

# Technické prostředky pro detekci ukrytého nákladu a osob ve vozidlech

Aleš Chocholatý

---

Bakalářská práce  
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky  
akademický rok: 2013/2014

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Aleš Chocholatý**  
Osobní číslo: **A11019**  
Studijní program: **B3902 Inženýrská informatika**  
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Technické prostředky pro detekci ukrytého nákladu a osob ve vozidlech**

Zásady pro vypracování:

1. Provedte literární rešerši na zadané téma.
2. Uveďte a popište principy činnosti technických prostředků využitelných pro detekci ukrytého nákladu a osob ve vozidlech.
3. Uveďte praktické aplikace využití vybraných technických prostředků pro detekci ukrytého nákladu a osob ve vozidlech.
4. Uveďte nové trendy v této oblasti.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. TUREČEK, Jaroslav. **Technické prostředky bezpečnostních služeb. II, Detektory pro bezpečnostní prohlídku osob, zavazadel a zásilek.** Vyd. 1. Praha: Policejní akademie České republiky, 1998. 97 s. ISBN 80-85981-81-5.
2. TUREČEK, Jaroslav. **Policejní technika.** Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2008, 316 s. ISBN 978-807-3801-199.
3. VRBA, Jan. **Aplikace mikrovlnné techniky.** Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2001, 147 s. ISBN 80-01-02294-3.
4. VAŠKO, Antonín. **Infračervené záření a jeho užití.** Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1963, 294 s.
5. LUKÁŠ, Luděk. **Bezpečnostní technologie, systémy a management I.** 1. vyd. Zlín: VeRBuM, 2011, 316 s. ISBN 978-80-87500-05-7.
6. LUKÁŠ, Luděk. **Bezpečnostní technologie, systémy a management II.** 1. vyd. Zlín: VeRBuM, 2012, 386 s. ISBN 978-80-87500-19-4.
7. LUKÁŠ, Luděk. **Bezpečnostní technologie, systémy a management III.** 1.vyd. Praha: VeRBuM, 2013. ISBN 978-80-8750-035-4.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Petr Navrátil, Ph.D.**

Ústav řízení procesů

Datum zadání bakalářské práce: **7. března 2014**

Termín odevzdání bakalářské práce: **10. června 2014**

Ve Zlíně dne 7. března 2014

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.  
*děkan*



doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.  
*ředitel ústavu*

**Prohlašuji, že**

- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské 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 bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji bakalářskou 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 – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské 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 bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské 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 bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....  
podpis diplomanta

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce je zaměřena na technické prostředky využitelné pro detekci ukrytého nákladu a osob ve vozidlech. V teoretické části práce jsou uvedeny a popsány principy činností technických prostředků, které se využívají pro detekci ukrytého nákladu a osob ve vozidlech. Praktická část práce se zabývá využitím vybraných technických prostředků pro detekci ukrytého nákladu a osob ve vozidlech. V závěru práce jsou uvedeny nové trendy a možnosti v této oblasti.

Klíčová slova: detekce osob, detekce nákladu, záření, detektor, snímač, skrytý náklad

## **ABSTRACT**

Bachelor thesis is focused on the technical instruments used for detecting hidden cargo and occupants of the vehicles. In the theoretical part lists and describes the principles of activities of technical resources that are used to detect hidden cargo and passengers in the vehicles. The practical part of the thesis deals with the use of selected technical means for detecting hidden cargo and passengers in the vehicles. In conclusion are new trends and opportunities in this area.

Keywords: people detection, cargo detection, radiation, detector, sensor, hidden cargo

Děkuji Ing. Petru Navrátilovi, Ph.D. za cenné rady, podněty a připomínky při zpracování mé bakalářské práce. Dále chci poděkovat všem lidem, kteří mi pomohli při zpracování, a to zejména por. Bc. Patricii Valentové z Celního úřadu pro Zlínský kraj za poskytnutí materiálů.

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

**OBSAH**

|   |           |
|---|-----------|
| <b>ÚVOD.....</b>  | <b>9</b>  |
| <b>I TEORETICKÁ ČÁST.....</b>   | <b>10</b> |
| <b>1. ELEKTOMAGNETICKÉ POLE.....</b>  | <b>11</b> |
| 1.1. ELEKTROMAGNETICKÉ ZÁŘENÍ.....  | 11        |
| 1.1.1. Spektrum elektromagnetického záření.....   | 12        |
| <b>2. MIKROVLNNÉ ZÁŘENÍ.....</b>  | <b>13</b> |
| 2.1. HISTORIE MIKROVLNNÉHO ZÁŘENÍ.....  | 13        |
| 2.2. VLASTNOSTI A POUŽITÍ MIKROVLNNÉHO ZÁŘENÍ.....  | 13        |
| 2.3. PRINCIP ČINNOSTI MIKROVLNNÉHO DETEKTORU.....   | 14        |
| <b>3. INFRAČERVENÉ ZÁŘENÍ.....</b>  | <b>15</b> |
| 3.1. HISTORIE INFRAČERVENÉHO ZÁŘENÍ.....  | 15        |
| 3.2. VLASTNOSTI A POUŽITÍ INFRAČERVENÉHO ZÁŘENÍ.....  | 15        |
| 3.3. PRINCIP ČINNOSTI INFRAKAMERY.....  | 16        |
| <b>4. RENTGENOVÉ ZÁŘENÍ.....</b>  | <b>19</b> |
| 4.1. VLASTNOSTI RENTGENOVÉHO ZÁŘENÍ.....  | 19        |
| 4.2. PRINCIP ČINNOSTI RENTGENU.....   | 19        |
| 4.3. HISTORIE.....  | 21        |
| 4.4. VYUŽITÍ RENTGENŮ.....  | 21        |
| <b>5. GAMA ZÁŘENÍ.....</b>  | <b>22</b> |
| 5.1. VLASTNOSTI A POUŽITÍ GAMA ZÁŘENÍ.....  | 22        |
| 5.2. HISTORIE.....  | 22        |
| 5.3. PRINCIP ČINNOSTI GAMA DETEKTORU.....   | 23        |
| <b>6. AKUSTICKÉ VLNĚNÍ.....</b>   | <b>24</b> |
| 6.1. ZVUK.....  | 24        |
| 6.2. ULTRAZVUK.....   | 24        |
| 6.2.1. Historie ultrazvuku.....   | 25        |
| 6.2.1. Princip činnosti ultrazvukového detektoru.....   | 25        |
| <b>7. ZRCADLO.....</b>  | <b>27</b> |
| 7.1. ROVINNÉ ZRCADLO.....   | 27        |
| 7.2. KULOVÁ ZRCADLA.....  | 28        |
| <b>8. KAMERA.....</b>   | <b>29</b> |
| 8.1. PRINCIP ČINNOSTI KAMERY.....   | 29        |
| 8.2. DRUHY SNÍMACÍCH ČIPŮ A PRINCIP JEJICH FUNKCE.....  | 29        |
| <b>II PRAKTICKÁ ČÁST.....</b>   | <b>32</b> |
| <b>9. TECHNICKÉ PROSTŘEDKY URČENÉ PRO DETEKCI UKRYTÉHO NÁKLADU A OSOB VE VOZIDLECH POUŽÍVANÉ V PRAXI.....</b> | <b>33</b> |

|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| 9.1.       | ZRCÁTKA .....  | 33        |
| 9.2.       | KONTROLA PODVOZKU UVISCAN® .....                     | 34        |
| 9.3.       | MIKROVLNNÝ DETEKTOR M600P .....                      | 37        |
| 9.4.       | INFRAKAMERA FLIR HS 307 .....                        | 38        |
| 9.5.       | ELEKTRONICKÝ STETOSKOP 3M LITTMANN® MODEL 3200 ..... | 40        |
| 9.6.       | VIDEOENDOSKOP FVE 150 .....                          | 41        |
| 9.7.       | ULTRAZVUKOVÝ DETEKTOR MERITRONICS TKD – 2 .....      | 42        |
| 9.8.       | GAMA DETEKTOR BUSTER K910B .....                     | 43        |
| 9.9.       | MOBILNÍ RENTGEN RAPISCAN EAGLE® M60 .....            | 45        |
| 9.10.      | DETEKTOR SKRYTÝCH OSOB .....                         | 47        |
| <b>10.</b> | <b>NOVÉ TRENDY.....</b>                              | <b>50</b> |
| 10.1.      | DVOUČIPOVÁ KAMERA AD-080CL.....                      | 50        |
| 10.2.      | SKENER THRUVISION TS4 .....                          | 51        |
|            | <b>ZÁVĚR .....</b>                                   | <b>53</b> |
|            | <b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>                | <b>55</b> |
|            | <b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>       | <b>60</b> |
|            | <b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>                          | <b>61</b> |
|            | <b>SEZNAM TABULEK.....</b>                           | <b>63</b> |



## ÚVOD

Po celá staletí se lidstvo setkává s problematikou nelegálního pašování různých věcí. Především se to týká utajovaného převozu zboží, zvířat, ale také osob přes hranice dané země. Tato nelegální činnost je označována jako pašeráctví. Lidé, kteří se dopouštějí pašování, porušují zákony. V současné době se nejčastěji setkáváme s pašováním všech druhů drog, alkoholu, tabáku, starožitností, elektroniky nebo textilu a to především z Číny. Do této problematiky také spadá nelegální přeprava osob, zbraní a výbušnin, což může vést k podpoře terorismu, který je v současné době globálním problémem.

Často se setkáváme v tisku, v televizi nebo na internetu se zprávou, že celníci při kontrole zadrželi pašované zboží. Nelegální přeprava ať už věcí, osob či zvířat je nejčastěji realizována pomocí různých druhů dopravních prostředků. V současné době se však nejvíce využívá na velké vzdálenosti kontejnerová přeprava. Dále mohou být věci pašované v cestovních zavazadlech nebo zavazadlových prostorech osobních aut. Z tohoto důvodu je potřeba řádně kontrolovat tyto dopravní prostředky. Hlavním důvodem je předcházet nelegální přepravě zboží či osob, což by mělo za následek velkou finanční ztrátu pro stát. K těmto kontrolám se používají technické prostředky, které budou uvedeny v bakalářské práci. Jejich další důležité uplatnění je také v oblasti průmyslu komerční bezpečnosti, především u soukromých bezpečnostních agentur. Používají se při kontrole osob a automobilů, které vjíždějí do hlídaného areálu podniků.

Cílem bakalářské práce je ukázat technické prostředky používané pro detekci ukrytého nákladu a osob ve vozidlech. V práci budou uvedeny některé prostředky, kterými je možno detekovat jak ukrytou osobu, tak skrytý náklad.

Teoretická část práce se zabývá principem činností těchto technických prostředků. Popisuje různé druhy záření a vlnění, které využívají pro svou činnost detektory. V praktické části jsou popsány konkrétní technické prostředky určené pro detekci ukrytého nákladu a osob ve vozidlech, které se využívají v současné době. Dále jsou uvedeny nové trendy, které v této oblasti mohou ještě více pomoci k odhalování skrytých osob nebo věcí v nákladu.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1. ELEKTOMAGNETICKÉ POLE

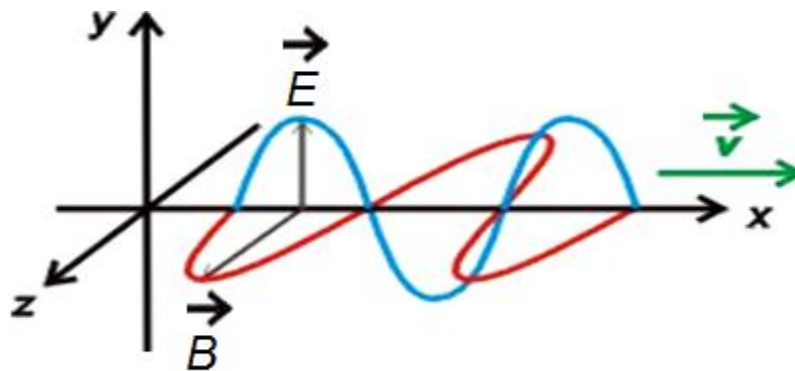
Již na konci 18. století byly zkoumány různé úkazy, které se zabývaly elektromagnetickými jevy. Zkoumání těchto jevů se účastnila spousta slavných fyziků a matematiků, např. Ch. A. Coulomb, A. Volta, A. M. Ampér, G. S. Ohm a R. Kirchhoff. Největší význam měly nové objevy Michaela Faradaye, který roku 1831 objevil zákon elektromagnetické indukce. James Clerk Maxwell tento zákon zobecnil a zjednodušil. Následně ho matematicky popsal do několika rovnic a tím vytvořil několik obecných časoprostorových zákonů. Na jeho památku se rovnice jmenují Maxwellovy. Další poznatky, které v této oblasti učinili, např. H. Hertz a další, zvláště pak A. Einstein, který v roce 1905 sepsal speciální teorii relativity. Teorie ukazuje na to, že elektromagnetické pole má vlastnosti hmoty (tj. má hmotnost a současně je i nositelem energie a má tedy i hybnost). Elektromagnetické pole můžeme definovat jako vektorové pole, které se projevuje silovými účinky na náboj v klidu nebo v pohybu. Kolem náboje existuje současně elektrické pole vyvolávající zároveň proměnné magnetické pole. [5, 6, 7]

### 1.1. Elektromagnetické záření

Podstatou elektromagnetického záření je fyzikální děj, který má dvojí charakter a to vlnový a částicový.

Za vlnový charakter považujeme oboustranné vzájemné přeměňování elektrické a magnetické složky elektromagnetického pole. Elektrická složka, kterou tvoří vektor intenzity elektrického pole  $\vec{E}$  a magnetická složka, kterou tvoří vektor magnetické indukce  $\vec{B}$ . Obě složky jsou kolmé na sebe i na směr vlnění. Na Obr. 1 se šíří elektromagnetická vlna v kladném směru osy x. Vektor elektrického pole  $\vec{E}$  se promítá do osy y a vektor magnetické indukce  $\vec{B}$  do osy z. Současně platí, že postupná vlna má oba vektory ve fázi, tj. obě veličiny nabývají svých maximálních hodnot ve stejném okamžiku.

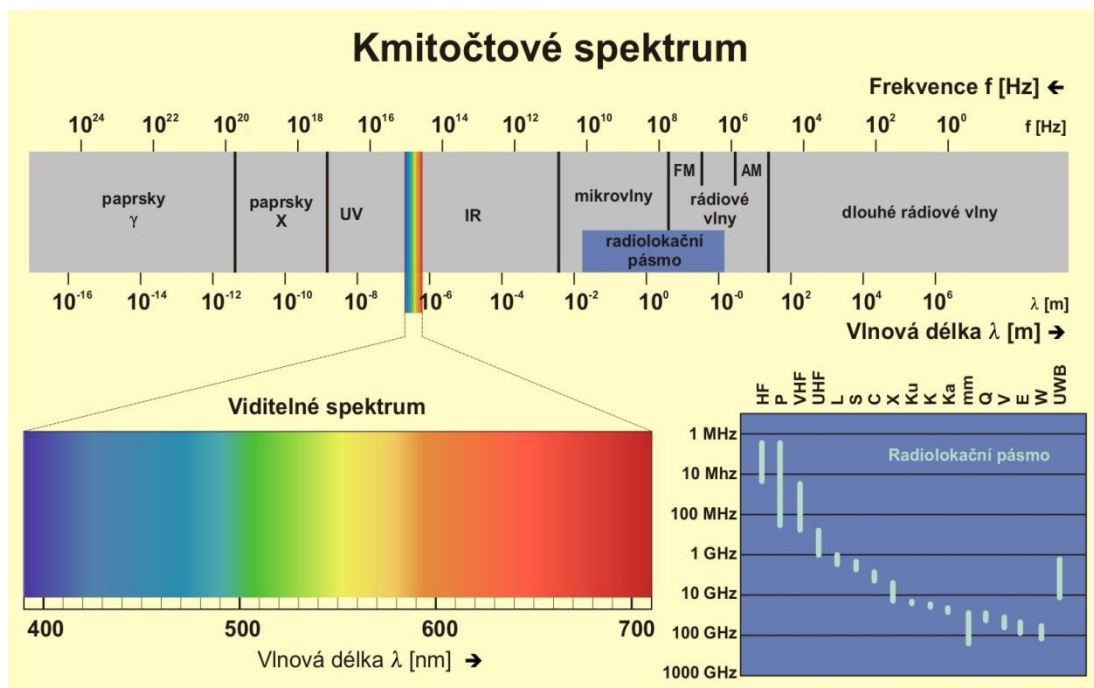
Částicový charakter představuje proud elementárních částic, které nazýváme fotony. Foton je částice světla, která patří k bosonům, tj. má celočíselný spin. Má nulový elektrický náboj. Rychlost fotonu se rovná rychlosti světla ve vakuu. Foton existuje pouze v pohybu, proto má nulovou klidovou hmotnost, důsledkem toho je nenulová energie. [7, 9]



Obr. 1: Elektromagnetická vlna [7]

### 1.1.1. Spektrum elektromagnetického záření

Zahrnuje všechny složky a části elektromagnetického záření, které se dají popsat frekvencí (vlnovým charakterem) nebo vlnovou délkou (částicovým charakterem). Spektrum bylo tvořeno postupně podle toho, jak lidé objevovali jednotlivé druhy záření. Na Obr. 2 vidíme graficky znázorněné spektrum v celé jeho šíři. [8]



Obr. 2: Spektrum elektromagnetického záření [49]

První kapitola, s názvem elektromagnetické pole, popisuje vznik a vlastnosti elektromagnetického pole. Dále popisuje elektromagnetické záření, způsoby jeho šíření prostorem a jeho druhy. V následujících kapitolách budou popsány jednotlivé druhy elektromagnetického záření, jejich vznik, fyzikální vlastnosti a stručná historie.

## 2. MIKROVLNNÉ ZÁŘENÍ

Mikrovlnami nazýváme elektromagnetické vlny o vlnové délce 1 mm až 1 m. Elektromagnetickým vlnám této délky odpovídá frekvence 0,3 GHz až 300 GHz. Můžeme je rozdělit do tří pásem, což je znázorněno v Tab. 1. Mikrovlny se nachází mezi spektrem rádiových vln a infračerveným spektrem. [4]

| Zkratka    | Frekvence        | Vlnová délka | Český název       | Anglický název           |
|------------|------------------|--------------|-------------------|--------------------------|
| <b>UHF</b> | 300 MHz – 3 GHz  | 1 m – 10 cm  | Ultra krátké vlny | Ultra High Frequency     |
| <b>SHF</b> | 3 GHz – 30 GHz   | 10 cm – 1 cm | Mikrovlny         | Super High Frequency     |
| <b>EHF</b> | 30 GHz – 300 GHz | 1 cm – 1 mm  | Mikrovlny         | Extremely High Frequency |

Tab. 1: Frekvenční pásma mikrovln [13]

### 2.1. Historie mikrovlnného záření

K objevení mikrovln došlo během 2. světové války, přesněji v roce 1940, kdy tým britských vědců John Randall a Dr. H. A. H. Boot objevili magnetron. Magnetron je zařízení, které generuje elektromagnetické vlny v pásmu mikrovln. Používal se do radarů a až později se ukázalo, že bude mít využití i jinde. V roce 1946 si Dr. Percy Spencer všiml, že když pracuje poblíž radaru, tak se teplem roztaví čokoláda. Tomuto svému objevu se věnoval dál a v roce 1947 sestrojil první mikrovlnou troubu. [10, 11]

### 2.2. Vlastnosti a použití mikrovlnného záření

Mikrovlny se používají nejen pro detekci ukrytých nákladů, ale i pro zpracování potravin (rozmrazování, ohřívání), v telekomunikacích (WiFi, satelitní vysílání rozhlasu a televize, mobilní telefony), k vysoušení (knih, dřeva), k lékařským aplikacím (hypertermie, diatermie, termodestrukce) a k hubení škůdců. Mikrovlny se šíří v různých prostředích různě. Pokud mikrovlny přechází z jednoho prostředí do druhého, tak na rozhraní prostředí dochází k odrazovým a lomovým jevům, které jsou stejné jako u světla. Mohou nastat tři případy: mikrovlny se odrazí, pohltí nebo projdou. Případy od sebe odlišuje penetrační hloubka, což je vzdálenost, kterou musí mikrovlnné záření projít v daném materiálu. Materiály, např. plasty nebo sklo, jsou pro mikrovlny transparentní a mikrovlny těmito materiály projdou. Kovové materiály jsou výborně vodivé a penetrační hloubka je řádově

v milimetrech, takže mikrovlny se z jejich povrchu odrážejí. U ostatních materiálů určují penetrační hloubku jejich dielektrické vlastnosti, které jsou charakterizovány relativní permitivitou. V Tab. 2 je uveden přehled některých dielektrických materiálů. [1, 12, 13]

| <b>Materiál</b> | <b>Relativní permitivita [<math>\epsilon_r</math>]</b> |
|-----------------|--|
| <b>Vzduch</b>   | 1  |
| <b>Drogy</b>    | 2 až 3   |
| <b>Sklo</b>     | 7,5  |
| <b>Beton</b>    | 9  |
| <b>Alkohol</b>  | 30   |
| <b>Voda</b>     | 80   |

Tab. 2: Dielektrické materiály [48]

### 2.3. Princip činnosti mikrovlnného detektoru

Mikrovlnný detektor vysílá do prostoru slabý elektromagnetický signál v pásmu mikrovln. Na základě dielektrických vlastností daného materiálu dochází k tomu, že se signál částečně pohltí, ale také se odrazí zpět do detektoru, který odražený signál porovná se signálem vyslaným.

V kapitole mikrovlnné záření byl vysvětlen jeho princip a dělení. Dále bylo zmíněno jeho objevení a použití v každodenní lidské činnosti. Byl zde popsán princip mikrovlnného detektoru. Používá se pro detekci ukrytého nákladu především na odhalování drog, zbraní a jiných látek v nekovových obalech. V praktické části bude uveden konkrétní typ mikrovlnného detektoru M600P.

### 3. INFRAČERVENÉ ZÁŘENÍ

Infračerveným zářením nazýváme elektromagnetické vlny o vlnové délce 1 mm až 1  $\mu\text{m}$ , tomu odpovídá frekvence  $10^{12}$  -  $10^{14}$  Hz. V elektromagnetickém spektru leží mezi mikrovlnami a viditelnou částí elektromagnetického spektra. Dělí se do tří pásem podle vlnové délky, které jsou znázorněny v Tab. 3. [4, 14, 15]

| Zkratka | Název        | Vlnová délka             |
|---------|--------------|--------------------------|
| IR – A  | Krátké vlny  | 0,07 – 1,4 $\mu\text{m}$ |
| IR – B  | Střední vlny | 1,4 – 3 $\mu\text{m}$    |
| IR – C  | Dlouhé vlny  | nad 3 $\mu\text{m}$      |

Tab. 3: *Pásma infračervených vln* [15]

#### 3.1. Historie infračerveného záření

Z historického hlediska bylo infračervené záření objeveno již koncem 18. století. Největší zásluhu na tom má Sir Williamem Herschel. Byl to astrolog a fyzik, jenž se zabýval se zkoumáním tepelných účinků v různých částech barevného spektra, které získal rozložením slunečního záření přes krystal. Následně měřil teplotu, která se lišila od naměřené teploty na teploměru ve stínu. Tímto měřením dokázal to, že teplota stoupá i za červenou částí viditelného spektra a slunce je zdrojem infračerveného záření. K zobrazení infračerveného záření došlo v roce 1934, kdy tým vědců v čele s G. Holstem zobrazil toto vlnění pomocí vnějšího fotoelektrického jevu. Následně zkonstruovali fotoelektronový obrazový měnič, který je schopný zobrazit vlnové délky až 1,4  $\mu\text{m}$ . Za 2. světové války došlo k velkému rozšíření poznatků o infračerveném záření především ve vojenské oblasti. Na základě těchto poznatků následovaly konstrukce nových zařízení, např. noktovizorů, infrakamer. [14, 15]

#### 3.2. Vlastnosti a použití infračerveného záření

Pro lidské oko je infračervené záření neviditelné, ale vnímáme ho jako teplo (teplotní vjem), které vyzařují všechny předměty, jež mají teplotu vyšší jak absolutní nulu. Absolutní nula se rovná teplotě 0 K, což je  $-273,15$  °C. [4, 14]

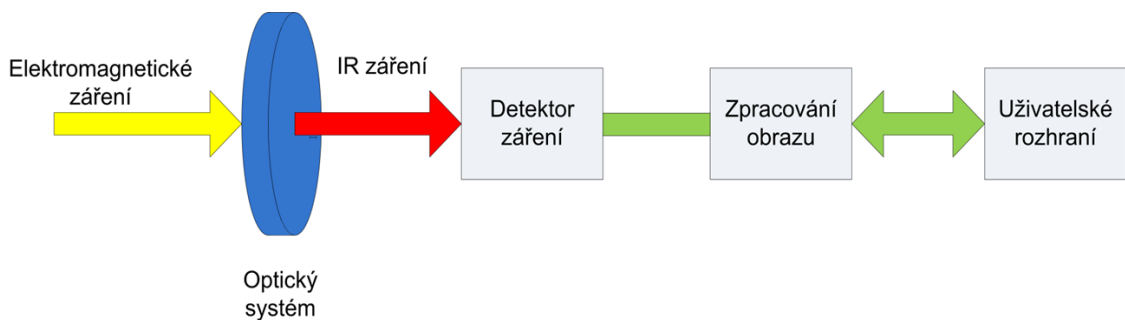
Infračervené záření se používá v různých oborech, např. v elektronice (senzory a čítače), ve sdělovací technice (dálkové ovládače, přenos dat), k lékařským účelům, ve vojenských oblastech, v automobilovém průmyslu a také v astronomii (studium mezihvězdného

prachu, horkých planet a vzdálených galaxií). Platí pro něho stejné zákony jako pro světlo, proto můžeme sestavit optické soustavy, které využíváme v dalekohledech a fotoaparátech. [15, 16]

### 3.3. Princip činnosti infrakamery

Infrakamera je zařízení, které se používá pro zobrazení infračerveného záření. To je pro lidské oko neviditelné. Někdy se těmto kamerám říká termografické kamery. Slouží pro bezdotykové snímání tepelného vyzařování ze zkoumaného předmětu, které přemění na viditelný černobílý nebo barevný obraz. Následně je zobrazen na displeji nebo na monitoru. Infrakamery jsou nákladná, avšak užitečná zařízení. Najdou uplatnění v mnoha odvětvích, např. v lékařství, v energetice, v průmyslu a také při zkoumání tepelných ztrát v izolacích budov.

Infrakamera je funkčně podobná klasickému fotoaparátu či kameře jen s tím rozdílem, že snímá infračervené záření oproti viditelnému. Blokové schéma infrakamery je na Obr. 3.



Obr. 3: *Blokové schéma infrakamery* [42]

Skládá se z několika částí:

- optická část,
- detekční část,
- výstupní a uživatelská část.

Optická část infrakamery je složena ze soustavy čoček stejně jako u normálního fotoaparátu či kamery. Rozdíl je pouze v tom, že je zde použita čočka z germania (Ge) namísto čočky ze skla, jak známe z běžných kamer. Germanium je vzácný a drahý polokovový prvek, který je citlivý na infračervené záření a propouští ho. Naopak pro viditelné světlo je neprůhledný. [2]



Detekční část se skládá z detektoru ve formě čipu, na který dopadá infračervené záření a ten ho přemění na elektrický signál. Tento signál je zesílen a dále zpracován až na displej. Podle způsobu rozkladu obrazu dělíme detektory:

- jednobodové,
- maticové.

Jednobodové detektory využívají principu opticko-mechanického rozkladu. Opticko-mechanický rozklad může být buď úplný, nebo částečný. U částečného dochází ke skenování po řádcích nebo sloupcích. Tento skenovací systém se již v dnešní době nevyužívá. [17, 18]

Maticové detektory rozlišujeme na dva druhy:

- chlazené maticové detektory,
- nechlazené maticové detektory.

Z historického hlediska jsou starší chlazené, které byly využívány u prvních infrakamer. Chladícím médiem zde byl tekutý dusík, který měl teplotu  $-173\text{ }^{\circ}\text{C}$  a ochlazoval maticový detektor. Modernější chlazené maticové detektory využívají k chlazení tzv. Stirlingův motor, kde je chladícím médiem helium (He).

V dnešní době se používají u ručních infračervených kamer nechlazené maticové detektory. Tyto detektory pro svou činnost nepotřebují chlazení, ale pro snížení šumu a zvýšení citlivosti se používá Peltierův chladič. [2, 17, 18]

| Typ detektoru                       | Výhody  | Nevýhody  |
|-------------------------------------|---|---|
| <b>Jednobodový detektor</b>         | Kvalitnější obraz než maticové detektory      | Velká, těžká a drahá optika (robustní zařízení) |
| <b>Chlazený maticový detektor</b>   | Kvalitnější než nechlazené (lepší obraz)      | 2x až 4x dražší než nechlazené                  |
| <b>Nechlazený maticový detektor</b> | Vyšší životnost a nižší energetická náročnost | Méně kvalitní obraz                             |

Tab. 4: *Výhody a nevýhody detektorů infračerveného záření*

Výstupní část slouží pro zobrazení infračerveného záření na displeji. Výsledné teplotní pole můžeme vidět buď v šedé škále, nebo barevně. Jednotlivým teplotním rozmezím jsou přiřazovány různé barvy. Na straně displeje je pak stupnice, která umožňuje přesné zjištění teploty na snímku, které můžeme vidět na Obr. 4. [2]



Obr. 4: Termogram v barevné a šedé škále [50, 51]

Kapitola infračervené záření popsala fyzikální podstatu záření a jeho dělení. Dále jsem se stručně zmínil o historii a oblastech, kde se infračervené záření používá. Následně byla popsána teoreticky infракamera. Infракamery a termovizní systémy se používají pro detekci jak ukrytého nákladu, tak osob, ale nesmějí být ukryty za kovovými materiály, např. v kontejnerech.

## 4. RENTGENOVÉ ZÁŘENÍ

Rentgenové záření je část elektromagnetického záření o vlnové délce 10 nm až 1 pm, tomu odpovídá frekvence  $10^9$  -  $10^{12}$  Hz. Rentgenové záření se dělí na měkké (malá pronikavost) a tvrdé (velká pronikavost). Záření se nachází mezi pásmem ultrafialového záření a pásmem gama záření. [8, 25]

### 4.1. Vlastnosti rentgenového záření

Mezi základní vlastnosti rentgenového záření patří:

- pronikání hmotou – dochází k zeslabení nebo rozptylu rentgenového záření,
- luminiscenční vlastnosti – při dopadu záření dochází k luminiscenci (neboli „světélkování“) pomocí fluorescence (tvoří se záblesky pouze během dopadu na luminofor) a fosforescence (po dopadu záření na luminofor se mění na viditelné světlo),
- fotochemický efekt – proces, při kterém se redukuje Ag a zbytek AgBr se odstraní,
- ionizace – při dopadu záření dochází k vyražení elektronů mimo atom,
- biologické účinky – škodlivé účinky na živou hmotu.

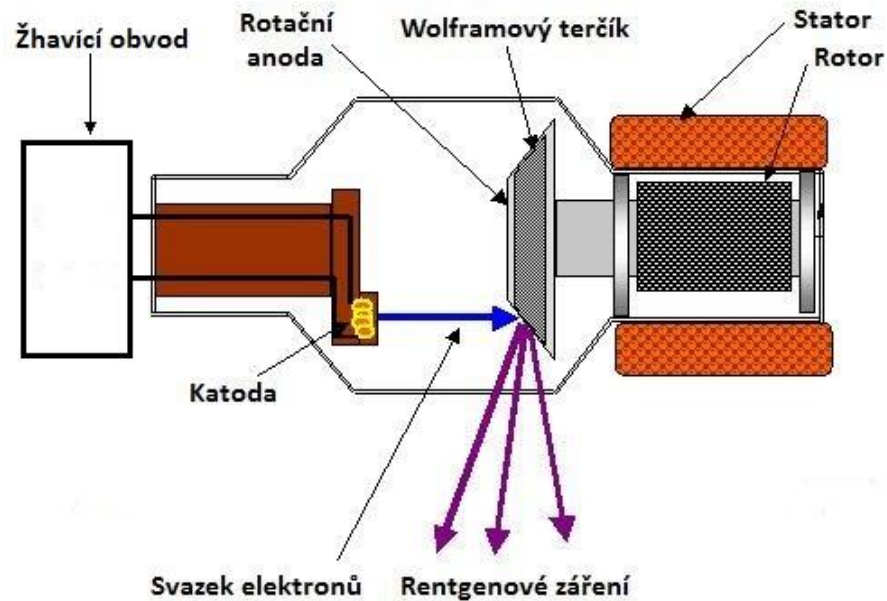
Z hlediska vzniku rentgenového záření máme dva druhy:

- přírodní,
- umělé.

Za přírodní zdroje rentgenového záření se považuje kosmické záření (hvězdy) a přírodní radionuklidy. Umělé zdroje rentgenového záření jsou rentgenka a procesy v atomových elektrárnách nebo atomové zbraně. [25]

### 4.2. Princip činnosti rentgenu

Každý rentgen obsahuje rentgenku, která je zdrojem rentgenového záření. Rentgenka je vysoce vakuovaná dioda s dvěma elektrodami – zápornou katodou a kladnou anodou. [25]



Obr. 5: Rentgenka [54]

*Katoda* – skládá se ze dvou spirálovitých drátků z wolframu, které jsou připojeny na zdroj žhavicího obvodu. Obvodem prochází žhavicí proud o velikosti 7 - 10 A, který zahřeje katodu na teplotu více než 2000 °C. Vlivem velkého tepla se uvolňují elektrony, tento jev nazýváme termoemise. Uvolněné elektrony dopadají na anodu vlivem vysokého katodo - anodového napětí, které je řádově v kV. [25]

*Anoda* – dopadá na ni proud rychle letících elektronů a vzniká na ni rentgenové záření. Z celkového množství proudu rychle letících elektronů se 1 % přemění na rentgenové záření a zbylých 99 % na teplo. Při konstrukci anody je velkým problémem vysoká teplota, která by ji těžce poškodila. Proto rentgenky rozdělujeme na rentgenky s pevnou anodou a s rotující anodou. [25]

Typy rentgenových záření vzniklých v rentgence:

- brzděné záření – proud rychle letících elektronů z katody, které prudce zabrzdí na anodě; má různé vlnové délky a spojité spektrum,
- charakteristické záření – je závislé na materiálu anody, při dopadu elektronů na anodu dojde k uvolnění fotonů, které mají stejnou energii, a proto vzniká záření o stejných vlnových délkách. Má diskrétní spektrum. [25]

### 4.3. Historie

Sahá do 19. století, kdy Wilhelm Konrád Röntgen dne 8. 11. 1895 ve Fyzikálním ústavu ve Würzburgu v Německu objevil neznámé paprsky, které pojmenoval „paprsky X“. Za tento svůj objev získal v roce 1901 Nobelovu cenu. [25]

### 4.4. Využití rentgenů

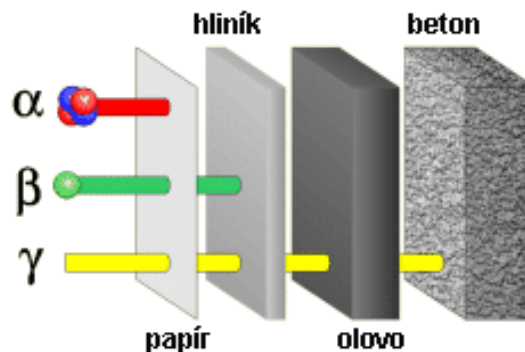
Rentgeny se uplatňují v různých oblastech lidské činnosti, nejčastěji se s nimi setkáme v:

- lékařství – radiodiagnostika,
- průmyslu – defektoskopie,
- bezpečnostních aplikacích – kontrola zavazadel, listovních zásilek, nákladních kontejnerů.

Obsahem kapitoly rentgenové záření bylo vysvětlit fyzikální podstatu, vznik a vlastnosti tohoto záření. Popsal jsem rentgenku a uvedl stručnou historii tohoto záření. V praktické části bude uveden konkrétní typ mobilního rentgenového detektoru Rapiscan Eagle<sup>®</sup> M60.

## 5. GAMA ZÁŘENÍ

Gama záření  $\gamma$  je elektromagnetické záření s vlnovou délkou  $< 124 \text{ pm}$  a hodnotou energie fotonu  $> \text{jak } 10 \text{ keV}$ . Gama záření vzniká při radioaktivní přeměně a při jaderných reakcích. Obvykle doprovází  $\alpha$  a  $\beta$  záření, oproti kterým má pronikavější účinky. Záření pronikne lidským tělem, ale je zastaveno tlustou stěnou z betonu či olova. [22, 23]



Obr. 6: *Pronikavost gama zářen* [23]

### 5.1. Vlastnosti a použití gama záření

Gama záření má čárové spektrum, tj. emituje pouze fotony s určitými energiemi. V praxi se používají zdroje gama záření, kde energie má hodnoty keV až MeV. K nejčastěji používaným zdrojům gama záření patří kobalt  $^{60}\text{Co}$ , cesium  $^{137}\text{Cs}$  a iridium  $^{192}\text{Ir}$ . Toto záření ionizuje nepřímo, tzn. při průchodu prostředím fotony uvolňují elektricky nabitě částice, kterým předávají energii dostatečně velkou k tomu, aby byly schopné prostředí ionizovat a excitovat. energii předávají pomocí fotoelektrického jevu, Comptonova rozptylu a tvorby elektron-pozitronových párů. Pravděpodobnost, že se vyskytne jedna ze tří výše zmíněných možností, závisí na energii záření. [22]

Gama záření se používá pro hubení škůdců, v lékařství, např. gama nůž, sterilizace nástrojů a pro diagnostické účely, ve strojírenství a v bezpečnostní praxi, např. kriminalistice a při odhalování skrytých nákladů. [22]

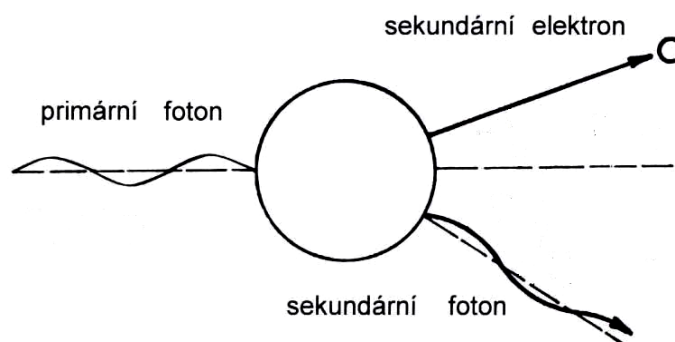
### 5.2. Historie

Z historického hlediska bylo gama záření objeveno francouzským chemikem a fyzikem Paulem Ulrichem Villardem v roce 1900. Další, kdo se zabýval vlastností tohoto záření, byl britský fyzik William Henry Bragg, který dokázal, že má vlnový charakter. V roce

1914 se podařilo Ernestu Rutherfordovi a Edwardu Andrademu změřit jeho vlnové délky pomocí rentgenové krystalografie. Ernest Rutherford ho pojmenoval jako gama záření na základě obdoby  $\alpha$  a  $\beta$  záření. [24]

### 5.3. Princip činnosti gama detektoru

Gama detektor využívá pro svou činnost Comptonova rozptylu Obr. 7. Principem tohoto jevu je vzájemné působení primárního fotonu gama záření s elektronem, který je ve vnější vrstvě atomu slabě vázán. Primární foton předá část své energie uvolněnému elektronu a ten pokračuje v letu. Rozptýlený foton pokračuje ve směru rozdílném od směru primárního fotonu s energií nižší, než má primární foton. Rozptyl sekundárních fotonů je v intervalu  $0^\circ$  až  $180^\circ$  a jejich energie je závislá na úhlu rozptylu. Vzniklé zpětné záření dopadá zpět do detektoru, kde je následně vyhodnocováno. [22]



Obr. 7: Comptonův rozptyl [22]

V páté kapitole se zabývám gama zářením. Vysvětlil jsem zde jeho vlastnosti a jak reaguje s prostředím. Dále jsem zmínil, kde se používá a jak bylo objeveno. V praktické části bude uveden konkrétní typ gama detektoru od americké firmy CSECO.

## 6. AKUSTICKÉ VLNĚNÍ

V prostoru, kterým jsme obklopeni, se vyskytují dva druhy vlnění, jejichž principy jsou od sebe velmi odlišné. První z nich jsou elektromagnetické vlny, které se šíří i ve vakuu. Druhé jsou akustické vlny, které se šíří jen v hmotném pružném prostředí. Oba dva druhy vlnění mají společné to, že se vyskytují v širokém rozmezí frekvencí. Nejnižší frekvence akustického vlnění představují jen několik kmitů za sekundu (infrazvuk) a nejvyšší jsou deseti tisíce kmitů za sekundu (ultrazvuk). [20]

| Pásmo zvuku            | Frekvence      |
|------------------------|----------------|
| <b>Infrazvuk</b>       | < 16 Hz        |
| <b>Slyšitelný zvuk</b> | 16 Hz – 20 kHz |
| <b>Ultrazvuk</b>       | > 20 kHz       |

Tab. 5: Rozdělení zvuku [21]

### 6.1. Zvuk

Slyšitelný zvuk je část akustického vlnění, kterou dokáže člověk s dobrým sluchem přijímat a rozlišovat svými sluchovými orgány v pásmu od 16 Hz až do 20 kHz. [20, 21]

Zvukové vlny vysílají a přijímají pomocí elektroakustického měniče. Ten mění buď elektrický signál na zvukový (reproduktor) nebo zvukový na elektrický (mikrofon). Existuje mnoho možných zapojení těchto elektroakustických měničů. Konstrukce je tvořena membránou, která zachytí akustické vlny. Ta je spojena se systémem, vytvářejícím elektrický signál, který je obrazem daného zvuku. Jsou různé druhy vnitřních zapojení elektroakustických měničů, např. elektrodynamický, magnetodynamický, elektromagnetický a piezoelektrický [26]

### 6.2. Ultrazvuk

Ultrazvuk je akustické vlnění, které leží nad hranicí slyšitelnosti lidského ucha. Pro lidské ucho je neslyšitelný, ale řada živočichů může část ultrazvukového spektra vnímat, např. delfini, psi, netopýři. [20]

Podle účinku můžeme ultrazvuk rozdělit na aktivní a pasivní. Aktivní ultrazvuk se při šíření prostorem projevuje buď fyzikálními nebo chemickými účinky. Využití aktivního ultrazvuku je především v průmyslovém odvětví, např. vrtání, čištění, svařování a vojenství (sonar). Pasivní ultrazvuk je využíván méně než aktivní a to především v oblasti



lékařství (odstraňování ledvinových kamenů, ke sledování vývoje plodu v těhotenství), v měřicí technice a k zjišťování vnitřních vad materiálů. [21]

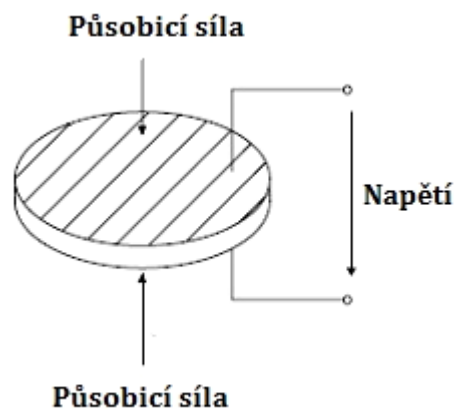
### 6.2.1. Historie ultrazvuku

Z historického hlediska byl ultrazvuk objeven koncem 18. století italským fyzikem Lazzarem Spallanzani, který studoval živočichy, zejména netopýry. Všimnul si toho, že při lovu se orientují pomocí echolokace, což je vysílání a následné přijímání odražených ultrazvukových vln. V 19. století Jean Daniel Colladon objevil, že zvuk se šíří ve vodě 4x rychleji než ve vzduchu. Pokus probíhal na Ženevském jezeře, kde byly ve vzdálenosti 10 mil od sebe dvě loďky. První loďka měla na své palubě vysílací zařízení skládající se ze zvonu, který byl pod vodou a samočinného mechanismu, který přesně při nárazu kladívka do zvonu zažehne střelný prach. Tím dojde k optickému znázornění pokusu. Na druhé loďce seděl pozorovatel, který měl pod vodní hladinou zařízení, které připomínající lžíci a čekal, až dorazí zvuková vlna, jež vznikla u první loďky. Tohoto poznatku využil Paul Langevin za 1. světové války ke konstrukci zařízení, které dokáže pod vodní hladinou detekovat ponorky pomocí ultrazvukových vln. [28]

Ultrazvukové vlny se vysílají a přijímají pomocí elektroakustického měniče. Ten mění buď elektrický signál na ultrazvukový (reproduktor) nebo ultrazvukový na elektrický (mikrofon). Pro příjem a vysílání ultrazvukových vln se používají nejvíce piezoelektrické měniče. [26]

### 6.2.1. Princip činnosti ultrazvukového detektoru

V detektoru je připojena sonda, která obsahuje piezoelektrický měnič, který nejprve převede elektrický signál na ultrazvukový a vyšle ho do zkoumaného předmětu. Tento ultrazvukový signál se na konci předmětu nebo na překážce odrazí zpět k sondě, kde je přijat a převeden na elektrický signál. Ten se vyhodnotí v detektoru. Principem tohoto měniče je, tzv. piezoelektrický jev Obr. 8. Krystaly některých látek, např. křemene nebo křišťálu, při mechanickém namáhání vytvoří na svém povrchu napětí. Toho pro svou funkci využívá přijímač. Opačný děj (elektrostrikci), tj. kdy při působení napětí na krystal dochází k deformaci krystalu, využívají pro svou funkci vysílače. [1, 2, 26]



Obr. 8: *Piezoelektrický jev* [46]

V kapitole akustické vlnění jsem popsal zvuk a ultrazvuk. Byl zde vysvětlen princip elektroakustických měničů. Ty jsou součástí ultrazvukového detektoru, stetoskopu a speciálního snímače v systému na detekci skrytých osob. Dále jsem popsal princip činnosti ultrazvukového detektoru a jeho použití pro detekci ukrytého nákladu ve vozidlech. V praktické části bude uveden konkrétní typ ultrazvukového detektoru od anglické firmy Meritronics a elektronický stetoskop od firmy Littmann.

## 7. ZRCADLO

Zrcadlo každý z nás zná a používá každodenně. Jeho povrch tvoří opticky hladká plocha, která odráží víc než 90 % dopadajícího záření. Konstrukčně se skládá z vysoce vyleštěné tenké vrstvy kovu, nejčastěji hliníku. Vrstva je nanesena zezadu na hladké skleněné ploše a ošetřena tak, aby nedošlo k jejímu poškození. Podle tvaru dělíme zrcadla na:

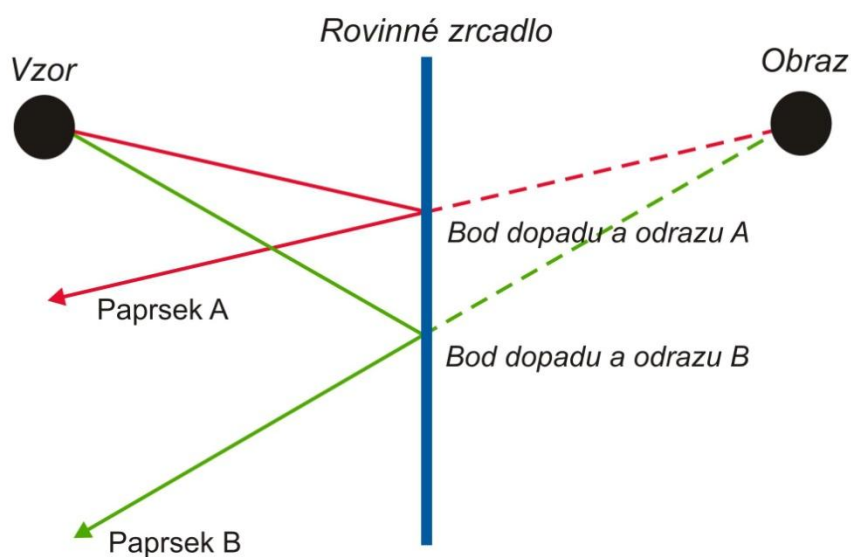
- rovinné,
- kulové.

Zrcadlo se používá např. v koupelně, v kuchyni, v dopravních prostředcích, u lékaře a také pro kontrolu skrytých věcí. [43, 44]

### 7.1. Rovinné zrcadlo

Je nejjednodušší zrcadlo. Obraz, který se v něm odrazí, je vždy zdánlivý, vzpřímený, stejně velký a souměrný s předmětem před tímto zrcadlem.

Princip rovinného zrcadla je na Obr. 9. Paprsek A prochází vzorem a dopadá na rovinné zrcadlo. Podle zákona odrazu světla se úhel dopadu rovná úhlu odrazu. Paprsek B prochází vzorem a dopadá na rovinné zrcadlo. Ten se také zachová podle zákona odrazu světla. Odražené paprsky A a B jsou různoběžné. Nikdy proto nevznikne skutečný obraz. Abychom našli jejich průsečík, musíme je oba prodloužit do prostoru za zrcadlo, kde vznikne zdánlivý obraz vzoru. [43, 44]



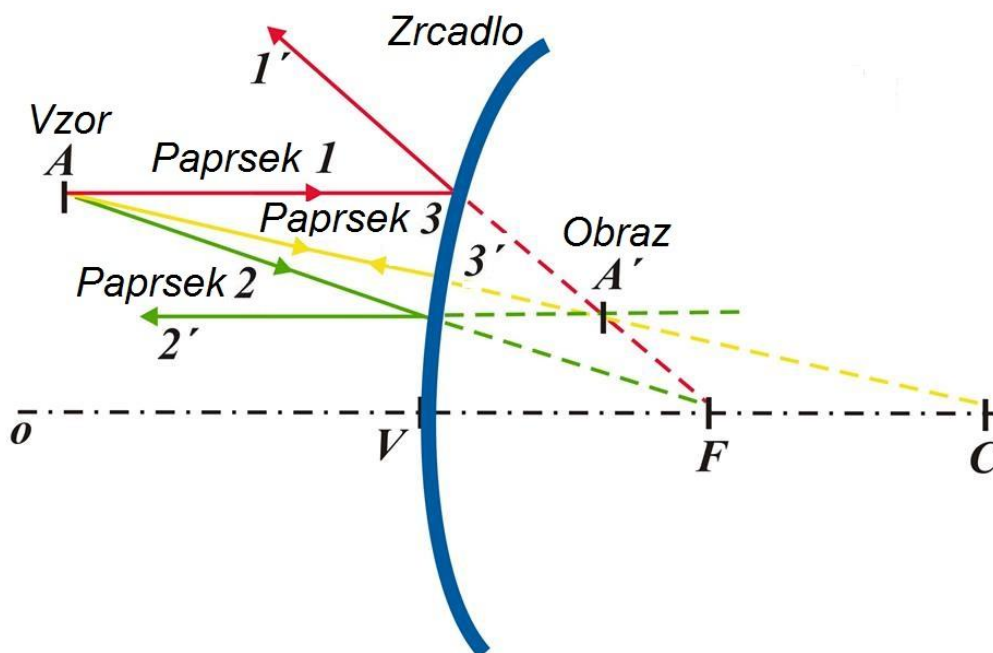
Obr. 9: Rovinné zrcadlo [44]

## 7.2. Kulová zrcadla

Dalším druhem zrcadel jsou kulová zrcadla. Jejich povrch tvoří kulová plocha. Na rozdíl od rovinných zrcadel mění velikost obrazu. Kulová zrcadla se dělí na:

- dutá (konkávní),
- vypuklá (konvexní).

Pro kontrolu vrchních částí automobilů se používají vypuklá zrcadla. Princip je na Obr. 10. Vypuklé zrcadlo má střed křivosti, který značíme  $C$  za zrcadlem. Průsečík optické osy  $o$  a odrazové plochy nazýváme vrchol  $V$ . Bod  $F$  znázorňuje ohnisko zrcadla, které je zdánlivé, protože se paprsky po odrazu rozbíhají a musejí se zpětně prodloužit pomocí čerchované čáry. Vzorem je bod  $A$ , z toho vyšleme tři nejvýznamnější paprsky. První z nich dopadne na odrazovou plochu zrcadla rovnoběžně s optickou osou a odrazí se pryč. Druhý paprsek projde do ohniska zrcadla a odrazí se rovnoběžně s optickou osou. Třetí paprsek projde středem křivosti a odrazí se ve stejném úhlu v jakém dopadl. [43, 44]



Obr. 10: Vypuklé zrcadlo [45]

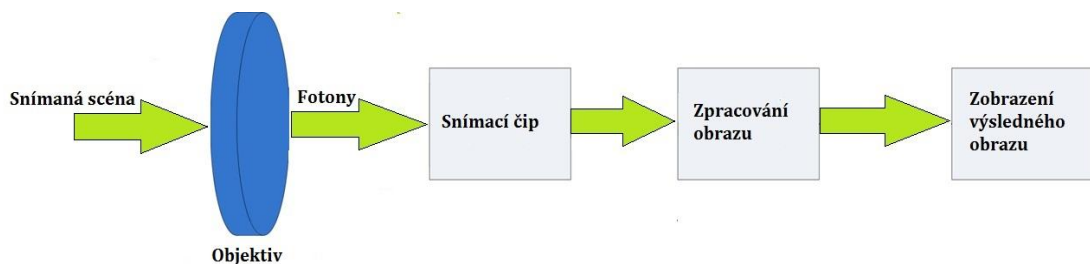
Sedmá kapitola popisuje zrcadlo, jeho dělení a použití. U rovinného a kulového zrcadla byly vysvětleny principy odrazu paprsku. V praktické části budou uvedeny zrcadla, která se používají pro bezpečnostní prohlídku vozidel. Samotné zrcadlo může být součástí i jiných zařízení.

## 8. KAMERA

Kamera je zařízení, které nám umožňuje zaznamenat snímaný obraz do digitální podoby a následně ho dál upravovat. S různými druhy kamer přicházíme do kontaktu každý den, např. bezpečnostní kamery sledují provoz a pohyb na ulici. Liší se pouze vzhledem, velikostí a využitím.

### 8.1. Princip činnosti kamery

Na Obr. 11 je blokově znázorněn princip kamery. Přes objektiv dopadnou na snímací čip fotony. Snímací čip je převede na elektrický signál. V mikroprocesoru, který obsahuje zesilovač, je signál zesílen a následně je digitalizován pomocí A/D převodníku. Videosignál, který tímto procesem vznikl, můžeme uložit do paměti kamery nebo ho pomocí drátového či bezdrátového přenosu uložit, např. do počítače, případně přímo sledovat na monitoru. [3]

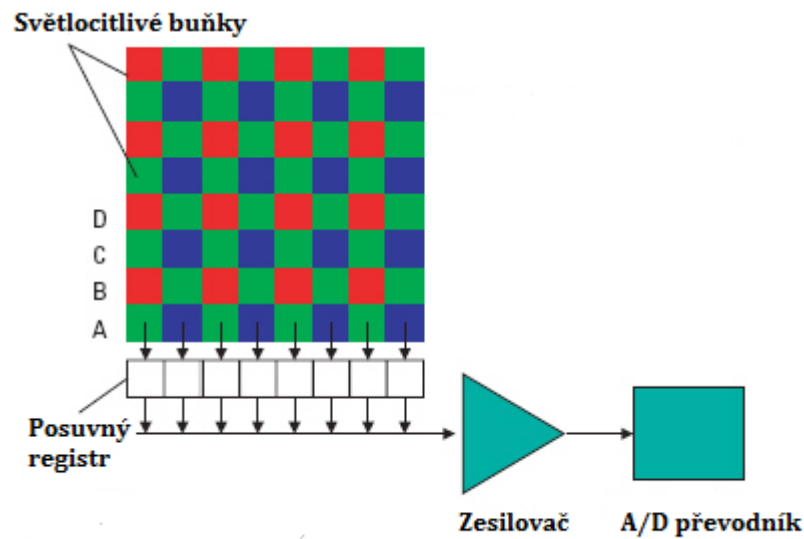


Obr. 11: *Blokové schéma kamery* [42]

### 8.2. Druhy snímacích čipů a princip jejich funkce

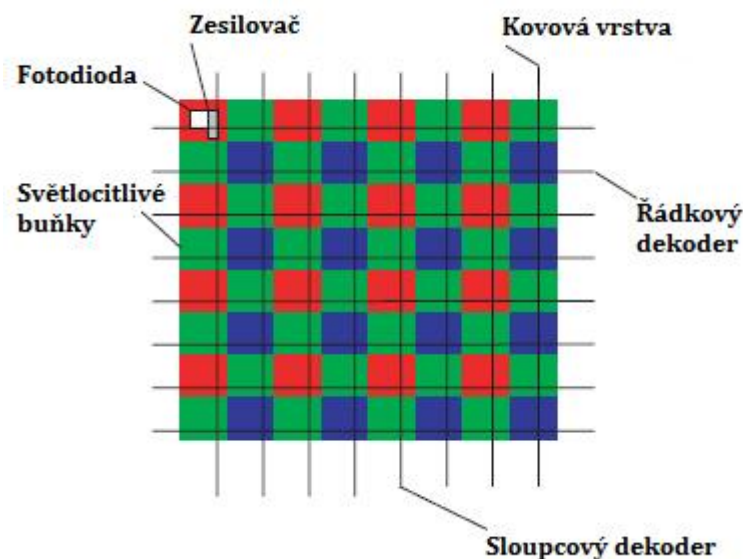
Dnešní kamery používají dva základní druhy snímacích čipů: CMOS (IP kamery) a CCD (videokamery, fotoaparáty).

CCD snímací čip je složen z mnoha světlo citlivých buněk, které při dopadu světla vyprodukují elektrický náboj. Data se čtou po řádcích, jako první se do posuvného registru přesunou náboje z prvního řádku, který je označen A. Ten je v zesilovači zesílen a v A/D převodníku převeden na digitální data. V dalším kroku se přesunou o jednu pozici níže zbylé řádky, tedy B do A, C do B apod. Náboje z řádku B se načtou do posuvného registru a stejně jako u prvního řádku jsou zesíleny a převedeny do digitální podoby. Stejným postupem se načítají i zbylé řádky. [27, 3]



Obr. 12: Činnost CCD čipu [27]

CMOS konstrukce tohoto čipu je rozdílná od CCD. CMOS čip má digitalizující obvody pro každou světlo citlivou buňku zvlášť. Z tohoto důvodu můžeme adresovat každý pixel. Výrobně je levnější než CCD, a to protože se stejně vyrábí procesory do počítačů. Nevýhodou je nižší citlivost jak u CCD snímače. Důvodem jsou digitalizující obvody, které se nacházejí na ploše čipu. CMOS čipy se dělí na pasivní (Passive Pixel Sensor) a aktivní (Active Pixel Sensor). [27, 3]



Obr. 13: Činnost CMOS čipu [27]

Porovnání mezi CCD a CMOS čipem.

| <b>Snímací čip</b>                | <b>CCD</b>      | <b>CMOS</b>      |
|-----------------------------------|-----------------|------------------|
| <b>Cena</b>                       | vysoká          | nízká            |
| <b>Rozměry řešení</b>             | vyšší           | nízké            |
| <b>Spotřeba</b>                   | vysoká          | nízká            |
| <b>Kvalita obrazu</b>             | vysoká          | nižší až nízká   |
| <b>Rozlišení</b>                  | vysoké          | střední          |
| <b>Komplexnost čipu</b>           | vysoká          | nižší až nízká   |
| <b>Fill faktor (činná plocha)</b> | vysoký          | nízký až střední |
| <b>Digitální šum</b>              | nízký           | vysoký           |
| <b>Rychlost</b>                   | nižší až vysoká | vysoká           |
| <b>Dynamický rozsah</b>           | vysoký          | nižší            |
| <b>Možnost výřezu</b>             | nativně žádná   | ano              |

Tab. 6: *Porovnání CCD a CMOS* [27]

Kapitola věnovaná kamerám vysvětlila, jak funguje kamera a jaké jsou druhy snímacích čipů. V praktické části bakalářské práce budou uvedena zařízení, jako videoendoskop, skener podvozků, které obsahují tyto snímací prvky.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**



## 9. TECHNICKE PROSTREDKY URČENÉ PRO DETEKCI UKRYTÉHO NÁKLADU A OSOB VE VOZIDLECH POUŽÍVANÉ V PRAXI

V praktické části bakalářské práce budou uvedena a popsána konkrétní zařízení, která slouží pro detekci ukrytého nákladu a osob ve vozidlech. Zmíním k nim základní vlastnosti a technické parametry. Praktické uplatnění těchto zařízení je např. na hraničních přechodech, ve věznicích, na armádních základnách, parkovištích, při práci celníků. V neposlední řadě se používají také v průmyslu komerční bezpečnosti. Uvedená zařízení je možné koupit na českém, ale i na zahraničních trzích. Část z těchto technických prostředků využívají i české státní orgány, např. Celní správa České republiky a Vězeňská služba ČR.

### 9.1. Zrcátka

Jedná se o nejjednodušší zařízení, kterými je možné zkontrolovat např. spodní část automobilu či návěsu nebo další nepřístupné části, jako je motorový prostor. Samotné zrcátko se skládá z několika částí. Hlavními částmi jsou teleskopická rukojeť, vlastní zrcátko a přídatný zdroj světla integrovaný buď do těla zrcadla, nebo realizovaný pomocí přídatné baterky pro snadnější kontrolu ve špatně osvětlených místech. Zrcátka jsou jednou z nejlevnějších variant, jak se dá kontrolovat spodní část automobilu, případně nepřístupná místa. [1, 2, 47]

#### Ruční zrcátko

Tento typ rovinného zrcátka se používá především pro snadnější kontrolu nepřístupných míst, jako jsou např. prostor pod blatníky, motorové části nebo části podvozku. Existuje několik velikostních provedení od malých osobních, až po velké, které jsou opatřeny kolečky. [47]



Obr. 14: Ruční zrcátko [47]

### Nástěnné zrcadlo

Je to vypuklé zrcadlo, které se upevňuje nejčastěji na budovu a slouží ke kontrole velkého prostoru kolem kontrolovaného vozidla, případně prostoru nad vozidlem.

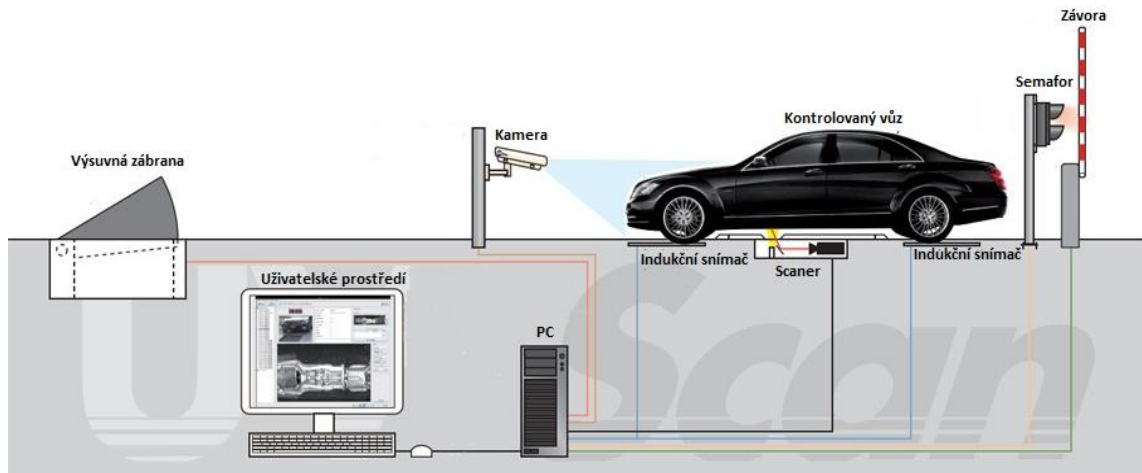


Obr. 15: *Nástěnné zrcadlo*

## 9.2. Kontrola podvozku UVIScan®

Firma SecureOne International BV vyrábí systém UVIScan, který slouží pro skenování podvozků vozidel. Tento systém umožňuje skenovat, kontrolovat a digitálně zaznamenávat podvozky vozidel ve vysokém rozlišení. Systém je vybaven automatickým rozpoznáváním SPZ a každý snímek podvozku je doplněn údajem o SPZ. Snímky se ukládají do databáze, ve které se můžeme kdykoliv podívat na čas příjezdu a odjezdu a na snímek podvozku. Optické zařízení, které se skládá z kamery, je doplněno o infračervené diody, které umožňují skenování v denních i nočních podmínkách. Systém se skládá z:

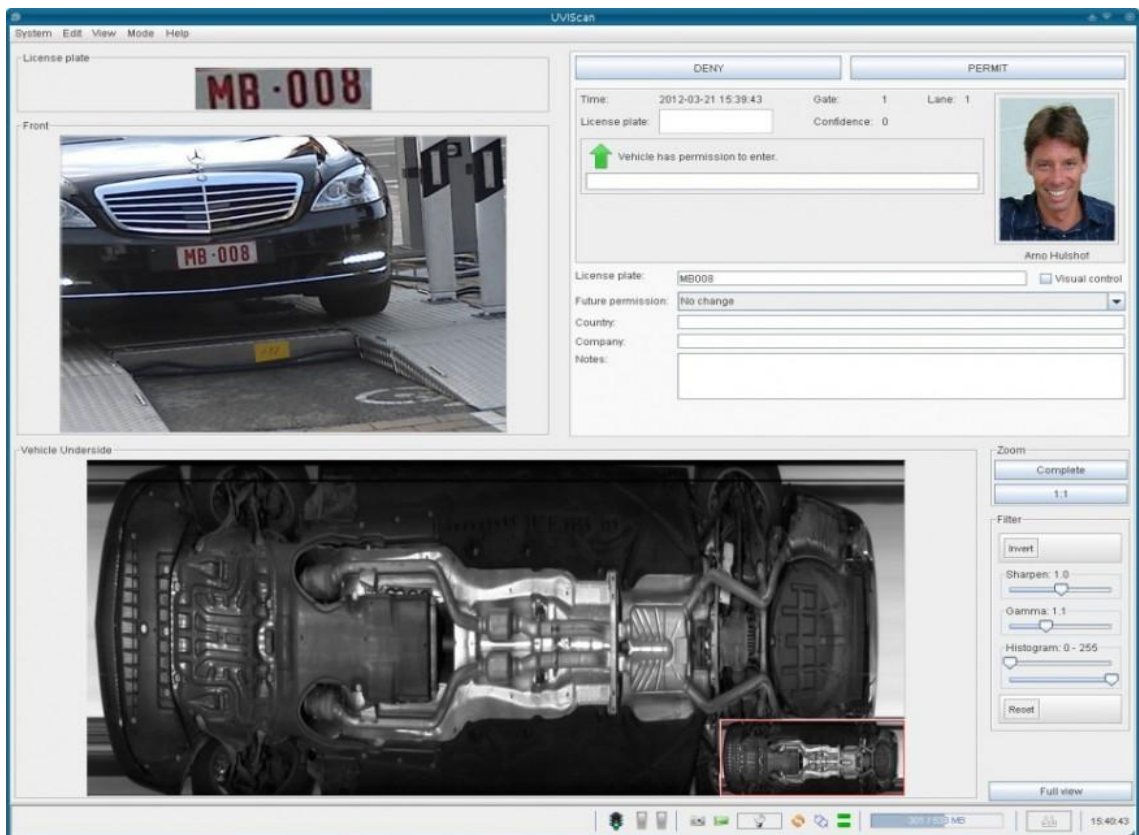
- kamery pro rozpoznávání SPZ,
- centrálního PC,
- start/ stop indukčních snímačů (různé typy),
- výsuvné zábrany,
- semaforu,
- závory. [31, 32]



Obr. 16: UVIScan [31]

### Uživatelské rozhraní

Software, který je na Obr. 17, umožňuje operátorovi vkládat dodatečné informace o vozidle a majiteli. Dále může analyzovat obraz, např. vytvořit negativ, porovnání aktuálního snímku s minulým a zoom.



Obr. 17: Uživatelské rozhraní UVIScan [31]

## Instalace zařízení

Scanovací systém UVIScan je možno instalovat dvěma způsoby. První varianta je mobilní a druhá varianta je stacionární.

### 1. Mobilní

Využívá se při akcích, kde je potřeba dočasně zvýšit bezpečnost, např. politické mítinky, sportovní akce, dočasně uzavřené parkoviště. Prodává se ve dvou variantách Obr. 18, jako hliníková nebo gumová rampa. Mezi hlavní výhody patří rychlá a snadná montáž, nekomplikovaná doprava a flexibilní nasazení a použití. [31]



Obr. 18: Mobilní instalace systému UVIScan [31]

### 2. Stacionární

Instaluje se pevně do povrchu vozovky. Instalační otvor je pouze 15 cm hluboký. Používá se při vjezdu na parkoviště, soukromé pozemky. Jsou určeny na kontrolu všech vozidel bez rozdílu hmotnosti a délky. Vyrábí se ve dvou variantách. První je základní, která je v levé části Obr. 19. V druhé části obrázku je vidět druhou variantu, která je uživatelsky přizpůsobená. [31]



Obr. 19: Stacionární instalace systému UVIScan [31]

### 9.3. Mikrovlnný detektor M600P

Mikrovlnný detektor M600P se používá pro odhalování, např. drog, zbraní, výbušnin ukrytých v mnoha druzích nekovových materiálů, např. skleněné nebo plastové láhve, betonové bloky či cihly nebo sošky.



Obr. 20: Mikrovlnný detektor M600P [35]

Je to ruční detektor, kterým se pohybujeme po povrchu kontrolovaného předmětu, detektor vysílá do prostoru slabý elektromagnetický signál v pásmu mikrovln. Na základě dielektrických vlastností, přesněji na základě relativní permitivity, dochází k tomu, že se signál částečně pohltí, ale také se odrazí zpět do detektoru, který tento odražený signál porovná se signálem vyslaným. Výsledek je vidět na displeji a slyšet ve formě zvukového tónu, který detektor vydává. Pokud detektor vyhodnotí změnu výsledného signálu, je patrné, že v daném místě není materiál homogenní a je zde něco ukryto. [1, 2, 35]

| Mikrovlnného detektoru M600P |  |
|------------------------------|--|
| <b>Provozní frekvence</b>    | 600-650 MHz  |
| <b>Pracovní vlnová délka</b> | 50 cm  |
| <b>Měřený parametr</b>       | Koeficient odrazu                                    |
| <b>Výstupní zařízení</b>     | Displej / Audio                                      |
| <b>Výstupní výkon</b>        | Méně než $10 \mu\text{Wcm}^{-2}$ ve vzdálenosti 5 cm |
| <b>Přesnost</b>              | $\pm 5 \%$   |
| <b>Citlivost</b>             | 0,01 %   |
| <b>Doba odezvy</b>           | Méně než 2,5 ms                                      |
| <b>Zdroj</b>                 | 12 V baterie, 120 nebo napájení 220 VAC              |
| <b>Hmotnost</b>              | 2 kg   |

Tab. 7: Technické specifikace mikrovlnného detektoru M600P [35]

#### 9.4. Infrakamera FLIR HS 307

Infrakamery se používají v oblasti bezpečnosti především u ostražky objektů, při pátrání po osobách, při kontrolách a při sledování zvěře v přírodě. Infrakamerou bývají vybaveny bezpečnostní a záchranné služby, policisté a hasiči. Jejich nasazení je vhodné nejen v noci, ale také v mlze a v oblastech hustého porostu jako je les, vysoká tráva apod. Rozdíl je vidět na Obr. 21. [33]



Obr. 21: Porovnání snímku z infrakamery a bez ní [34]



Obr. 22: Infrakamera FLIR HS 307 [33]

Infrakamera FLIR HS 307 Obr. 22 má ovládání maximálně zjednodušené na pět funkčních tlačítek (zapnutí / vypnutí, nahrávání, zoom, zobrazovací mód a přídatné přisvětlení), která jsou umístěna na horní části infrakamery tak, aby se pohodlně ovládala, když s ní

pracujeme a máme ji přiloženou k oku. Infrakamera HS 307 může detekovat objekt velikosti člověka na vzdálenost až 1,5 km. Tělo infrakamery má odolnou mechanickou konstrukci, která má stupeň krytí IP 67 a je napájeno pomocí čtyř baterií, které se dají rychle vyměnit. To je výhodné při operativním nasazení v terénu, čemuž je přizpůsobena i jejich nízká váha 660 g včetně baterií. Obr. 23 ukazuje, jak vypadá kontrola vozidla pomocí infrakamery. [33]



Obr. 23: Záznam z infrakamery [34]

| Infrakamera FLIR HS 307                     |                       |
|---|-----------------------|
| <b>Rozlišení senzoru</b>                    | 320 x 240 pixelů      |
| <b>Teplotní citlivost</b>                   | < 0,05 °C             |
| <b>Detekční vzdálenost</b>                  | 1,5 km                |
| <b>Digitální zoom</b>                       | 2x                    |
| <b>Video výstup</b>                         | PAL, NTSC             |
| <b>Paměť</b>                                | SD karta (max. 16 GB) |
| <b>Stupeň krytí</b>                         | IP 67                 |
| <b>Napájení</b>                             | 4 x AA baterie        |
| <b>Výdrž na baterii provozní / stand-by</b> | 5 hodin / 120 hodin   |
| <b>Váha</b>                                 | 660 g                 |
| <b>Rozměry</b>                              | 240 x 85 x 60 mm      |
| <b>Provozní teplota</b>                     | -20 °C až +60 °C      |

Tab. 8: Technické specifikace Infrakamera FLIR HS 307 [33]

## 9.5. Elektronický stetoskop 3M Littmann® Model 3200

V bezpečnostní praxi ho nejčastěji využívají pyrotechnici a příslušníci celní správy. Používají elektronické stetoskopy, které slouží k detekci mechanických a elektronických systémů. [1, 2]

Elektronický stetoskop Obr. 24 se skládá z několika částí: hlavové části, hadiček a akustického snímače. Hlavová část je kovová část stetoskopu, k níž jsou připojeny hadičky a končí gumovými olivkami, které se vkládají do uší. Hadičky spojují hlavovou část a akustický snímač. Elektronické stetoskopy využívají speciální senzor, který se skládá z citlivého mikrofону. Ten převádí mechanické kmity na elektrický signál, který se může odeslat přes Bluetooth do počítače k dalšímu zpracování ve speciálním softwaru. [52]



Obr. 24: Elektronický stetoskop  
3M Littmann® Model 3200 [52]

| Elektronický stetoskop 3M Littmann® Model 3200 |                |
|--|----------------|
| <b>Hmotnost</b>                                | 188 g          |
| <b>Délka</b>                                   | 69 cm          |
| <b>Hrudní snímač</b>                           | Jednostranný   |
| <b>Přenos dat</b>                              | Bluetooth      |
| <b>Zesílení zvuku</b>                          | 24 násobné     |
| <b>Zdroj</b>                                   | 1 x AA baterie |

Tab. 9: Technické specifikace elektronického stetoskopu 3M Littmann [52]



## 9.6. Videoendoskop FVE 150

Zařízení, které slouží k zobrazení obsahu vnitřních dutin. Příslušníci celní správy jím kontrolují vnitřky palivových nádrží. Využívá se i jiných odvětví, např. lékařství, strojírenství, stavebnictví.

Flexibilní videoendoskop FVE 150 Obr. 25. Skládá se z barevné kamery s CMOS čipem, která má na konci LED diody na přisvícení, 1 m dlouhého voděodolného flexibilního „krku“, který obsahuje optická vlákna a přenáší obraz z nepřístupných míst na displej. Pod ním jsou tlačítka, pomocí kterých můžeme provádět rotaci s obrazem v rozmezí 180°. V těle přístroje je také umístěn akumulátor, slot pro paměťovou kartu a konektor pro připojení k televizi a počítači. [53]



Obr. 25: Videoendoskop FVE 150 [53]

| Videoendoskopu FVE 150         |                              |
|--------------------------------|------------------------------|
| <b>Kamera</b>                  |                              |
| <b>Viditelný úhel</b>          | 0° a 180°                    |
| <b>Ohnisková vzdálenost</b>    | 6 – 7 cm                     |
| <b>Typ senzoru</b>             | CMOS                         |
| <b>Přisvícení</b>              | LED diody                    |
| <b>Displej</b>                 |                              |
| <b>Velikost</b>                | 3,2"                         |
| <b>Rozlišení</b>               | 320 x 240 pixelů             |
| <b>Video výstup</b>            | PAL, NTSC                    |
| <b>Formát snímků / videa</b>   | JPG / 3 GP                   |
| <b>Ostatní</b>                 |                              |
| <b>Paměť interní / externí</b> | 70 MB / SD kartu (max. 8 GB) |
| <b>Ovládací jazyky</b>         | EN, FR, DE a ES              |
| <b>Stupeň krytí</b>            | IP 67                        |

|  |   |
|--|---|
| <b>Napájení / doba provozu</b>               | 3,7 V / 2000 mAH Li-Ion / 4 hodiny  |
| <b>Hmotnost</b>                              | 0,584 kg  |
| <b>Pracovní rozpětí teplotní / vlhkostní</b> | -10 °C až +50 °C / 15 - 85 %  |
| <b>Rozměry</b>                               | 240 x 160 x 100 mm  |
| <b>Obsah sady</b>                            | endoskop FVE 150, 1 m dlouhý „krk“, 2 GB SD kartu, TV kabel, USB kabel, úhlové zrcátko umožňující pohled za roh, háček pro odstranění překážejících věcí, magnetický klips pro odstranění překážejících věcí, nabíječku, transportní kufřík |

Tab. 10: *Technické specifikace videoendoskopu FVE 150 [53]*

## 9.7. Ultrazvukový detektor Meritronics TKD – 2

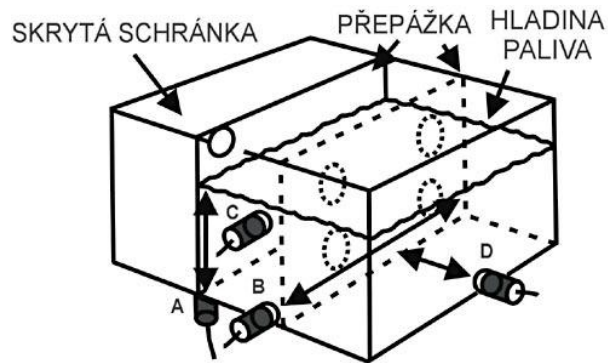
Ultrazvukové detektory se využívají pro detekci ukrytých věcí (kontrabandu) v nádržích nebo pneumatikách motorových vozidel. [1, 2]

Firma Meritronics vyrábí dva typy ultrazvukových detektorů. První je detektor palivových nádrží TKD – 2 a druhý detektor TTD - 2 je určený na detekci v pneumatikách. [36]



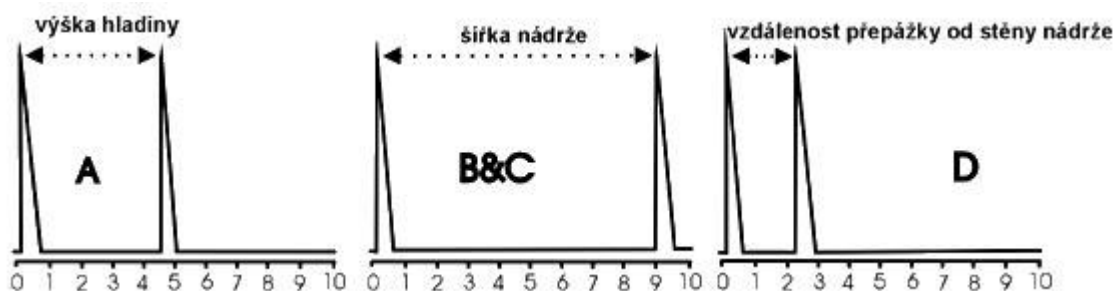
Obr. 26: *Meritronics TKD – 2 [36]*

Detektor Meritronics TKD – 2 Obr. 26 je složen z několika hlavních částí, tj. přenosného přístroje, kabelů a sondy. V těle detektoru je generován elektrický signál, který jde kabelem k sondě, ta se přiloží k měřenému objektu, nádrži nebo pneumatice a pohybujeme s ním v různých osách Obr. 27.



Obr. 27: Kontrola nádrže [36]

Sonda se skládá z piezoelektrického měniče, který nejprve převede elektrický signál na akustický a následně ho přijímá nazpět a převede ho na elektrický. Ultrazvukové vlny se šíří všemi prostředními (kovy, kapalinami, gumou i vzduchem) přímo a jejich rozhraní se odrážejí. Vlastní přístroj odražené vlny zesílí. Na Obr. 28 vidíme výstup, který je vidět na monitoru. Zobrazí se časová základna a časový odstup mezi vyslaným a přijatým signálem a ten odpovídá vzdálenosti, kterou ultrazvuk urazil. [1, 2]



Obr. 28: Zobrazení výsledků [36]

| Meritronics TKD - 2     |                               |
|-------------------------|-------------------------------|
| Pracovní frekvence      | 2,5 MHz                       |
| Rozměry (V x Š x H)     | 158 mm x 170 mm x 145 mm      |
| Hmotnost                | 4 kg včetně baterie a pouzdra |
| Teplotní rozsah použití | -10 °C až +50 °C              |

Tab. 11: Technické specifikace Meritronics TKD - 2 [36]

## 9.8. Gama detektor Buster K910B

Gama detektor Buster K910B Obr. 29 je ruční přístroj, který slouží pro detekci ukrytých látek, jako jsou výbušniny, drogy a jiného kontrabandu. Můžeme je nalézt např. ve dveřích, prazích automobilů nebo ve stěnách skříňových nástaveb, ve stěnách kontejnerů nebo

pneumatikách. Je používán celníky na hranicích mezi Mexikem a Spojenými státy americkými. [1, 2]



Obr. 29: *Gama detektor Buster K910B* [37]

V těle detektoru je zdrojem gama záření radionuklidový zdroj. V klidovém stavu je zdroj uzavřený v ochranném pouzdře. Pokud s přístrojem pracujeme, otevře se „víčko“ na detekční straně a přístroj vysílá gama záření, které prochází kontrolovaným objektem. Přístroj pak detekuje zpětně rozptýlené záření a přemění ho na elektrický signál. Výsledek je zobrazen na displeji a je také převeden do zvukové formy. Pokud dojde k nalezení ukrytého nákladu, změní se frekvence zvuku. [1, 2, 37]

Přístroj se dodává v sadě obsahující detektor, vzdálený displej, kabeláže a sluchátkovou soupravu. Ta se používá pro zvukové vyhodnocování během detekce. Samotný detektor se dá připevnit na teleskopický nástavec Obr. 30, který se využije při detekci na nedostupných místech, např. pro kontrolu stropních částí nákladních vozů nebo přepravních kontejnerů. [37]



Obr. 30: *Gama detektor Buster K910B s teleskopickou rukojetí* [37]

| Gama detektor Buster K910B |                                  |
|----------------------------|----------------------------------|
| <b>Zdroj</b>               | <sup>133</sup> Barium            |
| <b>Detektor</b>            | scintilační krystal jodidu cesia |
| <b>Hloubka detekce</b>     | 10 – 18 cm                       |
| <b>Displej</b>             | 3,5 digitový, podsvícený         |
| <b>Baterie</b>             | 9 V                              |
| <b>Hmotnost</b>            | 1,1 kg                           |
| <b>Rozměry</b>             | 140 x 64 x 64 mm                 |

Tab. 12: *Technické specifikace Gama detektoru Buster K910B* [37]

### 9.9. Mobilní rentgen Rapiscan Eagle<sup>®</sup> M60

Mobilní rentgen Rapiscan Eagle<sup>®</sup> M60 je nejvýkonnější z celé řady mobilních rentgenů, které vyrábí firma Rapiscan. Je určený ke kontrole kamionů a osobních automobilů. Používá se pro kontrolu v přístavech, na hraničních přechodech a při silničních kontrolách. Má zabudovaný 6 MeV lineární urychlovač jako zdroj rentgenového záření, které pronikne materiálem do hloubky 375 mm. Umožňuje tři režimy snímání:

- režim Drive-by – celý mobilní rentgen se pohybuje a přejíždí přes jeden nebo více volně stojících objektů konstantní rychlostí 0,4 m/s. V tomto režimu je maximálně schopno zkontrolovat 20 vozidel za hodinu,
- režim Drive-thru – kontrolovaná vozidla projíždějí pod snímacím ramenem rychlostí do 5 km/h. Snímání se automaticky spustí až za kabinou vozu,
- režim Drive-thru CabScan – toto snímání je stejné jako předešlé, ale snímá se i kabina řidiče. Ta je snímána slabým rentgenovým zářením a automaticky po jejím ukončení se zdroj přepne do plného výkonu a snímá dál celý náklad. V režimech Drive-thru a Drive-thru CabScan je rychlost kontroly až 100 vozidel za hodinu.

Mobilní rentgen je postavený na podvozku Mercedes Benz Actor 2632. Při složeném snímacím ramenu, které má tvar „L“, je to běžný nákladní automobil, který se může rychle přemístit po běžných komunikacích Obr. 31. [40]

Obr. 31: *Rapiscan Eagle M60* [40]

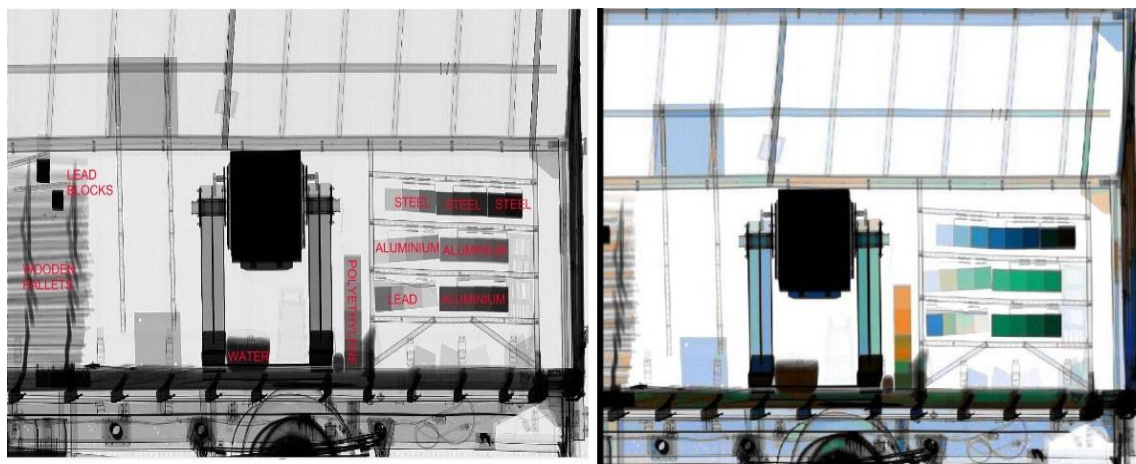
Po příjezdu na místo, může začít mobilní rentgen pracovat do 30 minut. Obsluhu celého systému tvoří řidič a dva školení pracovníci. Ti sedí během snímání v obslužné kabině vybavené několika počítači a hned zpracovávají vzniklé snímky, které vidí na monitorech Obr. 32.

Obr. 32: *Vybavení obslužné kabiny* [40]

Pro zpracování se používá software Auto-Z<sup>®</sup>. Tento speciální program obsahuje nejen sadu nástrojů pro zpracování obrazu, včetně možnosti nastavení kontrastu a jasu, zvětšení nebo zmenšení, filtrů a histogramu, ale i speciální algoritmy, které umožňují barevné rozpoznání materiálů. To pomáhá následně odhalit skrytý kontraband, např. střelné zbraně, výbušniny, zbraně hromadného ničení, návykové látky nebo nedeklarované zboží, které je nelegálně

skryto v nákladu. Obrázky je možné vytisknout nebo je odeslat prostřednictvím bezdrátového zařízení k dalšímu posouzení nebo zpracování. [40]

V levé části Obr. 33 je klasický snímek z rentgenu, který obsahuje různé druhy materiálu. Pravá část obrázku je upravená programem Auto-Z<sup>®</sup> a je zde vidět barevné přiřazení materiálům. Modré barvy značí kovové materiály, zelené předměty z plastu.



Obr. 33: Snímek z rentgenu Rapiscan Eagle<sup>®</sup> M60 [41]

| Mobilní rentgen Rapiscan Eagle <sup>®</sup> M60 |   |
|---|---|
| <b>Zdroj rentgenového záření</b>                | Lineární urychlovač 6 MeV                           |
| <b>Rozměry kontrolovaných předmětů</b>          | 0,4 – 5 m x 2,8 m                                   |
| <b>Max. poryvy větru</b>                        | 20 m/s  |
| <b>Teplotní rozsah</b>                          | -10 °C až +40 °C dá se rozšířit na -40 °C až +55 °C |
| <b>Vlhkostní rozsah</b>                         | 5 % až 95 %   |
| <b>Rychlost kontroly</b>                        | 25 – 100 vozidel za hodinu dle režimu snímání       |

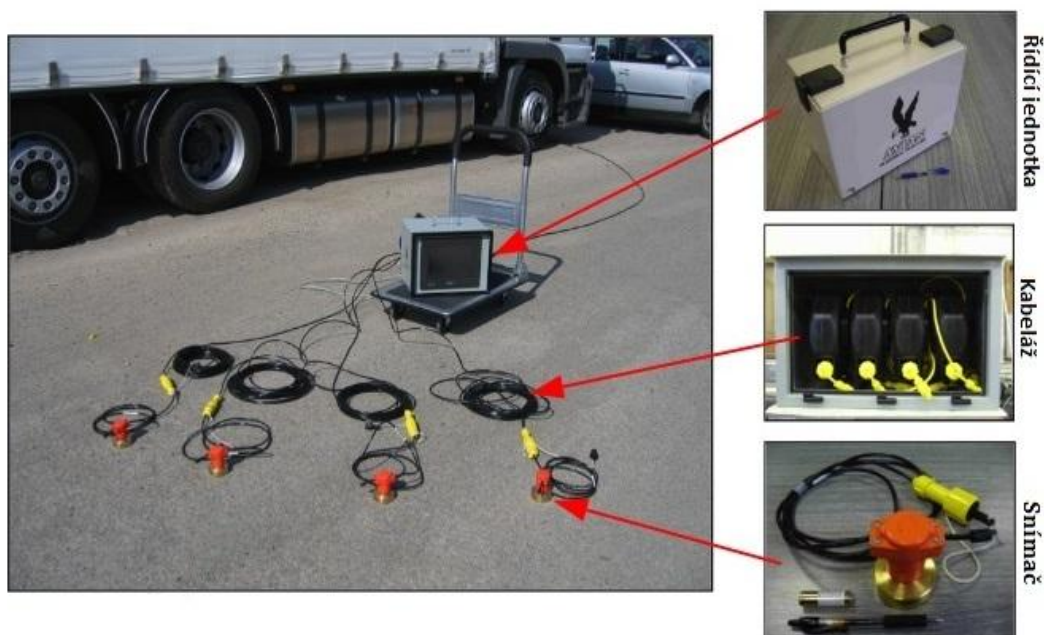
Tab. 13: Technické parametry rentgenu Rapiscan Eagle<sup>®</sup> M60 [40]

## 9.10. Detektor skrytých osob

Firma Geovox Security Inc. vyrábí pod názvem AVIAN Heartbeat Detector<sup>™</sup> detektor, který je v České republice prodáván firmou Colsys pod názvem Detektor skrytých osob. Detektor využívá principu snímání srdečního tepu. U každého živého tvora, kterému bije srdce, můžeme měřit srdeční ozvy. Pokud je tento živý tvor ukrytý, např. v kontejneru, tak se jeho srdeční tepy šíří celou konstrukcí vozidla. Díky použití vysoce citlivých snímačů je

možné detekovat živého tvora, který je v přímém nebo nepřímém kontaktu s konstrukcí vozidla.

System Obr. 34 je složen z jednoho až čtyř speciálních snímačů, které se umístí na kontrolované vozidlo na jeho kovové části, např. nádrž, nákladový prostor (kontejner) a spojí se pomocí kabelů s vyhodnocovacím počítačem, který je vybavený speciálním softwarem. [29, 30]



Obr. 34: Detektor skrytých osob Heartbear Detector™ [29]

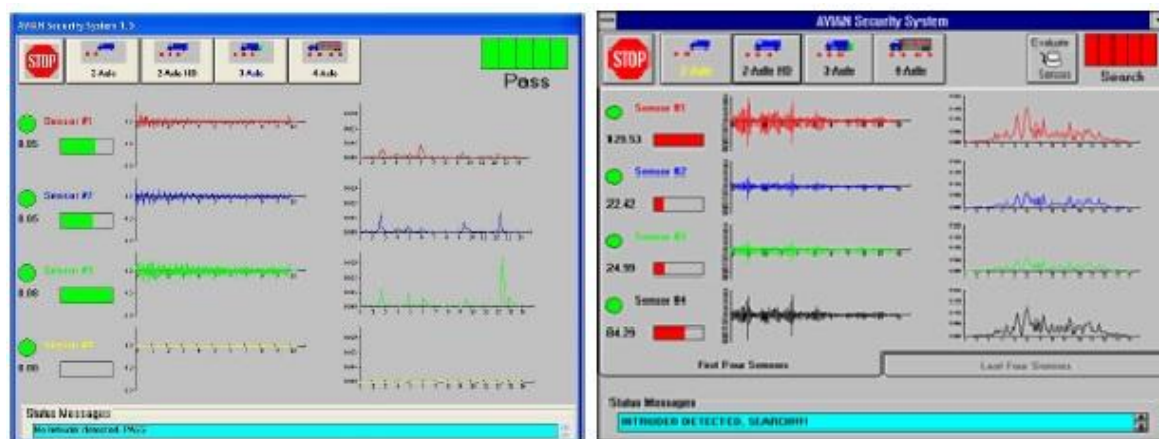
Operátor nainstaluje detektory na vozidlo a zadá do počítače vstupní informace jako typ vozidla, počet náprav a počet senzorů. Než se spustí test, posádka musí opustit vozidlo, vypnout motor a další přídatné zařízení, např. nezávislé topení a chlazení návěsu. Obsluha spustí na počítači speciální program, který získá data a následně je analyzuje. Výsledek detekce je znám do 15 sekund od jeho spuštění. Pokud systém vyhodnotí negativní ruchy, test se automaticky opakuje. Za negativní ruchy se považuje nepříznivé počasí, např. silný vítr a déšť. [29]





Obr. 35: Montáž senzorů [29]

Na Obr. 36 je vidět software, který „běží“ na počítači. Levá část obrázku znázorňuje, že systém nezaznamenal při měření srdeční ozvy, takže v kontrolovaném voze není nic živého ukryté. Pravá část obrázku znázorňuje, že v kontrolovaném prostoru se nachází živá bytost.



Obr. 36: Program na vyhodnocení [29]

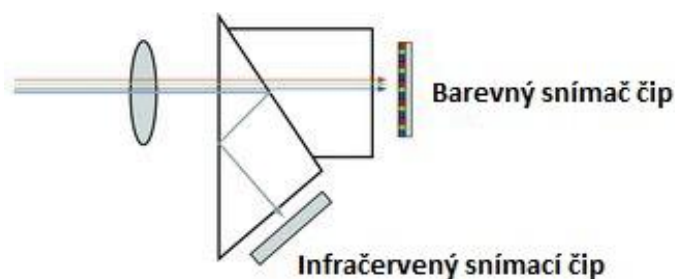
Systém obsluhují dva školení pracovníci. Kontrola celého vozidla včetně montáže s vyhodnocením trvá méně jak 5 minut. [30]

## 10. NOVÉ TRENDY

Mezi nové trendy jsem zařadil použití dvoučipové kamery AD-080CL a terahertzového scanneru ThruVision TS4. Obě zařízení pracují na různých principech a vnášejí do problematiky detekce nákladu a osob nové možnosti a uplatnění.

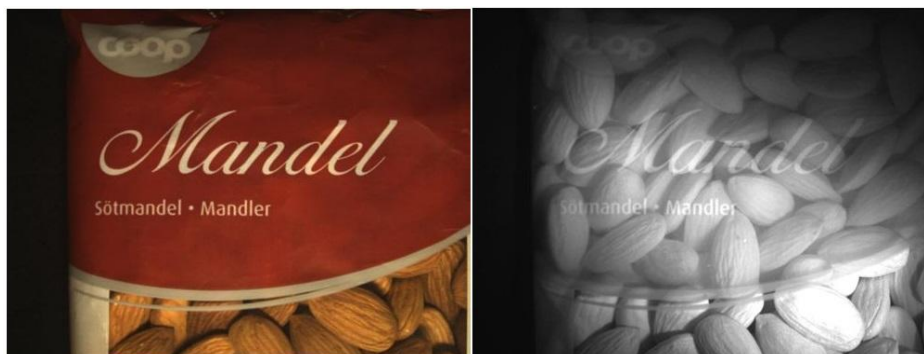
### 10.1. Dvoučipová kamera AD-080CL

Firma JIR uvedla v roce 2008 dvou čipovou kameru, která obsahuje dva snímací čipy. Jeden čip na snímání viditelné části spektra a druhý čip na snímání infračerveného záření Obr. 37.



Obr. 37: Uspořádání snímací čipů [19]

Výhodou této duální kamery je současně snímání jednoho předmětu dvakrát pomocí jednoho zařízení Obr. 38. To nám umožňuje kontrolovat současně povrch i vnitřek zkoumaného předmětu. Další výhody jsou takové, že snímání obrazu probíhá ve stejném okamžiku a ze stejného místa, takže není potřeba žádná vnější synchronizace obou snímačů. Výsledný obraz je přesně stejný a je možné porovnat pixel na pixel. Touto kamerou se tak dají odhalit defekty a kazy nebo skryté věci, které nejsou normálně na první pohled vidět. [19]



Obr. 38: Náhled pod obal [19]

Na Obr. 39 je vidět, že pokud by někdo chtěl pašovat nějaký předmět pod obalem v balíčku papírových kapesníků, tak si při kontrole běžnou kamerou ani nevšimneme, že je tam něco ukryto. Při použití této dvoučipové kamery dojde k odhalení případného předmětu.



Obr. 39: Snímání obalu [19]

## 10.2. Skener ThruVision TS4

Terahertzové záření je vysokofrekvenční záření, které se nachází mezi mikrovlnným a infračerveným pásmem. Aplikace tohoto záření se v poslední době rozšiřuje do různých odvětví, např. lékařství, astronomické, průmyslové a bezpečnostní využití. Toto záření dokáže proniknout materiály, jako je oblečení, papír, dřevo, ale i přes zeď a umělou hmotu.

Na tom je založen princip terahertzového skeneru ThruVision TS4 Obr. 40 od firmy Digital Barriers. [38]

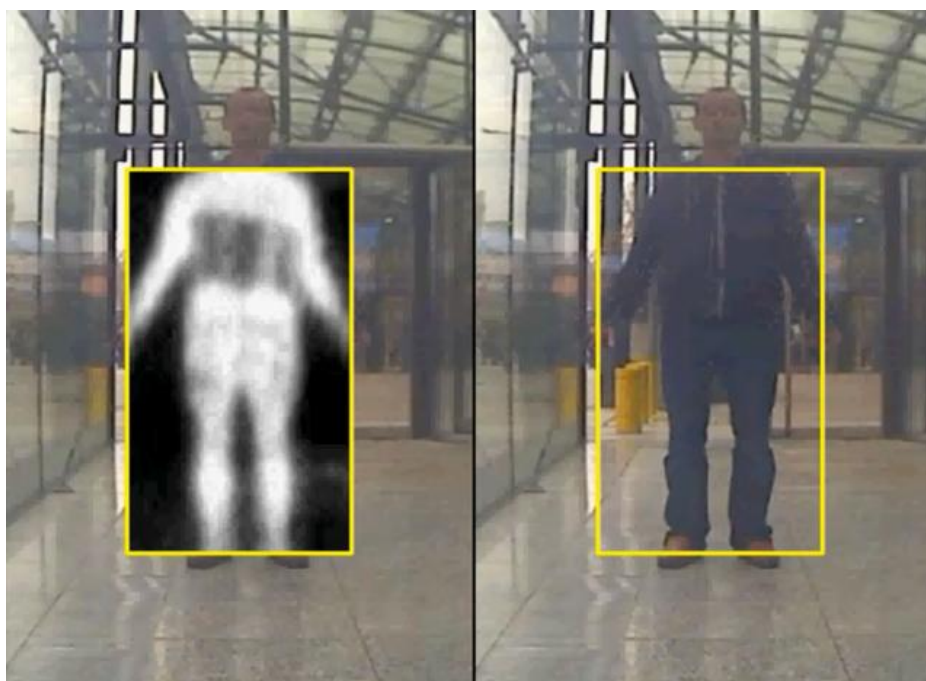


Obr. 40: ThruVision TS 4 [39]

Jedná se o skener, který dokáže rozeznat např. výbušninu od keramické hlíny, také rozezná cukr od drog a různé druhy tekutin a gelů. Na oblečeném člověku dokáže odhalit skrytou zbraň Obr. 41. nebo přidělanou bombu Obr. 42.



Obr. 41: Detekce skryté zbraně [39]



Obr. 42: Detekce skryté bomby [39]

Běžná skenovací vzdálenost je podle výrobce 4 m, maximální až 10 m. Velkou výhodou je, že nemá negativní vliv na lidské zdraví. Podle dostupných informací je používána v Anglii na letištích. [39]

## ZÁVĚR

Bakalářská práce je rozdělena na dvě části, kde v první teoretické části seznámí čtenáři z řad laické i odborné i veřejnosti s principem činnosti technických prostředků, které se používají pro detekci ukrytého nákladu a osob ve vozidlech. Teoretická část je rozdělena na kapitoly, které popisují jednotlivé druhy záření, princip kamery, zrcadla a akustické vlnění. První kapitola s názvem elektromagnetické pole popisuje vznik a vlastnosti elektromagnetického pole. Zabývá se elektromagnetickým zářením, způsoby jeho šíření prostorem a jeho druhy. V kapitole mikrovlnné záření byl vysvětlen jeho princip a dělení, bylo zmíněno jeho objevení a uplatnění v každodenní lidské činnosti. Byl zde objasněn princip mikrovlnného detektoru. Používá se pro detekci ukrytého nákladu především na odhalování drog, zbraní a jiných látek v nekovových obalech. Kapitola infračervené záření popsala fyzikální podstatu záření a jeho dělení. Dále byla stručně zmíněna historie a oblasti, kde se infračervené záření používá. Následně byla popsána teoreticky infrakamera. Infrakamery a termovizní systémy se používají pro detekci jak ukrytého nákladu, tak i osob, ale nesmějí být ukryty za kovovými materiály, např. v kontejnerech. Obsahem kapitoly rentgenové záření bylo vysvětlit fyzikální podstatu, vznik a vlastnosti. V příslušné kapitole byl uveden popis rentgenky a stručná historie tohoto záření. Pátá kapitola se zabývá gama zářením. Byly zde uvedeny jeho vlastnosti a reakce s prostředím, kde se používá a jak bylo objeveno. V kapitole akustické vlnění byly objasněny pojmy zvuk a ultrazvuk. Byl zde vysvětlen princip elektroakustických měničů. Ty jsou součástí ultrazvukového detektoru, stetoskopu a speciálního snímače v systému na detekci skrytých osob. Poté byl popsán princip činnosti ultrazvukového detektoru a jeho použití pro detekci ukrytého nákladu ve vozidlech. Sedmá kapitola popisuje zrcadlo. U rovinného a kulového zrcadla byly vysvětleny principy odrazu paprsku. Samotné zrcadlo může být součástí i jiných zařízení. Kapitola věnovaná kamerám vysvětlila, jak funguje kamera, jaké jsou druhy snímacích čipů a kde se využívají.

Druhá část bakalářské práce je zaměřena prakticky a popisuje využití vybraných technických prostředků nejčastěji využívaných v praxi. Praktická část je dále rozdělena na dvě kapitoly. První kapitola konkrétně popisuje využití technických prostředků určených pro detekci ukrytého nákladu a osob ve vozidlech. V praxi se ukázalo, že tyto vybrané prostředky slouží k odhalování nežádoucích věcí a osob, ale nedokáží úplně nahradit lidské smysly a zkušenosti získané za dlouhou dobu praxe. Samotní příslušníci celní správy mi potvrdili, že někdy o odhalení tajné skrýše či dutiny rozhoduje úplná náhoda. Často se

používá kombinace více metod, aby se minimalizovalo riziko toho, že nedojde k odhalení nežádoucích věcí. Státní složky jako je Celní správa ČR a Policie ČR, používají pro svou činnost spíše mobilní zařízení. Soukromé bezpečnostní agentury pro svou činnost spíš využívají napevno instalovaná zařízení. Ve druhé kapitole jsou uvedeny nové trendy v této oblasti, které se v současné době rozvíjí a umožní přesnější a důkladnější kontroly.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] TUREČEK, Jaroslav. *Technické prostředky bezpečnostních služeb. II, Detektory pro bezpečnostní prohlídku osob, zavazadel a zásilek*. Vyd. 1. Praha: Policejní akademie České republiky, 1998. 97 s. ISBN 80-85981-81-5.
- [2] TUREČEK, Jaroslav. *Policejní technika*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2008, 316 s. ISBN 978-807-3801-199.
- [3] LUKÁŠ, Luděk. *Bezpečnostní technologie, systémy a management II*. 1. vyd. Zlín: VeRBuM, 2012, 386 s. ISBN 978-80-87500-19-4.
- [4] LUKÁŠ, Luděk. *Bezpečnostní technologie, systémy a management I*. 1. vyd. Zlín: VeRBuM, 2011, 316 s. ISBN 978-80-87500-05-7.
- [5] MAYER, Daniel. *Teorie elektromagnetického pole*. 3. vyd., přeprac. Plzeň: Západočeská univerzita, Elektrotechnická fakulta, 2001, 357 s. ISBN 80-7082-826-9.
- [6] NOVOTNÝ, Karel. *Teorie elektromagnetického pole I*. Vyd. 2. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005, 187 s. ISBN 8001032264.
- [7] Elektromagnetické vlnění. *Gymnázium Brno* [online]. 2013 [cit. 2013-10-13]. Dostupné z: <http://www.gymkren.cz/download/ucebni-texty/fyzika/f24.pdf>
- [8] LUKÁŠ, Luděk. *Bezpečnostní technologie, systémy a management III*. 1. vyd. Zlín: VeRBuM, 2013, 456 s. ISBN 978-80-87500-35-4.
- [9] FUKÁTKO, Tomáš. *Detekce a měření různých druhů záření*. 1. vyd. Praha: BEN, 2007, 189 s. ISBN 978-80-7300-193-3.
- [10] Mikrovlnná trouba. *Q-klub Příbram*. [online]. 2013 [cit. 2013-10-25]. Dostupné z: <http://www.quido.cz/objevy/mikrovlanka.htm>
- [11] Mikrovlnná trouba, magnetron, historie, schéma a foto rezebrané mikrovlnky. MIZERA, David. *Mizici*. [online]. 04.11.2012 [cit. 2013-10-25]. Dostupné z: <http://www.mizici.com/article.php?aid=772>
- [12] Mikrovlny v přípravě preparátů pro TEM: Elektronová mikroskopie pro biology. NEBESÁŘOVÁ, Jana. *Parazitologický ústav* [online]. 2001 [cit. 2013-10-25]. Dostupné z: <http://www.paru.cas.cz/lem/book/Podkap/5.2.html>
- [13] VRBA, Jan. *Aplikace mikrovlnné techniky*. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2001, 147 s. ISBN 80-01-02294-3.

- [14] VAŠKO, Antonín. *Infračervené záření a jeho užití*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1963, 294 s.
- [15] Infračervené teplo. *Sauny vital*. [online]. 2010 [cit. 2013-11-01]. Dostupné z: <http://www.sauny-vital.cz/cz/poradenstvi/infrasauny/infracervene-teplo/>
- [16] Infračervené záření. *Edutorium*. [online]. 2008 [cit. 2013-11-02]. Dostupné z: [http://www.techmania.cz/edutorium/art\\_exponaty.php?xkat=fyzika&xser=4f7074696b61h&key=690](http://www.techmania.cz/edutorium/art_exponaty.php?xkat=fyzika&xser=4f7074696b61h&key=690)
- [17] SVOBODA, Jiří. Soudobá špičková termografická technika. *Odborné časopisy* [online]. 2003, roč. 2003, č. 1 [cit. 2013-11-15]. Dostupné z: [http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id\\_document=28670](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=28670)
- [18] Termografie: zobrazování teplotních polí. *Ústav fyziky a měřicí techniky* [online]. 2013 [cit. 2013-11-15]. Dostupné z: [ufmt.vscht.cz/cs/component/joomdoc/](http://ufmt.vscht.cz/cs/component/joomdoc/)
- [19] ŠÍMA, Jan. Dvoučipová multispektrální kamera JAI vidí pod povrch. *Elcom*. [online]. 29. 3. 2010. 2010 [cit. 2013-11-15]. Dostupné z: <http://www.elcom.cz/virtualni-instrumentace/novinky-sales/clanek/462-novinky.html>
- [20] ŠVEHLA, Štefan a Zdenko FIGURA. *Ultrazvuk v technologii*. 1. vyd. Bratislava: Alfa, 1984, 521 s.
- [21] OBRAZ, Jaroslav. *Ultrazvuk v měřicí technice*. 2. uprav. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1984, 485 s.
- [22] Záření gama. *Radiobiologie* [online]. 2010 [cit. 2013-12-14]. Dostupné z: <http://fbmi.sirdik.org/1-kapitola/14/143.html>
- [23] Druhy ionizujícího záření. *Skupina ČEZ* [online]. 2003 [cit. 2013-12-14]. Dostupné z: [http://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/encyklopedie-energetiky/03/druhy\\_5.html](http://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/encyklopedie-energetiky/03/druhy_5.html)
- [24] Gamma Rays. *Hesston College* [online]. 2003 [cit. 2013-12-14]. Dostupné z: <http://www2.hesston.edu/Physics/Gammarays/gammadoc.htm>
- [25] VOMÁČKA, Jaroslav, Josef NEKULA a Jiří KOZÁK. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. 1. vyd. V Olomouci: Univerzita Palackého, 2012, 153 s. ISBN 978-80-244-3126-0.



- [26] Elektroakustické měniče. *Studijní materiály* [online]. 2011 [cit. 2013-12-29]. Dostupné z: [http://dlabos.wz.cz/en/Eletkroakusticke\\_menice.html](http://dlabos.wz.cz/en/Eletkroakusticke_menice.html)
- [27] Fotomobily: snímací čipy CMOS vs. CCD. *Digimanie* [online]. 2009 [cit. 2013-12-29]. Dostupné z: <http://www.digimanie.cz/fotomobily-snimaci-cipy-cmos-vs-ccd/2885>
- [28] 5 Fascinating Facts About Fetal Ultrasounds. *Live science* [online]. 2013 [cit. 2013-12-29]. Dostupné z: <http://www.livescience.com/32071-history-of-fetal-ultrasound.html>
- [29] Detektor skrytých osob. *Colsys* [online]. 2012 [cit. 2013-11-18]. Dostupné z: : <http://www.colsys.cz/detektor-skrytych-osob/>
- [30] AVIAN Heartbeat Detector. Geovox Security [online]. 2004 [cit. 2013-11-18]. Dostupné z: <http://www.geovox.com/index.htm>
- [31] Skener podvozku automobilu. *Colsys* [online]. 2012 [cit. 2013-11-18]. Dostupné z: <http://www.colsys.cz/skener-podvozku-automobilu/>
- [32] Leading technology. Uviscan [online]. 2011 [cit. 2013-12-25]. Dostupné z: <http://www.uviscan.com/uviscan/leading-technology>
- [33] Termokamera FLIR HS324 / FLIR HS307. *Oficiální zastoupení firmy FLIR v ČR* [online]. 2014 [cit. 2014-02-21]. Dostupné z: <http://www.termokamery-flir.cz/termokamera-flir-hs/>
- [34] FLIR HS-307 PRO 65mm Termisk kamera. *Spyshop* [online]. 2014 [cit. 2014-02-21]. Dostupné z: <http://www.spyshop.no/hs-307-pro-65mm-termisk-kamera.html>
- [35] Portable Drug and Contraband Detector. *Http://www.cmlvn.com* [online]. 2010 [cit. 2014-02-21]. Dostupné z: <http://www.cmlvn.com/Web/DEDetectionM600P.htm>
- [36] Meritronics - Ultrazvukové detektory. *ELMES Praha s.r.o.* [online]. 2000 [cit. 2014-02-21]. Dostupné z: [http://www.elmes.cz/ultrazvukovy\\_detektor.html](http://www.elmes.cz/ultrazvukovy_detektor.html)
- [37] Buster Contraband Detector Kit. *Contraband and Explosive Detection Equipment* [online]. 2007, 2014 [cit. 2014-02-21]. Dostupné z: <http://www.cseco.com/Products/BusterK910B.aspx>
- [38] Terahertzová a ultrarychlá spektroskopie. *Fyzikální ústav AV ČR* [online]. 2008 [cit. 2014-02-22]. Dostupné z: <http://www.fzu.cz/oddeleni/oddeleni-dielektrik/working-groups/terahertzova-a-ultrarychla-spektroskopie>

- [39] ThruVision TS4. *Digital Barriers* [online]. 2014 [cit. 2014-02-22]. Dostupné z: <http://www.digitalbarriers.com/thruvision-ts4/>
- [40] Rapiscan Eagle ® M60 Mobile Cargo Inspection System. *Innovation Tower Trading LLC: Rapiscan Eagle ® M60* [online]. 2014 [cit. 2014-02-23]. Dostupné z: <http://itt-kubba.com/products2/eagle/M60/Rapiscan%20Eagle%20M60%20Product%20Overview%20040910.pdf>
- [41] LANGEVELD, Willy. Neutron-based Material Categorization System for the Rapiscan Eagle MAX. *Fast neutron detectors and applications* [online]. 2011 [cit. 2014-02-23]. Dostupné z: <http://www.fnda2011.de/pdf/06-04.pdf>
- [42] Konstrukce termokamery. *Termokamera.cz* [online]. 2014 [cit. 2014-02-25]. Dostupné z: <http://www.termokamera.cz/princip-a-funkce/konstrukce-termokamery/>
- [43] Zrcadla. *Edutorium* [online]. 2008 [cit. 2014-02-26]. Dostupné z: [http://www.techmania.cz/edutorium/art\\_exponaty.php?xkat=fyzika&xser=4f7074696b61h&key=712](http://www.techmania.cz/edutorium/art_exponaty.php?xkat=fyzika&xser=4f7074696b61h&key=712)
- [44] ZOBRAZENÍ ZRCADLY. *Gymnázium Ladislava Jaroše Holešov* [online]. 2010 [cit. 2014-02-26]. Dostupné z: [http://www.gymhol.cz/projekt/fyzika/04\\_zrcadla/04\\_zrcadla.htm](http://www.gymhol.cz/projekt/fyzika/04_zrcadla/04_zrcadla.htm)
- [45] Kulové zrcadla. *Optika jednoduše* [online]. 2005, 2006 [cit. 2014-02-26]. Dostupné z: [http://optika.kuratko.net/zrc\\_kulove.htm#](http://optika.kuratko.net/zrc_kulove.htm#)
- [46] JURÁNEK, Martin. Průvodce akcelerometry pro začátečníky. *INNET VŠB - Technická univerzita Ostrava* [online]. 2007 [cit. 2014-02-28]. Dostupné z: [http://homel.vsb.cz/~jur286/prostredky\\_aut\\_rizeni/preklad.htm](http://homel.vsb.cz/~jur286/prostredky_aut_rizeni/preklad.htm)
- [47] Vyhledávací zrcátka. *ELAS Brno* [online]. 2013 [cit. 2013-10-12] Dostupné z: [http://www.elasbrno.cz/index\\_1=cs\\_t=19.html](http://www.elasbrno.cz/index_1=cs_t=19.html)
- [48] Dielektrika: Fyzika normálních dielektrik. POLJAK, František. *Dielektriká: Izolanty* [online]. 1. vyd. Bratislava: Alfa, 1983 [cit. 2013-10-26]. Dostupné z: <http://dielektrika.kvalitne.cz/tabulky.html>
- [49] Šíření rádiových vln: Frekvenční a vlnová pásma. *Valka.cz* [online]. 2009 [cit. 2014-02-28]. Dostupné z: <http://forum.valka.cz/viewtopic.php/t/84604>

- [50] Termovízna technika pre hasičov: Prehliadka pred zásahom. *Wwww.termokamery.sk* [online]. 2010 [cit. 2013-11-15]. Dostupné z: <http://www.termokamery.sk/aplikacie-a-galeria/termovizna-technika-pre-hasicov/>
- [51] Termovizní měření, snímky, termodiagnostika. *PRO EKO-POINT* [online]. 2012 [cit. 2013-11-15]. Dostupné z: <http://www.ekopoint.cz/termovize/>
- [52] Elektronický stetoskop model 3200. *Mediset chironax* [online]. 2013 [cit. 2013-11-18]. Dostupné z: <http://www.mediset.cz/eshop/littmann-3200-elektronicky-stetoskop/556-fonendoskop-littmann-3200bk-cerny-elektronicky-stetoskop-model-3200-doprava-v-cr-zdarma.html>
- [53] Videoendoskop FVE 150. *Geodetické centrum* [online]. 2013 [cit. 2013-11-18]. Dostupné z: [http://www.geoserver.cz/geo/meridla-prislusenstvi/meridla-velicin-geofennel/video\\_endoskop\\_fve\\_150-video\\_endoskop\\_fve\\_150](http://www.geoserver.cz/geo/meridla-prislusenstvi/meridla-velicin-geofennel/video_endoskop_fve_150-video_endoskop_fve_150)
- [54] Konvenční rentgeny (4): Vznik rentgenového záření. *Rozcestník portálu biomedicínských technologií* [online]. 2013 [cit. 2013-12-29]. Dostupné z: <http://popular.fbmi.cvut.cz/biomedicina/Stranky/Konvencni-rentgeny-4---Vznik-rentgenoveho-zareni.aspx>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

|              |   |
|--------------|---|
| A/D          | Analogově - digitální převodník         |
| $\vec{B}$    | Vektor magnetické indukce               |
| CCD          | Charged Coupled Device                  |
| CMOS         | Complementary Metal Oxide Semiconductor |
| $\vec{E}$    | Vektor intenzity elektrického pole      |
| EHF          | Extremely High Frequency                |
| IR           | Infračervené záření                     |
| SHF          | Super High Frequency                    |
| SPZ          | Státní poznávací značka                 |
| UHF          | Ultra High Frequency                    |
| UVI          | Under Vehicle Inspector                 |
| WiFi         | Wireless Fidelity                       |
| $\epsilon_r$ | Relativní permitivita                   |

## SEZNAM OBRÁZKŮ

|   |    |
|---|----|
| Obr. 1: <i>Elektromagnetická vlna</i> [7] .....                           | 12 |
| Obr. 2: <i>Spektrum elektromagnetického záření</i> [49] .....             | 12 |
| Obr. 3: <i>Blokové schéma infrakamery</i> [42] .....                      | 16 |
| Obr. 4: <i>Termogram v barevné a šedé škále</i> [50, 51] .....            | 18 |
| Obr. 5: <i>Rentgenka</i> [54] .....                                       | 20 |
| Obr. 6: <i>Pronikavost gama zářen</i> [23] .....                          | 22 |
| Obr. 7: <i>Comptonův rozptyl</i> [22] .....                               | 23 |
| Obr. 8: <i>Piezoelektrický jev</i> [46] .....                             | 26 |
| Obr. 9: <i>Rovinné zrcadlo</i> [44] .....                                 | 27 |
| Obr. 10: <i>Vypuklé zrcadlo</i> [45] .....                                | 28 |
| Obr. 11: <i>Blokové schéma kamery</i> [42] .....                          | 29 |
| Obr. 12: <i>Činnost CCD čipu</i> [27] .....                               | 30 |
| Obr. 13: <i>Činnost CMOS čipu</i> [27] .....                              | 30 |
| Obr. 14: <i>Ruční zrcátko</i> [47] .....                                  | 33 |
| Obr. 15: <i>Nástěnné zrcadlo</i> .....                                    | 34 |
| Obr. 16: <i>UVIScan</i> [31] .....  | 35 |
| Obr. 17: <i>Uživatelské rozhraní UVIScan</i> [31] .....                   | 35 |
| Obr. 18: <i>Mobilní instalace systému UVIScan</i> [31] .....              | 36 |
| Obr. 19: <i>Stacionární instalace systému UVIScan</i> [31] .....          | 36 |
| Obr. 20: <i>Mikrovlňný detektor M600P</i> [35] .....                      | 37 |
| Obr. 21: <i>Porovnání snímku z infrakamery a bez ní</i> [34] .....        | 38 |
| Obr. 22: <i>Infrakamera FLIR HS 307</i> [33] .....                        | 38 |
| Obr. 23: <i>Záznam z infrakamery</i> [34] .....                           | 39 |
| Obr. 24: <i>Elektronický stetoskop 3M Littmann® Model 3200</i> [52] ..... | 40 |
| Obr. 25: <i>Videoendoskop FVE 150</i> [53] .....                          | 41 |
| Obr. 26: <i>Meritronics TKD – 2</i> [36] .....                            | 42 |
| Obr. 27: <i>Kontrola nádrže</i> [36] .....                                | 43 |
| Obr. 28: <i>Zobrazení výsledků</i> [36] .....                             | 43 |
| Obr. 29: <i>Gama detektor Buster K910B</i> [37] .....                     | 44 |
| Obr. 30: <i>Gama detektor Buster K910B</i> .....                          | 44 |
| Obr. 31: <i>Rapiscan Eagle M60</i> [40] .....                             | 46 |
| Obr. 32: <i>Vybavení obslužné kabiny</i> [40] .....                       | 46 |

---

|   |    |
|---|----|
| Obr. 33: <i>Snímek z rentgenu Rapiscan Eagle<sup>®</sup> M60</i> [41].....      | 47 |
| Obr. 34: <i>Detektor skrytých osob Heartbear Detector<sup>™</sup></i> [29]..... | 48 |
| Obr. 35: <i>Montáž senzorů</i> [29].....  | 49 |
| Obr. 36: <i>Program na vyhodnocení</i> [29].....                                | 49 |
| Obr. 37: <i>Uspořádání snímací čipů</i> [19].....                               | 50 |
| Obr. 38: <i>Náhled pod obal</i> [19].....                                       | 50 |
| Obr. 39: <i>Snímání obalu</i> [19].....   | 51 |
| Obr. 40: <i>ThruVision TS 4</i> [39].....                                       | 51 |
| Obr. 41: <i>Detekce skryté zbraně</i> [39].....                                 | 52 |
| Obr. 42: <i>Detekce skryté bomby</i> [39].....                                  | 52 |

**SEZNAM TABULEK**

|   |    |
|---|----|
| Tab. 1: <i>Frekvenční pásma mikrovln</i> [13].....                                    | 13 |
| Tab. 2: <i>Dielektrické materiály</i> [48].....                                       | 14 |
| Tab. 3: <i>Pásma infračervených vln</i> [15].....                                     | 15 |
| Tab. 4: <i>Výhody a nevýhody detektorů infračerveného záření</i> .....                | 17 |
| Tab. 5: <i>Rozdělení zvuku</i> [21].....  | 24 |
| Tab. 6: <i>Porovnání CCD a CMOS</i> [27] .....  | 31 |
| Tab. 7: <i>Technické specifikace mikrovlnného detektoru M600P</i> [35].....           | 37 |
| Tab. 8: <i>Technické specifikace Infrakamera FLIR HS 307</i> [33] .....               | 39 |
| Tab. 9: <i>Technické specifikace elektronického stetoskopu 3M Littmann</i> [52] ..... | 40 |
| Tab. 10: <i>Technické specifikace videoendoskopu FVE 150</i> [53] .....               | 42 |
| Tab. 11: <i>Technické specifikace Meritronics TKD - 2</i> [36] .....                  | 43 |
| Tab. 12: <i>Technické specifikace Gama detektoru Buster K910B</i> [37] .....          | 45 |
| Tab. 13: <i>Technické parametry rentgenu Rapiscan Eagle<sup>®</sup> M60</i> [40]..... | 47 |