, alebo exteriér. Ďalej sa používajú často vo verejných priestoroch, napríklad školy, knižnice, galérie, múzeá, nemocnice a pod. Všade tam, kde je potrebné mať kvalitne osvetlený priestor a predmety, ktoré chceme pozorovať. Technické svietidlá sú pre tieto potreby špeciálne konštrukčne, elektricky a opticky navrhnuté. Ďalej sa delí podľa prevádzkového režimu, a to na svietidlá pre normálnu prevádzku a núdzovú prevádzku. [6] [16]

Detailnejšie rozdelenie technických svietidiel, ako pre vnútorné a vonkajšie priestory sa delí do troch skupín:

- **Svietidlá pre všeobecné osvetľovanie** - svietidlá na všeobecné osvetľovanie majú hlavnú funkciu osvetliť celý priestor. Delia sa na: priame svietidlá, prevažne priame svietidlá, zmiešané svietidlá, prevažne nepriame svietidlá a nepriame svietidlá.
- **Uličné svietidlá** - u uličných svietidiel hrá hlavnú rolu osvetľovaná plocha ulice, ktorá musí mať presne vymedzenú veľkosť. Preto u týchto svietidiel záleží hlavne na rozmeroch fotometrickej plochy svietidla, na rozmedzí medzi jednotlivými svietidlami a tiež na výške, v ktorej je umiestnený zdroj svetla.
- **Svietidlá pre smerové osvetľovanie** - svietidlá pre smerové osvetlenie majú osvetliť len určitú časť priestoru alebo určité veci v priestore. Delia sa na dve

skupiny, a to na svietidlá smerovateľné a svietidlá smerové pevné. Do prvej skupiny patria predovšetkým svetlomety, ktoré najčastejšie osvetľujú vonkajšie plochy, budovy a predmety. Používajú sa aj vo vnútorných priestoroch, najmä vo veľkých halách a priemyselných či obchodných budovách. U druhej skupiny smerových pevných svietidiel je, vďaka optickému systému zaistené presne požadované rozloženie svetla. [6] [17] [18] [19]

### 2.1.2 Dekoračné svietidlá

U dekoračných svietidiel sa jedná skôr o ich umelecké pôsobenie v priestore, ich hlavnou úlohou je výtvarne doladiť a podčiarknuť miestnosť, v ktorej sa nachádzajú. Primárnou úlohou teda nie je to, aby dekoračné svietidlá dostatočne osvetlili priestor, ale záleží na tom, ako vyzerajú na zvolenom dizajne a na tom, ako pôsobia v súlade s interiérom. Mali by navodiť príjemnú atmosféru, pokojné a príjemné prostredie, aby sa človek cítil čo najlepšie. Môžu nás zaujať nielen svojím vzhľadom, ale aj tým ako vyžarujú a prepúšťajú svetlo a spôsobom nasvietenia interiéru, teda využitia svetelných efektov. Dekoračné svietidlá ďalej delíme do dvoch skupín podľa svetelného účinku na:

- **dekoračné svietidlá, ktoré sú svetelným objektom,**
- **dekoračné svietidlá, ktoré vytvárajú svetelný efekt.** [6]

U dekoračných svietidiel, čo sú svetelným objektom, je nenahraditeľné, aby dizajn svietidla pôsobil skvele, ako v zapnutom, tak aj vo vypnutom stave. Dotváral celkový kladný dojem z priestoru a ladil s ním. U dekoračných svietidiel, čo vytvárajú svetelný efekt, majú vo vypnutom stave väčšinou nekomplikovaný, prostý tvar, ktorý je v súlade s interiérom a nijako ho nenarušuje, ani v ňom nevyniká. V zapnutom stave svietidlo využíva ako vlastné plochy k odrazom svetla, tak využíva k svetelnému efektu aj okolitý priestor. [6]

### 2.1.3 Orientačné a signalizačné svietidlá

Základnou funkciou orientačných svietidiel je pomáhať orientovať sa v priestore a zabezpečiť bezpečný pohyb ľudí i vecí (napr. dopravné prostriedky), a to ako v normálnych tak aj krízových situáciách. Sú umiestňované tam, kde majú byť nápomocné nájsť správny smer, cestu, či únikové trasy, alebo varovať pred prekážkou. Primárnou úlohou signalizačných svietidiel je dať vizuálny signál, sú určené ako pre normálnu, tak aj

nevšednú situáciu. Upozorňujú na seba umiestnením, farebnosťou, tvarovým riešením, môžu na sebe mať však aj rôzne symboly a číslice. Používajú sa napríklad pri dopravnej signalizácii a v letiskovej doprave. [6]

## 2.2 Základné časti svietidiel

Usmernenie svetelného toku, svetelný zdroj a jeho pripojenie k prúdu elektrickej energie, upevnenie svietidla a jeho bezpečnosť, odolnosť v rámci prevádzkových podmienok, účinnosť či vzhľad – všetky tieto menované a mnoho ďalších parametrov patria k základným posudzovacím kritériám použitia svetelných zdrojov v praxi. Z tohto dôvodu je nutné, aby každému svietidlu patrili svetelne činné, elektrické a konštrukčné časti, ktorých podrobnejšiemu zoznamu sa venuje nasledujúca kapitola.

### 2.2.1 Svetelne činné časti svietidiel

Svetelne činné časti svietidiel zaisťujú ich primárne funkcie, ktoré umožňujú osvetľovanie priestoru či predmetu. Umožňujú rozloženie svetelného toku a udávajú fotometrické parametre svetelných zdrojov. Vďaka nim môžeme cielene usmerniť či naopak rozptýliť svetelný tok, vytvárať clonu, obmedziť oslnenie či upraviť spektrá zloženia optického žiarenia. Príklady svetelne činných častí svietidiel:

- **Reflektory** - reflektory menia priestorové rozloženie svetelného toku zdrojov pomocou odrazu svetla. Podľa neho rozlišujeme reflektory zrkadlové, matované a difúzne. Svetlo je odrážané do požadovaného smeru svietenia. Na výrobu sa používa najčastejšie čistý hliník a dosahuje až 95% odraznosti svetla.
  - a) **Matované reflektory** - aplikujú sa tam, kde je potrebná normálna presnosť svetelného toku a kde musí byť zaistená hladká krivka svietivosti. Môžu mať tvar kruhu, paraboly alebo elipsy. Zjemňujú a vyhladzujú nepresnosť pri rozložení svetla, ktorá môže nastať pri výrobe zrkadlových reflektorov.
  - b) **Zrkadlové reflektory** - využívajú sa pri svietidlách, kde je potrebný presný tvar krivky svietivosti (svetlomety, pouličné osvetlenie). Ich konštrukcia je prispôbená tak, aby dochádzalo iba k jednému odrazu lúčov na odrazovej ploche. Sprostredkovávajú rozličné rozloženie svietivosti. V skoršej dobe sa na výrobu reflektorov využívali postriebrené skla, to však nemalo ideálne

vlastnosti. Reflektor bol ťažký a krehký, preto sa začal používať hliníkový plech (dnes najpoužívanejší), ktorý zaisťuje pevnosť a nízku hmotnosť. Spomínané vlastnosti garantujú požiadavky kladené na reflektory, čo sú stabilita a optická presnosť. Ďalším používaným materiálom na výrobu reflektorov je plast, ten sa však neuplatňuje tak často, pretože je limitovaný teplotou, jeho plusom je však nízka cena.

- **Difúzne reflektory** - u týchto reflektorov sa využíva difúzny odraz. Dopadajúce svetlo z akéhokoľvek uhla sa rovnomerne rozmieša do každého smeru, pretože jas povrchového materiálu reflektora je v každom smere rovnaký. Difúzne reflektory nie sú schopné vytvoriť presný svetelný zväzok lúčov, preto sa uplatňujú najmä tam, kde sa chce doceliť pravidelne rozptýleného osvetlenia. Na ich výrobu sa používajú kovy opatrené matovaným náterom, alebo kovy, ktoré majú matovaný povrch. [6] [16] [17]
- **Difúzory** - na zmeny priestorového rozloženia svetelného toku zdroja pomocou rozptylu prechádzajúceho svetla sa využívajú transparentné materiály nazývané difúzormi. K ich výrobe sa používa opáľové sklo či priesvitné plasty (polystyrén, akrylát). Oba materiály sa vyznačujú vysokým stupňom rozptylu svetla pri minimálnom pohltení. Difúzory upravujú tvar fotometrickej plochy svietivosti a znižujú jas svietidiel. Využíva sa difúzia alebo rozptylu svetla a tieto konštrukčné diely vytvárajú ilúziu plošného zdroja svetla. [6] [18]
- **Šošovky a refraktory** - refraktory a šošovky menia priestorové rozloženie svetelného toku pomocou javu refrakcia alebo lomu svetla. Refraktor má vysokú hodnotu činiteľa prestupu (uvádza sa až 85 %) a veľké možnosti úpravy výslednej krivky svietivosti zdroja. Lom svetla vzniká na rozhraní vzduchu a plastu. Materiálom na výrobu býva najčastejšie polymetalakrylát a jeho možnosťou je využívanie predovšetkým pri žiarivkových svietidlách. [6] [16] [17]
- **Holografické optické prvky** - ide o najnovšie optické prvky, od ktorých sa očakáva značné využitie v praxi. Sú to svetlo prepúšťajúce materiály s mikroskopickým reliéfnym povrchom. Princípom je aj zmena smeru lúčov svetelného toku, to sa však vykonáva ohýbaním pri prechádzaní reliéfnou štruktúrou. Štruktúra sa získava laserom, kedy rôznym nastavením získa všemožné tvary. [6]

- **Svetlovody** - svetlovody sú optické zariadenia používané na prívod svetla od zdroja do určeného miesta. Existujú dva typy - plné a duté. Duté svetlovody vyžarujú svetlo na konci a používajú sa na vedenie denného svetla do málo osvetlených priestorov. Svetlovody plné fungujú na tzv. úplnom vnútornom odraze. Jedná sa o doskové svetlovody či optické káble. [6]
- **Tienidlá a kryty** - clony a tienidlá majú za úlohu brániť priamemu kontaktu so svetelným zdrojom či zamedziť oslneniu. Na výrobu sa používajú materiály nepriesvitné či rozptylné. Pokiaľ nie je potrebná clona priamo súčasťou konštrukcie svietidla, môžu byť použité prídavné cloniace prvky (mriežky, nástavce a iné). Mieru clonenia udáva tzv. uhol clonenia nachádzajúci sa medzi horizontálnou rovinou a najväčším uhlom pohľadu, keď svetelné zdroje ešte nie sú viditeľné. Pri jednotlivých typoch zdrojov je tento uhol odlišný. Medzi najpoužívanejšie cloniace prvky spadajú lamelové clony rôznych tvarov. Niektoré iba clonia samotný svetelný zdroj, iné zároveň usmerňujú svetelný tok. Prídavné clony sú najčastejšie vyrobené z hliníkového alebo oceľového plechu alebo plastu. [6]
- **Filtre** - na zmenu spektrálneho zloženia slúžia filtre. Tie fungujú na absorpcii, ktorá je založená na priepustnosti a pohltení spektra a interferencii, pri ktorej filter časť svetla prepustí a zvyšné percento odrazí. Filtre ďalej rozlišujeme podľa ich použitia na farebné, konverzné a ochranné. Farebné filtre časť svetla prepustia a časť je odfiltrovaná. Konverzné filtre sa využívajú za účelom navýšenia či zníženia teploty chromatickosti. Filtre ochranné majú schopnosť odfiltrovať susedné časti viditeľného svetla (ultrafialové a infračervené žiarenie obsiahnuté v žiarení mnohých zdrojov svetla). [6]



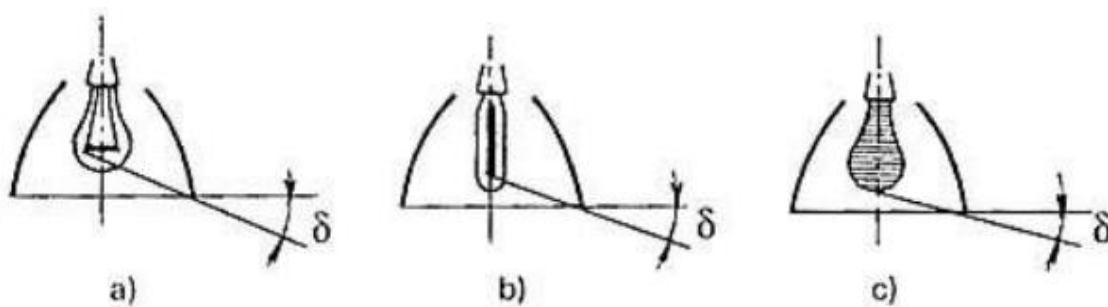
Obr. č. 14 Reflektory [17]



Obr. č. 15 Příklad typu refraktora [17]



Obr. č. 16 Rohový opálový difúzor pre rohový profil [18]



Obr. č. 17 Uhol clonenia pre svietidlá s rôznymi svetelnými zdrojmi [6]

Uhol clonenia u svietidla:

- a) žiarovkového, b) s výbojkou s čírou bankou, c) s výbojkou opatrenou luminosfórom alebo s opálovou žiarovkou



### 2.2.2 Elektrické časti svietidiel

Svietidlo musí byť v prvom rade bezpečné, nesmie spôsobiť ohrozenie človeka elektrickým prúdom. Je nutné, aby bola zaistená elektrická bezpečnosť, čomu je u svietidiel prispôsobené interné elektrické zapojenie. Základom je zvolenie správneho vodiča, ktoré sú buď pevné, alebo ohybné. Ďalej potom navolenie vhodného prierezu, tvaru a izolácia vodiča. Oveľa lepšie vlastnosti má pevný vodič, má väčšiu pevnosť, lepšie tvarovateľnosť, ľahšie odizolovanie a nepotrebuje toľko príchytiek ako ohybný vodič. Nevýhodou však je, že sa nedajú použiť pri svietidlách vystavených vibráciami, tu sa uplatnia ohybné vodiče. Ďalšie typy svietidiel, kde sa používajú ohybné vodiče, sú napr. smerovateľné svietidlá. Prierez vodiča sa odvíja od rozmeru bežného prevádzkového prúdu a teploty v svietidle. Izolácia musí spĺňať zodpovedajúcu tepelnú odolnosť. [6] [17]

Každé svietidlo potrebuje napájací zdroj, aby mohlo svietiť. Pripojenie do napätia musí spĺňať rýchlosť, jednoduchosť a bezpečnosť. Vo vnútri svietidla máme tzv. svorkovnicu, ktorá sprostredkováva pripojenie, jedná sa o najpoužívanejší typ. Ďalším typom pripojenia sú prípojnice. Ich konštrukcia sa skladá z mechanických dielov a elektrického vedenia. Každé svietidlo nemusí mať svoj vlastný prívod. Napájací kábel umožňuje prepájať viac svietidiel zároveň. [6]

Objímky sú mechanizmy určené na to, aby upevnili svetelný zdroj a tiež na jeho elektrické pripojenie. Delia sa na plastové a keramické. Existuje ich nespočetné kvantum podľa typu svetelného zdroja. [6] [16]

### 2.2.3 Konštrukčné časti svietidiel

Už návrh konštrukcie svietidiel by sa mal prispôbiť podmienkam bežného používania, tak aby výsledný produkt odolal manipulácii pri skladovaní, transporte či inštalácii. Odolnosť svietidiel je daná materiálou skladbou a kvalitou konštrukcie. Každý svetelný zdroj by mal konštrukčne zodpovedať svojim požiadavkám na použitie. Zvýšenie pevnosti je možné dosiahnuť použitím výstuh, výstužných rebier alebo prelisovaním plechových častí. Pre nosné konštrukcie sú bežne využívané materiály ako oceľ, hliník a plast. Oceľový plech vidíme napr. pri výrobe žiarivkových interiérových zdrojov. Hliník a jeho zliatiny slúžia napr. na výrobu zložitých tvarov (svetlometov), smerových či podhl'adových svietidiel. Okrem vyššie spomínaných materiálov je veľké množstvo plastových, drevených, keramických či sklenených produktov. Ochranné konštrukcie chránia svietidlo

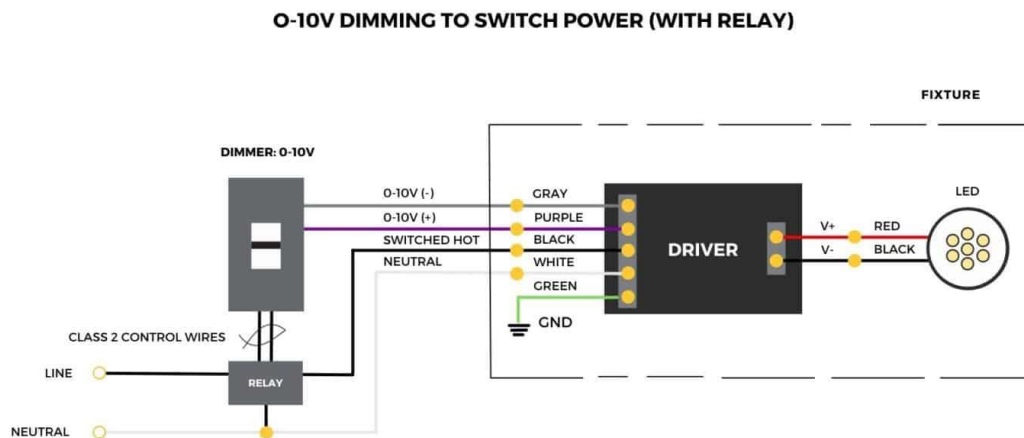
pred vniknutím vody, prachu a ďalších drobných častí a súčasne zaisťujú bezpečnú prevádzku. Tvarovo môžu byť plné či rastrované. Najčastejšie používaným materiálom je sklo a plast. [6] [16] [17]

## 2.3 Spôsoby ovládania svietidiel

Spôsoby ovládania svietidiel môžeme rozdeliť do dvoch skupín: digitálne a manuálne-analógové.

### 2.3.1 Analógové ovládanie

**0-10 V:** tlmenie riadi intenzitu svetla nastavením DC napätia, ktoré sa dodáva svietidlám, na hodnotu v rozmedzí od 0 V do 10 V. Výhodou je, že systém osvetlenia je jednoduchý na pochopenie a je vhodný na ovládanie LED svietiel. 100 % svetelný výstup je pri 10 V a 0 % pri 0 V. [34]



Obr. č. 18 0- 10 V prepnutie napájania (s relé) [34]

**1-10 V:** tlmenie riadi intenzitu svetla nastavením DC napätia, ktoré sa dodáva svietidlám, na hodnotu v rozmedzí od 1 V do 10 V. Výhodou je, že systém je tiež jednoduchý na pochopenie a je vhodný na ovládanie LED svietiel. 100 % svetelný výstup je pri 10 V a 0 % pri 1 V. [34]

**PWM (Modulácia pulzovej šírky):** používa sa na ovládanie výstupného napätia konvertoru modulovaním pulzovej šírky výstupnej vlny. Výhodou je účinnosť do 90 %, nízke zahrievanie pri práci, nízka spotreba energie, ľahké oddelenie signálu a nižšia hluková interferencia. Ďalšími výhodami je menšia spotreba kvalitného filtra, schopnosť odolať vysokému výkonu a jednoznačné zníženie celkového harmonického rušenia zaťažovacieho prúdu. Nevyžaduje sa synchronizácia medzi vysielateľom a prijímačom. PWM rýchlosť je 50-90 Hz. [34]

**TRIAC (Triode AC prepínač):** je najčastejším polovodičovým zariadením na prepínanie a ovládanie výkonu AC systémov. Výhodou je možnosť používať s 230 V a je možné aktivovať pozitívnu alebo negatívnu polaritu gate pulzov. Na ochranu si vyžaduje len jednu poistku a len jeden mierne väčší tepelný rezervoár. Nízka účinnosť môže viesť k preblikávaniu, pokiaľ sa zapne s inými elektronickými zariadeniami. [34]

### 2.3.2 Digitálne ovládanie

**DALI (Digitálne adresovateľné svetelné rozhranie):** je digitálny sériový ovládací protokol pre osvetlenie budov. Funguje za pomoci 2- drôtovej komunikačnej zbernice. Centrum príkazov zbernice DALI poskytuje zariadenie na ovládanie, konfiguráciu a riešenie problémov s produktom. Výhodou je väčšia úspora energie, jednoduché rozhranie pre ovládanie a systémy správy budov. Ďalšími výhodami je možnosť konfigurácie a rekonfigurácie meniacich sa scenárov a ovládanie individuálnych svetiel a dynamické vytvorenie obvodov. Potrebný je len jeden pár riadiacich vodičov, dokonca aj v systémoch s viacerými kanálmi. Riadiaci vodič bez polarizácie znižuje riziko nesprávneho zapojenia. Je možné ho ovládať cez rozhranie skrz počítač a pripojiť k BMS systému (LonWorks, EIB) cez bránu. Systém musí byť pred uvedením do prevádzky naprogramovaný. [34]



Obr. č. 19 Svetelný ovládač DALI [34]

**DMX 512 (Digitálny multiplex):** je medzinárodné uznávaný protokol používaný na ovládanie svietidiel. Výhodou je ľahko obsluhovateľný protokol. Je vhodný na použitie vo veľkých svetelných inštaláciách a zostavách. Má viac kanálov ako analógový a je možné ho použiť na akejkolvek konzole. Za účelom nastavenia musí byť každé svietidlo fyzicky prístupné. [34]

**RDM (Diaľkové spravovanie zariadenia):** ponúka vylepšenie protokolu tým, že disponuje obojsmernou komunikáciou medzi ovládačmi svietidla a pripojenými zariadeniami kompatibilnými s RDM. Výhodou je prístup adresy ovládača pomocou 3-žilových káblov. RDM zariadenia dokážu konzole spätne odoslať informácie o stave chybách. RDM ponúka obojsmernú komunikáciu, ktorá poskytuje veľa výhod a je užitočná najmä pri nastavovaní adresy a iných funkcií. [34]

**Zigbee:** má flexibilnú štruktúru a veľmi dlhú životnosť batérie. Má zmiešanú sieťovú topológiu s nízkonákladovým vysielaním a je výkonovo efektívny. Je menej komplexný ako Bluetooth a ľahká inštalácia. Zigbee podporuje vysoký počet uzlov a ich krátka pracovná perióda má za následok úsporu energie pri komunikácii. [34]

**Bluetooth/ Wifi:** výhodou je tisíc uzlov na sieť a nevyžadujú sa žiadne drôty. Ďalšou výhodou je použitie štandardného smartfónu. [34]

### 3 DETEKCIA A DETEKTORY POHYBU

V bezpečnostnom priemysle sa detekcia pohybu radí do kategórie poplachových zabezpečovacích a tiesňových systémov - PZTS. Ide o spôsob, ako zaznamenať pohyb vo vytýčenej zóne. Detekciu pohybu je možné definovať ako zaznamenanie pohybu narušiteľa vo vnútri alebo v oblasti chránenej zóny, do ktorej mu nebol povolený prístup. Narušiteľom sa rozumie páchatel', ktorý sa do tejto oblasti snaží vniknúť za použitia násilia. Technológie zaisťujúce ochranu majetku sú záležitosťou súkromných bezpečnostných firiem, preto ho možno nazývať ako priemysel komerčnej bezpečnosti. [20]

Detektory pohybu je možné definovať ako elektronické zariadenia, ktoré reagujú na zmenu fyzikálnych javov, ktoré produkuje narušiteľ, ktorý sa pohybuje v chránenej zóne. Detektory danú zmenu zaregistrujú, vyhodnotia a potom odovzdávajú ďalej v podobe poplachovej informácie. Základným predpokladom pre detekciu je práve zaznamenanie pohybu narušiteľa. [21]

Detektory pohybu sa fyzicky skladajú z troch častí (nosná konštrukcia, senzor elektrických a neelektrických veličín, elektronické obvody detektoru (z funkčného hľadiska rozlišujeme štyri kroky procesu detekcie pohybu: snímanie fyzikálnej veličiny, spracovanie výstupného signálu senzoru, vyhodnotenie parametrov signálu, prenos signálu do ústredne). [20]

Senzory pohybu predstavujú zmyslové orgány elektroniky aj detektora a prinášajú informácie o technologickom prostredí. Pri detektore pohybu senzor prevádza vstupnú neelektrickú veličinu na výstupnú elektrickú veličinu prúdu alebo odporu. Vstupnou neelektrickou veličinou sa rozumejú príznaky, ktoré indikujú prítomnosť a pohyb narušiteľa v chránenej zóne. [22]

Cieľom funkcie elektrických obvodov detektora je dosiahnutie adekvátneho spracovania výstupného signálu zo senzora, ktorého cieľom je vygenerovanie výstupu v podobe poplachového signálu. Najprv je signál zo senzora zbavený šumu a zosilnený, následne je prevedená jeho komparácia s nastavenými hodnotami a následne je po splnení daných predpokladov generovaný poplachový signál. [22]

Inými typmi detektorov sú čidlá energeticky nezávislé, ktoré k svojej činnosti nepotrebujú zdroj energie. Tieto čidlá sa rozdeľujú na deštrukčné, ktoré sú určené iba na jednorazové použitie (poplachové fólie, tapety a sklá) a nedeštrukčné, pri vyhlásení poplachu a ich aktivácii dochádza k zvratným zmenám (kontakty, spínače). [20]

V technickej ochrane objektov existujú štyri oblasti ochrany hodnotené podľa funkčných požiadaviek. Ide o:

- **perimetrickú ochranu,**
- **plášťovú ochranu,**
- **priestorovú ochranu,**
- **predmetovú ochranu.** [20]

Detektory pohybu sú radené do oblastí perimetrickej a priestorovej ochrany. Perimetrická ochrana sa vzťahuje na ochranu celého okolia objektu. Tieto hranice môžu tvoriť prírodné či umelé prekážky ako ploty, kríky, stromy a pod. Úlohou detektorov je zaznamenať (detekovať) pohyb v rámci prekonávania daných prekážok narušiteľom. Priestorová ochrana zahŕňa ochranu majetku vo vnútri objektu. Detektory zachytávajú pohyb pôsobiaci v chránenom priestore, ktorý je vyhodnotený ako vysoko rizikový pohyb. [20]

Perimetrická ochrana sa zakladá na využívaní systémov ako stráženie plotu z plotového pletiva, infračervené závory, mikrovlnné bariéry, duálne bariéry a zemné detekčné káble:

- **Stráženie plotov z plotového pletiva** - je metódou, kedy sa na pletivo plotu pripevní špeciálny detekčný kábel, ktorý detekuje mechanické namáhanie a záchvevy plotu, na základe čoho sa spúšťa upozornenie (alarm, odoslanie informácie).
- **Infračervené závory** - vytvárajú pre ľudské oko neviditeľný lúč alebo rad lúčov nad sebou, pri prerušení ktorých dôjde k poplachu. Nevýhodou tu však je vysoký počet poplachov vzhľadom k prirodzeným faktorom, ako sú sneh alebo pohyb zvierat.
- **Mikrovlnné bariéry** - sú rovnako ako infračervené závory tvorené vysielačou a prijímačou časťou. Tvorí sa tu ucelené ochranné pole cigarového tvaru (tzv. Fresnelova zóna), ktoré zaručuje kvalitné stráženie chráneného priestoru. Systémy vyhlasujú poplach na základe nastavenej veľkosti predmetu, ktorý ho naruša, a možno teda odlíšiť sneh a zvieratá od osôb.
- **Duálne bariéry** - sú tvorené kombináciou infračervenej a mikrovlnnej bariéry, ktorá sa oproti ostatným typom môže pohybovať vo vyššej cenovej relácii. Systémy pracujú s časovými oknami. Keď sa narušiteľ blíži k stráženej zóne, naruší sa najskôr mikrovlnné pole a súčasne sa otvorí časové okno na dobu niekoľkých

minút, kedy sú vysielané infračervené lúče. Systém je vďaka tomu energeticky úspornejší a ak sú infračervené vlny prerušené, je generovaná informácia o poplachu.

- **Zemné detekčné káble** - radia sa medzi neviditeľné spôsoby detekcie pohybu na použitie v exteriéri, jedná sa však o finančne najnáročnejší systém perimetrickej ochrany. Detekčný kábel je umiestnený pod zemou a vytvára okolo seba široké detekčné pole a zaznamenáva jeho zmeny. [20]

V kategórii predmetovej ochrany je možné na detekciu pohybu využiť magnetické kontakty, PIR čidlá s charakteristikou záclony, mikrovlnné čidlá, optoelektrické reflexné čidlá a ďalšie podobné systémy. Využitie technológie sa odvíja od zabezpečeného objektu, predmetová ochrana sa prevažne vzťahuje na stráženie cenných predmetov ako umeleckých diel či šperkov a klenotov. Pohybová detekcia sa zakladá okrem iného aj na využití technológie seizmických čidiel. Seizmické čidlá detekujú pohyb na základe otrasov, konkrétne selektívneho spracovania vlnenia, ktoré sa šíria pevnými telesami pri mechanickom či termickom zásahu. Najnovšie čidlá dokážu aj elektronicky vyhodnotiť prijímané signály. V minulosti boli viac využívané tzv. čidlá kapacitné, ktoré však mali slabú stránku v náročnosti montáže. Medzi ďalšie typy detekčných čidiel predmetovej ochrany patria napríklad závesové a polohové čidlá. [20]

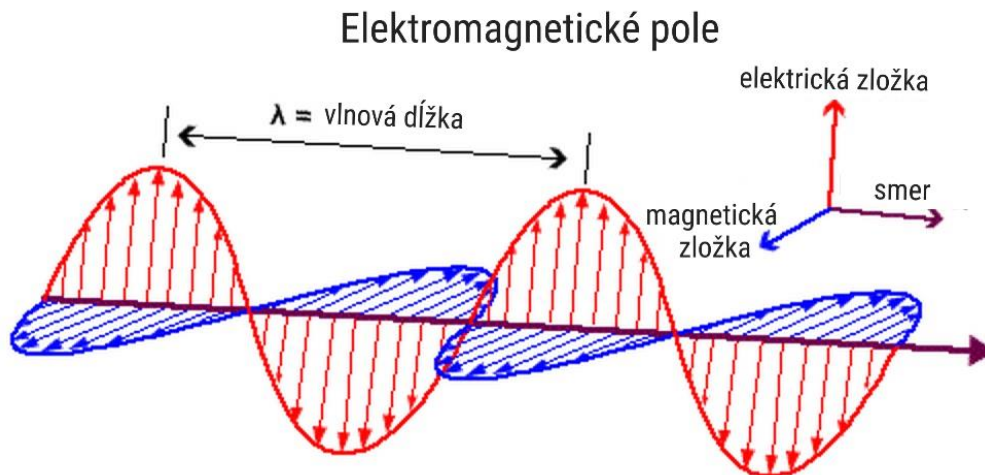
### 3.1 Princípy fungovania detekcie pohybu

Detektory pohybu využívajú fyzikálne metódy a princípy na detekovanie pohybov narušiteľa. Fyzikálna podstata väčšiny detektorov pohybu sa zakladá na využívaní energie žiarenia elektromagnetického poľa. Elektromagnetické pole je možné definovať ako pole, striedajúce pôsobenie elektrických a magnetických polí. Elektromagnetické žiarenie vychádza zo vzájomného pôsobenia elektrického poľa, kolmého na pôsobenie magnetického poľa. [23]

Detektory pohybu využívajúce pri detekovaní pohybu zmeny elektromagnetického poľa sa nazývajú elektromagnetické detektory. Ich senzory využívajú elektromagnetické žiarenie ako médium prenášajúce informáciu o pohybe narušiteľa, jedná sa spravidla o mikrovlnné, infračervené žiarenie a rádiové vlny. [24]

Špecifické metódy detekcie pohybu dokážu čiastočne využívať energiu elektromagnetického poľa, pričom sa zakladajú na úplne inom fyzikálnom princípe. Daný typ detektorov pohybu býva spravidla konštrukčne odlišný od bežných typov, ktoré

detekujú iba zmeny elektrického poľa. Podstatou elektromagnetického žiarenia je vzájomné pôsobenie elektrického poľa, ktoré je kolmé k pôsobeniu magnetického poľa. [21]



Obr. č. 20 Elektromagnetické pole, jeho zložky a vlnová dĺžka [21]

Rýchlosť elektromagnetického vlnenia je zhodná s rýchlosťou svetla. Elektromagnetické vlnenie definujeme ako postupné priečne vlnenie, ktoré charakterizuje jeho vlnová dĺžka. Na základe frekvencie je elektromagnetické žiarenie rozdelené do niekoľkých oblastí. U rádiového a mikrovlnného elektromagnetického žiarenia sa prakticky vždy prejavuje len jeho vlnový charakter. Pri infračervenom žiarení sa navyše prejavuje aj jeho časticový, fotónový charakter. Infračervené elektromagnetické žiarenie má už dosť krátku vlnovú dĺžku a má teda už dosť vysokú frekvenciu ( $f = c / \lambda$ ;  $c$  - rýchlosť svetla vo vákuu,  $\lambda$  - vlnová dĺžka) a teda aj dosť vysokú energiu fotónov ( $E = h \times f$ ;  $h$  - Planckova konštanta). Táto energia je už tak dostatočne veľká, že energiu dopadajúcich fotónov je možné pomocou polovodičov priamo prevádzať na elektrický signál - napríklad u PIR čidiel pomocou pyroelementov. Pre fokusáciu infračerveného žiarenia je však možné stále využívať aj jeho vlnový charakter. Napríklad u PIR čidiel vlnový charakter využíva na fokusáciu pomocou Fresnelových šošoviek alebo pomocou zrkadlovej optiky. [21]



### 3.2 Detekcie pohybu s využitím elektromagnetického poľa

Senzory elektromagnetických detektorov využívajú elektromagnetické žiarenie ako nosné teleso nesúce informáciu o pohybe narušiteľa. V tomto prípade sa jedná predovšetkým o nasledujúce oblasti:

- **mikrovlnné žiarenie,**
- **infračervené žiarenie,**
- **rádiové vlny.** [20]

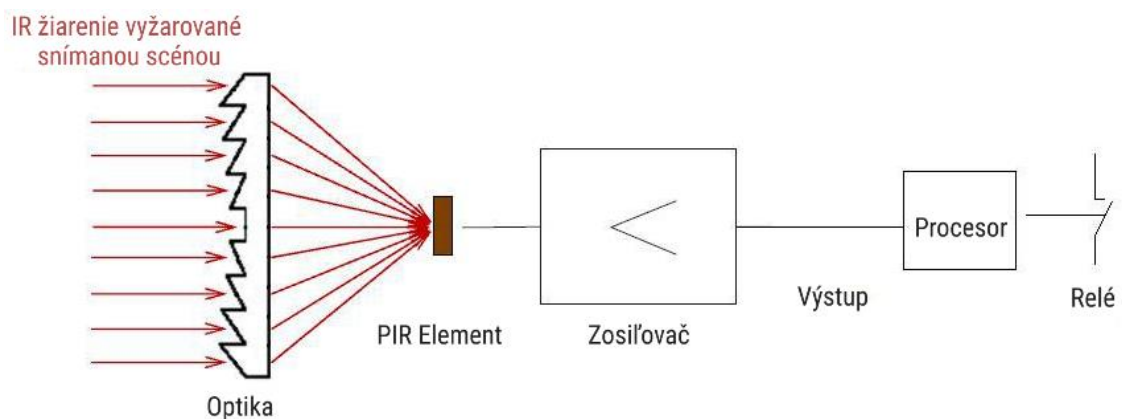
Mikrovlnné žiarenie sa v mnohých ohľadoch zhoduje so žiarením viditeľným. Je šírené priamočiarno, láme sa a v určitých situáciách môže byť koncentrované do jedného bodu. Pri prechode mikrovln zo vzduchu do rôznych látok dochádza k ich lámaniu. O miere odrazeného svetla rozhoduje rozdiel vlastností oboch prostredí a tiež uhol dopadu mikrovln na plochu. Mikrovlny dokážu prejsť objektmi zo skla, plastov a z keramiky, odrážajú sa naopak od kovových objektov. [20] [25]

Infračervené žiarenie je situované na spodnej hranici viditeľného žiarenia a je pre človeka aj veľa ďalších živočíchov takmer neviditeľné. Infračervené žiarenie má však tepelné účinky. Pre človeka je toto žiarenie neviditeľné preto, že aj ľudské oko vyžaruje infračervené lúče a bolo by oslepené vlastným vydávaným svetlom. Napriek tomu však človek toto žiarenie dokáže vnímať v podobe teplotného vnemu. Vstrebanie infračerveného žiarenia dokáže v ľudskom tele spôsobiť zahriatie tkaniva, čo sa prejavuje pocítením tepla na koži či vo väčšom množstve žiarenia ako spáleninu. [20] [25]

Využívanie infračerveného žiarenia sa u elektromagnetických detektorov rozdeľuje na metódu pasívneho a aktívneho snímania. Pasívne snímanie zahŕňa detekciu prítomného infračerveného žiarenia, ktoré fyzicky produkuje pohybujúci sa narušiteľ, ktorého telesná teplota je spravidla vyššia ako teplota okolia. Základom pasívneho snímača je pyroelektrický senzor, skladajúci sa z umelých materiálov, na ktorých pyroelektrický jav prebieha. Daný jav je možné všeobecne definovať ako schopnosť materiálu generovať dočasný elektrický potenciál pri zmene teploty. Zmeny teplôt vo vnútri materiálov mierne modifikujú pozície atómov, kvôli čomu dochádza k polarizácii a následnému preskupenie elektrického náboja, ktoré je možné snímať. [22] [25]

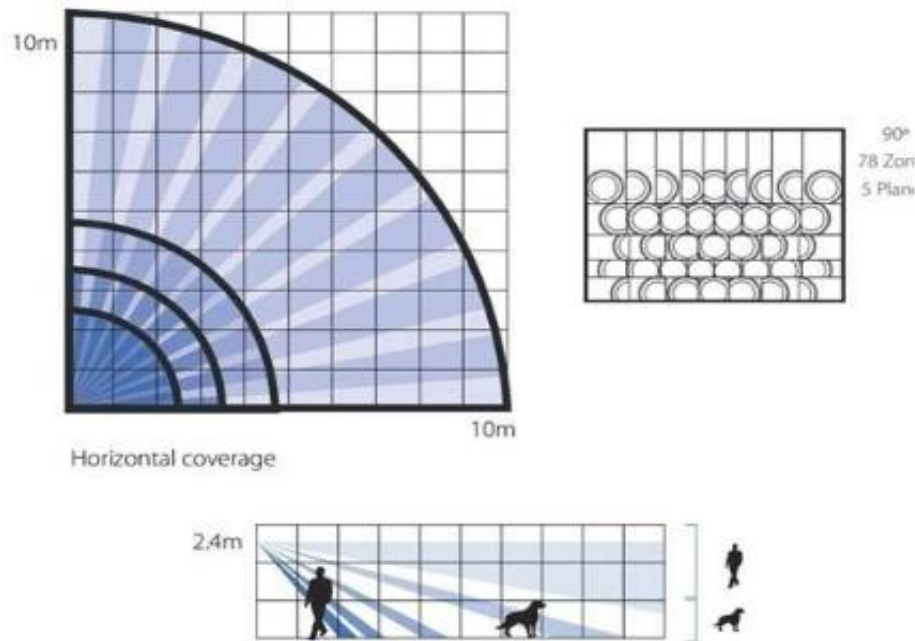
Senzor však dokáže registrovať jedine jednotné infračervené žiarenie zo svojho okolia. Ak sa páchatel bude pohybovať priamo pred detektorom, toto zariadenie ho nebude schopné identifikovať a jeho prítomnosť odlíšiť od okolitého prostredia. V tomto prípade sa

využíva tzv. segmentácia stráženého priestoru. Sensor dokáže detekovať tepelné žiarenie, ktoré je charakteristické pre telesnú teplotu človeka. Zjednodušene povedané detektor zachytáva pohyb objektov, ktoré majú odlišnú teplotu od svojho okolia. Celý priestor je pomocou segmentácie rozdelený na aktívne a neaktívne zóny. Ak sa narušiteľ bude pohybovať medzi týmito zónami, na výstupe tohto senzora sa bude generovať napätový signál. K tejto segmentácii sa používa napríklad tzv. Fresnelova šošovka. [21]



Obr. č. 21 Bloková schéma PIR detektora (naznačená je Fresnelova šošovka) [21]

Pasívny infračervený detektor funguje na princípe snímania vyžarovania infračerveného žiarenia narušiteľom. Chránenú zónu, ktorú detektor sníma, je možné zmeniť pomocou Fresnelovej šošovky. Rôzne typy šošoviek umožňujú zmenšenie, zväčšenie alebo úplné zmeny štruktúry chránenej zóny. Niektoré detektory používajú namiesto šošoviek čierne triplexné zrkadlá, ktoré dokážu prepúšťať len infračervené žiarenie a lepšie pokrývajú chránenú zónu. Sústava Fresnelových šošoviek vytvorí na čipe PIR senzora rad infračervených obrazov ľudského tela. Ak sa pohybuje telo, pohybujú sa cez snímací čip aj šošovkami na povrch PIR senzora premietané infračervené obrazy tela, čím dôjde k vzniku mnohých impulzov, ktoré ďalej vyhodnocuje mikroprocesor detektora. Nepohybujúci sa človek sa na čipe prejaví ako statický obraz, vďaka čomu nedôjde k vzniku žiadnych impulzov a teda ani k vyvolaniu poplachu. [20] [22] [25]



Obr. č. 22 Sústava Fresnelových šošoviek a zodpovedajúca smerová charakteristika bežného PIR detektora [22]

Tvarom a zoskupením Fresnelových šošoviek je možné upraviť smerovú charakteristiku i dosah detekcie PIR detektora, niektoré detektory preto majú výmenné šošovky, aby bolo možné voľbou správnej šošovky prispôbiť detektor stráženému priestoru. Tvarom a umiestnením šošoviek je možné dosiahnuť aj to, že detektor nereaguje na malé domáce zvieratá pohybujúce sa po zemi (tzv. detektor s PET imunitou). Naproti tomu metóda aktívneho snímania sa podobá metóde Fresnelovej zóny. Rozdielom však je, že namiesto mikrovlnného žiarenia sa využíva lúč infračerveného žiarenia. Lúč je na vysieláči emitovaný polovodičovou diódou a na prijímači prijímaný infratranzistorom. Ak vstúpi medzi prijímač a vysieláč narušiteľ a zasiahne svojim telom či nejakým predmetom lúč, infračervené žiarenie na tranzistore poklesne alebo sa úplne stratí. Silnou stránkou systému je skutočnosť, že infračervený lúč je pre ľudské oko neviditeľný. [20] [22] [25]

Princíp tohto spôsobu detekcie vychádza zo skutočnosti, že každé teleso s teplotou vyššou ako bod absolútnej nuly vyžaruje infračervené žiarenie, ktoré je tým intenzívnejšie, čím vyššiu teplotu teleso má. Tak aj každý teplokrvný živočích, človeka nevynímajúc, vyžaruje pomerne značné množstvo infračerveného žiarenia, ľudské telo potom žiari asi ako šesťdesiatwattová žiarovka. Teplota okolia býva takmer vždy odlišná, preto okolie vyžaruje iné množstvo infračerveného žiarenia a preto je pohyb takého tepelného zdroja, akým je človek, zaznamenateľný PIR senzorom. Namiesto Fresnelových šošoviek sa niekedy používajú aj zrkadlá. V takom prípade býva PIR senzor vo vnútri čidla obrátený

citlivou stranou dozadu a zrkadlá sa umiestňujú za neho tak, aby senzor bol v ich ohnisku. V niektorých prípadoch sa používa aj kombinácia šošoviek a zrkadiel, príkladom sú staršie čidlá Pyronix Enforcer – priestor miestnosti je tu strážený bežnou sústavou šošoviek a normálne umiestneným PIR senzorom, na senzor je ale ešte navyše zhora nasadené zrkadlo sledujúce priestor pod detektorom. Ako každý systém majú aj PIR detektory svoje výhody a nevýhody. Medzi ich nesporné výhody patrí jednoduchá inštalácia, nízka obstarávacia cena a dobrá citlivosť. Nevýhodou je relatívne malá odolnosť proti falošným poplachom v prostredí, kde sa vyskytuje kolísanie teploty, a v prítomnosti významných tepelných zdrojov. Odolnosť voči falošným poplachom je možné zvýšiť napríklad kombináciou dvoch PIR senzorov s diferenciálnym zapojením, prípadne dvoch PIR senzorov s rozdelením detekovaného priestoru na dve horizontálne zóny v rámci jedného detektora alebo kombináciou PIR senzora s mikrovlnným detektorom. [21] [22] [25]



Obr. č. 23 PIR senzor, základ  
PIR detektora [22]

### 3.3 Špecifické metódy detekcie pohybu

Tieto metódy čiastočne využívajú energiu elektromagnetického poľa alebo zvukových vln, ale zároveň sú založené na inom fyzikálnom princípe. Rozlišujeme celkom tri typy detektorov, ktoré sa od seba konštrukčne líšia. Jedná sa o:

- **metódu ultrazvukových vln** - metóda ultrazvukových vln pracuje na báze Dopplerovho javu a na detekciu pohybu narušiteľa využíva ultrazvukové vlny. Zvuk predstavuje pružné vlnenie, ktoré je šírené v pružných prostriedkoch a mení sa v čase aj priestore. Naproti tomu ultrazvuk je zvuk, ktorého vlnová dĺžka je výrazne kratšia a vďaka tomu môže byť ultrazvuk šírený priamočiario v tvare lúčov,

ktoré sa odrážajú, lámu a sústreďujú do jediného ohniska. Aj pri tejto metóde je využitá metóda vysielača aj prijímača. Vysielač emituje do ochrannej zóny ultrazvukové vlny, ktoré sa odrážajú od okolitých objektov zase späť. Ak sa pohybuje v chránenej zóne narušiteľ, dôjde k zmene prijímaného kmitočtu, na základe čoho sa generuje výstup v podobe poplašného signálu. Takýto detektor nazývame ultrazvukový detektor pohybu a jeho základnými súčasťami sú dva ultrazvukové senzory.

- **analýzu signálu vo vodiči** - metóda analýzy elektrického signálu vo vodiči sníma nielen pohyb narušiteľa s využitím elektromagnetických vln, ale môže byť zaznamenávaná aj v bariérovom pásme. Na tento účel sa využívajú špeciálne elektrické vodiče, zaznamenávajúce zmenu elektrického signálu vzhľadom na ich mechanické poškodenie alebo vplyvom zmeny okolitého elektromagnetického poľa.
- **metódu detekcie pohybu na základe zmeny digitálneho obrazu** - metóda detekcie pohybu na základe zmeny digitálneho obrazu je vykonávaná na základe analýzy obrazu, získaného z bezpečnostnej kamery z miesta chránenej zóny. Princípom je vyhodnotenie informačného obsahu obrazu. Pomocou tejto metódy je schopný kamerový systém generovať poplachový signál, ak kamera zaznamená akýkoľvek pohyb. Táto detekcia pohybu skôr patrí do oblasti uzavretých televíznych okruhov. Základným predpokladom tejto metódy je to, že v každej snímke kamery sa odlišujú objekty záujmu od jeho pozadia. Kamera tieto skutočnosti vyhodnocuje podľa jasových zmien. [21] [25]

### 3.4 Trendy vo vývoji detektorov pohybu

Cieľom výrobcov detektorov pohybu je dosiahnuť čo najmenší počet falošných poplachov a súčasne zabezpečiť, aby ich miera spoľahlivosti bola čo najvyššia. V súčasnej dobe je najväčšia pozornosť venovaná úprave a neustálemu zlepšovaniu konvenčných detektorov pohybu. Vývoj detekcie pohybu v ochrane objektu sa v súčasnej dobe ubera v smere inovovania kombinovaných detektorov pohybu. [24]

Hlavným hnacím prvkom vývoja detektorov pohybu je čo najväčšie eliminovanie falošných poplachov a maximálne kvalitná detekcia pohybu narušiteľa v danom prostredí. Výrobcovia sú tak tlačení na zvyšovanie kvality jednotlivých detektorov tým, že

kombinujú rôzne senzory, ktoré pracujú na rôznych fyzikálnych princípoch. Pre mnoho firiem je lepšie sa pohybovať v oblasti elektronického spracovania signálu, než by boli nútení hradiť veľmi nákladný vývoj úplne nových metód detekcie, ktoré využívajú doteraz nevyužívané fyzikálne princípy detekcie pohybu. [23]

### 3.5 Kombinované metódy detekcie pohybu

Kombinované detektory pohybu je možné popísať ako detektory, ktoré na detekciu pohybu využívajú dvoch alebo viacerých sensorov, z ktorých každý pracuje na rovnakom či odlišnom princípe snímania príznakov prítomnosti narušiteľa. V dnešnej dobe existujú detektory, ktoré súčasne používajú až päť sensorov, pracujúcich na úplne odlišných fyzikálnych metódach detekcie pohybu narušiteľa v chránenej zóne. Hlavná pozornosť je potom sústredená na programové algoritmy spracovania signálu, vychádzajúce z každého jednotlivého senzora. Také detektory a obzvlášť tie, ktoré sa dokážu automaticky prispôbiť podmienkam okolitého prostredia, sa nazývajú tzv. inteligentné detektory pohybu. Kvalita detekcie pohybu narušiteľa a súčasne aj eliminácia výskytu vysokého počtu falošných poplachov každého detektora sa odvíja od jeho konečnej ceny. [24]

Kombinované detektory pohybu si môžeme rozdeliť na detektory určené pre priestorovú ochranu objektu (kde základným sensorom býva PIR detektor) a na detektory určené pre perimetrickú ochranu objektu. Najčastejšie používaným typom senzora dopĺňujúceho PIR senzor je mikrovlnný senzor, snímajúci pohyb narušiteľa s využitím metódy Dopplerovho javu. Na rozdiel od PIR detektora je mikrovlnný detektor čidlom aktívnym. Obsahuje vysielateľ mikrovln a vysielaciu a prijímaciu časť. Vysielacia anténa vysielá do stráženého priestoru mikrovlny o kmitočte v rádoch jednotiek GHz, signál odrazený od okolitých predmetov a konštrukcií je prijímaný prijímacou časťou a ďalej spracovávaný. Detektor vyhodnocuje frekvenciu prijímaného signálu, resp. porovnáva ju s frekvenciou signálu vysielaného. Pracuje totiž na princípe Dopplerovho javu. Dopplerov jav popisuje zmeny frekvencie a vlnovej dĺžky prijímaného signálu oproti signálu vysielanému spôsobené pohybom vysielateľa vzhľadom k prijímaču alebo naopak. Ak sa skracuje vzdialenosť medzi vysielateľom a prijímačom, skracuje sa aj vlnová dĺžka prijatého signálu a teda sa zvyšuje jeho frekvencia. Naopak vzdiaľovanie vysielateľa a prijímača spôsobí predĺženie vlnovej dĺžky a zníženie frekvencie prijímaného signálu. Pre situáciu, keď sa vysielateľ a prijímač vzdiaľujú, platí vzťah:  $f = f_0 (c/(c+v))$ . Pre situáciu, keď sa vzdialenosť medzi vysielateľom a prijímačom znižuje, potom platí vzťah:  $f = f_0 (c / (c - v))$

( $f$  – frekvencia signálu prijímaného [Hz],  $f_0$  – frekvencia signálu vysielaného [Hz],  $c$  – rýchlosť svetla vo vákuu (299 792 458 000 m/s),  $v$  - rýchlosť pohybu vysielča vzhľadom k prijímaču [m/s]). [24] [26]

Tento efekt potom dosiahneme aj vtedy, ak vysieláč a prijímač sú umiestnené v jednom bode, teda napríklad v mikrovlnnom detektore, a prijímač prijíma vlny odrazené od pohybujúcich sa predmetov (a teda aj od osôb). Ak nebude v sledovanom priestore žiadny pohyb, bude rozdiel frekvenciou vysielaného a prijímaného signálu nulový, ak sa bude narušiteľ pohybovať smerom k detektoru, zaznamená prijímač o niečo vyššiu frekvenciu, ak sa bude vzdďaľovať, bude frekvencia od neho odrazeného signálu nižšia ako frekvencia signálu vysielaného. Vzhľadom k tomu, že prijímač aj vysieláč sú na jednom mieste a pohybujúci sa predmet sa vždy vzdďaľuje či približuje zároveň vzhľadom k vysielču k prijímaču, bude zmena frekvencie oproti vyššie uvedeným prípadom vyššia, pretože rýchlosť pohybu narušiteľa voči detektoru je potrebné uvažovať v dvojnásobnej výške. V praxi sa porovnávanie oboch frekvencií v mikrovlnnom detektore deje zmiešavaním signálu vysielča a signálu prijatého a vyhodnocovaním rozdielovej frekvencie. Vzhľadom na výšku použitej frekvencie rádovo GHz, teda miliárd kmitov za sekundu, je možné týmto spôsobom spoľahľivo detekovať aj relatívne pomalý pohyb, čím je umožnené použitie tejto metódy v detektoroch pohybu. [24] [26]

Mikrovlnný detektor na tejto báze sa samostatne takmer nepoužíva. Uplatnenie nachádza práve v kombinovaných detektoroch v kombinácii s PIR senzorom. Iným variantom je kombinácia infračerveného či iného senzora a kamery snímajúcej obraz. Kamera začne snímať scénu pri aktivácii senzora. Videozáznamy sa spravidla ukladajú do vnútornej pamäte v komprimovanej podobe a potom sú na základe druhu externej komunikácie detektora preposielané pre ďalšie vyhodnotenie softvérom. [26]

Za účelom zvýšenia spoľahľivosti môže byť PIR detektor doplnený snímačom bieleho svetla, ktorý detekuje rušivé vplyvy (napríklad teplo) ožiarením detektora prostredníctvom bieleho svetla, alebo tzv. tepelným senzorom, ktorého účelom je snímať teplotu okolia detektora. Na základe zmeranej teploty sa následne nastavujú jednotlivé parametre citlivosti každého senzora. [24]

Teplotná kompenzácia zahŕňa prispôsobovanie citlivosti infračerveného pasívneho senzoru teplote okolitého prostredia. Informácia o zmene teplôt je poskytovaná signálom, vychádzajúcim z tepelného senzora. Pri zmene teploty v miestnosti sa mení aj úroveň citlivosti senzora. [27]

Spracovanie informácií zo signálu výstupu senzora zaisťuje obslužný softvér v mikroprocesore detektora. Hlavnými metódami spracovania signálu sú metóda teplotná kompenzácia, metóda anti-cloak (kde je prítomný pasívny infračervený a mikrovlnný senzor) a metóda zlučovania dát. [26]

V rámci metódy anti-cloak je využívaný riadiaci signál mikroprocesora na aktívne prepínanie medzi mikrovlnným a infračerveným pasívnym senzorom. Prostredníctvom teplotného senzora sa detekuje teplota okolia. Ak sa blíži okolitá teplota teploty ľudského tela (cca 35,5 - 36,7 °C), infračervený senzor sa vypne a detekcia je prenesená na senzor mikrovlnný. V kludovom režime je mikrovlnný senzor vypnutý, vďaka čomu je významne znížená spotreba energie detektora. Silnou stránkou tejto metódy je schopnosť identifikácie narušiteľa, ktorý sa snaží maskovať. Pri pohybe takého narušiteľa infračervený pasívny senzor síce generuje charakteristický priebeh signálu v prípade pohybu narušiteľa, ale tento signál nedosahuje potrebnú veľkosť amplitúdy, a preto je tento generovaný signál porovnávaný na vstupe mikroprocesora so vzorovými signálmi a v prípade, že generovaný signál má charakteristický priebeh až na to, že bez potrebnej veľkosti amplitúdy dochádza k aktivácii mikrovlnného senzora. [27]

Metóda zlučovania dát sa zakladá na princípe spracovania dát z niekoľkých senzorov, reagujúcich na rôzne fyzikálne podnety v okolí. Každý zo senzorov produkuje typický signál, ukladaný do pamäte mikroprocesora a predstavuje rôzne deje, ako je napríklad pohyb narušiteľa, osvetlenie detektora napríklad svetlami auta, osvetlenie detektora umelým svetlom, pohyb zvierat a ďalšie. [22]

Detektor pohybu perimetrickej ochrany, ktorý funguje na základe využitia viacerých metód, sa v poslednej dobe teší stále väčšiemu rozmachu. Jeden detektor dokáže kombinovať aj niekoľko metód detekcie pohybu v chránenej zóne. Jedná sa predovšetkým o metódy Fresnelovej zóny, metódu aktívneho snímania a metódu Dopplerovho javu. Detektory sú rozdelené na tri časti, pracujúce na úplne odlišných fyzikálnych princípoch detekcie pohybu v ich ochranej zóne, a to:

- mikrovlnná časť detektora,
- aktívna infračervená časť detektora,
- časť s využitím Dopplerovho javu. [22]

Mikrovlnná časť detektora vytvára v kontrolovanom priestore mikrovlnnú bariéru v tvare „cigary“ elipsoidného prierezu, tzv. Fresnelovej zóny. Frekvencia elektromagnetického poľa sa v tomto prípade pohybuje v rozmedzí 9 – 24 GHz. Bariéry ponúkajú niekoľko programovateľných pásiem vln či frekvencií. [22]



Aktivna infračervená časť detektora je tvorená infračervenými závorami a bariérami, ktoré využívajú metódy aktívneho snímania. Tento princíp je založený na párovaní diód, z ktorých jedny sú prijímacie, druhé vysielacie. Každá vysielacia dióda tak kombinuje so svojou identickou diódou na opačnej strane. Aby bolo zamedzené vyradenie detekčnej funkcie infrazávory svitom iného svetelného zdroja (či už baterkou, alebo napríklad len slnečným svitom) do prijímača, je lúč modulovaný s využitím pseudonáhodného kódu. [22]

Samotní výrobcovia tento detektor niekedy dopĺňajú o Dopplerov mikrovlnný detektor, ktorého úlohou je pokryť prázdne miesta, ktoré vznikajú v ochrannej zóne. Tento detektor pracuje na úplne inom kmotočte ako mikrovlnná časť závory, a to hlavne z toho dôvodu, aby nedošlo k vzájomnému ovplyvňovaniu. Vysielač tohto detektora je smerovaný smerom k zemi, aby bola pokrytá časť v spodnej línii detektora. Hlavným dôvodom použitia tejto metódy je to, aby narušiteľ nepodliezol vysielanému infračervenému lúču. [22]

Najväčším nepriateľom každého jednotlivého typu senzora je samotné prostredie, v ktorom je tento senzor nainštalovaný. Perimetrické detektory sú súčasťou modulárnych systémov, ktorých základom je mikroprocesorový obvod pre účely hodnotenia výstupného signálu z jednotlivých senzorov daného detektora pomocou zberného miesta alebo bezdrôtovo. Na výstupe je pripojený počítač s príslušným riadiacim softvérom, ktorý tiež umožňuje vizualizáciu a úpravu parametra výstupného signálu z jednotlivých detektorov. Každé prostredie má iný charakter a môže mať na svojom území aj rôzne rušivé vplyvy. To znamená, že ak jeden detektor v jednom prostredí bude bezproblémovo fungovať, v druhom prostredí môže ten istý detektor vykazovať neprijateľne vysoký počet falošných poplachov. [23]

Medzi hlavné nepriaznivé vplyvy patria napríklad klimatické podmienky (slnečné žiarenie, prúvanie), prítomnosť živočíchov (psy, túlavé mačky, hlodavce, vtáky), prítomnosť flóry (stromy, kríky či iný porast), blízkosť letiska, vysielača či elektrárne. Osoba, ktorá vykonáva inštaláciu perimetrického detektora, by mala byť schopná taký detektor prispôbiť danému prostrediu. V prvej fáze sa na detektory nechajú pôsobiť rušivé vplyvy okolia a sledujú sa signály, ktoré takýto prístroj generuje. V druhej fáze sú simulované spôsoby narušenia chránenej zóny narušiteľom v podobe človeka. Signály sú vzájomne konfrontované a sú z nich vytiahnuté vzorové situácie, ktoré sú typické pre dané prostredie aj pre pohyby narušiteľa. Tieto signály sa potom uložia do pamäte daného mikroprocesora a slúžia na následnú komparáciu so signálom, ktorý daný detektor generuje v reálnom čase. [23]

## **II. PRAKTICKÁ ČASŤ**

## 4 POROVNANIE METÓD DETEKČIE POHYBU A ICH POUŽITIE V PRAXI

Každá metóda detekcie pohybu má svoje špecifiká, svoje výhody a nevýhody v nadväznosti na to, na základe akého fyzikálneho princípu fungujú. Podľa toho je nutné voliť do každého prostredia adekvátny druh detektorov tak, aby bola umožnená spoľahlivá detekcia pohybu narušiteľa pri zachovaní dostatočnej odolnosti proti falošným poplachom. Je nutné zohľadniť aj ekonomické hľadisko, pretože obstarávacie náklady mnohých detekčných systémov sa u malých inštalácií môžu rádovo blížiť hodnote chráneného majetku.

### 4.1 PIR detektory

Najčastejšie používaným detektorom pohybu je PIR detektor. Na jeho použitie v bežných zabezpečovacích systémoch hovorí nízka cena a jednoduchá inštalácia. Je z princípu najcitlivejší pri pohybe narušiteľa kolmom k osi PIR senzora, na čo je nutné prihliadať pri inštalácii detektorov. Vzhľadom k tomu, že PIR detektor nič nevyžaruje, je možné montovať PIR detektory aj proti sebe, ich zóny sa môžu prekrývať.

Keďže sa jedná o pasívny detektor reagujúci na ním zachytené infračervené žiarenie, v priestore stráženom PIR detektormi sa nesmú vyskytovať tepelné spotrebiče s možnosťou prudkej zmeny teploty. Neodporúča sa smerovať PIR detektory proti oknám, radiátorom, proti vonkajším dverám a vrátam, neodporúča sa ich použitie ani v miestnostiach s v poslednej dobe veľmi obľúbeným podlahovým kúrením. Vo všetkých týchto prípadoch je totiž pomerne vysoká pravdepodobnosť, že môže dôjsť k falošnému poplachu. PIR detektor nevie odlíšiť náhlu zmenu teploty predmetu od priechodu narušiteľa, stúpajúcu bublinu teplého vzduchu môže zameniť za pohyb nežiadúcej osoby. Oproti zažitým legendám však poplach nespôsobí lezúci hmyz alebo pavúk, pretože ich teplota je vždy zhodná s teplotou okolia.

PIR detektory na vonkajšie použitie chrániace periméter budov alebo objektov používajú pre elimináciu falošných poplachov najmä zdvojenú detekčnú časť – obsahujú dva nad sebou umiestnené PIR senzory, z ktorých každý disponuje vlastnou optickou sústavou a stráži svoj vlastný úsek stráženého priestoru. Narušenie jedného senzora malým živočíchom, napríklad vtákom alebo mačkou, nespôsobí poplach, do poplachového stavu

sa detektor uvedie až aktiváciou oboch senzorov súčasne. Vonkajšie PIR detektory patria do vyššej cenovej kategórie vďaka ich spracovaniu danému nutnou odolnosťou detektorov proti vode, celoročným výkyvom teplôt a mechanickému poškodeniu aj vďaka náročnejšiemu softvérovému spôsobu vyhodnocovania poplachov, napriek tomu nemožno ani tu stopercentne vylúčiť možnosť falošných poplachov.

PIR detektor, ako bolo vysvetlené vyššie, reaguje na pohyb telesa s teplotou odlišnou od teploty okolia. Znamená to však na druhú stranu aj to, že sa dá detektor v nejakom smere znecitlivieť zakrytím detektora napríklad listom papiera. Niektoré detektory vyšších cenových kategórií majú v príbale sadu samolepiek, ktorých nalepením na šošovku alebo vnútorné zrkadlá je možné korigovať smerový diagram čidla a znemožniť tak detekciu pohybu z niektorého smeru (napríklad pri vonkajšom snímači znemožniť nežiaducu detekciu pohybu na verejnej komunikácii susediacu so stráženým areálom).

Možnosť znecitlivieť PIR detektor v nejakom smere však znamená aj možnosť pre narušiteľa v nestráženom okamihu prelepiť optickú časť detektorov a vyradiť ich tak z činnosti; taký detektor potom nevyhlási poplach ani vtedy, ak je oblasť zastrážená. U strážených oblastí so zvláštnym režimom sa preto používajú pohybové PIR čidlá s funkciou tzv. antimaskingu.

Účelom funkcie antimaskingu je nepretržite strážiť priehľadnosť krytu čidla. Možností prevedenia antimaskingu je viac. Jednou z možností je napríklad umiestnenie infračervenej diódy a fototranzistora po stranách okienka s optikou čidla na spôsob infrazávory. Ak fototranzistor zaregistruje zmenu intenzity infračerveného žiarenia, znamená to, že s detektorom niekto manipuluje za účelom jeho zamaskovania alebo že mohlo dôjsť k zakrytiu detektora záclonou alebo závesom.

Ďalšou možnosťou realizácie antimaskingu je umiestnenie infračervenej diódy aj fototranzistora dovnútra čidla a porovnávanie intenzity odrazeného žiarenia. Časť žiarenia totiž opúšťa kryt detektora a mizne v okolí. Zakrytím detektora dôjde k zvýšeniu intenzity odrazeného žiarenia a k aktivácii príslušného výstupu detektora. Niektoré detektory sú vybavené sofistikovanou analýzou infračerveného pozadia okolia, pri inštalácii si do svojej pamäte načítajú okolie a uložené hodnoty neustále porovnávajú s tými aktuálnymi, prípadný rozdiel je potom vyhodnotený a následne aktivuje výstup čidla.

Výstup čidla indikujúci stav zamaskovania detektora býva buď zapojený na samostatný vstup ústredne, alebo ho možno, napríklad pri ústredniach Galaxy, včleniť priamo do poplachovej slučky detektora.

## 4.2 Mikrovlnné detektory

Mikrovlnné detektory pracujúce na princípe Dopplerovho javu vynikajú dobrou citlivosťou a odolnosťou proti falošným poplachom, pretože na svoju aktiváciu potrebujú fyzický pohyb pevného telesa. Poplach teda nespustí len rýchla zmena teploty alebo závan inak teplého vzduchu, ako je to u PIR detektorov, na druhú stranu môže byť poplach spustený napríklad pádom niektorého predmetu dostatočnej veľkosti alebo rozhojdáním osvetľovacieho telesa vplyvom prievanu. Ak sa nedostane teplota okolia mimo povoleného rozsahu vzhľadom na funkciu schopnosti elektronických súčiastok detektora, nemá na detekciu vplyv ani teplota okolia.

Mikrovlnný detektor je z princípu svojej funkcie najcitlivejší pri pohybe narušiteľa v smere kolmom k anténam detektora, teda pri pohybe priamo k detektoru alebo priamo od detektora, najmenej citlivý potom je pri pohybe kolmom k tomuto smeru. Vzhľadom k tomu, že k svojej aktivácii potrebuje fyzický pohyb pevného telesa, pričom vôbec nerozhoduje teplota tohto telesa voči okoliu, funguje perfektne práve tam, kde PIR detektor zlyháva.

Vlastnosti PIR detektora a mikrovlnného detektora sa ideálne dopĺňajú, preto sa v priestoroch, kde by samotný obyčajný PIR detektor mohol vyhlasovať falošné poplachy, s výhodou využívajú duálne detektory kombinujúce PIR a mikrovlnný detektor.

Keďže ide o aktívne detektory vyžarujúce do priestoru pred sebou mikrovlnné žiarenie, nie je vhodné mikrovlnné a teda ani nimi osadené kombinované (duálne) detektory montovať proti sebe navzájom z dôvodu možného vzájomného ovplyvňovania. Ak ich musíme takto namontovať, je nutné použiť detektory s odlišnou frekvenciou.

## 4.3 Infrazávory

Infrazávora je svojimi vlastnosťami predurčená na stráženie perimetra budov alebo pozemkov. Pomerne časté je aj jej použitie v interiéri pri strážení dlhých úsekoch obvodových stien osadených oknami vo veľkých skladovacích priestoroch. Pri použití minimálne dvojlúčových infrazávor montovaných vo vhodných výškach nad terénom alebo nad stavebnou konštrukciou v súlade s pokynmi výrobcu a na pevný podklad bez akýchkoľvek vibrácií je možné konštatovať takmer dokonalú detekčnú schopnosť i odolnosť infrazávory voči falošným poplachom

#### 4.4 Kamerové systémy

Detekcia pohybu bola teoreticky možná aj pri predchádzajúcich analógových systémoch. Klasický televízny signál pozostáva z jasovej informácie jednotlivých riadkov obrazu, kde každá úroveň jasú zodpovedá istej úrovni napätia, a synchronizačných impulzov, každá zmena scény teda znamená zmenu strednej hodnoty napätia, ktorú je možné ďalej spracovávať. Išlo by však o detekciu veľmi nespoľahlivú, tú na podstatne lepšej úrovni zvládajú až moderné digitálne systémy.

Moderný digitálny systém CCTV nám napríklad umožňuje vybrať si zo snímanej scény oblasti, v ktorých bude pohyb úplne ignorovať, aj oblasti, v ktorých každá zmena znamená narušenie stráženého priestoru. Možno tak vylúčiť detekciu pohybu napríklad na verejnej komunikácii susediacej so stráženým areálom alebo pohyb stromov vo vetre atď.

Podobným spôsobom je možné aj v súvislosti s ochranou súkromia cudzích osôb znemožniť nahrávanie niektorých častí obrazu, napríklad tam, kde kamera čiastočne vidí susedný pozemok alebo kde je súčasťou záberu napríklad okno do spálne.

Možnosť nastavenia detekcie pohybu ešte neznamená automaticky možnosť spúšťania poplachu pri narušení stráženého priestoru. U najlacnejších zariadení slúži detekcia pohybu v obraze primárne na rozhodovanie, čo má DVR či NVR uložiť na disk. Nahrávanie totiž obvykle neprebíha kontinuálne, najmä z dôvodu úspory miesta na disku. Po prevažnú väčšinu doby sa na snímanej scéne obvykle nič nedeje, a tak nie je potrebné uchovávať hodiny a hodiny statických záznamov. Aj najlacnejšie systémy CCTV obvykle umožňujú nastaviť nahrávanie tak, že sa na disk uloží iba záznam nejakého pohybu. Obvykle to býva jednak celá sekvencia, kedy bol v príslušnej oblasti zaznamenaný pohyb, a ďalej aj nastavený časový úsek pred a po konci pohybu, aby v prípade nutnosti bolo možné sledovať zo záznamu celú akciu.

## 5 POŽIADAVKY NA MIESTO STRÁŽENIA S POUŽITÍM SVIETIDIEL V BEZPEČNOSTNÝCH APLIKÁCIÁCH

V predchádzajúcich častiach diplomovej práce sú zhrnuté jednotlivé spôsoby detekcie pohybu, ich klady a zápory. Pred začiatkom ich aplikácie je nutné si uvedomiť, aké sú požiadavky na miesto stráženia (dom, administratívna budova, výrobný areál, atď.) a aký má byť výsledok inštalácie a návrhu očakávaný. Na základe týchto informácií je možné navrhnúť vhodný spôsob pohybovej detekcie. Po porovnaní možností detekcie je možné konštatovať, že každý zo systémov je určený pre špecifický spôsob detekcie a ich jednoduchá zámena je ťažko realizovateľná. Na zabezpečenie miesta stráženia sú vhodné dva bezpečnostné systémy:

- Poplachové zabezpečovacie a tiesňové systémy (PZTS) so svietidlom s PIR senzorom
- Kamerové systémy (CCTV) so svietidlom s PIR senzorom

**Pohybové detektory s PIR senzorom spolu s PZTS:** sú veľmi vhodné na inštaláciu do vnútorných priestorov bez veľkého množstva rušivých elementov. Cenovo sú veľmi výhodné a jednoduché na inštaláciu. Existujú aj vo vonkajšom prevedení, avšak tu sa vyskytuje veľké množstvo rušivých podnetov (zver, protisvetlo od slnka, atď.) a z tohto dôvodu môžu byť zdrojom planých poplachov. Nevýhodou pohybových detektorov je to, že neumožňujú živý prenos obrazu z napadnutého priestoru a bez osobnej obhliadky nemožno na diaľku zistiť zdroj poplachu.

**Kamerové systémy doplnené svietidlami s PIR senzormi:** umožňujú vizuálne potvrdenie napadnutia priestoru s pomocou spínania svetla. Ich záporom je vysoká cena, na pokrytie všetkých vnútorných priestorov v rovnakom rozsahu ako pohybové detektory sú investičné náklady vysoké. Naopak pre monitoring vonkajších priestorov sú kamery vhodnejšie, a to z pohľadu živého prenosu obrazu zo stráženej oblasti. Inštaláciu kamier je nutné vykonať v súlade s požiadavkami platnej legislatívy a tiež v súlade s nariadením GDPR.

V prípade, že budova alebo areál je oplotený, je možné aplikovať **perimetrickú ochranu**, ktorá detekuje narušiteľa už pri pokuse o prekonanie plotu. K tomu sa používajú štyri základné metódy.

Prvá z nich je inštalácia perimetrického detekčného systému priamo na oplotenie. V tomto prípade sa používajú buď špeciálne káble, ktorých konštrukcia je zložená z dvoch vodičov, ktoré sa v prípade vibrácií dotknú, t.j. dôjde k uzavretiu elektrického okruhu a detekcii narušenia, alebo sa používajú detektory pre každé plotové pole zvlášť. V týchto detektoroch sú osadené špeciálne elementy, ktoré umožňujú detekciu vibrácií vzniknutých pri pokuse o prelezanie alebo preštiepenie plotu.

Druhá možnosť ako detektovať narušenie perimetra je pomocou mikrofónového kábla, ktorý sa zakope do drážky pozdĺž plotu. Tento kábel detekuje vibrácie vznikajúce od pohybu nadložia pri prechodu osoby.

Tretou možnosťou je inštalácia infrazávor, mikrovlnných závor alebo pohybových detektorov, ktorých aktiváciou dôjde k vyhláseniu poplachu.

Štvrtou možnosťou je aplikácia kamerového systému s možnosťou detekcie pohybu. Výhodou tu je živý náhľad do stráženého priestoru s možnosťou nastavenia predpoplachu, kedy je možné detekovať osobu, ktorá sa k areálu ešte len blíži. Pre aplikáciu je možné použiť ako klasické kamery, tak aj kamery termálne. Pre zaistenie ochrany perimetra sa používa kombinácia všetkých popísaných metód, ktoré sa vzájomne dopĺňajú. Ich aplikácia závisí od rozsahu areálu, typu oplotenia, možnosti inštalácie detektorov, atď. Všetky tieto informácie a podklady musí spracovať projektant, ktorý pozná možnosti aplikácií jednotlivých prvkov a ich detekčných schopností.

## 5.1 Vybrané typy prostredia

V nasledujúcej časti práce budú popísané všeobecné požiadavky na inštaláciu zabezpečenia v typových objektoch. Z hľadiska posúdenia bezpečnosti a ochrany ovplyvňujú každý typ objektu rôzne faktory. Zohľadnené by mali byť tieto faktory:

- charakter objektu a jeho veľkosť,
- geografická poloha objektu,
- okolie objektu z hľadiska osídlenia,
- posúdenie objektu z hľadiska rizika.

Ďalším veľmi dôležitým faktorom je hodnota chráneného objektu alebo aktíva umiestnené v objekte. Režimové opatrenia v objekte, ktoré ovplyvňujú charakter celkového zabezpečovacieho systému ako celku.

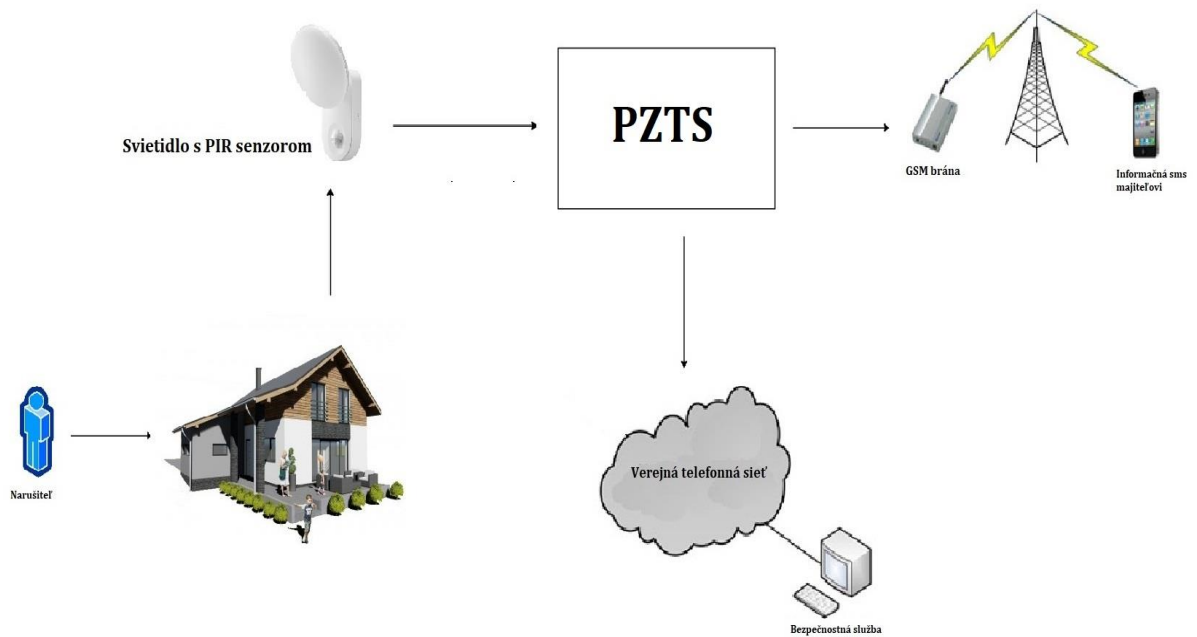


### 5.1.1 Rodinný dom, byt

Pri tomto type objektu záleží na veľkosti a na požiadavkách vlastníka nehnuteľnosti. Rodinné domčeky môžu mať viac podlaží a tiež požiadavku na zabezpečenie perimetra (okolia). Ďalej je dôležité vziať do úvahy aj bezpečnostné riziko lokality, kde sa nehnuteľnosť nachádza (centrum mesta, okraj, riziková lokalita).

Zabezpečenie rodinného domčeka a bytu je podobné s rozdielom väčšieho posilnenia pri rodinnom domčeku, kde je väčší počet vstupných rizikových oblastí. Rovnako tak tomu je aj pri byte na prízemí s predzáhradkou. Väčšinou sa majiteľ rozhodne pre zabezpečenie objektu na základe zlej skúsenosti v minulosti (vlámanie, napadnutie, škoda na aute atď.). Základným faktorom z hľadiska pohybových detektorov je počet vstupných miest do objektu. Ďalej potom umiestnenie garáže a miestnosti s trezorom (ak je v objekte prítomný).

Svietidlá s využitím bezpečnostných aplikácií sa dajú použiť v rodinnom dome na zabezpečenie objektu pred domom, v záhrade či garáži. U bytov na zabezpečenie objektu pred bytom či vo vchode. Spínané svetlo spolu s PZTS, pomocou ktorého dochádza k nahláseniu neoprávneného vstupu potencionálneho páchatel'a do objektu alebo záhrady rodinného domu. Po takomto nahlásení dôjde k informovaniu majiteľ'a domu alebo bezpečnostnej služby, ktorá má bezpečnosť domu na starosti a to napríklad výstrahou v počítači či SMS správou. Každý takýto systém je vybavený ovládacím zariadením, pomocou ktorého sa systém nastaví podľa potreby konkrétneho rodinného domu či bytu.

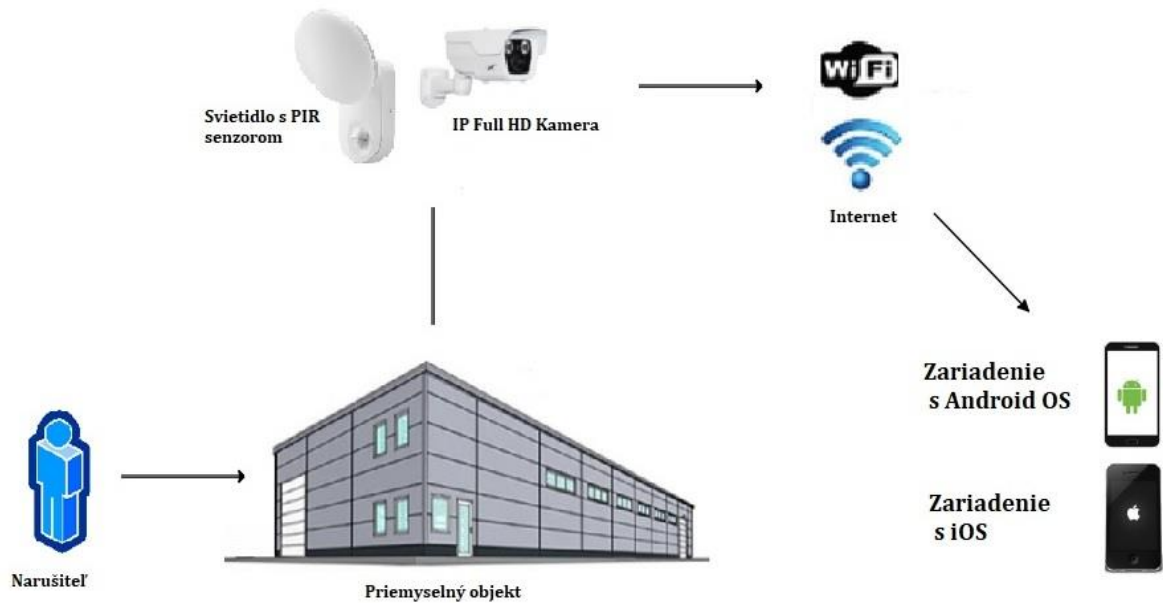


Obr. č. 24 Bloková schéma zabezpečenia domu pomocou spínavého svietidla s využitím PZTS [vlastný]

### 5.1.2 Priemyselné objekty

Jedná sa o zabezpečenie výrobných hál, skladov, atď. Pri návrhu zabezpečenia tu už veľmi záleží na požiadavkách investora, kedy sa môže jednať ako o podružnú skladovaciu halu, ktorú nie je treba akokoľvek zabezpečiť, tak naopak o výrobnú halu, v ktorej sa nachádzajú cenné zásoby, stroje, a pod. V tomto prípade bude požiadavka na jej zabezpečenie na vysokej úrovni.

Na zabezpečenie objektov je vhodné použiť bezpečnostný kamerový systém (SSTV) doplnený svietidlami s PIR senzormi. Keď sa priblíži narušiteľ k bezpečnostnej kamere, svietidlo s PIR senzorum sa automaticky rozsvieti a tým môže odstrašiť narušiteľa. Svietidlá s bezpečnostnými kamerami je možné pripojiť pomocou technológie WiFi k aplikácii výrobcu a ovládať ich odkiaľkoľvek. Samotné ovládanie potom umožňuje funkcie ako je napr. stmievanie svetla, nahrávanie HD videa, rovnako sú svietidlá opatrené aj kvalitným mikrofónom a speakermi. Súčasťou niektorých svietidiel je aj nastaviteľné infračervené čidlo pohybu.



Obr. č. 25 Bloková schéma priemyselného objektu za pomoci spínavého svietidla s využitím kamerových systémov (CCTV) [vlastný]

### 5.1.3 Administratívne budovy

Jedná sa štandardné administratívne budovy, sídla krajských úradov, magistráty, radnice, obecné úrady. V niektorých častiach týchto objektov je možný voľný pohyb osôb (občanov). Musíme tu preto počítať s vysokou možnosťou bezpečnostných rizík počnúc poškodením verejného majetku, krádežami až bohužiaľ v súčasnej dobe aj možnosťou teroristického útoku.

Pre tieto inštalácie bude vhodná aplikácia oboch spôsobov detekcie. Kamerové systémy so svietidlami s PIR senzormi pre prehľad pohybu verejnosti a pohybové detektory so svietidlami s PIR senzormi v neverejne prístupných oblastiach. V prípade, že sa v objekte bude vyskytovať aj oblasť s výskytom utajovaných informácií, sa musia použiť iba certifikované detektory, ktorými nie sú kamery.

## 6 MERANIE PRIESTOROVEJ CHARAKTERISTIKY SVIETIDIEL

Pri meraní priestorovej charakteristiky svietidiel zohral dôležitú úlohu výber svietidiel, výber normy, spísanie vývojového diagramu merania, príprava pracoviska na meranie, upevnenie svietidiel na stojan, prevedenie merania, porovnanie a vyhodnotenie nameraných hodnôt.

### 6.1 Výber svietidiel

Ako svietidlo s detektorom PIR som vybral svietidlo VERA WHST78-BI, ktoré som následne objednal z elektronického obchodu. Je určené na vnútorné použitie, ale môže byť vhodné aj ako nástenné v prevedení na stenu. Po rozbalení som zistil že sklenený kryt svietidla je rozbitý, preto som sa rozhodol urobiť meranie bez krytu. V rámci príslušenstva sa nachádzajú skrutky pre montáž na stenu.



Obr. č. 26 Svietidlo s PIR senzorom VERA WHST78- [vlastný]

Ako druhé svietidlo s detektorom PIR som vybral pohyblivé svietidlo LED svietidlo IP65, ktoré som zároveň s prvým svietidlom objednal z elektronického obchodu. Je určené na vnútorné, ale hlavne vonkajšie použitie. Toto svietidlo prišlo neporušené.



Obr. č. 27 LED svietidlo s PIR senzorom IP65 [vlastný]

### 6.1.1 Stropné/nástenné svietidlo s PIR senzorom VERA WHST78-BI

Nástenné, stropné, prisadené, interiérové, kruhové svietidlo s pohybovým PIR čidlom/so snímačom pohybu, s infraspínačom, so zabudovaným IR, so senzorom, stropné svetlo-disk biele 2x40W, 230V/2xE27, blokovanie okolitým svetlom. Alternatívne konkurenčné výrobky: Kanlux FOGLER DL-2400.

#### Technické parametre:

**Rozmery:** 30x9 cm

**Materiál:** kov, sklo

**Vstupné napätie:** 230V/50Hz

**Max. výkon [W]:** 2x40W

**Dosah pokrytia:** do 6 m pri inštalácii vo výške 2,5 – 3 metre

**Maximálny uhol pohybového čidla:** 360 stupňov

**Doba zopnutia:** 10 s – 3 min.

**Citlivosť:** 3-2000 lux

**Stupeň krytia:** IP20 – ochrana proti telesám väčším ako 12mm (pred prstom nad 12 mm a dĺžkou 80 mm), žiadna ochrana pred vodou.

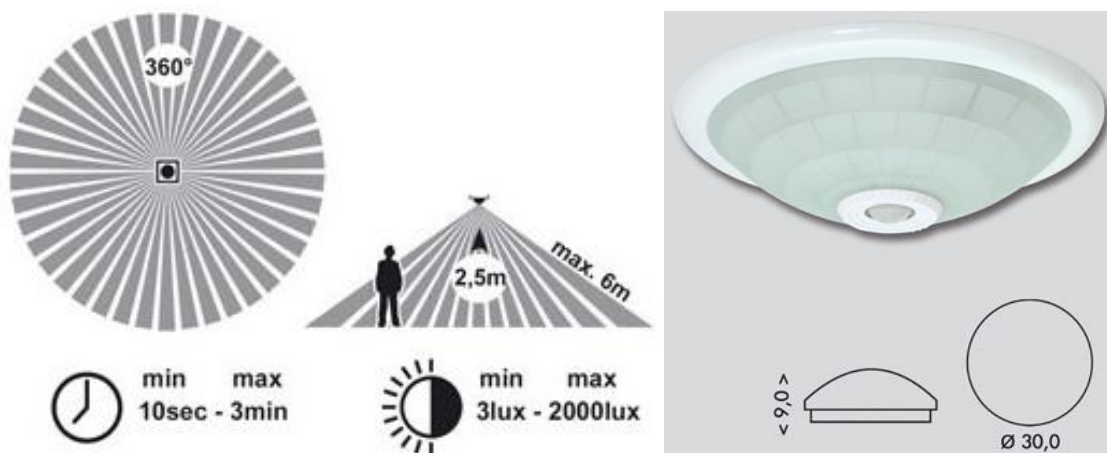
Svietidlo je možné montovať na strop. Svetidlo je možné montovať na normálne horľavé povrchy. Trieda 1. ochrany pred elektrickým prúdom – svetidlo musí byť uzemnené.

**Použitie:** Na osvetlenie v exteriéri alebo interiéri tam, kde je potrebné osvetlenie automaticky ovládať po zaznamenaní pohybu.

**Výhodné vlastnosti:** Dobré pokrytie priestoru pod čidlom. Plynulo nastaviteľná citlivosť. Nízka cena, dobrá kvalita. Automatické ovládanie svetla pomocou senzora šetrí elektrickú energiu. Ideálne pre chodby panelákov, WC, schodiská, pivnice, vchody do budov, obchody, nemocnice, sklady, úrady atď. Do svetidla je možné inštalovať klasické žiarovky, úsporné žiarovky alebo LED žiarovky.



Obr. č. 28 Svetidlo s PIR senzorem VERA WHST78-BI [31]



Obr. č. 29 Technické parametre svietidla s PIR senzorm VERA WHST78-BI [32]

Nástenné a stropné interiérové svietidlo Ecolite VERA disponuje PIR senzorm pohybu + zotmenia. Svietidlo VERA využíva štandardnú päťicu E27 pre dve žiarovky 230V/E27 (max. 40W) a je možné ho osadiť klasickou, úspornou aj LED žiarovkou. Pomocou otočných ovládačov je možné pri svietidle nastaviť citlivosť senzorov a čas zapnutia.

### 6.1.2 Nástenné pohyblivé LED svietidlo IP65 s PIR senzorm

Toto dizajnové vonkajšie nástenné svietidlo je vyrobené z odolných a kvalitných materiálov. Puzdro je vyrobené z kvalitného hliníka s odolnou povrchovou úpravou práškovou farbou, šošovka z matného skla je vyrobená z nárazu vzdorného plastu. Záhradné svietidlo nielen dobre osvetlí dané miesto či budovu, ale zvýši aj jej estetickú hodnotu. Svietidlo sa vyznačuje vysokým stupňom tesnosti, preto sa výborne hodí na fasády budov, plotov, terás, altánkov alebo pri vchodoch do domov či administratívnych budov. Použitie moderné SMD LED diódy zaručujú vysokú energetickú účinnosť a dlhú životnosť zariadenia. Riolit má zabudovaný pohybový senzor, ktorý navyše pomáha šetriť elektrickú energiu, pretože zapína osvetlenie len vtedy, keď je to potrebné.

#### Technické parametre:

**Napájanie:** 230V/50Hz

**Ovládanie doby svietenia:** min. 10 s., max. 5 min.

**Materiál:** polykarbonát (PC) + hliník

**Pracovná teplota:** -20 ~ 40 °C

**Montážna výška:** 1,8 – 2,5 m

**Max. svetelný tok:** 1100 lm

**Uhol svietenia:** 140°

**Výkon:** 15W

**Ovládanie intenzity svetla LUX:** <3-2000 lux

**Teplota farby:** neutrálna biela 4000K

**Typ snímača:** PIR

**Rozmery:** 170,7 x 159,2 x 80 mm

**Svetelný zdroj:** LED SMD

**Index podania farieb Ra/CRI:** > 85

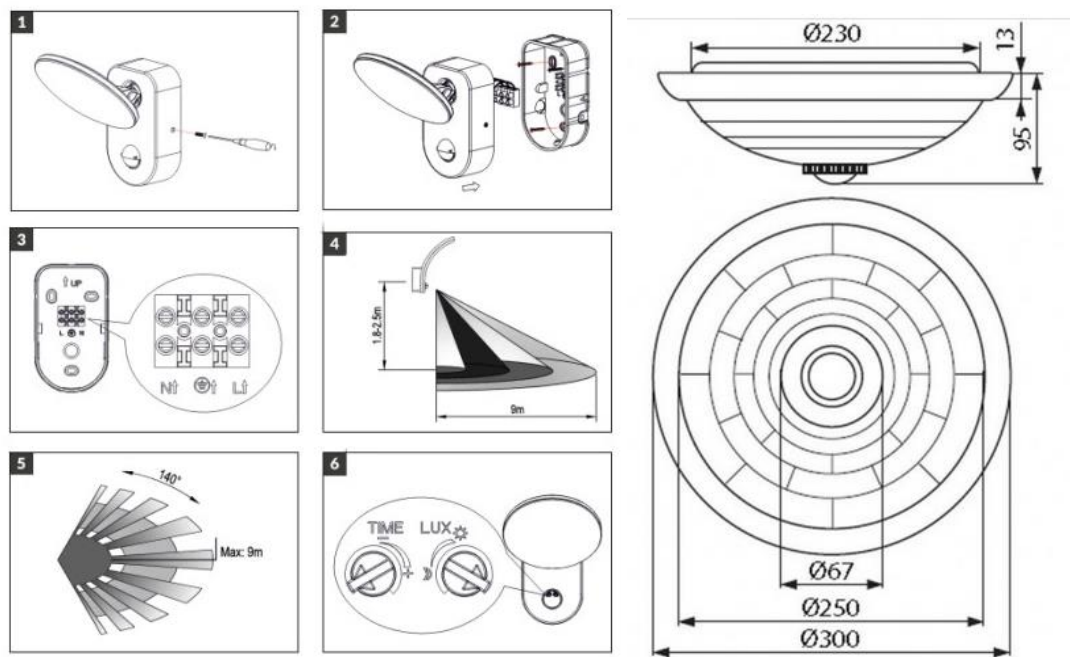
**Stmievateľnosť:** nestmievateľné

**Stupeň krytia:** IP65 – úplne prachotesné (pred akoukoľvek pomôckou), ochrana voči tryskajúcej vode



Obr. č. 30 Nástenné pohyblivé LED svietidlo IP65 s PIR senzorom [33]



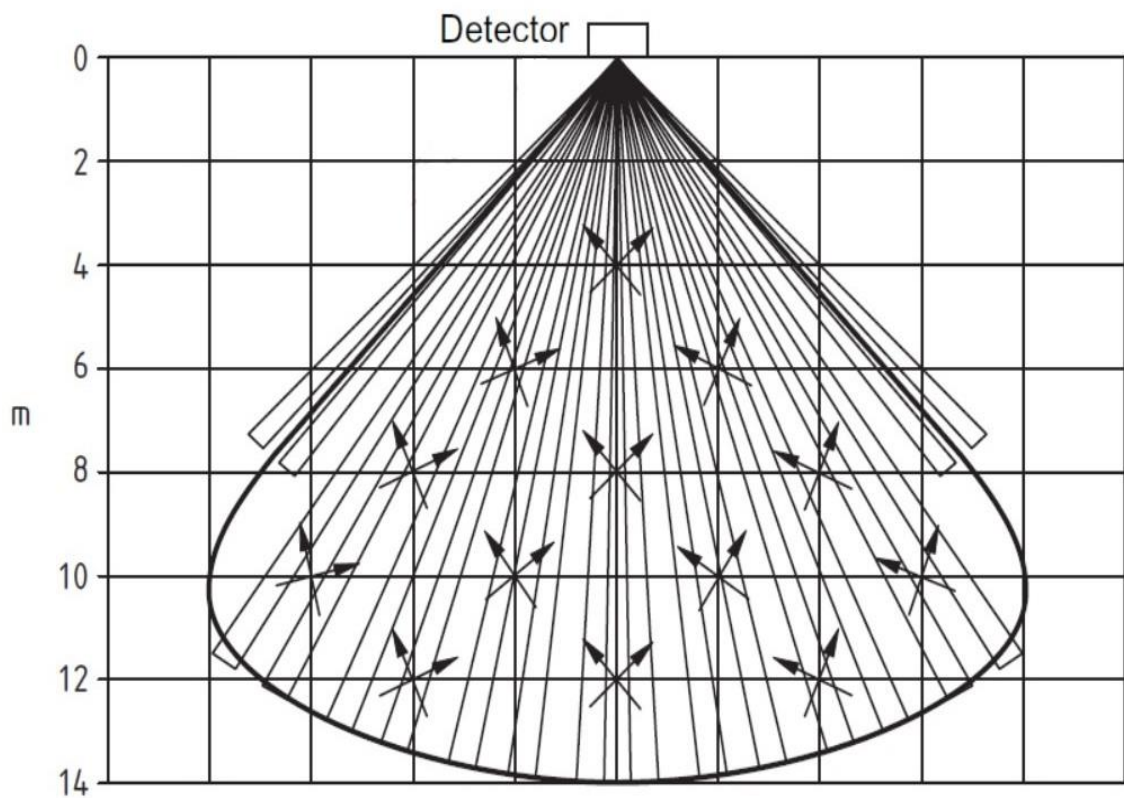


Obr. č. 31 Technické parametre nástenného pohyblivého LED svietidla IP65 s PIR senzorom [33]

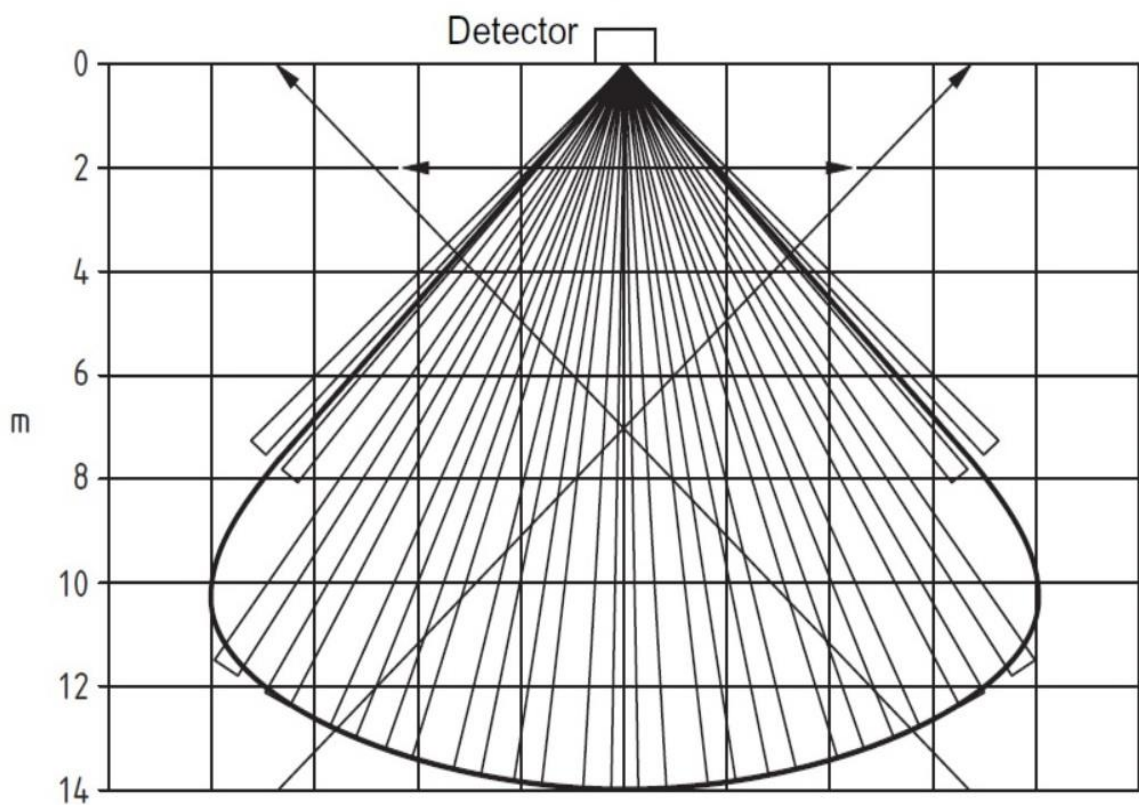
LED osvetlenie je energeticky úsporné, má dlhú životnosť a poskytuje jasný svetelný obraz. Vďaka zabudovanému PIR pohybovému senzoru je nástenné svietidlo aktívne len pri zaznamenaní pohybu. Trvanie je plynule nastaviteľné od 10 sekúnd do 5 minút. Súmrakovým spínačom môžete nastaviť, v akom množstve svetla je nástenné svietidlo aktívne. Toto je plynule nastaviteľné od 3 do 2000 luxov.

## 6.2 Norma STN EN 50131-2-4 Poplachové systémy.

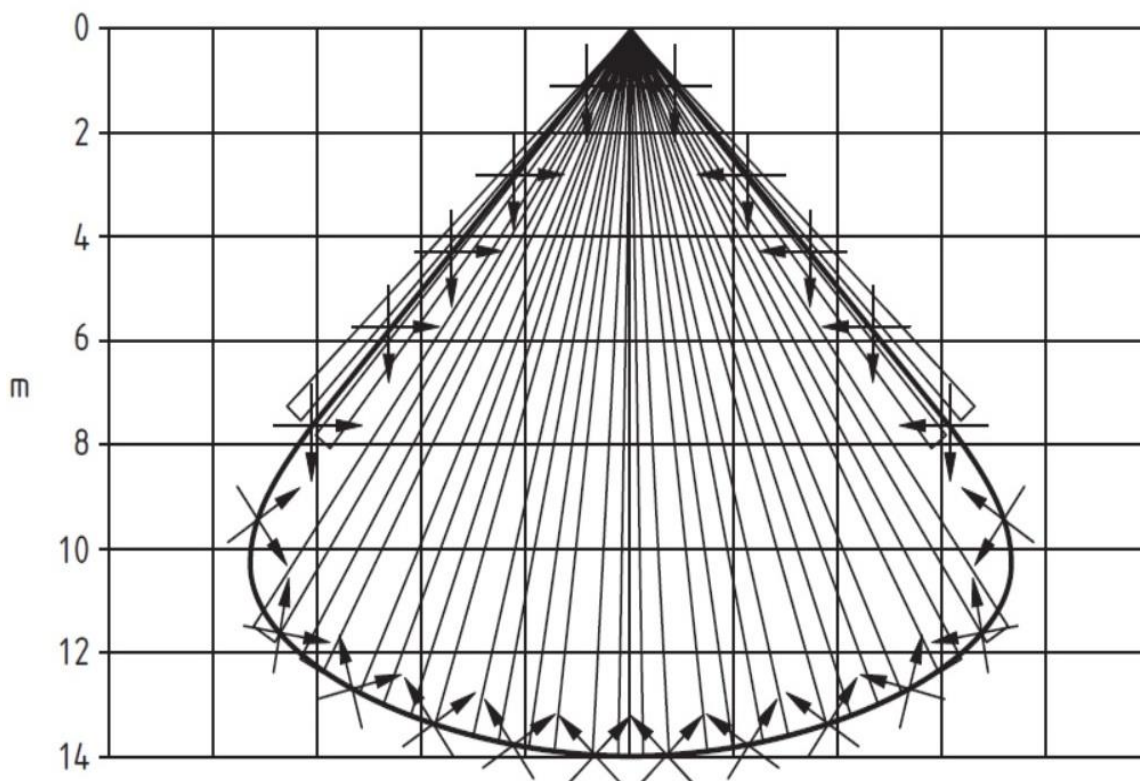
Meranie prebehlo podľa Slovenskej technickej normy **STN EN 50131-2-4** Poplachové systémy. Elektrické zabezpečovacie a tiesňové systémy. Časť 2-4: Požiadavky na kombinované pasívne infračervené a mikrovlnné detektory. K použitiu normy s možnosťou tlače, prenosu textu a obrázkov pre IPC bolo potrebné zakúpenie licencie na web portály UNMS. Po zakúpení licencie bolo potrebné do PC nainštalovať potrebný file open plugin z firmy File Open k softvéru Adobe Reader. Pri prvom otvorení normy vyžaduje systém ochrany prístup na internet. Otvorením PDF na príslušnom počítači sa tento zaeviduje do systému STN. Súbor po prvom otvorení v on-line režime je možné následne otvárať aj v off-line režime.



Obr. č. 32 Detekcia v rámci hraníc [30]



Obr. č. 33 Vysoký rychlost' a prerušovaný pohyb [30]



Obr. č. 34 Schéma testu: Detekcia cez hranicu [30]

Pre účely testovania svietidiel som vybral obrázok č.28 z normy, pretože umožňuje spoľahlivejšie a lepšie detegovať priestorové charakteristiky svietidiel. Obrázok zobrazuje príklad hranice detekcie uvádzanej výrobcom. Umiestnite testovacie body v 2 m intervaloch okolo hranice detekčného vzoru, začínajúc od detektora a ukončenie tam, kde hranica pretína os detektora. Opakujte pre opačnú stranu detekčný vzor. Ak je detekcia medzi konečným bodom na každej strane väčšia ako 2 m, vykonajte test bod, kde hranica pretína os detektora. Pre detektory 1. stupňa je potrebné iba otestovať alternatívne testovacie body.

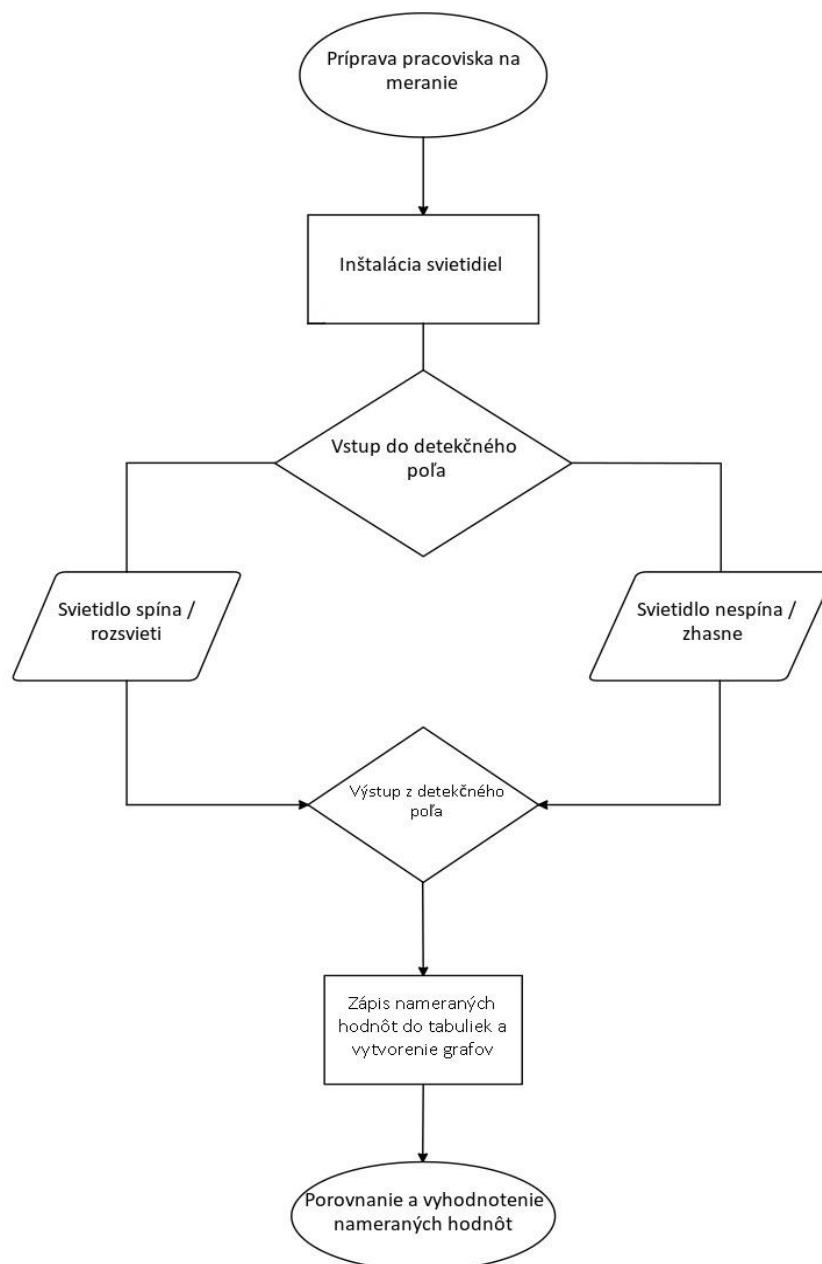
### Testovacie postupy:

Detektor sa montuje do výšky 2,0 m, pokiaľ výrobca nešpecifikuje inak. Orientácia musí zodpovedať špecifikácii výrobcu. Detektor musí byť pripojený k menovitému napájacíemu napätiu a pripojený k zariadeniu. Treba stabilizovať detektor na 180 s. Ak sú k dispozícii viaceré režimy citlivosti, ako napríklad počítanie impulzov, režimy určí výrobca. Musia sa testovať všetky vyhovujúce režimy. Skúšať sa začína 1,5 m od skúšobného bodu a končí

1,5 m za ním. Test chůdze je prechádzka jedným smerom cez testovací bod. Pred začatím a po dokončení musí SWT stáť na jednom mieste aspoň 20 s. Test chůdze generuje signál alebo správu o vniknutí. Prípadne, ak prvý pokus o prechádzku nevygeneruje signál alebo správu o vniknutí, musia sa vykonať štyri ďalšie pokusy. Vykonávajú sa celkom štyri testy chůdze. Dva testy chůdze začínajú mimo detekčnej hranice z protiaľhlej strany smerujúc k strednému bodu osi detektora. Tretí a štvrtý test chůdze prechádza v opačných smeroch vo vzdialenosti 2 m pred a rovnobežne z referenčnou čiarou detektora. Po skúškach a akomkoľvek období zotavenia prepísanou normou vykonajte základný detekčný test a vizuálne skontrolujte detektor z vnútra aj z vonka či neobsahuje známky mechanického poškodenia. Po skúške prieniku vody utrite všetky kvapky vody z vonkajšej strany krytu, osušte detektor a vykonajte základný detekčný test. Na sušenie sa nesmie používať teplý vzduch. Základná detekčná skúška sa vykonáva ihneď po vysušení. Vizuálnom kontrolou skontrolujte či bol detektor dodaný s pokynmi pre jasnú a stručnú inštaláciu, funkcie údržby a všetkých informáciách uvedené k tejto norme a údaje o výkone uvádzane výrobcem.

### 6.3 Vývojový diagram merania

Pre priebeh merania som vytvoril vývojový diagram, kde začiatok tvorí príprava pracoviska na meranie a inštalácia svietidiel. Následne IR vstupuje do detekčného poľa a sleduje či svietidlo spína ( rozsvieti ) alebo nespína ( zhasne ). Ďalej vývojový diagram obsahuje výstup IR z detekčného poľa. Koniec tvorí zápis hodnôt do tabuliek, vytvorenie grafov a následné porovnanie, vyhodnotenie zapísaných hodnôt.



Obr. č. 35 Vývojový diagram merania [vlastný]

## 6.4 Príprava pracoviska na meranie

Merania prebehli dňa 20.4. 2022 pri teplote 20,0 °C. Priestorové meranie na maximálny dosah detektora som vzhľadom na rozmery priestorov musel realizovať vonku. Za vhodný objekt som vybral rovný priestor v záhrade, kde som upravil povrch a následne pomocou cementu nakreslil pole 8x8 m rozdelené po 1 m dieloch. Na spodnej časti štvrtého diela pola som umiestnil okrúhle svietidlo PIR so senzorem VERA WHST78-BI. Po dokončení merania bolo demontované a následne namontované svietidlo PIR IP65 s LED svietidlom, umiestnené bolo rovnako, len vzhľadom k väčšiemu dosahu bolo umiestnené 1,5 m ďalej od nakresleného poľa.



Obr. č. 36 (vľavo) Príprava na meranie, vyznačenie detekčného pola- svetlo zhasnuté [vlastný]

Obr. č. 37 (vpravo) Príprava na meranie, vyznačenie detekčného pola- svetlo rozsvietené [vlastný]

## 6.5 Upevnenie svietidiel na stojan

K svietidlu s PIR senzorem VERA WHST78-BI som primontoval dve žiarovky 230V/E27. Potom som svietidlo zapojil a upevnil na teleskopický stojan za pomoci drôtu. Stojan som následne vypodložil do potrebnej výšky 2,0 m.



Obr. č. 38 (vľavo) Svetidlo s PIR senzorem VERA WHST78-BI na stojan [vlastný]

Obr. č. 39 (vpravo) Upevnenie svetidla s PIR senzorem VERA WHST78-BI na stojan [vlastný]

Po prevedení prvého merania bolo otestované svetidlo odmontované a následne namontované druhé nástenné svetidlo IP65 s PIR senzorem. Svetidlo sa zapojilo tak isto ako prvé, len vzhľadom k väčšiemu dosahu do 9 m musel byť detektor umiestnený ďalej ako pri prvom meraní 1,5 m od detekčného poľa.



Obr. č. 40 Zapojenie svetidla IP65 s PIR senzorem [vlastný]

Bolo prevedené zapojenie nástenného svetidla PIR, k tomuto svetidlu neboli potrebné žiarovky, pretože má už v sebe zabudované výkonné LED svetlo. V tomto prípade nebolo potrebné vypodloženie. Svetidlo bolo upevnené na stojan za pomoci drôtu a umiestnené do potrebnej výšky 1,5 m.

## 6.6 Prevedené meranie svietidla PIR so senzorom VERA WHST78-BI

Po dokončení prípravy na pracovisko bolo prevedené meranie detekčných charakteristík pomocou chôdze podľa Slovenskej technickej normy STN EN 50131-2-4.

### 6.6.1 Prvý test

Z ľavej strany od detektora bolo prevedené meranie detekčných charakteristík pomocou chôdze, kde sa IR pohybuje na hranici detekčnej charakteristiky. Po vstupe do nej a následnom zaznamenaní detektorom, rozsvietení svietidla, som umiestnil na bod značku z polystyrénu s číslom jedna. Potom som zostal stáť po dobu 20 s, pokým sa svietidlo nezhasne, následne som krokom vyšiel von z detekčnej charakteristiky.



Obr. č. 41 (vľavo) Meranie v detekčnom poli [vlastný]

Obr. č. 42 (vpravo) Meranie mimo detekčného poľa [vlastný]

Na obrázku na ľavej strane je znázornený IR v detekčnom poli a obrázok na pravej strane zobrazuje IR mimo detekčného poľa. Prevedený test bol úspešný a hodnoty boli zapísané do tabuľky.

### 6.6.2 Druhý test

Meranie detekčných charakteristík pri druhom teste prebehlo rovnako ako pri prvom teste. Z ľavého boku od detektora som pristúpil k druhému dielu poľa a po krokoch dlhých 1 m som postupoval na hranici detekčnej charakteristiky. Následne som vošiel do detekčnej charakteristiky a po zaznamenaní detektora, rozsvietení svietidla, som umiestnil k bodu



značku z polystyrénu s číslem dva. Zostal som stát' potrebných 20 s a následne krokom vyšiel z detekčnej charakteristiky.



Obr. č. 43 (vľavo) Meranie po 1 m v detekčnom poli [vlastný]

Obr. č. 44 (vpravo) Meranie po 1 m mimo detekčného poľa [vlastný]

Obrázok na ľavej strane zobrazuje IR v detekčnom poli. Druhý obrázok zobrazuje IR mimo detekčného poľa. Druhý test prebehol úspešne, namerané hodnoty boli zapísané do tabuľky.

### 6.6.3 Tretí test

Tretí test som sa rozhodol robiť medzi štvrtým a piatym dielom ľavej strany poľa. Detekčným testom chôdze som sa pohyboval na detekčnej hranici charakteristiky. Po vniknutí do detekčnej charakteristiky, rozsvietení svietidla, som umiestnil k nameranému bodu značku z polystyrénu s čísлом tri. Počkal som potrebných 20 s a následne krokom vyšiel z detekčnej charakteristiky.



Obr. č. 45 (vľavo) Meranie v detekčnom poli medzi 4. a 5. dielom [vlastný]

Obr. č. 46 (vpravo) Meranie mimo detekčného poľa medzi 4. a 5. dielom [vlastný]

Obrázok vľavo zobrazuje IR v detekčnom poli. Druhý obrázok zobrazuje IR mimo detekčného poľa. Meranie prebehlo úspešne a namerané hodnoty boli zapísané do tabuľky.

#### 6.6.4 Štvrtý test

Štvrtý test prebehol rovnakým postupom ako predošlé tri testy. Premiestnil som sa medzi piaty a šiesty diel poľa. Testom chôdze som kráčal po hranici detekčnej charakteristiky a následne vstúpil do nej. Po zaznamenaní detektorom, rozsvietení svietidla, som umiestnil na bod značku s polystyrénu, na ktorej je číslo štyri. Potom som počkal potrebných 20 s na mieste, po zhasnutí svietidla som vystúpil von z detekčnej charakteristiky.



Obr. č. 47 (vľavo) Meranie v detekčnom poli medzi 5. a 6. dielom [vlastný]

Obr. č. 48 (vpravo) Meranie mimo detekčného poľa medzi 5. a 6. dielom [vlastný]

Obrázok vľavo zobrazuje IR v detekčnom poli. Na druhom obrázku je zobrazený IR mimo detekčného poľa. Výsledkom testu boli namerané hodnoty, ktoré boli zapísané do tabuľky.

### 6.6.5 Piaty test

Posledný piaty test tohto merania prebehol rozdielne ako predošlé. Tu som testom chôdze kráčal kolmo oproti detektoru a po rozsvietení svietidla umiestnil na nameraný bod značku z polystyrénu, ktorá má číslo päť. Následne som zostal stáť po potrebnú dobu 20 s na mieste, po zhasnutí svietidla som vystúpil von z detekčnej charakteristiky.



Obr. č. 49 (vľavo) Meranie v detekčnom poli kolmo pred detektorom [vlastný]

Obr. č. 50 (vpravo) Meranie mimo detekčného poľa kolmo pred detektorom [vlastný]

Na obrázku vľavo je zobrazený IR v detekčnom poli. Na druhom obrázku vpravo je objekt mimo detekčného poľa, kde svietidlo nesvieti.

Zvyšné testy na druhej strane neboli dôležité, keďže namerané hodnoty sú zrkadlovito rovnaké s nameranými hodnotami jednej strany.

### 6.6.6 Namerané hodnoty

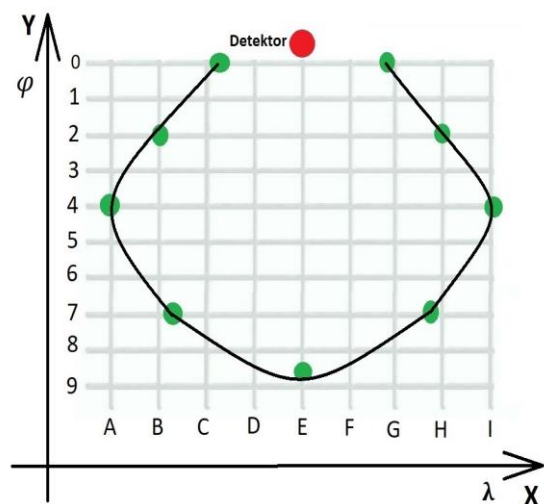
Do tabuľky boli zapísané súradnice z úspešne nameraného testovania svietidla PIR so senzorom VERA WHST78-BI . Bodov testovania bolo 5. Ku každému bodu som podľa prevedeného merania zapísal parametre z osi X a Y.

Test svietidla VERA WHST78-BI s PIR senzorom

| Body: | X | Y |
|-------|---|---|
| 1     | G | 0 |
| 2     | H | 2 |
| 3     | 4 |   |
| 4     | H | 7 |
| 5     | E | 9 |

Tab. č. 1 Tabuľka so súradnicami svietidla VERA WHST78-BI s PIR senzorom [vlastný]

Výstupom nameraných testov zapísaných v tabuľke č.1 so súradnicami X,Y je graf č.1.



Obr. č. 51 (vľavo) Reálna fotografia s vyznačenými bodmi detekčnej hranice VERA WHST78-BI [vlastný]

Graf č. 1 (vpravo) Výstup nameraných hodnôt VERA WHST78-BI [vlastný]

Prvý obrázok zobrazuje reálne vyznačené body detekčnej hranice. Na grafe vpravo sú vidieť namerané hodnoty zobrazených v bodoch. Červený bod zobrazuje detektor, zelené body sú úspešne prevedené testy. Zelené body sú pospájané čiernou čiarou, ktorá znázorňuje hranice dosahu svietidiel s PIR detektorom.

## 6.7 Prevedené meranie LED svietidla IP65 s PIR senzorom

Meranie LED svietidla IP65 s PIR senzorom prebehlo v podvečerných hodinách o teplote 18 °C, tak rovnako ako meranie svietidla PIR so senzorom VERA WHST78-BI. Meranie prebehlo na rovnakom nakreslenom poli, len detektor bol vzhľadom k väčšiemu dosahu umiestnený o 1,5 m ďalej od nakresleného poľa. Meranie prebehlo základným detekčným testom chôdze podľa normy STN EN 50131-2-4: Poplachové systémy. U LED svietidla IP65 s PIR senzorom boli prevedené štyri meracie testy z jednej strany a taktiež z druhej strany. Pri každom teste som sa krokom pohyboval po detekčnej hranici charakteristiky, po vniknutí do nej a následnom rozsvietení svietidla boli k bodom umiestnené značky z polystyrénu s číslami od jedna po štyri. Následne som počkal potrebných 20 s, kým svietidlo nezhasne a krokom vystúpil z detekčnej charakteristiky.



Obr. č. 52 (vľavo) Meranie mimo detekčného poľa pri svietidle IP65 [vlastný]

Obr. č. 53 (vpravo) Meranie v detekčnom poli pri svietidle IP65 [vlastný]

Obrázok vľavo a obrázok vpravo zobrazujú všetky namerané body testovacieho merania. Keďže meranie prebehlo rovnako ako u prvého merania svietidla PIR s senzorom VERA WHST78-BI, nebolo nutné rozpisovať postup štyroch prevedených meraní. Všetky meracie testy prebehli úspešne a nebolo nutné ich znova opakovať. Namerané hodnoty boli následne zapísané do tabuľky.

### 6.7.1 Namerané hodnoty

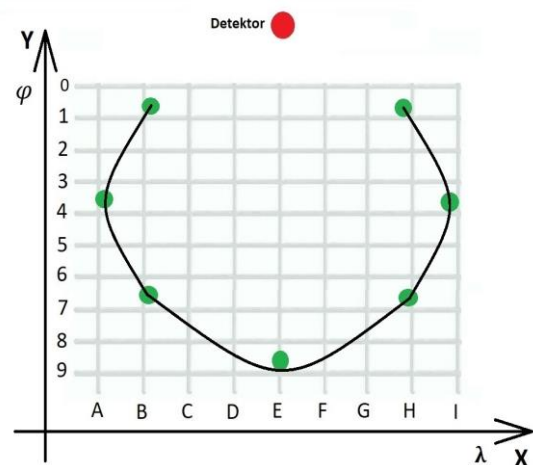
Tabuľka obsahuje súradnice z úspešne nameraného testovania pohyblivého LED svietidla IP65 s PIR senzorom. Boli prevedené štyri testovania, z ktorých boli výsledkom štyri body. Ku každému bodu som podľa prevedeného merania zapísal parametre k osi X a Y. Výsledkom prevedeného merania je tabuľka.

Test svietidla LED svietidla IP65 s PIR senzorom

| Body: | X | Y |
|-------|---|---|
| 1     | H | 1 |
| 2     | I | 4 |
| 3     | H | 7 |
| 4     | E | 9 |

Tab. č. 2 Tabuľka so súradnicami LED svietidla IP65 s PIR senzorom [vlastný]

Výstupom nameraných testov zapísaných v tabuľke č.2 so súradnicami X,Y je graf č.2. Výsledkom grafu je zistenie detekčnej hranice LED svietidla IP65 s PIR senzorom.



Obr. č. 54 (vľavo) Reálna fotografia s vyznačenými bodmi detekčnej hranice IP65 [vlastný]

Graf č. 2 (vpravo) Výstup nameraných hodnôt IP65 [vlastný]

Obrázok vľavo zobrazuje reálnu fotografiu so skutočnými nameranými bodmi. Graf vpravo zobrazuje namerané body, kde červený bod je detektor a zelené body sú úspešne namerané testy. Zelené body sú poprepájané čiernou čiarou, ktorá zobrazuje maximálny dosah hranice detekčného poľa.

## 6.8 Porovnanie nameraných hodnôt

Údaje, ktoré udáva výrobca, sa porovnali s nameranými hodnotami s cieľom zistiť skutočné detekčné charakteristiky a možné odchýlky svietidiel s PIR detektormi.

### 6.8.1 Porovnanie hodnôt svietidla VERA WHST78-BI s PIR senzorom

| Namerané hodnoty X,Y: | Hodnoty X,Y od výrobcu: | Odchýlky: |
|-----------------------|-------------------------|-----------|
| 3,75 m                | 3,70 m                  | 0,05 m    |
| 5,80 m                | 2,40 m                  | 0,00 m    |
| 6,05 m                | 6,00 m                  | 0,05 m    |
| 5,80 m                | 5,80 m                  | 0,00 m    |
| 6,05 m                | 6,00 m                  | 0,05 m    |

Tab. č. 3 Tabuľka porovnania svietidla VERA WHST78-BI s PIR senzorom s údajmi od výrobcu [vlastný]

Tabuľka zobrazuje namerané hodnoty z piatich úspešne prevedených testov. Následne sú metódou odčítania nameraných hodnôt s hodnotami od výrobcu porovnané a zapísané prípadné odchýlky. Údaje v tabuľke sú v metroch.

### 6.8.2 Porovnanie hodnôt pohyblivého LED svietidla IP65 s PIR senzorom

| Namerané hodnoty X,Y: | Hodnoty X,Y od výrobcu: | Odchýlky: |
|-----------------------|-------------------------|-----------|
| 4,80 m                | 2,40 m                  | 0,00 m    |
| 6,10 m                | 5,60 m                  | -0,25 m   |
| 4,80 m                | 2,40 m                  | 0,00 m    |
| 9,40 m                | 9,00 m                  | 0,40 m    |

Tab. č. 4 Tabuľka porovnania hodnôt pohyblivého LED svietidla IP65 s PIR senzorom s údajmi od výrobcu [vlastný]

Tabuľka zobrazuje namerané hodnoty zo štyroch úspešne prevedených testov pomocou chôdze. Následne sú skutočné namerané hodnoty porovnané s hodnotami, ktoré uvádza výrobca.

### 6.8.3 Vyhodnotenie nameraných hodnôt s hodnotami od výrobcu

Porovnaním nameraných hodnôt u svietidla VERA WHST78-BI s PIR senzorom s hodnotami od výrobcu, bolo zistené, že namerané hodnoty sa nijak výrazne nelíšia s hodnotami, ktoré udáva výrobca. Maximálny detekčný dosah tohto svietidla je, ako udáva výrobca, 8,0 m na dĺžku detekčného poľa a 2,5 m na šírku detekčného poľa.

Porovnaním nameraných hodnôt u LED svietidla IP65 s PIR senzorom s hodnotami od výrobcu, som zistil, že pri druhom teste bola odchýlka 0,25 m a pri štvrtom teste 0,4 m. Skutočný maximálny detekčný dosah tohto svietidla je o 0,25 m na šírku menší ako udáva výrobca a o 0,4 m na dĺžku väčší ako udáva výrobca.



## ZÁVER

V teoretickej časti sa práca zaoberala základným opisom svetla, ich parametrami a delením svetelných zdrojov. Ďalej boli detailne popísané základné časti svietidiel, detekcii a detektory pohybu. Najčastejšie sa využívajú svietidlá s PIR detektormi, ich vývoj ide neustále dopredu, ale ako sa budú naďalej vyvíjať sa však s istotou povedať nedá. Dá sa predpokladať zvyšovanie spoľahlivosti týchto svietidiel.

V praktickej časti je porovnanie metód detekcie pohybu a ich použitie v praxi. Ďalej bola popísaná bezpečnostná aplikácia a požiadavky na miesto stráženia. Pri výbere svietidiel boli zvolené najčastejšie využívané svietidlá s PIR detektormi. Meranie bolo realizované podľa Slovenskej technickej normy STN EN 50131-2-4 Poplachové systémy. Na svietidlách s PIR detektormi bolo prevedené meranie priestorových detekčných charakteristík. Vzhľadom k veľkému dosahu bolo testovanie pomocou chôdze prevedené na väčšom rovnom priestranstve v záhrade rodinného domu v Skalici. Prínosom praktickej časti pre čitateľa je zostavenie a realizácia praktickej úlohy, vrátane jednoduchého návodu v podobe nameraných testov, kde získa teoretické a praktické znalosti o svietidlách s PIR detektormi.

Bolo navrhnuté použitie svietidiel s využitím bezpečnostných aplikácií. Pre zabezpečenie objektu rodinného domu som navrhol svietidlo s PIR senzorom spolu s využitím poplachového záchranného a tiesňového systému (PZTS). Na zabezpečenie premysleného objektu som navrhol svietidlá s PIR senzormi ktoré spolupracujú s bezpečnostným kamerovým systémom (CCTV).

Ďalší vývoj bezpečnostných aplikácií sa dá odhadnúť tak, že sa časom prestane využívať ústredňa a každý detektor bude mať svoj vlastný komunikačný kanál s GSM bránou. Vzhľadom k neustále klesajúcim cenám elektroniky sa da predpokladať že sa detektor tak zlacní, že v budúcnosti môže byť súčasťou kamerových systémov (CCTV). Dá sa s istotou povedať že bezpečnostné systémy obecné smerujú k integrácií, kde sa znižuje hranica medzi bezpečnostnými poplachovými a nepoplachovými systémami a dochádza k ich spojeniu. Vývoj týchto systémov napreduje stále vpred a da sa s istotou povedať že sa bude zvyšovať výkon, spoľahlivosť a ich zdokonaľovanie, doplnenie poplachovými prvkami integrácie, kde sa posunú z režimu osvetlenia k bezpečnostným aplikáciám.

Cieľom tejto práce bolo zrealizovanie meranie základných charakteristík svietidiel. Ďalej následné porovnanie nameraných hodnôt, ktoré boli dosiahnuté testovaním s hodnotami

ktoré priamo udáva výrobca. Na základe tých hodnôt bolo urobené vyhodnotenie, kde sa zistili menšie odchýlky u LED svietidla s PIR senzorom IP65. Veľa faktorov ovplyvňuje správnu funkciu svietidiel. Správne fungovanie svietidiel s PIR detektormi závisí od správneho umiestnenia a nastavenia pri realizácii týchto svietidiel s detektormi v chránenom priestore. Svietidlá s PIR senzormi majú veľké využitie pre súkromných či firemných užívateľov v oblasti pre osvetlenie.

**ZOZNAM POUŽITEJ LITERATURY**

- [1] PLCH, Jiří, Petr SUCHÁNEK a Jitka MOHELNÍKOVÁ. *Osvětlení neosvětlitelných prostor*. Brno: ERA group, 2004. ISBN 80-86517-82-9.
- [2] FUKALOVÁ, Romana, Irena Šestáková a Pavel Lupač. *Světlo a jeho vliv na lidské emoce a vnímání prostředí* [online]. 2013 [cit. 2022-03-31]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/365935-Svetlo-a-jeho-vliv-na-lidske-emoce-a-vnimani-prostredi.html>
- [3] ŠUŠKLEB, Jan. *Aplikovaný lighting design: vhled do oboru světelného designu*. Brno: Janáčkova akademie múzických umění v Brně, 2010. ISBN 978-80-86928-83-8.
- [4] VEITCH, Jennifer A. and Guy R. NEWSHARN. Lighting quality and energyefficiencyeffects on task performance, mood, health satisfaction andcomfort. In: *Journal of the illuminating Engineering Society* [online]. September 2013, vol. 27, iss. 01, pp. 107-129 [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/44071758\\_Lighting\\_Quality\\_and\\_Energy\\_Efficiency\\_Effects\\_on\\_Task\\_Performance\\_Mood\\_Health\\_Satisfaction\\_and\\_Comfort](https://www.researchgate.net/publication/44071758_Lighting_Quality_and_Energy_Efficiency_Effects_on_Task_Performance_Mood_Health_Satisfaction_and_Comfort)
- [5] SOKANSKÝ, Karel. *Světelná technika*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04941-9.
- [6] HABEL, Jiří a Karel DVOŘÁČEK, Vladimír DVOŘÁČEK a Petr ŽÁK. *Světlo a osvětlování*. Praha: FCC Public s. r. o., 2013. ISBN 978-80-86534-21-3.
- [7] NETUŠIL, Jaroslav. *Světlo v teorii a praxi*. Praha: Práce, 1960.
- [8] HABEL, Jiří. *Světelná technika a osvětlování*. Praha: FCC Public, 1995. ISBN 80-901985-0-3.
- [9] LINDA, Josef. *Elektrické světlo II*. Plzeň: Západočeská univerzita, 1995. ISBN 80-7082-167-1.

- [10] GAŠPARÍK, Jozef a Pavol OROSI. *Umelé osvetlenie staveniska počas staveniskovej prevádzky*. Brno: Tribun EU, 2013. ISBN 978-80-263-0541-5.
- [11] DVOŘÁČEK, Vladimír. Světelné zdroje - halogenové žárovky. In: *Světlo: časopis pro světelnou techniku a osvětlování* [online]. 2008, č. 5, s. 56-58 [cit. 2022-01-02]. ISSN 1212-0812. Dostupné z: <http://odbornecasopisy.cz/res/pdf/37973.pdf>
- [12] DVOŘÁČEK, Vladimír. Světelné zdroje – světelné diody. In: *Světlo: Časopis pro světlo a osvětlování* [online]. 2009, č. 5, s. 68-71 [cit. 2022-01-02]. ISSN 1212-0812. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/svetelne-zdroje-svetelne-diody--15723>
- [13] RIORDAN, Michael. PN přechod. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2022-02-15]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/PN\\_p%C5%99echod#cite\\_note-1](https://cs.wikipedia.org/wiki/PN_p%C5%99echod#cite_note-1)
- [14] PELCL, Jiří. *Design: od myšlenky k realizaci*. Praha: Vysoká škola uměleckoprůmyslová v Praze, 2012. ISBN 978-80-86863-45-0.
- [15] MONZER, Ladislav. *Osvětlení a svítidla v bytech*. Praha: Grada, 1998. ISBN 80-7169-620-X.
- [16] SOKANSKÝ, Karel. *Racionalizace v osvětlování kancelářských, školských a bytových prostor* [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava. Fakulta techniky a informatiky, 2004 [cit. 2022-02-04]. Dostupné z: <http://www.csorsostrava.cz/publikace/racionalizace%20-%202004.pdf>
- [17] SOKANSKÝ, Karel a kolektiv. *Základy základů světelné techniky: Účinnost svítidel a možnosti jejího zvyšování* [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava. Fakulta techniky a informatiky, 2007 [cit. 2022-02-05]. Dostupné z: [http://fei1.vsb.cz/kat410/studium/studijni\\_materialy/vuee/VUEE\\_Zaklady\\_svetelne\\_techiky.pdf](http://fei1.vsb.cz/kat410/studium/studijni_materialy/vuee/VUEE_Zaklady_svetelne_techiky.pdf)

- [18] SOKANSKÝ, Karel a kolektiv. *Dominantní vlivy ovlivňující spotřebu elektrické energie osvětlovacích soustav* [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava. Fakulta techniky a informatiky, 2007 [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: [http://www.csorsostrava.cz/publikace/dominantni\\_vlivy\\_2007.pdf](http://www.csorsostrava.cz/publikace/dominantni_vlivy_2007.pdf)
- [19] SOKANSKÝ, Karel. *Metodické pokyny pro sjednocení požadavků na obnovu veřejného osvětlení*. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2013. ISBN 978-80-248-3327-9.
- [20] UHLÁŘ, Jan. *Technická ochrana objektů. II. díl. Elektrické zabezpečovací systémy II*. 2. vyd. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze, 2009. ISBN 978-80-7251-313-0.
- [21] KŘEČEK, Stanislav. *Průručka zabezpečovací techniky*. 2. vyd. Blatná: Blatenská tiskárna, 2003. ISBN 80-902938-2-4.
- [22] MARTINEK, Radislav. *Senzory v průmyslové praxi*. Praha. Nakladatelství BEN, 2004. ISBN 80-7300-114-4.
- [23] KOCÁBEK, Pavel a Tomáš KONÍČEK. *Bezpečné bydlení*. Brno: ERA, 2003. ISBN 80-86517-63-2.
- [24] LUKÁŠ, Luděk. *Bezpečnostní technologie, systémy a management I*. Zlín: VeRBuM, 2011. ISBN 978-80-87500-05-7.
- [25] BURDA, Karel. *Základy elektronických zabezpečovacích systémů*. Akademické nakladatelství CERM, 2017. ISBN 978-80-7204-967-7.
- [26] LUKÁŠ, Luděk. *Bezpečnostní technologie, systémy a management III*. 1. vyd. Zlín: Radim Bačuvčík - VeRBuM, 2013. ISBN 978-80-87500-35-4.
- [27] UHLÁŘ, Jan. *Technická ochrana objektů. III. díl, ostatní zabezpečovací systémy*. Praha: Vydavatelství PA ČR, 2006. ISBN 80-7251-235-8.

[28] MALIŠKA, Roman. Umelé světlo může výrazně narušit naše biologické hodiny [online]. Techpedia. 2017. [cit. 2017-12-20]. Dostupné z: <https://www.techpedia.sk/veda-avyvoj/novinky/smart-home-cities/4013/umele-svetlo-moze-vyrazne-narusit-nase-biologickehodiny>

[29] Čo je Svetlo? [online]. Na Svetle záleží. [cit. 2017-06-24]. Dostupné z: <http://www.uspornaziarovka.sk/pages/%C4%8Co-je-Svetlo%3F.html>

[30] Slovenská technická norma: Poplachové systémy. Elektrické zabezpečovacie a tiesňové systémy . Časť 2-4: Požiadavky na kombinované pasívne infračervené a mikrovlnné detektory. STN EN 50131-2-4. Dostupné z: <https://www.normy.unms.sk/eshop/public/login.aspx>

[31] Svítidlo s čidlem pohybu VERA WHST78-BI 2x40 W, bílá. Dostupné z: <https://www.svetla-online.cz/svitidla-s-cidlem/18903-svitidlo-s-cidlem-pohybu-vera-whst78-bi-2x40w.html>

[32] Svietidlo s PIR senzorem VERA biele 2xE27/40 W. Dostupné z: <https://www.fireflyshop.sk/svietidlo-s-pir-senzorom-vera-biele-whst78-bi#>

[33] Biele nástenné pohyblivé LED svietidlo IP65 s PIR senzorem 15 W. Dostupné z: <https://forled.sk/biele-nastenne-pohyblive-led-svietidlo-ip65-s-pir-senzorom-15w/>

[34] Metódy ovládání osvětlení. Dostupné z: [https://www.ligman.com/cs/lighting-control-methods/?fbclid=IwAR3Kk0SOuZQ7tcC\\_3xabXywE7lpkWsJ4SWtisoMx\\_lquFCZKvbz3sE39yf4](https://www.ligman.com/cs/lighting-control-methods/?fbclid=IwAR3Kk0SOuZQ7tcC_3xabXywE7lpkWsJ4SWtisoMx_lquFCZKvbz3sE39yf4)

**ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK**

|                 |   |
|-----------------|---|
| PZTS            | poplachové zabezpečovacie a tiesňové systémy    |
| GDPR            | všeobecné nariadenie na ochranu osobných údajov |
| BOZP            | bezpečnosť a ochrana zdravia pri práci          |
| T <sub>c</sub>  | teplota chromatickosti                          |
| R <sub>a</sub>  | indexy podania farieb                           |
| mm              | milimeter                                       |
| m               | meter   |
| mm <sup>2</sup> | milimeterštvorcový                              |
| mA              | miliampér                                       |
| m/s             | meter za sekundu                                |
| Pa              | Pascal  |
| W               | Watt  |
| GHz             | Gigahertz                                       |
| Hz              | Hertz   |
| lm              | lumén   |
| K               | Kelvin  |
| μm              | mikrometer                                      |
| s               | sekunda   |
| min             | minúta  |
| °C              | stupeň Celzia                                   |
| nm              | nanometer                                       |
| SO <sub>2</sub> | oxid siričitý                                   |
| CO <sub>2</sub> | oxid uhličitý                                   |
| CCTV            | uzavretý televízny okruh                        |
| f               | frekvencia signálu prijímaného                  |
| f <sub>0</sub>  | frekvencia signálu vysielaného                  |
| c               | rýchlosť svetla vo vákuu                        |
| v               | rýchlosť pohybu vysielacza vzhľadom k prijímaču |
| IR              | človek, ktorý žiari                             |

**ZOZNAM OBRÁZKOV**

|   |    |
|---|----|
| Obr. č. 1 Umelé zdroje svetla [28] .....  | 12 |
| Obr. č. 2 Spektrum elektromagnetického žiarenia [29].....   | 12 |
| Obr. č. 3 Dvojito vyvinuté vlákno žiarovky rozžeravené prechodom elektrického prúdu [6]<br>.....                                      | 17 |
| Obr. č. 4 Príklady klasických žiaroviek [6] .....   | 17 |
| Obr. č. 5 Príklady halogénových žiaroviek [11] .....  | 18 |
| Obr. č. 6 Príklady kompaktných žiaroviek [6] .....  | 20 |
| Obr. č. 7 Príklad nízkotlakovej sodíkovej výbojky [6] .....   | 20 |
| Obr. č. 8 Príklady indukčných výbojok [6] .....   | 20 |
| Obr. č. 9 Príklad vysokotlakovej ortuťovej výbojky [6] .....  | 21 |
| Obr. č. 10 Zmesová výbojky (vľavo) a .....  | 22 |
| Obr. č. 11 Príklad vysokotlakovej sodíkovej výbojky [6].....  | 22 |
| Obr. č. 12 Príklad konštrukcie nízko-výkonovej a.....   | 24 |
| Obr. č. 13 Príklady LED žiaroviek [12] .....  | 25 |
| Obr. č. 14 Reflektory [17].....   | 31 |
| Obr. č. 15 Príklad typu refraktora [17].....  | 32 |
| Obr. č. 16 Rohový opálový difúzor pre rohový profil [18] .....  | 32 |
| Obr. č. 17 Uhol clonenia pre svietidlá s rôznymi svetelnými zdrojmi [6] .....   | 32 |
| Obr. č. 18 0- 10 V prepnutie napájania (s relé) [34] .....  | 34 |
| Obr. č. 19 Svetelný ovládač DALI [34] .....   | 36 |
| Obr. č. 20 Elektromagnetické pole, jeho zložky a vlnová dĺžka [21] .....  | 40 |
| Obr. č. 21 Bloková schéma PIR detektora (naznačená je Fresnelova šošovka) [21].....   | 42 |
| Obr. č. 22 Sústava Fresnelových šošoviek a zodpovedajúca smerová charakteristika<br>bežného PIR detektora [22] .....                  | 43 |
| Obr. č. 23 PIR senzor, základ .....   | 44 |
| Obr. č. 24 Bloková schéma zabezpečenia domu pomocou spínavého svietidla s využitím<br>PZTS [vlastný] .....                            | 58 |
| Obr. č. 25 Bloková schéma priemyselného objektu za pomoci spínavého svietidla<br>s využitím kamerových systémov (CCTV) [vlastný]..... | 59 |
| Obr. č. 26 Svietidlo s PIR senzorom VERA WHST78- [vlastný] .....  | 60 |
| Obr. č. 27 LED svietidlo s PIR senzorom IP65 [vlastný] .....  | 61 |
| Obr. č. 28 Svietidlo s PIR senzorom VERA WHST78-BI [31].....  | 62 |
| Obr. č. 29 Technické parametre svietidla s PIR senzorom VERA WHST78-BI [32] .....   | 63 |
| Obr. č. 30 Nástenné pohyblivé LED svietidlo IP65 s PIR senzorom [33] .....  | 64 |



|   |    |
|---|----|
| Obr. č. 31 Technické parametre nástenného pohyblivého LED svietidla IP65 s PIR senzorom [33] .....        | 65 |
| Obr. č. 32 Detekcia v rámci hraníc [30] .....   | 66 |
| Obr. č. 33 Vysoký rýchlosť a prerušovaný pohyb [30] .....   | 67 |
| Obr. č. 34 Schéma testu: Detekcia cez hranicu [30] .....  | 67 |
| Obr. č. 35 Vývojový diagram merania [vlastný] .....   | 70 |
| Obr. č. 36 (vľavo) Príprava na meranie, vyznačenie detekčného pola- svetlo zhasnuté [vlastný] .....       | 70 |
| Obr. č. 37 (vpravo) Príprava na meranie, vyznačenie detekčného pola- svetlo rozsvietené [vlastný] .....   | 70 |
| Obr. č. 38 (vľavo) Svietidlo s PIR senzorom VERA WHST78-BI na stojan [vlastný] .....                      | 71 |
| Obr. č. 39 (vpravo) Upevnenie svietidla s PIR senzorom VERA WHST78-BI na stojan [vlastný] .....           | 71 |
| Obr. č. 40 Zapojenie svietidla IP65 s PIR senzorom [vlastný] .....  | 71 |
| Obr. č. 41 (vľavo) Meranie v detekčnom poli [vlastný] .....   | 72 |
| Obr. č. 42 (vpravo) Meranie mimo detekčného poľa [vlastný] .....  | 72 |
| Obr. č. 43 (vľavo) Meranie po 1 m v detekčnom poli [vlastný] .....  | 73 |
| Obr. č. 44 (vpravo) Meranie po 1 m mimo detekčného poľa [vlastný] .....                                   | 73 |
| Obr. č. 45 (vľavo) Meranie v detekčnom poli medzi 4. a 5. dielom [vlastný] .....                          | 74 |
| Obr. č. 46 (vpravo) Meranie mimo detekčného poľa medzi 4. a 5. dielom [vlastný] .....                     | 74 |
| Obr. č. 47 (vľavo) Meranie v detekčnom poli medzi 5. a 6. dielom [vlastný] .....                          | 74 |
| Obr. č. 48 (vpravo) Meranie mimo detekčného poľa medzi 5. a 6. dielom [vlastný] .....                     | 74 |
| Obr. č. 49 (vľavo) Meranie v detekčnom poli kolmo pred detektorom [vlastný] .....                         | 75 |
| Obr. č. 50 (vpravo) Meranie mimo detekčného poľa kolmo pred detektorom [vlastný] ....                     | 75 |
| Obr. č. 51 (vľavo) Reálna fotografia s vyznačenými bodmi detekčnej hranice VERA WHST78-BI [vlastný] ..... | 76 |
| Obr. č. 52 (vľavo) Meranie mimo detekčného poľa pri svietidle IP65 [vlastný] .....                        | 77 |
| Obr. č. 53 (vpravo) Meranie v detekčnom poli pri svietidle IP65 [vlastný] .....                           | 77 |
| Obr. č. 54 (vľavo) Reálna fotografia s vyznačenými bodmi detekčnej hranice IP65 [vlastný] .....           | 78 |

## ZOZNAM GRAFOV

|   |    |
|---|----|
| Graf č. 1 (vpravo) Výstup nameraných hodnôt VERA WHST78-BI [vlastný]..... | 76 |
| Graf č. 2 (vpravo) Výstup nameraných hodnôt IP65 [vlastný].....           | 78 |

**ZOZNAM TABULIEK**

|  |    |
|--|----|
| Tab. č. 1 Tabuľka so súradnicami svietidla VERA WHST78-BI s PIR senzorom [vlastný]<br>.....                          | 76 |
| Tab. č. 2 Tabuľka so súradnicami LED svietidla IP65 s PIR senzorom [vlastný] .....                                   | 78 |
| Tab. č. 3 Tabuľka porovnania svietidla VERA WHST78-BI s PIR senzorom s údajmi od výrobcu [vlastný] .....             | 79 |
| Tab. č. 4 Tabuľka porovnania hodnôt pohyblivého LED svietidla IP65 s PIR senzorom s údajmi od výrobcu [vlastný]..... | 80 |

