

# Aplikace antén v poplachových systémech

Ondřej Macho

---

Bakalářská práce  
2016



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky  
akademický rok: 2015/2016

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Ondřej Macho**  
Osobní číslo: **A13045**  
Studijní program: **B3902 Inženýrská informatika**  
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Aplikace antén v poplachových systémech**

Téma anglicky: **The Application of Antennas in Alarm Systems**

Zásady pro vypracování:

1. Pojednejte o základech radiokomunikace.
2. Analyzujte technické parametry a použití vybraných typů antén.
3. Objasněte specifika požadavků na radiový přenos v poplachových systémech.
4. Zpracujte přehled antén používaných v poplachových systémech.
5. Navrhněte doporučení k aplikaci antén v poplachových systémech.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. VALOUCH, Jan. Projektování bezpečnostních systémů. [skriptum]. Zlín: UTB, 2012. ISBN 978-80-7454-230-5. 152 s.
2. Česká republika. Nařízení vlády č. 426/2000 Sb., kterým se stanoví požadavky na rádiová a koncová telekomunikační zařízení. In Sběrka zákonů. 2000, 119, s.5738 - 5750.
3. PECHAČ, Pavel a Stanislav ZVÁNOVEC. Základy šíření vln pro plánování pozemních rádiových spojů. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2007, 199 s. ISBN 978-80-7300-223-7.
4. HANUS, Stanislav. Bezdrátové a mobilní komunikace. Vyd. 1. V Brně: Vysoké učení technické, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Ústav radioelektroniky, 2001, 134 s. ISBN 80-214-1833-8.
5. VACULÍKOVÁ, Polina, VACULÍK, Emil. Elektromagnetická kompatibilita elektrotechnických systémů: Praktický průvodce technikou omezení elektromagnetického vlivu. 1.vydání. Praha: Grada Publishing, 1998. 487 s. ISBN 80-7169-568-8.
6. MYSLÍK, Jiří. Elektromagnetické pole- základy teorie. 1. vydání. Praha: BEN-technická literatura, 2002. 160 s. ISBN 80-86056-43-0.
7. MAZÁNEK, Miloš, Pavel PECHAČ a Jan VRBA. Základy antén, šíření vln a mikrovlnné techniky. Vyd. 1. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2008, 103 s. ISBN 978-80-01-03997-7.

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Jan Valouch, Ph.D.**

Ústav bezpečnostního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

**23. února 2016**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**30. května 2016**

Ve Zlíně dne 16. února 2016

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



Ing. Jan Valouch, Ph.D.  
*ředitel ústavu*


### **Prohlašuji, že**

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/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 diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/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 diplomovou/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 – diplomovou/bakalářskou 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/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 diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/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 diplomové/bakalářské 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 27.5.2016

  
.....  
podpis diplomanta

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce řeší problematiku radiokomunikace v rámci poplachových systémů z pohledu aplikace antén. Úvodní část práce představuje pojednání o základech radiové komunikace, které je doplněno o analýzu technických parametrů a využití vybraných typů antén. Stěžejní výstup práce tvoří zpracování přehledu antén používaných v poplachových systémech a návrh doporučení k jejich aplikaci. Uvedené informace jsou doplněny analýzou specifických požadavků na radiový přenos v poplachových systémech.

Klíčová slova: antény, poplachové systémy, radiový přenos, kmitočtové pásmo, elektromagnetické vlny

## **ABSTRACT**

This thesis solves issues of radio communication in terms of I&HAS, CCTV and ACCES from look of antennas application. Introductory part explains basics of radiocommunication, which is complemented by an analysis of technical parameters and usage of chosen antenna types. Principal output of this thesis forms summary of antennas used in mentioned systems and suggestion for their application. Listed informations are completed by analysis of special demands for radio transmission in alarm systems.

Keywords: antennas, alarm systems, radio transmission, frequency band, electromagnetic waves

Zde bych chtěl poděkovat svému vedoucímu práce Ing. Janu Valouchovi Ph.D. za veškeré cenné rady, připomínky a náměty během psaní této bakalářské práce.

Dále bych chtěl poděkovat své rodinně za psychickou podporu po celou dobu studia.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové 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 ZÁKLADNÍ PRINCIPY RADIOVÉHO PŘENOSU</b> .....	<b>11</b>
1.1 VLASTNOSTI ELEKTROMAGNETICKÝCH VLN.....	11
1.1.1 Rychlost šíření .....	11
1.1.2 Frekvence signálu .....	12
1.1.3 Vlnová délka .....	12
1.2 ŠÍŘENÍ ELEKTROMAGNETICKÝCH VLN .....	12
1.2.1 Přízemní povrchová vlna .....	13
1.2.2 Přízemní prostorová vlna .....	13
1.2.3 Ionosférická vlna.....	14
1.2.4 Troposférická vlna .....	14
1.2.5 Fresnelova zóna .....	14
1.2.6 Vícecestné šíření .....	15
1.2.7 Zákon odrazu a lomu .....	16
1.3 KMITOČTOVÁ PÁSMA .....	16
1.4 PLÁN VYUŽITÍ RADIOVÉHO SPEKTRA .....	18
1.5 RADIOKOMUNIKAČNÍ ŘETĚZEC.....	19
<b>2 TYPY NEJPOUŽÍVANĚJŠÍCH ANTÉN PRO RÁDIOVÝ PŘENOS</b> .....	<b>22</b>
2.1 PARAMETRY ANTÉN .....	22
2.1.1 Zisk antény a apertura .....	22
2.1.2 Vstupní impedance antény .....	23
2.1.3 Směrová a vyzařovací charakteristika antény .....	24
2.1.4 Polarizace antény .....	24
2.2 DRUHY ANTÉN .....	24
2.2.1 Půlvlnný dipól.....	24
2.2.2 Mikropáskové antény.....	26
2.2.3 Vlnovod.....	27
2.2.4 Yagiho anténa .....	27
2.3 METODY MĚŘENÍ ANTÉNNÍCH PARAMETRŮ .....	29
<b>3 SPECIFIKA POŽADAVKŮ NA RÁDIOVÝ PŘENOS V POPLACHOVÝCH SYSTÉMECH</b> .....	<b>32</b>
3.1 BEZDRÁTOVÝ A DRÁTOVÝ PŘENOS DAT NA DPPC .....	32
3.1.1 Radiová síť Global.....	33
3.2 BEZDRÁTOVÁ KOMUNIKACE JEDNOTLIVÝCH KOMPONENT U POPLACHOVÝCH SYSTÉMŮ .....	34
3.3 BEZDRÁTOVÁ KOMUNIKACE RFID TAGŮ .....	35
3.3.1 Použité frekvence u technologie RFID .....	35
3.4 BEZDRÁTOVÁ KOMUNIKACE KAMEROVÝCH SYSTÉMŮ .....	36
3.5 VYUŽITÍ RADIOVÉHO SPEKTRA K DETEKCI POHYBU.....	36
3.5.1 Ultrazvukové detektory.....	37
3.5.2 Aktivní a pasivní infračervené detektory .....	37
3.5.3 Mikrovlnné detektory.....	37

3.6	SOFTWARE PRO VYHODNOCOVÁNÍ A KONFIGURACI POPLACHOVÝCH SYSTÉMŮ J-LINK .....	37
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>41</b>
<b>4</b>	<b>ANALÝZA ANTÉN V POPLACHOVÝ SYSTÉMECH.....</b>	<b>42</b>
4.1	POPLACHOVÉ SYSTÉMY OD SPOLEČNOSTI JABLOTRON .....	42
	Antény pro GSM komunikaci .....	44
	Antény starších systémů Jablotron JA-80 a JA-63 .....	45
4.2	POPLACHOVÉ SYSTÉMY OD SPOLEČNOSTI SATEL .....	48
4.3	POPLACHOVÉ SYSTÉMY NABÍZENÉ SPOLEČNOSTÍ VARIANT.....	53
4.3.1	Rozšíření Spectra a Digiplex .....	53
4.3.2	Galaxy Dimension .....	55
4.4	KAMEROVÉ SYSTÉMY – ŘEŠENÍ CAMSAT .....	57
4.5	KAMEROVÉ SYSTÉMY – BRICKCOM.....	59
4.6	PŘÍSTUPOVÉ SYSTÉMY.....	61
<b>5</b>	<b>DOPORUČENÍ KE KONSTRUKCI A POUŽITÍ.....</b>	<b>68</b>
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>71</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>73</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>77</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>79</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>81</b>



## ÚVOD

V současnosti již není žádným problémem používat bezdrátové technologie, jak v bezpečnostních aplikacích pro domácí účely, tak pro komplexní řešení na klíč určené pro větší firmy nebo objekty. Radiový přenos mezi jednotlivými komponenty, jako jsou například detektory nebo prvky domácí automatizace, má význam především tam, kde majitel nebo provozovatel objektu s tímto druhem instalace nepočítal, například při její stavbě a nechce již výrazně zasahovat do samotné struktury stavby dalšími stavebními pracemi. Za tímto účelem je potřeba mít alespoň základní znalost v oblasti radiových technologiích, jakou konkrétní komponentu použít a za jakým účelem. Pokud jsou dodrženy tyto náležitosti, je velká pravděpodobnost, že jednotlivé komponenty těchto systému budou komunikovat spolehlivě.

Antény jak už je známo jsou základním koncovým prvkem každého radiokomunikačního řetězce a bez nich by byl bezdrátový přenos jen těžko realizovatelný. Na trhu je v současné době nepřeberné množství antén, jak už doporučených přímo výrobcem u specifického poplachového systému nebo doporučených antén například u kamerových systémů, které využívají bezdrátového přenosu. Pro správu radiového spektra je v České Republice zodpovědný orgán Český telekomunikační úřad. Mezi jeho hlavní povinnosti patří řízení tohoto spektra případné řešení problému s rušením.

Cílem této bakalářské práce je shrnutí určitých pravidel, které musí být dodrženy pro bezchybný radiový přenos v poplachových systémech, jde především o zvolení správné frekvence a výběru vhodné antény pro konkrétní aplikaci. Tyto doporučení vychází z obecných rad výrobců a normativních předpisů a zaměřují se především na poplachové zabezpečovací a tísňové systémy, kamerové systémy a kontrolu vstupu. Dále následuje zpracování přehledu antén používaných v této problematice, doplněný o zásady pro jejich montáž a konstrukci.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 ZÁKLADNÍ PRINCIPY RADIOVÉHO PŘENOSU

Radiokomunikace, jsou druh telekomunikace využívající radiové vlny. Tím se myslí část spektra elektromagnetických vln zhruba do 300 GHz. V úvodní kapitole bude pojednáno o základních principech radiového přenosu, které zahrnují jednotlivé vlastnosti a jevy, se kterými souvisí šíření radiových vln. Následují informace o využití radiových kmitočtů v České republice jejich správě a legislativě

## 1.1 Vlastnosti elektromagnetických vln

Magnetické a elektrické jevy můžeme popsat společným pojmem elektromagnetismus. Tyto jevy mají v přírodě společný výskyt. Elektromagnetické pole je plně popsáno takzvanými Maxwellovými rovnicemi, kdy první rovnice vyjadřuje zobecněný Ampérův zákon druhá rovnice Faradayův indukční zákon. Podle těchto dvou rovnic můžeme určit následující fakt, že časové změny elektrického pole jsou vyvolány časovými změnami pole magnetického a to platí i v opačném případě u magnetického pole. Třetí rovnice definuje Gaussův zákon elektrostatiky, z tohoto vztahu vyplývá, že zdrojem elektrického pole je elektrický náboj. Čtvrtá Maxwellova rovnice popisuje Gaussův zákon magnetostatiky [1],[2],[4].

Elektromagnetické vlny s rozdílnými kmitočty můžeme kategorizovat následovně:

- rádiové vlny  $10^4$ - $10^{10}$  Hz,
- světelné vlny  $10^{14}$  Hz,
- záření X  $10^{17}$  Hz,
- záření  $\gamma$   $10^{19}$  Hz [1].

### 1.1.1 Rychlost šíření

Ve vakuu se elektromagnetické vlny šíří rychlostí světla. Jejich maximální rychlost je dána tzv. rychlostí světla  $c=3 \cdot 10^8$  m.s<sup>-1</sup>. Rychlost šíření elektromagnetického vlnění je tedy v každém prostředí menší než ve vakuu. Tato veličina je závislá na relativní permitivitě  $\epsilon_r$  a permeabilitě  $\mu_r$  prostředí

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r \cdot \mu_r}} \text{ [m.s}^{-1}\text{]} \quad (1.1)$$

K šíření elektromagnetických vln dochází v dielektrikách, například vzduch. Do vodivých prostředí pronikají obtížně. Dielektrika mají permeabilitu  $\mu_r=1$ , z toho důvodu je rychlost šíření ovlivněna permitivitou  $\epsilon_r$ . Jasným příkladem je voda, jejíž permitivita je cca.  $\epsilon_r=80$ . [1]

### 1.1.2 Frekvence signálu

Pojem frekvence  $f$  [Hz], můžeme definovat jako rychlost změn elektromagnetické vlny, kde perioda označuje délku trvání jednoho kmitu. V praktickém použití se využívají vlny od jednotek Hz až po stovky GHz. Radiové vlny blízkých kmitočtů sdružujeme do tzv. pásem.

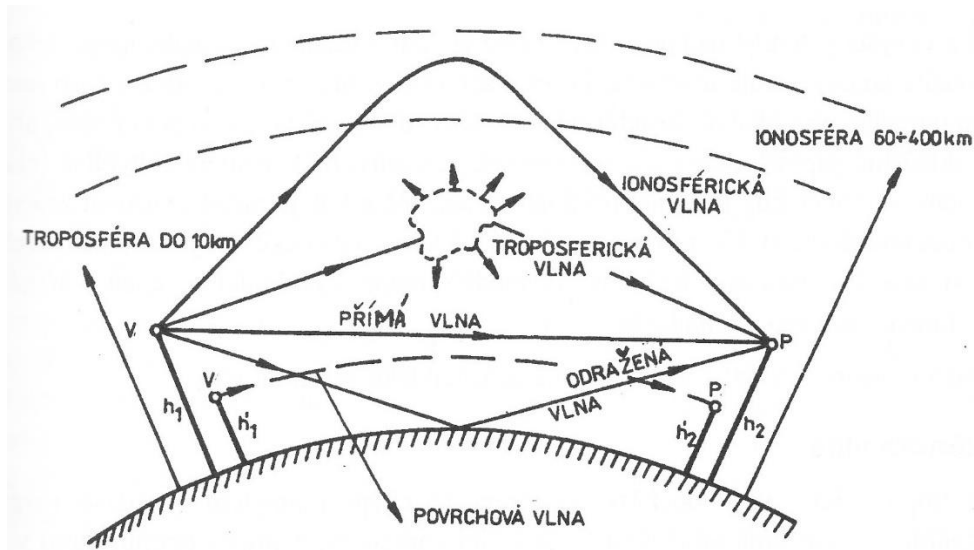
### 1.1.3 Vlnová délka

Vlnová délka  $\lambda$  [m], jiným označením wavelenght představuje vzdálenost, kterou vlna urazí za dobu trvání jednoho kmitu nebo-li periody. V radiotechnice se tento popis využívá velice často, dostáváme tím tak poměrně jasnou a jednoduchou představou o rozměrech používané antény.

$$\lambda = c \cdot T = \frac{c}{f} \text{ [m]} \quad (1.2)$$

## 1.2 Šíření elektromagnetických vln

Zemská atmosféra se dělí na troposféru (0 – 11 km), stratosféru (11 – 60 km), ionosféru (60 – 600 km) a exosféru (nad 600km). Vrstvy atmosféry jsou z časového hlediska proměnlivé a kvalita spojení závisí na geografické poloze vysílače a přijímače. Slovem proměnlivost se vyznačuje především troposféra (teplota, vlhkost, vrstvení, obsah a typ hydrometeorů). Šíření v troposféře je tedy do značné míry ovlivněno meteorologickou situací. Nejvýznamnější negativní podíl na šíření vln v troposféře mají dešťové srážky a vodní páry, které způsobují útlum na daném spoji [7].



Obr. 1 Znáornění jednotlivých typů vln při šíření [7]

### 1.2.1 Přízemní povrchová vlna

Přízemní povrchová vlna se šíří v těsné blízkosti země, podél rozraní dvou elektricky rozdílných prostředí (vodivá země - nevodivý vzduch). Důležitým parametrem je relativní elektrická výška vysílací a přijímací antény. Tuto výšku definuje vztah  $h/\lambda$ , což je výška skutečné antény nad povrchem k vlnové délce  $\lambda$ . Vlna sleduje zemský povrch a postupně se zakřivuje, pokud je tento poměr menší než  $1/2$ . U tohoto typu vlny je možné zanedbat ztráty způsobené atmosférou. Vlna je především tlumena parametry zemského povrchu v celé délce spoje. Využití této vlny slouží pro spojení na nízkých frekvencích v řádech několika MHz [7].

### 1.2.2 Přízemní prostorová vlna

Přízemní prostorová vlna je schopna šíření v případě dostatečné výšky antény, kde  $h/\lambda$  je poměrně větší než  $1/2$ . Využívá se přímá viditelnost mezi vysílačem a přijímačem zajišťující vyvýšenými anténami. Přízemní prostorová vlna lze dále dělit na vlnu přímou a vlnu odraženou (rozptýlenou). Přímá vlna se šíří izotropním homogenním prostředím přímočaře. Tato vlna se typicky používá pro spojení na vysokých frekvencích a na přímou viditelnost. U míst kde je šíření realizováno z vyvýšených míst nad povrchem Země, je nutno uvažovat také o možnosti odrazu části energie od zemského povrchu. Jde-li o pevný spoj, kde je jeden paprsek přímý a jeden paprsek odražený, tak u spoje pohyblivého, kde bývá většinou signál přijímán v zástavbě a je nutné počítat s množstvím odrazů [7].

### 1.2.3 Ionosférická vlna

K šíření na velké vzdálenosti se elektromagnetické vlny mohou šířit pomocí jednoho (do 4000 km), či více odrazů (spoje nad 4000km) od ionosféry. Ionosféra představuje prostředí, u kterého postupně s klesajícím indexem lomu s výškou, způsobuje intenzivní zakřívání dráhy paprsku až po jeho otočení k povrchu Země. Od ionosféry se v zásadě odrážejí vlny delší než 10 m [7].

### 1.2.4 Troposférická vlna

Troposféra je vrstva atmosféry, která dosahuje výše cca 10 km. Je složena z plynů a par. Propustnost troposféry se s výškou mění. K šíření vlny troposférické vlny dochází tzv. troposférickým rozptylem. Využití rozptylu na nehomogenitách v zemské atmosféře. Nevýhodou takového spojení je, že pouze malá část energie se dostává na místo přijímače. Podstatou využití tohoto druhu vlny spočívá v tom, že lze realizovat spojení daleko za optický horizont [1],[7].

### 1.2.5 Fresnelova zóna

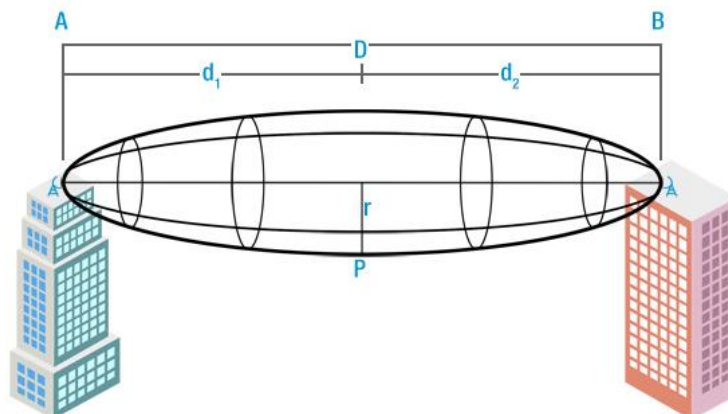
Fresnelova zóna definuje prostor mezi vysílací a přijímací anténou, má elipsoidní tvar a svým vzhledem připomíná doutník. Nejširší průměr Fresnelovy zóny se nachází v jejím středu. Pokud je zóna narušena, což se stává nejčastěji například novou výstavbou, která zasahuje do viditelnosti spoje, nastává vznik odrazů, které způsobují ztrátu kvality přenosu. Ze vzorce 5 můžeme vypočítat poloměr Fresnelovy zóny. Po dosazení, zjistíme, že čím vyšší je daný kmitočet, tím je poloměr Fresnelovy zóny menší [4], [5].

Výpočet poloměru Fresnelovy zóny:

$$r = \sqrt{\frac{\lambda}{\frac{1}{d_1} \cdot \frac{1}{d_2}}} \text{ [m]} \quad (1.3)$$

kde  $\lambda$  je vlnová délka,

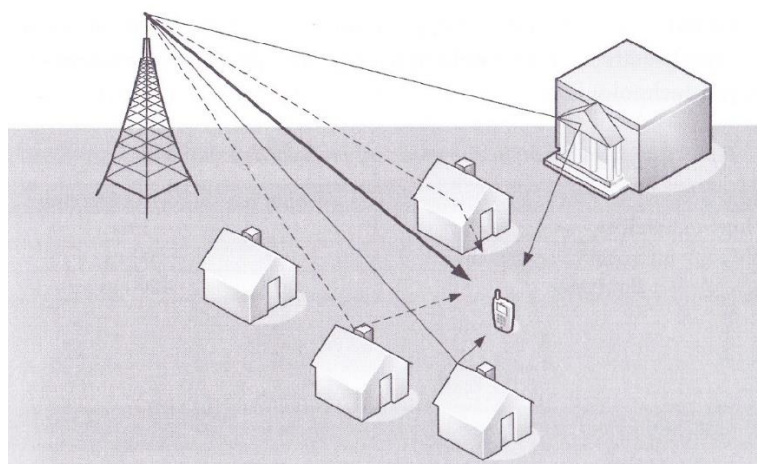
$d_1, d_2$  jsou vzdálenosti antén.



Obr. 2. Fresnelova zóna [5]

### 1.2.6 Vícecestné šíření

Pokud dopadne vysílaná vlna na nevodivou nebo vodivou plochu, která je svými rozměry větší než její vlnová délka, dochází zde k odrazu. Příčinou toho je, že na přijímací anténu přichází kromě přímé vlny také spousta odražených vln, to má za následek vzniku vícecestného šíření. Ohybem, odrazem a rozptylem vln lze realizovat spojení mezi vysílačem a přijímačem tam kde není možné zajistit přímou optickou viditelnost. Odrazem od zemského povrchu a jiných překážek přijímá anténa velmi mnoho složek vysílaného signálu. Na anténu tyto signály přichází s různým zpožděním resp. s různou fází. Jednotlivé složky se v přijímací anténě vektorově sčítají, tento jev má za následek u pohybujícího se přijímače kolísání intenzity přijímaného signálu [4], [12].



Obr. 3. Vícecestné šíření signálu v pozemních radiových spojích[4]

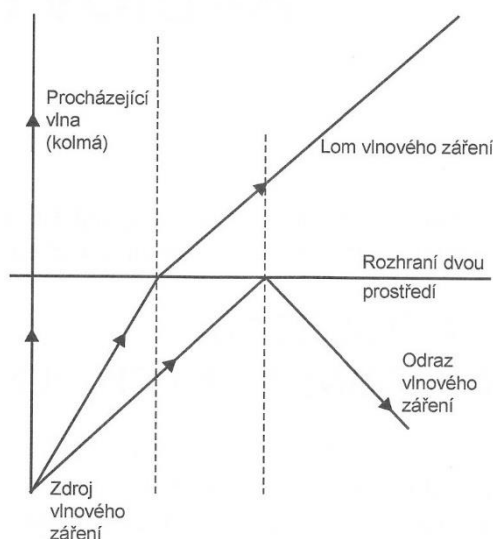
### 1.2.7 Zákon odrazu a lomu

Zákon odrazu definuje, že paprsek, který se odrazí, leží v rovině dopadu a úhel odrazu se rovná úhlu dopadu. Tento jev nazýváme totální odraz [1].

$$\varphi_1 = \varphi_2 \quad (1.4)$$

K lomu elektromagnetické vlny dochází, pokud vlna dopadne na rozhraní dvou prostředí s rozdílnou rychlostí šíření. Zde je i jiný index lomu ( $n_1, n_2$ ), tím pádem i jiná permitivita  $\epsilon_r$ . V takovém prostředí se aplikuje takzvaný Snellův zákon [1].

$$n_1 \cdot \sin \varphi_1 = n_2 \cdot \sin \varphi_2 \quad (1.5)$$



Obr. 4 Lom a odraz vlnového záření[1]

## 1.3 Kmitočtová pásma

Radiové spektrum v České republice je rozděleno dle vyhlášky č. 105/2010 Sb. na devět pásem tab. 1, hlavním znakem pro každé kmitočtové pásmo, jsou rozdílné fyzikální vlastnosti pro šíření radiových vln. Kmitočty se dle vyhlášky č. 105/2010 Sb. vyjadřují následovně:

- V kilohertzích (kHz) do 3000 kHz včetně,
- V megahertzích (MHz) od 3 MHz do 3000 MHz včetně,
- V gigahertzích (GHz) od 3 GHz do 3000 GHz včetně [11].



Zvolení vhodné frekvence je z hlediska šíření elektromagnetické vlny a vybrané radiové služby naprosto zásadní. Frekvenční spektrum můžeme označit za tzv. přírodní bohatství, je naprosto nezbytné použití jednotlivých pásem koordinovat v jak v měřítku národním tak celosvětovém. Členství České republiky v ITU (Mezinárodní telekomunikační unie) se datuje k 1. 1. 1993. Základními zajišťovacími činnostmi v oblasti telekomunikací byl pověřen Český telekomunikační úřad (ČTÚ). V České republice jsou přidělená kmitočtová pásma rozdělena na civilní (C) a necivilní (NC), které využívá Armáda České republiky a Ministerstvo obrany. Při plánování radiových kmitočtů vychází ČTÚ z právních předpisů Evropské komise a doporučení Konference evropských pošt a telekomunikací (CEPT) [3].

Působnost ČTÚ je dána především:

- *zákonem č. 127/2005 Sb, o elektronických komunikacích a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o elektronických komunikacích), ve znění pozdějších předpisů.*
- *zákonem č. 29/2000 Sb, o poštovních službách a o změně některých zákonů (zákon o poštovních službách), ve znění pozdějších předpisů,*
- *zákonem č. 206/2005 Sb, o ochraně některých služeb v oblasti rozhlasového a televizního vysílání a služeb informační společnosti, ve znění zákona č. 281/2009 Sb.,*
- *zákonem č. 69/2006 Sb, o provádění mezinárodních sankcí, ve znění pozdějších předpisů,*
- *zákonem č. 634/1992 Sb, o ochraně spotřebitele, ve znění pozdějších předpisů [6].*

Tab. 1 Rozdělení kmitočtových pásem radiových vln dle vyhlášky č.105/2010 Sb. [11]

Číslo pásma N	Symboly	Rozsah kmitočtů (dolní mez mimo, horní mez včetně)	Délka vlny (dolní mez mimo, horní mez včetně)	Metrické zkratky pro pásma
4	VLF	3-30 kHz	100-10 km	Mam
5	LF	30-300 kHz	10- 1 km	km
6	MF	300-3000 kHz	1000-100 m	hm
7	HF	3-30 MHz	100- 10 m	Dm
8	VHF	30-300 MHz	10- 1 dm	m
9	UHF	300-3000 MHz	10- 1 cm	dm
10	SHF	3-30 GHz	10- 1 mm	cm
11	EHF	30-300 GHz	10- 1 mm	mm
12	---	300-3000 GHz	1-0,1 mm	---

Číslo pásma N nám určuje rozsah kmitočtu dle:

$$0,3 \cdot 10^N \text{ Hz} \div 3 \cdot 10^N \text{ Hz} \quad (1.6)$$

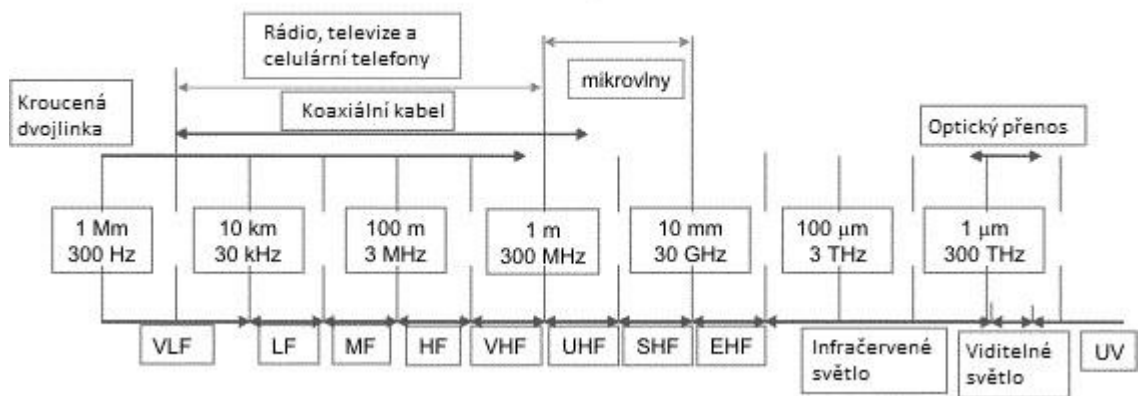
#### 1.4 Plán využití radiového spektra

*„Části plánu využití radiového spektra vydává Český telekomunikační úřad jako příslušný orgán státní správy podle § 108 odst. 1 písm. b) zákona č. 127/2005 Sb., o elektronických komunikacích a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o elektronických komunikacích), ve znění pozdějších předpisů, na základě výsledků veřejné konzultace uskutečněné podle § 130 zákona, rozhodnutí Rady Úřadu podle § 107 odst. 8 písm. b) bod 2 a k provedení § 16 odst. 2 zákona opatřeními obecné povahy.“ [8]*

Plán využití radiového spektra (dále jen plán) je tvořen společnou částí plánu využití radiového spektra a částmi plánu využití radiového spektra pro kmitočtová pásma vymezená dolním a horním mezním kmitočtem. ČTÚ stanovuje technické parametry a podmínky pro využití radiového spektra radiokomunikačními službami. Jednotlivé části plánu vycházejí průběžně v Telekomunikačním věštníku. Plán je rozdělen na 27 částí dle rozsahů kmitočtu od 9 kHz až po 105 GHz [8].

Pro jednotlivé využití radiových kmitočtů a provoz jakýchkoliv radiových vysílacích zařízení vyplývají ze zákona jasné základní povinnosti pro provozovatele a její účastníky.

- Využívat kmitočty lze jen na základě individuálního nebo všeobecného oprávnění (§ 9 a násl.; § 17 a násl. zákona),
- Zařízení musí splňovat technické požadavky (§ 73 a násl. zákona),
- Pro obsluhu zařízení v leteckém a lodním provozu, zařízení v pásmu krátkých vln a zařízení pro amatérskou radiokomunikační službu je navíc zapotřebí průkaz odborné způsobilosti [8].



Obr. 5. Zjednodušené zobrazení využití radiového spektra [10], upravil Macho, 2016

Jednotlivé rozdělení radiokomunikačních služeb vychází z Radiokomunikačního řádu Mezinárodní telekomunikační unie a definice služeb, které jsou uvedeny v Plánu využití kmitočtového spektra.

- Pevné služby,
- pohyblivé služby,
- letecké služby,
- námořní služby
- radionavigační služby,
- ostatní služby [9].

## 1.5 Radiokomunikační řetězec

Základními bloky digitálního radiokomunikačního systému Obr. 6, počínaje vysílačem, který obsahuje kódér zdroje, kódér kanálu a modulátor. Na straně přijímače jsou základní bloky realizovány demodulátorem, dekodérem kanálu a dekodérem zdroje. Radiový komunikační kanál představuje prostředí mezi vysílačem a přijímačem kudy prochází signál, v němž jsou informace přenášeny pomocí radiových vln [3].

Parametry radiového komunikačního kanálu lze rozdělit na:

- náhodné (Gaussovský šum, rušení, únik),
- nenáhodné (Zpoždění signálu, fázový posun).

Na začátku přenosu je signál z výstupu zdroje signálu přiveden do kódéru zdroje, v tomto bloku je snížena popřípadě odstraněna jeho redundance a irelevance, tato operace může má

za následek snížení přenosové rychlosti. V případě, že je na vstupu analogový signál bývá součástí kodéru zdroje A/D převodník. Zabezpečení proti chybám při přenosu a záměrným zvýšením redundance nastává v kodéru kanálu. Tento proces dokáže podle použitého typu systému zabezpečit jak jednotlivé bity, tak i celé byty, k tomu jsou použity například paritní kódy, konvoluční kódy, Fireho kód, Reed – Solomonův kód aj.). V tomto bloku je také zajištěno zabezpečení signálu proti shlukům chyb tzv. prokládáním (interleaving). Po těchto dvou úpravách signálu postupuje signál do modulátoru, kde se vhodnou digitální modulací modulován na nosnou. V tomto procesu je využíváno frekvenčního a fázového klíčování (FSK, PSK) v různých modifikacích (QPSK, O-QPSK,  $\pi/4$  QPSK, GMSK). Vícestavovou modulací lze dosáhnout vyšších přenosových rychlostí signálu na úkor složitějšího demodulátoru. Signál, který je namodulovaný je veden do vysokofrekvenčního výkonového stupně, ze kterého je vyzářen anténou do volného prostoru (komunikační kanál) [3].

Na straně přijímače je příchozí signál z antény zesílen a veden do demodulátoru, dekodéru kanálu a zdroje. V těchto blocích se inverzními postupy získá signál původní. Probíhá zde rekonstrukce do podoby, která byla nejpravděpodobnější s původním signálem. Na závěr je signál přiveden do koncového stupně [3].

Za jednotku času nelze v reálném komunikačním systému přenést neomezené množství informace. Důsledkem toho jevu je to, že v každém systému je přítomen šum, který zapříčiňuje to, že na přijímací straně není možné rozlišovat jemnější změny užitečného signálu, než je jeho vlastní úroveň, může být přeneseno pouze takové množství informace, které nepřesáhne kapacitu přenosu. Je zde definovaná tzv. Přenosová kapacita  $C$ , která vyjadřuje množství informace v bitech, jejíž přenos může být realizován komunikačním kanálem za 1 s. Jednotkou přenosu je v tomto případě bit/s [3].

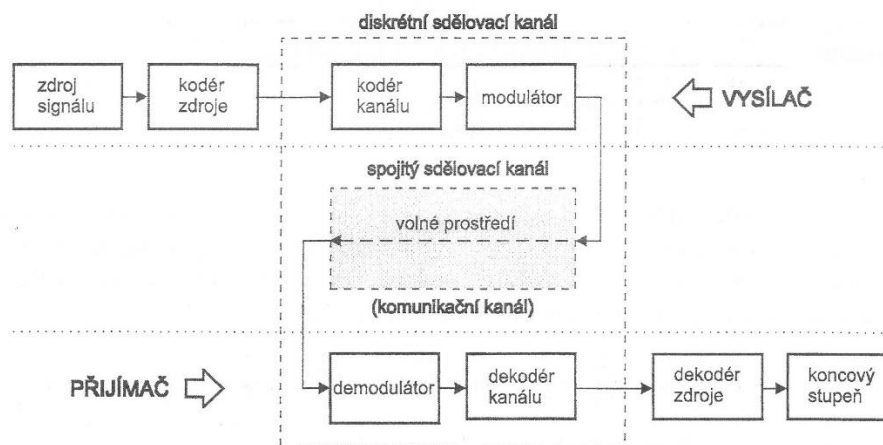
$$C = B \cdot \log_2 \left( 1 + \frac{S}{N} \right) \quad (1.7)$$

„kde  $C$ ... představuje maximální rychlost bezchybného přenosu informace, ideálním radiokomunikačním systémem za použití optimálního kódování a modulace.

$B$ ... šířka pásma radiokomunikačního kanálu,

$S$ ... střední hodnota výkonu na výstupu kanálu (vstup přijímače)

$N$ ... střední hodnota výkonu šumu na výstupu kanálu (vstup přijímače)“ [3]



Obr. 6. Blokové schéma digitálního radiokomunikačního systému [3]

### Dílčí závěr

V první kapitole je shrnuta základní problematika radiového přenosu, která vysvětluje základní vlastnosti a definice pro šíření elektromagnetických vln v zemské atmosféře. Cílem části s názvem Šíření elektromagnetických vln, bylo jasně a stručně definovat druhy vln a jejich vlastnosti. Z legislativního hlediska je v České republice hlavní regulační orgán Český telekomunikační úřad se sídlem v Praze. Jeho kompetence a působnosti vyplývají z jasně daných zákonů a nařízení vlády. Jednotlivé plány pro využití radiového spektra vycházejí průběžně v Telekomunikačních věstících a jsou plně dostupně na webu ČTÚ.

## 2 TYPY NEJPOUŽÍVANĚJŠÍCH ANTÉN PRO RÁDIOVÝ PŘENOS

Dle Institutu pro IEEE Standard Definitions of Terms for Antennas je pojem anténa definován jako zařízení pro vyzařování nebo příjem radiových vln. Lze ovšem použít i jinou definici, která anténu definuje jako hraniční element radiokomunikační soustavy, který má za úkol transformovat elektromagnetickou vlnu vedenou po určitém typu vedení na elektromagnetickou vlnu, která je vyzařována do volného prostoru [3].

### 2.1 Parametry antén

Mezi základní anténní parametry patří především zisk antény a její apertura, vstupní impedance, směrová a vyzařovací charakteristika a polarizace samotné antény. Tyto parametry patří v problematice antén k naprosto klíčovým a bez nich by nebylo možné antény navrhovat a plně využívat k účelům, pro které jsou nejvhodnější.

Antény můžeme rozdělit následovně:

dle způsobu použití:

- stacionární antény,
- mobilní antény,
- přenosné antény.

dle vyzařovací charakteristiky:

- všesměrové,
- směrové.

dle konstrukce:

- drátové,
- trubkové,
- plošné, prostorové [1], [7].

#### 2.1.1 Zisk antény a apertura

Anténní zisk označený písmenem  $G$ , je dán poměrem vysílaného výkonu, za což se považuje výkon na výstupní ploše antény transformovaný do vzdálené zóny k výkonu dodávanému na vstup antény. Zisk je udáván v logaritmické jednotce, která je nazývána decibel

(dB). Mimo směrové vlastnosti antény, zisk také zahrnuje její účinnost, která je závislá na ztrátách na anténě, odrazech a jiných rušivých elementech.

Tab. 2 Hodnota zisku základních typů antén[4]

Anténa	G (-)	G (dBi)
Izotropický zářič	1	0
Elementární dipól	1,5	1,17
Půlvlnný dipól	1,64	2,15
Elementární dipól/ monopól na dokonale zemi	3	4,8
Čtvrtvlnný dipól/monopól na dokonale vodivé zemi	3,3	5,2

Pro antény je společná referenční jednotka (dBi), je v ní uváděn především zisk antény a je vztažen na izotropní zdroj. Izotropní zdroj je ovšem perfektní a všesměrový. Jednoduchá dipólová anténa má tedy zisk 2,15dBi izotropní a zisk 0dBm. Apertura antény představuje fiktivní plochu v prostoru, ze které přijímací anténa odebírá energii. Vzorec č. 8 představuje výpočet numerické apertury při znalosti vlnové délky a zisku G, je udáván v metrech čtverečných [4].

$$A = \left(\frac{\lambda^2}{4\pi}\right) \cdot G \text{ [m}^2\text{]} \quad (1.8)$$

### 2.1.2 Vstupní impedance antény

Pokud se na anténu podíváme jako na obvod, jeví se anténa vysílači jako zátěž s určitou impedancí. Pokud není splněna podmínka tzv. impedančního přizpůsobení, kdy reálné složky impedance vedení a antény jsou shodné a imaginární složky nulové nebo shodné s opačným znaménkem, je na rozhraní (v našem případě konektoru) způsoben odraz části výkonu nazpět k vysílači. Reálná impedance běžného koaxiálního kabelu představuje 50 nebo 75  $\Omega$ . Impedance je označována písmenem Z.

$$Z = R + jX \text{ [\Omega]} \quad (1.9)$$

### 2.1.3 Směrová a vyzařovací charakteristika antény

Směrovou a vyzařovací charakteristikou můžeme vyjádřit schopnost antény přijmout elektromagnetickou energii z daného směru, či tuto energii vyzářit do požadovaného směru. Tato charakteristika zaujímá 3D prostorový tvar. Nejobvyklejší zakreslení je provedeno ve dvou řezech, a to vertikálním a horizontálním. Tato charakteristika se označuje písmenem D [4].

### 2.1.4 Polarizace antény

Běžné typy antén pracují s několika druhy polarizací

- Lineární polarizace,
- horizontální polarizace,
- vertikální polarizace,
- kruhová polarizace.

Nepříjemnosti vznikají v případě, že přijímací anténa má jinou polarizaci než anténa vysílací. Tento jev může být způsoben například pootočením antény kolem své osy. To má za následek vzniku tzv. polarizačních ztrát [4].

## 2.2 Druhy antén

Antény, které se běžně používají pro radiový přenos, lze rozdělit do spousty kategorií dle nejrůznějších kritérií. Nejčastěji se antény rozdělují podle vyzařovací charakteristiky na směrové a všesměrové. Ke směrovým anténám lze zařadit antény typu YAGI, antény smyčkové, logaritnicko-periodické (LPDA) a další většinou s horizontální polarizací. U všesměrových antén převládá polarizace vertikální. Anténu pro svou pozici v radiokomunikačním řetězci můžeme považovat za tzv. nejjakostnější prvek – „zesilovač“ celé radiokomunikační soustavy. Anténu můžeme považovat za tu část radiokomunikačního řetězce, kterou nelze nahradit žádným jiným obvodem. V následujících podkapitolách jsou uvedeny vybrány a popsány typy antén s odlišnými vlastnostmi a konstrukcí.

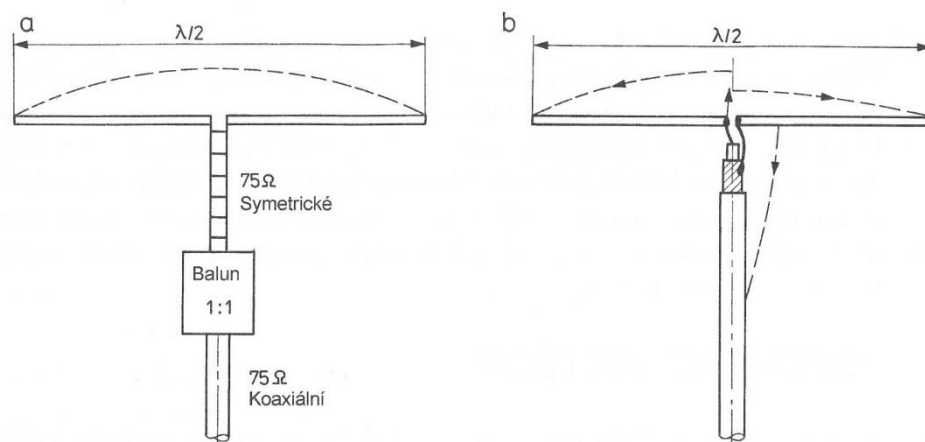
### 2.2.1 Půlvlnný dipól

Tento druh dipólové antény byl vynalezen okolo roku 1886 Heinrichem Rudolphem Hertzem. Je také používán jako referenční anténa při měření zisku antén, což znamená, že jeho zisk je  $0 \text{ dB}_d$  resp.  $2,14 \text{ dB}_i$  k izotropickému zářiči. V současné době je půlvlnný dipól považován za jednu z nejjednodušeji prakticky realizovatelných antén. Jeho konstrukce se

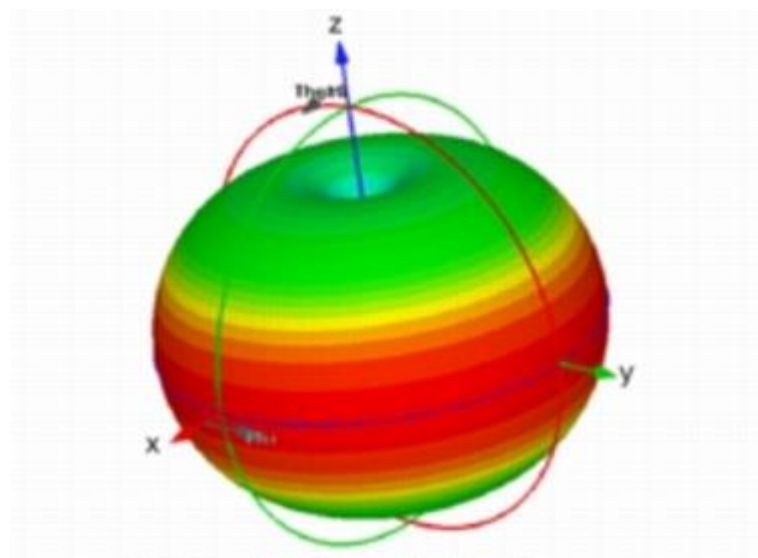


typicky skládá ze dvou čtvrtvlnných ramen, celková délka tedy činní  $\lambda/2$ . Existuje spousta modifikací tohoto dipólu. Jedním z nich je tzv. skládaný dipól, tento dipól pracuje na stejném principu jako normální dipól, ale jeho impedance je  $300\Omega$  oproti  $75\Omega$  u normálního dipólu.

U dipólu, jakožto symetrické antény je potřeba dodržet napájení symetrickým vedením, popřípadě nesymetrickým koaxiálním kabelem přes tzv. balun. Pokud není dodrženo toto pravidlo symetrizace, má to za následek nežádoucí vyzařování vysokofrekvenční energie stíněním koaxiálního napaječe. Tento jev může způsobovat rušení televizních a radiových přijímačů v blízkosti vedení [1], [13].



Obr. 7 (a) Půlvlnný dipól se symetrickým a (b) nesymetrickým napájením [1]

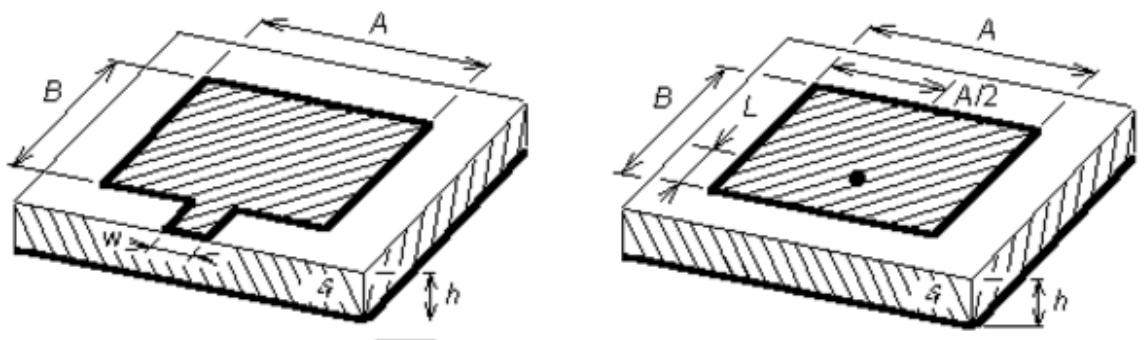


Obr. 8 Vyzařovací charakteristika dipólu [15]

### 2.2.2 Mikropáskové antény

V současné době jsou mikropáskové antény velice rozšířeným druhem antén. Je to způsobeno jejich konstrukčně velice nízkým profilem, tím pádem velice dobrou integrací do mnoha současných výrobků, nejvíce se této anténní technologie využívá u mobilních telefonů a jiných komunikačních zařízení, kde je kladen požadavek integrace a minimalizace antény. U toho druhu antén probíhá výroba stejnou technologií jako při výrobě tištěných spojů. To má za následek velmi levnou výrobu a dobrou reprodukovatelnost. Mezi nevýhody patří úzkopásmovost, problémy s napájením v mikropáskovém provedení, kde může vznikat parazitní vyzařování, což může mít za následek možné deformace směrové charakteristiky. V české literatuře lze pojem mikropásková anténa najít také jako anténa flíčková nebo patch anténa.

Anténa je tvořena vodivým obdélníkem, který je nanesen na tzv. dielektrickém substrátu. Napájení antény bývá zajištěno mikropáskovým vedením, koaxiálním vedením nebo štěrbinou v zemnicí ploše. Tento typ antén využívá záření elementární plošky, které lze jinak odborně nazvat jako Huygensův princip. U mikropáskové antény, která má zároveň mikropáskové napájení, které je u konce rozšířeno. Je-li tímto vedením vedena elektromagnetická vlna, dochází tím pádem na nehomogenitách, které představuje skokové rozšíření mikropásku mezi hranicí vedení, anténního prvku a otevřeného konce vedení k vyzařování elektromagnetické vlny do prostoru. Platí-li, že je délka mikropáskového anténního prvku rovna polovině vlnové délky, vstupní impedance by měla být čistě reálná a anténa bude v rezonanci.



Obr. 9 Mikropásková anténa s mikropáskovým a koaxiálním napájením [14]

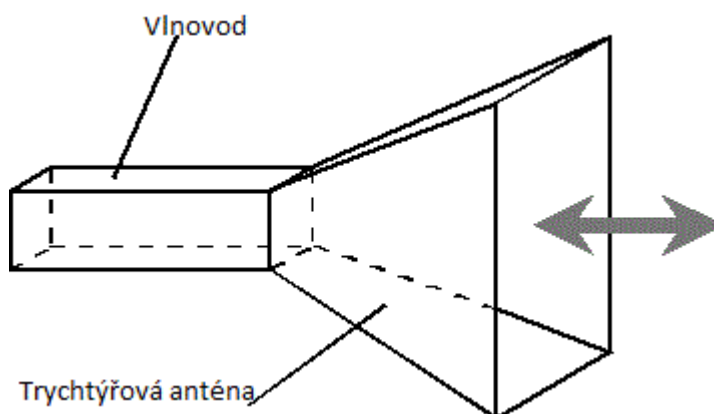
Koaxiální napájení, lze považovat za alternativu k napájení mikropáskovému. U tohoto typu napájení je vnější vodič koaxiálního kabelu připojen k zemnicí desce a vnitřní

vodič prochází otvorem v zemnicí ploše směrem do substrátu z dielektrika a přes něj k anténnímu prvku, ke kterému je připojen.

Mezi výhody toho druhu napájení patří výrazně potlačení parazitního vyzařování z napájecího vodiče. Pro vysoké frekvence se jako v řádech GHz se nepoužívá u substrátu klasický cuprexit z důvodů vysokých ztrát, ale je nahrazen teflonem nebo syntetickým korundem ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) a vodivostní spoje jsou ze zlata (Au) [14].

### 2.2.3 Vlnovod

Za vlnovod můžeme považovat speciální druh vedení s vodivými vnitřními stěnami, které mají nejčastěji obdélníkový nebo kruhový průřez. Tímto průřezem je šířena elektromagnetická energie. K samotné představě principu, si u vlnovodu můžeme vysvětlit tak, že se vlna šíří odrazem od vnitřních stěn vlnovodu. Vlnovodem se přenáší energie až od určité mezní frekvence, to lze vysvětlit tak, že vlna musí být kratší než mezní vlnová délka. Rozšířením hrdla vlnovodu vzniká tzv. trychtýřová anténa, což umožňuje lepší impedanční přizpůsobení s volným prostorem.



Obr. 10 Soustava vlnovodu a trychtýřové antény[7]

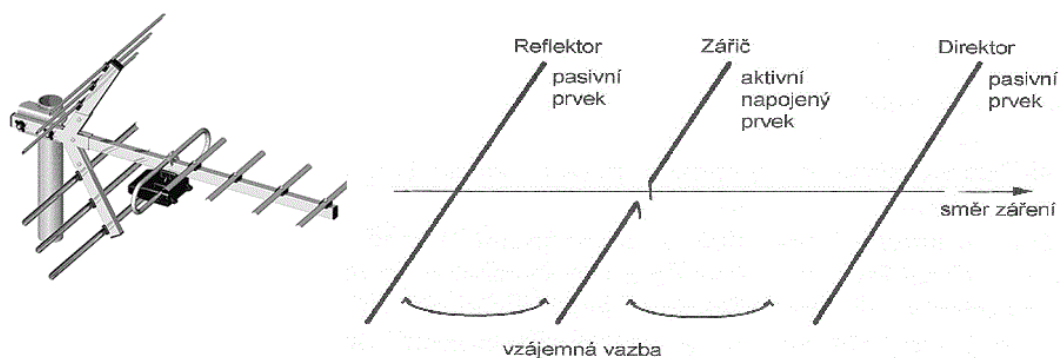
Mezi hlavní výhody vlnovodu patří to, že dokáže přenést velké výkony v řádech kW až MW. Vlnovod má malé ztráty při přenosu a malé vyzařování do okolí. Ovšem jejich nevýhodou je vysoká cena [2].

### 2.2.4 Yagiho anténa

Yagiho anténa se řadí mezi směrové antény. Tento typ antén byl navržen pro potlačení poruch, které přicházejí z nežádoucích směrů a tím pádem dosažení většího zisku.

Yagiho anténa je běžně používána na pásmech KV, VKV a TV. Využití nachází také u radioamatérů i profesionálních služeb.

Složení této antény je realizováno z aktivního prvku tzv. zářiče (dipól) a prvků, které nejsou napájené (direktory, reflektory). Princip funkce této antény je na principu vzájemné vazby mezi jednotlivými prvky, kterými je ovlivňována fáze a intenzita indukovaných proudů. Z tohoto faktu plynou rozdílné vyzařovací a napájecí vlastnosti. Za primární zdroj se u Yagiho antény považuje zpravidla půlvlnný dipól, který je umístěn mezi reflektor a první direktor. Toto uskupení prvků má poté výrazný vliv na vyzařování podél dalších direktorů. Se zvyšujícím se počtem direktorů, se zvyšuje zisk antény a tím i její délka. Impedanční vlastnosti antény jsou ovlivněny konstrukcí, samotným rozměrem zářiče a vzdáleností zářiče od sousedních prvků.

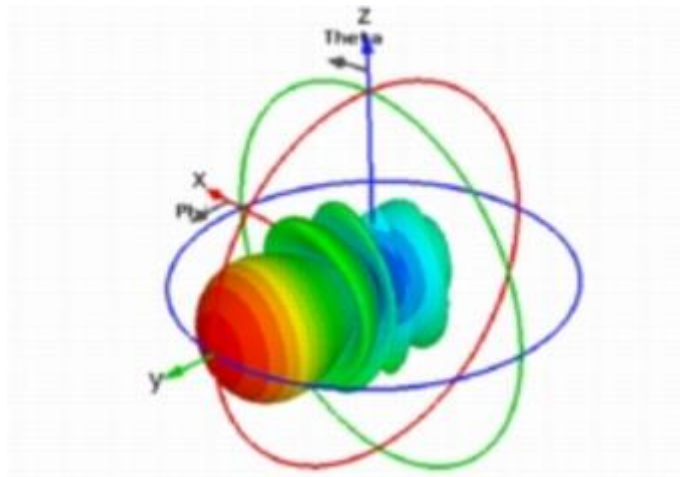


Obr. 11 Anténa Yagi a princip její činnosti [1]

U Yagiho antény platí v teoretické rovině:

- 3 prvky – 4 dB,
- 6 prvků – 9 dB,
- 9 prvků – 12 dB,
- 15 prvků – 15 dB,
- 28 prvků – 19 dB.

U toho typu antény ovšem nestoupá zisk u delších antén přímo úměrně s počtem prvků. Je tedy nesmyslné zvětšovat celkovou délku antény nad  $8 \lambda$ . Na této vlnové délce je již přírůstek zisku zanedbatelný [1].



Obr. 12 Vyzářovací charakteristika Yagiho antény [15]

### 2.3 Metody měření anténních parametrů

Jak již bylo zmíněno výše, anténa představuje základní součást radiokomunikačního systému a je nutné, aby splňovala určité požadavky a technické parametry. Díky těmto parametrům je umožněna správná funkce celého systému v daných podmínkách.

Tyto parametry jsou kontrolovány a měřeny při samotné výrobě, tak i samotném provozu. Za tímto účelem byly vypracovány měřicí metody a mezinárodní doporučení.

Pokud jsou měřeny vlastnosti antén v pásmu VKV, jsou zvoleny 2 místa na otevřeném rovném prostranství. Vzdálenost mezi těmito dvěma místy je 6-10 násobek délky měřené antény, kdy v jednom místě je upevněná anténa, kterou během měření nahradíme anténou referenční. Ve většině případech se jako referenční anténa používá dipól  $\lambda/2$  se stejnou polarizací a umístěním jako měřená anténa. Jako měřicí přístroj je použit tzv. měřič intenzity vř pole. Tímto přístrojem lze poměrně přesně změřit vyzářovací vlastnosti antény. Za vyzářovací vlastnosti považujeme směrovou charakteristiku, zisk a činitel zpětného záření. Průběhy těchto prvních dvou parametrů budou v této části popsány.

- Průběh měření zisku antény
  1. Vysílač je nalazen na pracovní kmitočet měřené antény.
  2. Odečtena intenzita pole (napětí) na indikátoru měřiče intenzity vř pole.
  3. Výměna antény za referenční dipól.
  4. Znovu provedení činnosti 1 a 2.

Zisk měřené antény je poté určen vztahem:

$$G[dB_d] = 20 \log(U_z/U_d) \quad (1.9)$$

Kde  $U_z$  představuje napětí při měření zkoumané antény a  $U_d$  napětí referenčního dipólu.

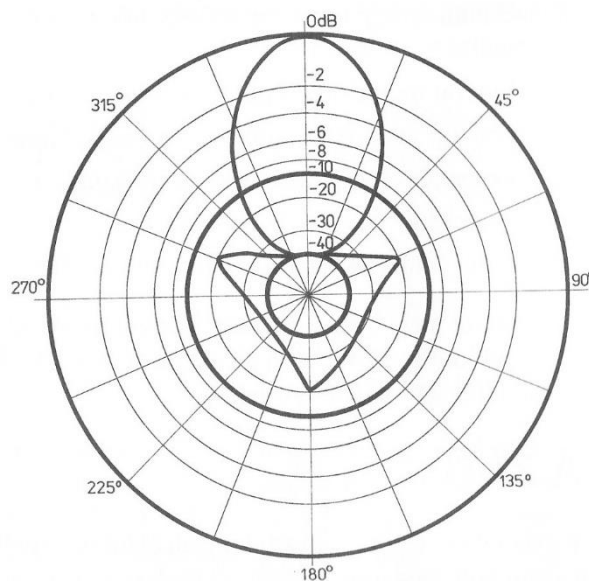
- Průběh měření směrové charakteristiky
  1. Anténu, kterou hodláme měřit, umístíme do rotátoru orientací směrem k vysílači.
  2. Vysílač je nalazen na pracovní kmitočet měřené antény.
  3. Proveden odečet napětí na indikátoru.
  4. Provedeno pootočení antény o 5-10° a odečet proveden znovu.
  5. Opakování pootáčení a zápis hodnot, dokud není dosaženo celkového otočení o 360°.

Decibelová stupnice je poté získána ze vztahu:

$$G[dB_d] = 20 \log(U_f/U_{max}) \quad (1.10)$$

Kde  $U_f$  zastupuje napětí při měření zkoumané antény v jednotlivých úhlových polohách a  $U_{max}$  napětí při měření zkoumané antény orientované směrem k vysílači.

Tyto naměřené hodnoty jsou vyneseny do kruhového diagramu Obr. 10 a to má za následek získání směrové charakteristiky, v tomto konkrétním případě v horizontální rovině [1].



Obr. 13 Obecná horizontální směrová charakteristika antény v dB [1]

### Dílčí závěr

Cílem a také hlavní myšlenkou této kapitoly bylo objasnit princip a fungování antén, vybrány byly ty nejpoužívanější a nejzajímavější. U všech antén existuje mnoho aspektů a parametrů k určení jejich vlastností a možnostech použití. Velice zajímavé jsou v současné době antény integrované do různých druhů zařízení, spotřebičů, mobilních telefonů ale i detektorů a veškerých bezdrátových periferiích v oblasti PZTS . U tohoto druhu antén lze i přes velice malé rozměry antény dosáhnout velice dobrých parametrů, jak u vysílaného tak přijímaného signálu. Tato kapitola se zaměřuje také na antény drátové a plošné. Existují ovšem i jiné druhy antén, jako například reflektorové antény, anténní čočky nebo anténní řady. Pro zvolení správného druhu antény je potřeba také znát základní parametry a její vlastnosti. Při samotné konstrukci a vývoji patří tyto výše uvedené parametry ve většině případů ke klíčovým a naprosto nezbytným.

### 3 SPECIFIKA POŽADAVKŮ NA RADIOVÝ PŘENOS V POPLACHOVÝCH SYSTÉMECH

Jednotlivé komponenty v oblasti poplachových systému mohou komunikovat na principu bezdrátové komunikace. Tímto druhem komunikace, lze realizovat komunikaci jak mezi jednotlivými prvky poplachových a zabezpečovacích systému (PZTS), kamerových systémů (CCTV), prvky kontroly vstupu (ACS) a také systémů přivolání pomoci (SAS). Také jednou z významných funkcí je bezdrátová komunikace s dohledovým a přijímacím centrem (DPPC). Zároveň některé druhy detektorů pohybu využívají ke své funkci radiové vlny.

#### 3.1 Bezdrátový a drátový přenos dat na DPPC

Ze střeženého objektu můžeme přenášet poruchové a poplachové zprávy na dohledové a přijímací centrum (DPPC). Za tímto účelem je možné využít několik druhů tras pro tento přenos. Jednou z používanou variant je využití tzv. veřejné telefonní sítě (VTS). Ovšem za předpokladu, že daný objekt je vybaven zavedenou telefonní přípojkou. Mezi další možnosti se nabízí vedení po metalickém nebo optickém kabelu za využití připojení k internetu. V tomto důsledku, je možné za použití současných moderních technologií přenášet v relativně dobré kvalitě obraz a zvuk. Ne v každém objektu se, ale v dnešní době dá tato možnost připojení realizovat. Může k tomu vést vysoká cena zřízení telefonní přípojky nebo geografická poloha střeženého objektu. Zde se nabízí možnost využití bezdrátového přenosu. Přenos hlášení na DPPC bez pomocí kabelů, za využití radiových vln je jednou z možností jak objekt připojit k dohledovému pracovišti.

Ze střeženého objektu lze tyto zprávy přenášet za pomoci technologie GSM, kde se využívají především frekvence 850MHz, 900MHz, 1800MHz a 1900MHz.

Pro přenos signálu za pomoci radiového přenosu bylo využito frekvencí 27 MHz, 80 MHz, 160 MHz a 300 MHz. Z bezpečnostních důvodů jsou jednotlivé frekvence registrovány tak, že si o ní daný subjekt zažádá u ČTÚ a zveřejnění těchto konkrétních frekvencí se nerealizuje z důvodů možného rušení. Po vstupu ČR do NATO je frekvence 300 MHz využívána pro obranný systém [16].



### 3.1.1 Radiová síť Global

Jednou z možných nezávislých variant připojení na DPPC představuje systém Global, který v České Republice realizuje společnost NAMtechnology.

Radiová síť Global se skládá z těchto prvků:

- vysílače TSM 452, TSM 454, rádiové komunikátory JA-6x NAM
- zabezpečovací ústředny AMOS 1600 a AMOS 500
- sběrné stanice RSN 451
- soupravy pro mobilní objekty NCL 02

Síť Global je provozována v pásmu 420 – 470 MHz a svou strukturou je nejvíce podobná buňkové síti, která se využívá mobilními operátory pro provoz mobilních telefonů. Na jedné frekvenci tedy může být provozováno až 63 buněk a centrum každé buňky představuje prvek s názvem sběrná stanice. V této síti tedy může být podle informací společnosti NAMtechnology až 1000 radiových objektů i s 63 sběrnými stanicemi. Tyto stanice je možné řadit za sebe, tento princip je ale omezen maximálním počtem stanic umístěných za sebou, lze tak realizovat 6 sběrných stanic za sebou v řadě.

Tato síť kombinuje výhody jak u jednosměrných, tak obousměrných radiových DPPC. Radiový provoz mezi objektovými vysílači a sběrnými stanicemi je realizován jednosměrně. Ovšem provoz mezi jednotlivými sběrnými stanicemi, sběrnou stanicí DPPC a mobilními objekty je obousměrný. Tento druh obousměrného přenosu umožňuje po páteřní síti přenášet s velkou efektivitou větší datové toky, realizovat ovládací činnost sběrných stanic na dálku a ovládat reléové výstupy [17].

Parametry radiové sítě Global:

- frekvenční pásmo – 420 - 470 MHz
- přenosová rychlost radiové sítě – 48000 Bd
- počet sběrných stanic – 63
- celkový počet vysílačů v síti – 1000
- počet vysílačů napojených na jednu sběrnou stanicí – 256[17].

### 3.2 Bezdrátová komunikace jednotlivých komponent u poplachových systémů

Pokud není možnost v PZTS propojit komponenty kabelovým vedením, existuje zde možnost pro jejich bezdrátovou instalaci. Tato instalace je výhodná z toho pohledu, že se nemusí výrazně zasahovat do současné stavby, jak je tomu u komponentů s kabelovým vedením (sekaní drážek, trubkové vedení). Při zapojení bezdrátových komponentů, je nutné, aby daná ústředna byla vybavena radiovým modulem. Po splnění této podmínky lze k ústřednám PZTS připojit jak bezdrátové detektory tak ve většině případech také moduly domácí automatizace.

Jednotlivé frekvence pro komunikaci komponent PZTS s ústřednou jsou spravovány ČTÚ. V současnosti je využito kmitočtů kolem 433 MHz, 868MHz a 2,4GHz. Pro systémy, které zabezpečují domácnosti je nejčastěji využito pásem 433 MHz a 868 MHz. Zároveň platí, že u pásma 433,05 - 434,78 MHz, které je označováno písmenem g na základě všeobecného oprávnění VO-R/10/05.2014-3. Takové zařízení může dosahovat maximálního výkonu 10 mW a je na této frekvenci zakázáno přenášet analogové audio signály s výjimkou hlasu. U hlasu je možnost ho přenášet pouze za použití technik, které se podílejí na zmírnění rušení. Obrazové informace jsou v tomto pásmu zakázány také.

Tab. 3 Jednotlivé parametry na určitých kmitočtech [17]

Označení	Kmitočtové pásmo	Vyzářený výkon	Kanálová rozteč
a1	169,48125 MHz	500 mW	12,5 kHz
a2	169,59375 MHz	500 mW	12,5 kHz
b	868,6 – 868,7 MHz	10 mW	25 kHz
c	869,2 – 869,25 MHz	10 mW	25 kHz
d	869,25 – 869,3 MHz	10 mW	25 kHz
e	869,3 - 869,4 MHz	10 mW	25 kHz
f	869,65 – 869,7 MHz	25 mW	25 kHz

V kmitočtovém pásmu, které nese označení b, je možné mít více kanálů s roztečí 25 KHz nebo může být využito celé pásmo za účelem jednoho rychlého kanálu pro přenos dat

vysokou rychlostí. Pásmo c je vyhrazeno pro systémy přivolání pomoci označované zkratkou SAS [17], [18].

### 3.3 Bezdrátová komunikace RFID tagů

Mezi další technologie na principu radiového přenosu jsou tzv. RFID – (Radio Frequency Identification) čipy nebo karty, které lze zahrnout do pojmů tagy. Tyto tagy mají v oblasti PZTS především za úkol sloužit jako identifikace uživatele v systému. Čip nebo klíčenka pracují bez nutnosti baterie a jejich životnost je tedy neomezená.

Mezi hlavní výhody této technologie patří:

- Mobilita,
- není nutnost přímé viditelnosti při identifikaci
- levná výroba a minimální rozměry,
- identifikace přes vrstvy materiálu (vyjma kovů),
- rychlost pořízení informace [19].

#### 3.3.1 Použité frekvence u technologie RFID

U technologie RFID je volba vhodné frekvence naprosto klíčová, z tohoto parametru vyplívá spousta dalších omezení (dosah, zákonná omezení, rychlost čtení a zápisu, použitelnost). V tabulce č. 2 je zobrazeno spektrum RFID systémů a jejich vlastnosti.

Tab. 4 Vlastnosti rozdílných frekvencí RFID tagů [19]

Název technologie	LF Tag	HF Tag	UHF Tag	MW Tag
<b>Frekvence</b>	125 -134 KHz	13,56 MHz	860 - 930 MHz	2,45; 5,8 GHz
<b>Vlastnosti</b>	dosah pod 0,5m možnost snímání na kovu i přes kapalinu	dosah pod 1m, obtížné čtení přes kapalinu	dosah do 3m, velká rychlost čtení, nelze číst přes kapalinu	dosah do 10m, extrémně vysoká rychlost čtení

Na obrázku č. 14 je zobrazeno velké množství RFID tagů, které jsou v současné době zastoupeny na trhu. Poplachové systémy ve valné většině případů pracují s tagy na frekvencích 125 kHz a 13,56 MHz [19].



Obr. 14 Různé druhy RFID tagů [19]

### 3.4 Bezdrátová komunikace kamerových systémů

U kamerových systémů v současné době také využít možnosti bezdrátového přenosu, tato alternativa se doporučuje především tam, kde si zákazník nepřeje zasahovat do objektu stejně jako u poplachových systémů. Kamery využívají kmitočtů na frekvencích a 2,4 GHz a 5 GHz. Komunikace je založena na principu přenosu dat mezi kamerou a přijímacím zařízením. Toto přijímací zařízení je poté napojeno na záznamové zařízení nebo PC. Je zde využíváno standartu IEEE 802.11g a 802.11ac. Na frekvencích 2400-2483,5 MHz lze obraz přenášet přes standart Wi-fi. Zde ovšem vyzářený výkon může být maximálně do 100 mW. Ve standartu Wi-fi nejsou kmitočty vyhrazeny a jsou sdíleny se všemi okolními uživateli. Může zde tedy dojít ke vzájemnému rušení. V posledních letech je technologie na kmitočtech 2,4 GHz postupně nahrazována kmitočtem 5 GHz a to právě z výše uvedených důvodů [8].

### 3.5 Využití radiového spektra k detekci pohybu

Určité detektory pohybu pracují na jasně stanovených kmitočtech radiového spektra. Patří mezi ně především detektory mikrovlnné a ultrazvukové. Lze zde ovšem zařadit i pasivní a aktivní infračervené detektory.

### 3.5.1 Ultrazvukové detektory

Tyto detektory pracují na frekvenci v rozsahu 20 – 60 kHz. Ovšem ve většině případů je použita frekvence 40 kHz. Česká firma Jablotron má takový detektor ve své nabídce, jako primární použití slouží k ochraně automobilu jeho pracovní frekvence se právě výše udávaných 40 kHz. Tento typ detektoru je založen na principu Dopplerova jevu, kdy je vyhodnocováno změna kmitočtu odraženého od objektu, který se v jeho prostoru detekce pohybuje [17],[20].

### 3.5.2 Aktivní a pasivní infračervené detektory

Aktivní IR detektor je schopen detekce pohybu člověka nebo předmětu, které nevyzařuje a zároveň se i velice pomalu pohybuje. U této technologie je použito frekvencí o velikosti 1013 GHz.

Pasivní IR detektor funguje na principu snímání změny vlnové délky vně střeženého prostoru. Rozmezí této délky se pohybuje v rozsahu 8 – 14  $\mu\text{m}$ . Význam této veličiny je v tom, že lidské tělo vyzařuje do prostoru vlnovou délku o hodnotě 9,4  $\mu\text{m}$ , což odpovídá kmitočtu zhruba 31,894 THz [17],[20].

### 3.5.3 Mikrovlnné detektory

V problematice mikrovlnných detektorů jsou hlediska zaměřující se na vysílání signálu určeného k detekci ošetřeny normou ETS EN 300 440-2. Na základě tohoto ustanovení jsou stanoveny frekvence pro provoz těchto detektorů v rozsahu 9200 MHz – 24,25 GHz. V reálných podmínkách většina výrobců nasazuje detektory pracující na frekvenci 10 GHz. Mikrovlnné detektory spadají stejně jako detektory ultrazvukové do tzv. dopplerovských detektorů. Tedy aktivních, což znamená, že sami vytvářejí své pracovní prostředí. U tohoto druhu detektorů se využívá plošných antén, čímž je omezena především jedna z negativních vlastností vyzařování za detektor. Tímto dá se říci neduhem, se v dřívější době potýkaly především VKV detektory [20].

## 3.6 Software pro vyhodnocování a konfiguraci poplachových systémů J-Link

Při instalaci poplachového systému, technik využívá výrobcem specifikovaného softwaru určeného pro danou modelovou řadu nebo typu. Společnost Jablotron nabízí pro toto

řešení aplikaci s názvem J-Link, která zajišťuje veškerou konfiguraci a správu daného systému. Pro starší typy ústředěn OASiS, od této společnosti je nutné využít software s názvem O-Link.

J-Link disponuje možnostmi připojení a konfigurace jak přes sběrnici USB-B, tak i zároveň dálkový přístup přes internet.

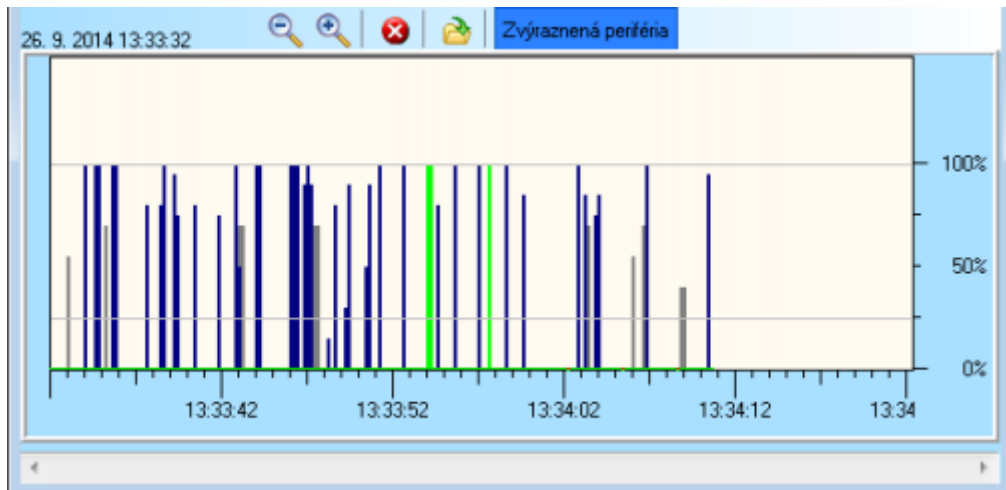
Tato aplikace disponuje následujícími okny:

- záložka sekce,
- záložka uživatelé,
- úroveň oprávnění uživatelů,
- záložka PG vstupů,
- záložka diagnostika,
- záložka kalendář,
- paměť událostí,
- ostatní funkce.

P.	Meno	Typ	Sekcie	Paměť aktívácie	Stav	Stav batérie/Napätie	Napätie,Úbytky	Úroveň signálu	Kanáľ
0	ústredňa	JA-106K	1: Sekcia 1		OK	13,7 V/13,5 V	13,7 V/0 mA; 13,6 V/0 mA	GSM Vyp.	
1	radio (stare)	JA-110R	1: Sekcia 1		??				
2	PIR poschodie	JA-110P	1: Sekcia 1	AKT	OK		-0,1 V		Zbernica 2
3	klavesnica s displejom	JA-114E	1: Sekcia 1		OK		-0,3 V		RJ
4	Foto PIR prizemie	JA-120PC	1: Sekcia 1		Vypnutie-STOP				
5	ovládač Karol	JA-154J	1: Sekcia 1						
6	Bezdrát. klavesnica	JA-153E	1: Sekcia 1		OK	100 %		80 %	B: Nove radio
7	Sirena vnútorná	JA-111A	1: Sekcia 1		Vypnutie-STOP				
8	Nove radio	JA-110R	1: Sekcia 1		TMP		0,0 V		RJ
9	Nova klavesnica	JA-114E	1: Sekcia 1		OK		0,0 V		Zbernica 1
10	periféria 10	JA-120N	1: Sekcia 1		??				

Obr. 15 Konfigurační okno J-Link [21]

V rámci tohoto softwaru, lze monitorovat signál mezi ústřednou a bezdrátovými komponenty systému. Při značném poklesu signálu, který by mohl ovlivnit funkci, systému je nutné doplnit instalaci o opakovače signálu tzv. repeatry. Tyto opakovače se starají zesílení signálu v objektu. Jak lze vidět na obr. 15 jednotlivé úrovně signálu jsou rozlišeny barvami. U signálu GSM je 0-30% červená, 40-50% žlutá a 50% a výše barva zelená. U jednotlivých komponent se barevné rozlišení liší. Červená barva je zde reprezentována 10% úrovní signálu, 20% žlutá a 30% barva zelená.



Obr. 16 Graf úrovně kvality signálu v programu J-Link [21]

### Dílčí závěr

V současné době již většina prodávaných moderních poplachových systémů v rámci PZTS pracuje na frekvenci 868 MHz, což má za následek mnohem lepší spolehlivost stability signálu v dnešních podmínkách, kdy velké množství domácností využívá meteostanice, dálkově ovládané žaluzie a rolety a spoustu jiných periférií, které právě pracují na frekvenci 433 MHz, a mohlo by zde docházet k vzájemnému rušení. Mezi hlavní výhody tohoto řešení a důvod proč se lidé uchylují k této variantě komunikace v oblasti PZTS, je hlavně jednoduchost a rychlost instalace. Není potřeba provádět téměř žádné zásahy do zdiva či pláště budovy. Také velké množství detektorů pohybu funguje na principu radiových vln. Mezi tyto detektory se řadí především detektory mikrovlnné, infračervené a ultrazvukové. Kamerové systémy mají v současné době vysoké požadavky na přenos kvalitního signálu bezdrátovými technologiemi. Pro tuto aplikaci se využívá především pásem 2,4 GHz a 5 GHz. U bezdrátových detektorů a výstražných zařízení musí být ohlášena a identifikována porucha v periodické komunikaci dle tab. 5, ta vychází z ČSN EN 50 131-5-3.

Tab. 5 Periodická komunikace [22]

	Detektor k ústředně	Výstražné zařízení k ústředně	Přenosové zařízení k ústředně	Ústředna k přenosovému zařízení
	<b>Perioda</b>			
<b>Stupeň 1</b>	240 min	240 min <sup>1</sup>	240 min <sup>1</sup>	240 min
<b>Stupeň 2</b>	120 min	120 min <sup>1</sup>	120 min <sup>1</sup>	120 min
<b>Stupeň 3</b>	100 s	100 s	100 s	100 s
<b>Stupeň 4</b>	10 s	10 s	10 s	10 s
<sup>1</sup> Tento požadavek je u tohoto stupně zabezpečení volitelný				

Tyto chyby v periodické komunikaci, které jsou definované v tabulce 5, musí být u zařízení stupně 1 a 2 signalizovány jako porucha nebo sabotáž, u zařízení stupně 3 a 4 musí být signalizována sabotáž [22].

V současné době také nastává velké rozšíření RFID tagů, které velice usnadňují identifikaci jejich držitele.



## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 ANALÝZA ANTÉN V POPLACHOVÝ SYSTÉMECH

Následující kapitola v praktické části se bude věnovat anténám používaných napříč spektrem poplachových systémů. Jednotlivé antény zde budou popsány a bude vytvořen tak jasný a srozumitelný přehled těchto komponent v současné nabídce na trhu.

### 4.1 Poplachové systémy od společnosti Jablotron

V současné době společnost Jablotron nabízí jakou svou vlajkovou loď na poli zabezpečovací techniky systém Jablotron JA-100. K tomuto systému se standardně připojují komponenty pomocí drátové sběrnice, lze ale tento systém rozšířit o bezdrátový radiový modul JA-110R.

#### JA-110R

Systém JA-100 disponuje možností připojení až 3 radiových modulů JA-110R obr. 16, které mohou být připojeny buď speciálním pinovým konektorem, nebo po sběrnici.



Obr. 17 Sběrniceový radiový modul JA-110R [23]



Anténní část modulu

*Obr. 18 Sběrníkový radiový modul JA-110R [23], upravil Macho, 2016*

Jak lze vidět, u tohoto modulu je využito mikropáskové antény. Jde tedy o anténu integrovanou přímo do plošného spoje zařízení. Výrobce určený dosah je zhruba 100 m v otevřeném prostoru. Ale záleží na podmínkách, ve kterých je tento systém používán.

Jednotlivé parametry tohoto modulu:

- napájecí napětí - 12V
- proudová spotřeba při záloze (klidová) - 25mA
- proudová spotřeba pro volbu kabelu - 25 mA
- rádiová komunikace - 868,1 MHz
- rozměry - 150 x 40 x 23 mm
- klasifikace - stupeň 2 dle ČSN EN 50131-1, ČSN EN 50131-3, ČSN EN 50131-5-3

### **AN-868**

Externí anténa AN-868, slouží k rozšíření komunikačního dosahu bezdrátových komponent. Je kompatibilní jak se systémy JA-100, tak JA-80 kde je ovšem nutné zakoupit variantu s 2 pinových konektorem. Jde zde také o mikropáskovou anténu typu PIFA.

Anténa typu PIFA (Plannar inverted F antenna), čtvrt vlnná patch anténa. Svým tvarem připomíná obrácené písmeno F. Její popularita je především v oblasti pro přenosné rádiové zařízení, díky svému nízkému profilu a nízké ceně. Nejčastěji se tato anténa využívá například u mobilních telefonů jako dvoupásmová anténa, což má za následek duální polarizace a anténa může být umístěna v libovolné poloze.



*Obr. 19 Externí anténa AN-868 [23]*

Parametry této antény:

- komunikační pásmo – 868 MHz
- třída prostředí – IV
- délka propojovacího kabelu 2 m
- impedance 50  $\Omega$  [23]

### **Antény pro GSM komunikaci**

Pro komunikaci po protokolu GSM na frekvencích 900 MHz a 1800 MHz a zajištění stabilního signálu se používají antény buď interní, nebo antény, které se instalují externě. Ne vždy musí být úroveň signálu dostatečná a tím pádem spolehlivá. K tomuto jevu dochází především za využití interní antény instalované přímo v krytu ústředny, z toho důvodu mohou být využity antény externí. U systému JA-100 je nabízena společností Jablotron prutová anténa AN-05, která má dle výrobce lepší vlastnosti než předchozí model AN-04 a je doporučována k použití nejen u ústředny ale také u nezávislých prvků domácí automatizace od téhož výrobce. Tato anténa se připojuje standartním SMA konektorem.



Obr. 20 GSM antény AN-05 a AN-04 [23] upravil Macho, 2016

Parametry těchto antén:

#### **AN-05**

- Výška – 29 cm
- zisk – +4 dB
- konektor - SMA
- délka kabelu 3 m.

#### **AN-04**

- Výška – 58 cm
- zisk – +7 dB
- konektor - SMA
- délka kabelu 3 m.

#### **Antény starších systémů Jablotron JA-80 a JA-63**

Pro starší systémy jako je JA-80 OASiS a JA-63 PROFi jsou k dispozici následující antény. Systém OASiS funguje na frekvencích 868 MHz a starší systém JA-63 PROFi komunikuje s jednotlivými prvky na frekvenci 433,92 MHz. Tyto dva systémy disponují vlastním portfoliem antén určeným pro tyto dvě konkrétní frekvence.

#### **AN-03**

První anténou je anténa pro systém JA-63 PROFi určena pro venkovní instalaci. Tento typ antény je využit pro komunikaci s bezdrátovými výrobky firmy Jablotron, které

mají své frekvenční pásmo v rozsahu 430 – 450 MHz a zároveň disponují konektorem pro připojení externí antény. Pokud je použito tohoto typu antény, je nutné, aby interní anténa byla odpojena. Podle instrukcí výrobce by tato anténa měla být instalována vertikálně. Jde o všesměrovou anténu. Zároveň se nedoporučuje používat prodloužení svodu na více než 10 m, které by mohlo mít negativní účinky na příjem signálu. Toto prodloužení lze realizovat koaxiálním kabelem. [25],[26].



*Obr. 21 Anténa AN-03 pro venkovní instalaci [23]*

Parametry:

- Rozsah pracovní frekvence - 430 - 450 MHz
- směrová charakteristika - všesměrová
- impedance - 50  $\Omega$
- doporučená montáž – vertikálně
- konektory:
  - anténa - typ PL (jde o konektor navržený pro signály nad 300 MHz, kdy označení PL znamená plug a SO socket, tento konektor byl vyvinut na základech klasického „banánkového“ konektoru)
  - zařízení kompatibilní s JA-60 a PG-4[26].

### **Samolepící antény AN-80, AN-02A, AN-06 a AN-01A**

Tyto antény jsou tzv. samolepícího typu, kdy AN-80 je použita pro frekvenci 868 MHz a AN-02A pro frekvenci 448 MHz. Anténa AN-06 je samolepící GSM anténa pro

pásma 900 MHz a 1800 MHz, stejně jako antény AN-04 a AN-05 proto zde nejsou zmíněny její parametry. U modelu AN-01A jde o anténu závěsného typu pro frekvenci 433 MHz. Tyto druhy antén jsou učený především pro starší typy ústředěn především u modelů JA-63 PROFI a některých starších periférií jakou jsou např. PG-4M (přijímač pageru) nebo pro JA-65R (Bezdrátový zónový expandér systému JA-65K)



*Obr. 22 Antény (zleva) AN-80, AN-02A, AN-06 a AN-01A [23] upravil Macho, 2016*

Parametry:

#### **AN-80**

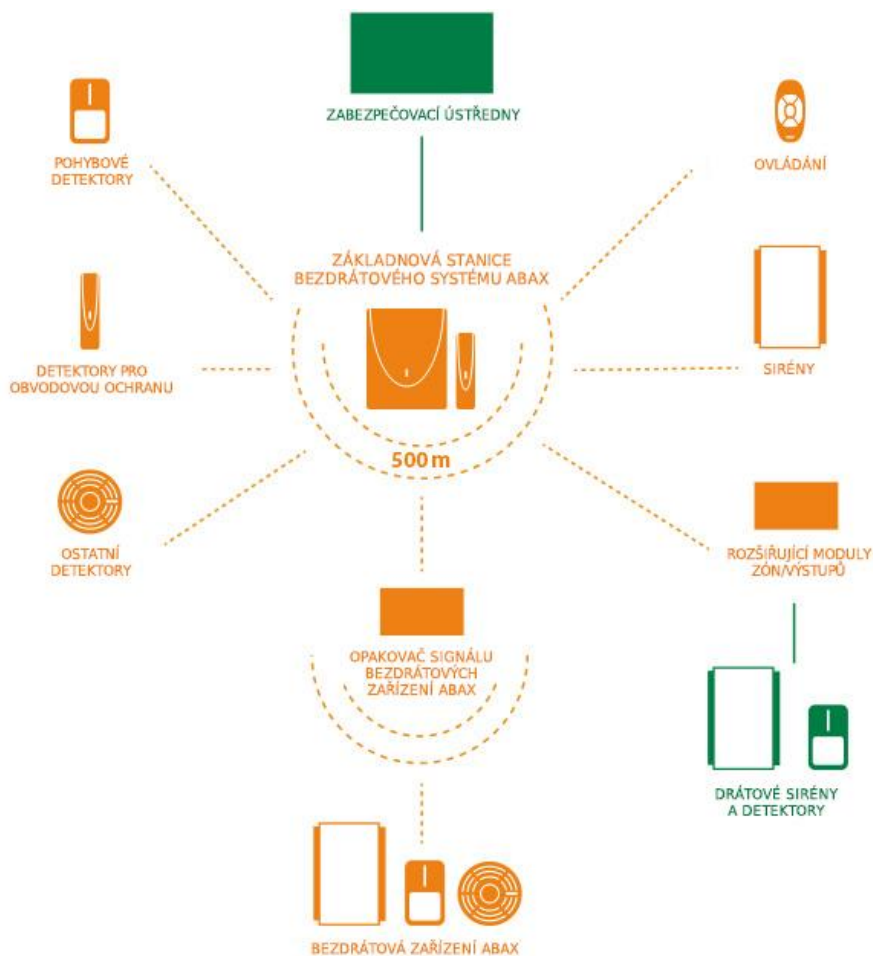
- frekvence – 866 MHz
- impedance – 50  $\Omega$
- délka přívodního kabelu – 2 m

#### **AN-02A a AN-01A**

- frekvence – 448 MHz
- délka přívodního kabelu – 1,2 m pro AN-02A, 2 m pro AN-01A
- konektor – PHF [23]

## 4.2 Poplachové systémy od společnosti SATEL

Polská společnost Satel, realizuje bezdrátovou instalaci poplachových systémů pro třídu zabezpečení 2 (podle požadavků normy ČSN EN 50 131), systémem který nese označení ABAX. Tento systém je navržen jako nadstavba pro ústředny INTEGRA a VERSA od společnosti Satel. Dle výrobce lze ale tento systém použít prakticky s každou zabezpečovací ústřednou na trhu.

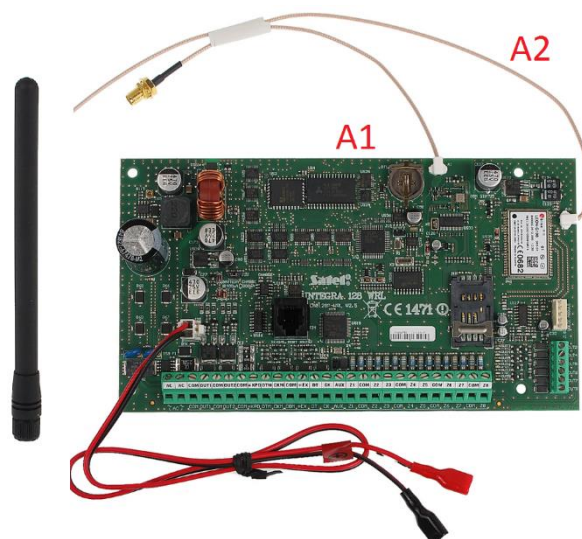


Obr. 23 Schéma bezdrátového systému ABAX[24]

### INTEGRA 128 WRL

Ústředna INTEGRA 128 WRL, představuje takové „all-in-one“ řešení. Jde o to, že veškeré komunikátory jsou integrovány přímo do samotné desky ústředny a není zde nutné instalovat žádné dodatečné komunikátory, jak pro GSM tak pro bezdrátový systém ABAX. Na obr. č. 24 pod označením A1 je vývod pro anténu systému ABAX a pod označením A2 pro anténu GSM/GPRS.





Obr. 24 INTEGRA 128 WRL a anténa ANT-868 [23] upravil Macho, 2016

Pro ABAX se používá anténa s označením ANT-868 vysílající na frekvenci 868 MHz, tato anténa je jediná možná nabízená varianta od výrobce Satel. Ale po určitém testovacím provozu, bylo možné vyzkoušet chování antén od jiných výrobců pro pásmo 868 MHz. Mohlo by to mít za následek zlepšení kvality signálu, ovšem tato varianta není výrobcem doporučována [23],[29].

### ACU-120

Prvek systému s označením ACU-120, představuje základovou stanici, která je určena pro připojení k ústřednám INTEGRA a VERSA za účelem rozšířit systém o bezdrátové zařízení. U tohoto komponentu je komunikace realizována oběma směry s potvrzením všech přenosů. Dle dat výrobce by měl být udávaný dosah signálu až 500 m, za předpokladu otevřeného prostoru. Antény jsou zde realizovány diverzně, jak lze vidět na obr. č 25. Diverzita, je pojem, kterým lze popsat použití více antén, ke zvýšení šance na lepší příjem signálu na jedné z antén. Tyto antény by měli být identické, princip spočívá v tom, že zařízení po vyhodnocení přijatého signálu vybere signál s lepšími parametry. V případě běžných antén je vybrán ten signál, který dorazí k přijímači první a kvalitnější signál může být zamítnut. Tento druh antény především problémy vzniklé vícecestným šířením. Tento modul lze považovat přímo porovnat s radiovým modulem společnosti Jablotron JA-110R, který má uváděný výrazně menší dosah signálu [27].



Obr. 25 Modul ACU-120 s dvěma diverzními anténami [23] upravil Macho, 2016

Parametry:

- Napájecí napětí – 12V
- Proudová spotřeba v klidu – 50 mA
- Maximální proudová spotřeba – 75 mA
- Frekvence – 868 – 868,6 MHz
- Dosah signálu – do 500 m v otevřeném prostoru
- Počet antén – 2
- Maximální počet připojených zařízení – 48 [23]

### ARU-100

Tento bezdrátový prvek umožňuje zvýšit dosah signálu systému ABAX, komponentům které nejsou v dosahu základových stanic např. ACU-120. Instalace tohoto zařízení se provádí v poloviční vzdálenosti od základové stanice a koncového bezdrátového prvku (PIR detektor, magnetický kontakt...). Napájení je zajištěno přívodem 230V v případě výpadku je jištěno záložním li-ion akumulátorem [23],[29].



Obr. 26 Opakovač signálu ARU-100 [23] upravil Macho, 2016

Parametry jsou téměř totožné s ACU-120, jediné v čem se tento prvek liší je počet antén (jedna) a jiná proudová spotřeba (max. 55 mA) [23].

### GSM antény pro komunikátory Satel

GSM antény pro komunikátory Satel (GSM-4, GSM LT-1, GSM LT-2, GPRS-T1, GPRS-T2, GPRS-T4, GPRS-T6) se neliší nějak výrazně od antén jiných výrobců určených pro komunikaci v pásmu GSM.



Obr. 27 GSM antény ANT 900/1800 a ANT-OBU-Q [23] upravil Macho, 2016

Parametry ANT 900/1800:

- Pracovní frekvence - 850/900/1800/1900 MHz
- Impedance -50  $\Omega$
- Délka kabelu – 3 m
- Konektor – SMA [28]

### ARF-100

Pod označením ARF-100 lze nalézt tester úrovně radiového signálu pro systém ABAX (868 MHz). Jedno z funkcí tohoto testeru je možnost sledovat úroveň signálu, který umožňuje sledovat jak přijímaný signál ze základové stanice, nebo úroveň, která je přijatá na základovou stanici od testeru. To má za následek zjištění optimálního místa pro instalaci bezdrátové periferie. Při použití testeru je v systému zabraná jedna pozice ve výpisu zařízení, které jsou přihlášen k základové stanici nebo ústředně [29].



Obr. 28 Tester úrovně signálu ARF-100 [23]

Parametry:

- Pracovní frekvence - 868-868,8 MHz
- Napájecí napětí – 9V (baterie typ 6F22) [29]

### 4.3 Poplachové systémy nabízené společností Variant

Prodejce Variant nabízí v současné době tři sofistikovanější systémy zabezpečení.

Jde o:

- Magellan/Spectra (Paradox)
- Digiplex EVO (Paradox)
- Galaxy Dimension (Honeywell)

Všechny tyto systémy disponují možností bezdrátového připojení komponent. Kdy u systémů Galaxy, Digiplex a Spectra je nutno řešit bezdrátovou nadstavbou, u systému Magellan je bezdrátová část přímo integrovaná v desce ústředny. Zajímavostí je u systémů Spectra, že zde je možnost volby jak frekvence 868 MHz, tak 433 MHz. Z důvodů doporučení prodejce používat frekvenci 868 MHz, bude frekvence 433 MHz v následující analýze vynechána, jde prakticky o naprosto totožné výrobky pouze pracující na rozdílné frekvenci.

#### 4.3.1 Rozšíření Spectra a Digiplex

Pro tento typ ústředny existují rozšíření RX1 a RTX3.

##### **RX1 a RTX3**

Jde o modul radiové nadstavby pro ústředny od výrobce Paradox, SPECTRA CP s jednosměrnou komunikací. K tomuto modulu, lze připojit sortiment bezdrátových prvků Magellan.



Obr. 29 Bezdrátová nadstavba RX1 a RTX3 [30] upravil Macho, 2016

Parametry:

### **RX1**

- Napájení 11-16V
- Anténa – drátová
- Pracovní frekvence – 868 MHz
- Citlivost 110 dB
- Proudová spotřeba – max. 50 mA

### **RTX3**

- Napájení 11-16V
- Anténa – dipól
- Pracovní frekvence – 868 MHz
- Citlivost 120 dB
- Proudová spotřeba – max. 50 mA[30]

### **RPT-1 a směrová anténa pro RTX3/RPT**

Opakovač signálu s názvem RPT-1 slouží k prodloužení dosahu bezdrátových detektorů, klávesnic, PGM výstupů a klíčenek. Tento opakovač je zcela autonomní a přeposílá data z bezdrátových prvků.

Směrová anténa pro bezdrátový systém Magellan. Díky této anténě lze zvětšit dosah v jednom směru až na trojnásobek oproti dosahu s dodávanou anténou. Ovšem při použití této směrové antény je potřeba zvážit její vyznám v samotné instalaci. V bočních směrech totiž dochází ke zkrácení dosahu asi o 2/3 oproti běžné prutové anténě.



Obr. 30 Opakovač RPT-1 a směrová anténa pro systém Magellan [30] upraven  
Macho, 2016

Parametry:

#### **RPT-1**

- napájení – 16V
- proudový odběr – max. 60 mA
- anténa – dipól
- pracovní frekvence – 868 MHz
- dosah- 75 m v budově

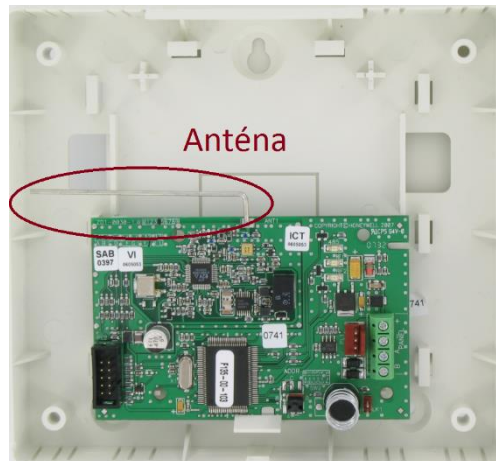
#### **Anténa**

- frekvence - 868 MHz
- připojení – 50  $\Omega$  koax

### **4.3.2 Galaxy Dimension**

#### **C079-2**

Pro tuto ústřednu existuje bezdrátová nadstavba, která nese označení C079-2. Jde o nadstavbu podporující obousměrnou komunikace. V tomto modulu se nachází pouze jedna anténa. Na tento modul je možné nastavit až 24 zón a je kompatibilní jak se systémem Galaxy Dimension, tak Galaxy Flex a jeho napájení je zajištěno sběrníci [31].



*Obr. 31 Rozšíření Galaxy Dimension o bezdrátový modul [31], upravil Macho 2016*

Parametry:

- pracovní frekvence – 868 MHz
- proudový odběr – 55/65 mA
- kompatibilita - Galaxy Flex, GD
- počet zón – 24 [31]

### **GSM antény**

Systemy od těchto výrobců mají ve své podstatě totožné antény GSM jako antény jiných výrobců. Výjimkou je směrová GSM anténa, která je v nabídce společnosti Variant. Jde o anténu se šesti prvky a ziskem 12 dB. Její činnost spočívá vtom, že zlepšuje úroveň GSM signálu především tam, kde jsou nepříznivé podmínky pro příjem.



*Obr. 32 Směrová GSM anténa [30]*



#### 4.4 Kamerové systémy – řešení CamSat

Kamerové systémy v dnešní době využívají již především pásmo 5 GHz. Je to dáno vysokými požadavky na kvalitu a rychlost přenosu. K bezdrátovému přenosu lze použít například vybavení od polské společnosti CamSat.

##### CDS-5IP

U IP kamer lze jako vysílač (transmitter- Tx), přijímač (receiver – Rx ) nebo retranslační bod, lze použít například venkovní jednotka, která nese označení CDS-5IP. Ke které se připojí externí anténa a lze s tímto zařízením realizovat přenos na vzdálenost 1-3 km. Tato jednotka operuje v pásmu 5725-5850 MHz a 5470-5725 MHz. Podporované rozlišení jsou 4K, UHD, HD1080p, HD1080i, HD720p, PAL/NTSC. Konkrétně u této jednotky je za obrazový vstup považován konektor RJ-45 [29].



Obr. 33 – Jednotka typu vysílač/přijímač CamSat CDS-5IP [32]

##### AP13-HV

Představuje všesměrovou MIMO (Multiple-input multiple-output) anténu, která lze připojit k výše zmíněné jednotce.



Obr. 34 Anténa AP13-HV [32]

Parametry:

- operační frekvence - 5450 MHz - 5850 MHz
- polarizace – vertikální/horizontální
- zisk – 13 dBi
- hmotnost – 830g
- konektor – RSMA [29]
- rozměry – 158 x 98 x 834(mm) [29]

Existuje zde i možnost využití směrových antén. Tento výrobce má ve svém portfoliu několik druhů těchto antén, jejich parametry se liší především v zisku dané antény.



Obr. 35 Směrové antény od společnosti CamSat (zprava 27dBi, 17dBi, 17dBi)

[33] upravil Macho, 2016

## 4.5 Kamerové systémy – Brickcom

Některé IP kamery od společnosti Brickcom, disponují možností bezdrátového připojení po Wifi. Pro připojení antény jsou tyto kamery vybaveny SMA konektorem, kdy je možné připojit malou anténu, kterou známe například z domácích Wifi routerů, anténu všesměrovou s vyšším ziskem nebo pro specifickou aplikaci anténu směrovou.



*Obr. 36 IP kamera Brickcom a pohled na zadní stranu kamery [34] upravil Macho, 2016*

Pro tuto kameru jsou dle prodejce (společnost Variant) určeny následující antény:

### Venkovní antény GEM4 – 2,4/5GHz a Omni 5GHz

Jde o všesměrovou venkovní anténu určenou pro venkovní Wifi kamery Brickcom. GEM4 představuje vícepásmovou anténu pro 2,4 GHz a 5 GHz, zatímco Omni je jen pro pásmo 5 GHz.



Obr. 37 Všesměrová anténa GEM4 a Omni 5 GHz [35] upravil Macho, 2016

Parametry:

#### **GEM4**

- pracovní frekvence – 2,4 až 2,5 GHz (4,5dBi) / 5,150 až 5,875 GHz (7,0dBi)
- polarizace - lineární/vertikální
- úhel záběru - 360° horizontálně / 30° vertikálně
- výkon - max. 10 W
- konektory – Anténa N-tyt male / Kabel N-tyt female

#### **Omni 5 GHz**

- pracovní frekvence - 5 GHz (12 dBi)
- úhel záběru - 360° horizontálně / 6° vertikálně
- konektory - N-female [35]

#### **Venkovní směrové antény Omni 2,4 GHz a Omni 5 GHz**

Tyto dvě směrové antény mají naprosto totožnou konstrukci a pouzdro, liší se pouze pracovními frekvencemi. Instalace toho typu antén je vhodná pro velké přímé vzdálenosti maximálně však řády stovek metrů.



*Obr. 38 Venkovní směrová anténa Omni [35]*

Parametry pro obě antény:

### **2,4 GHz**

- pracovní frekvence – 2,4 GHz / 15 dBi
- úhel záběru – 35° horizontálně / 35° vertikálně
- výkon – max. 20 W
- konektory – R-SMA male na kabelu Belden H155 - délka 3m

### **5 GHz**

- pracovní frekvence – 5 GHz / 19 dBi
- úhel záběru – 18° horizontálně / 18° vertikálně
- výkon – max. 20 W
- konektory – R-SMA male na kabelu Belden H155 - délka 3m [35]

## **4.6 Přístupové systémy**

V přístupových systémech ACS, se využívá antén především u čteček karet a čipů, popřípadě bezdrátových klíčenek a jejich přijímačů. Velice rozšířen zde je rozšířen protokol Wiegand pro komunikaci mezi čtečkami a vlastními terminály. Pro čtečky je typické klasické EM 125 kHz nebo MIFARE pracující na 13,56 MHz. Anténa v těchto instalacích vysílá energii vysílače do volného prostoru a současně přijímá signály, které jsou „odražené“ od tagů a překážek v daném prostoru.

### Bezkontaktní snímač AXR-100

Jde o bezkontaktní snímač od společnosti Aktion. Tento snímač je určen především pro čtení bezkontaktních RFID identifikátorů pracujících na frekvenci 125 kHz. Tento snímač lze připojit přímo k terminálům od společnosti aktin nebo k zařízení jiných výrobců. Jeho instalace je možná jak ve vnitřním prostředí tak venkovním. S terminálem komunikuje přes protokol Wiegand 42bit. Pro tento typ čtečky nabízí výrobce také celé barevné spektrum krytů.



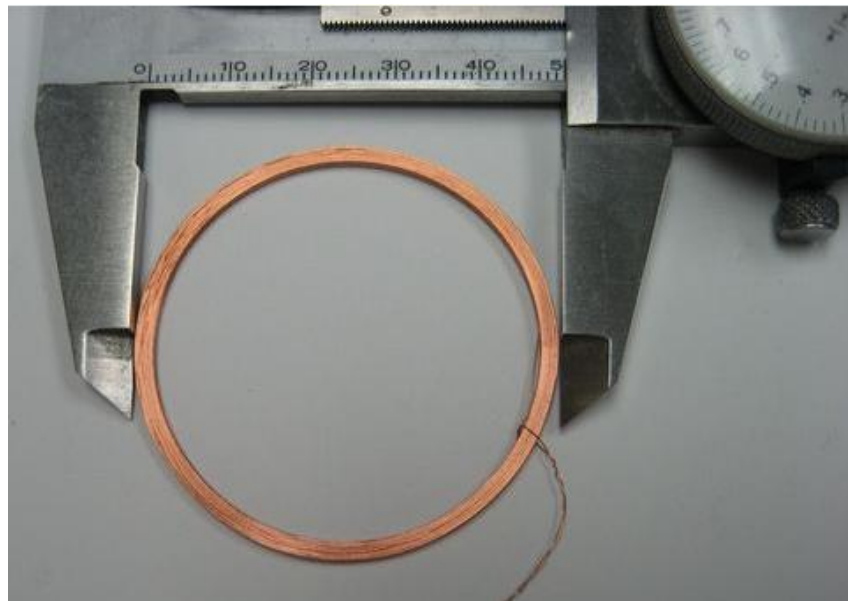
*Obr. 39 Snímač AXR-100 [36] upravil Macho, 2016*

Parametry:

- napájecí napětí – 12 V
- max. proudový odběr – 112 mA
- typ snímače – pouze čtení
- provozní teploty – -20 až +50°C
- rozměry (Š x V x H) – 42 x 120 x 40 mm [36].

### Další možné typy antén použitých v EM RFID a MF čtečkách

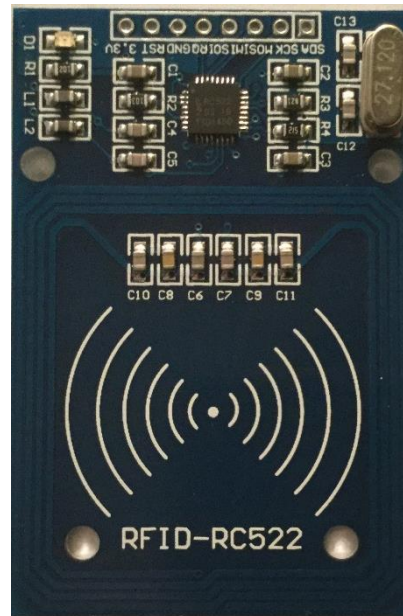
Tyto antény jsou určeny pro EM 125 kHz čtečky nabízené společností AVEA. Jde o tzv. DIY („Do it yourself“- česky udělej si sám) čtečky, které obsahují tyto antény. Jde o antény s průměrem 5 cm. A tloušťkou vlnutí 1,5mm a 3mm. Tyto antény jsou standardně vlnuty do kruhu a nejsou integrovány v plošných spojích a zaujmou především velice nízkou cenou v řadech pár desítek korun. Tyto antény jsou pak integrovány do krytů čteček a jsou spíše takovou experimentální variantou, vhodnou k například k návrhu vlastních čteček [37].



*Obr. 40 Anténa pro EM 125 kHz čtečky[37]*

## RC522 MIFARE

Modul RC522, představuje rozšíření platformy Arduino. Lze jím jak zapisovat tak číst z tokenů na frekvenci 13,56 MHz. Má snímací vzdálenost 0-5 cm. Rozměry tohoto modulu jsou 40x60 mm. Anténa lze vidět po obvodu plošného spoje.



Obr. 41 Čtecí modul RC522 MIFARE [vlastní zdroj]

Parametry:

- komunikační rozhraní SPI (max. 10 MBit)
- pracovní napětí - 3.3 V
- rozměr 40x60 mm
- klidový proud 13mA, pracovní 26mA (max. 30 mA)



### VAR-TEC MF CR1 - čtečka karet MIFARE

Tato čtečka pro standart MIRAFAE 13,56 MHz, disponuje čtecím dosahem 5cm pro kartu a 2 cm pro přívěšek. Její výstupním formátem je protokol Wiegand 26 bit, tato čtečka je určena pro venkovní instalaci. Pracuje na vyšší frekvenci, než čtečky s technologie EM 125 kHz,



*Obr. 42 MF CR1 [38] upravil Macho, 2016*

Parametry:

- napájecí napětí – 10-14 V
- max. proudový odběr – 30 mA
- rozměry (Š x V x H) - 75 x 115 x 16 mm
- typ snímače – pouze čtení
- autorizace – karta/přívěšek [38].

### Dílčí závěr

V této kapitole byl zpracován přehled antén, které se běžně používají v poplachových systémech. Pro systémy PZTS byly k analýze vybrány komponenty od společnosti Jablotron Satel a Variant z důvodů jejich velkého rozšíření a celkové popularity těchto tří firem na českém trhu. Obě firmy nabízí bezdrátové řešení u moderních ústředěn pracujících na frekvenci 868 MHz. Toto pásmo není tak využíváno jinými zařízeními jako pásmo 433 MHz. Jejich integrované antény jsou ve svém principu velmi podobné, ovšem firma Satel uvádí větší

vzdálenosti pro příjem, u JA-100 je to 200 m v otevřeném prostoru, u ABAXu od Satelu je to 500m. Tento fakt může být způsoben použitím diverzních antén u systému ABAX. Zároveň u ústředny Satel INTEGRA 128 WRL není nutnost dokupovat žádné komunikační moduly, jak pro komponenty tak pro GSM/GPRS komunikaci, tento fakt je ovšem kompenzován vyšší cenou tohoto základního prvku. Jak lze také vidět v tabulce č. 6, tak výrobci systémů PZTS téměř v žádném případě neuvádí zisk daných antén, přesný opak jsou antény Wi-fi, kde lze tento parametr najít hned mezi prvními.

U kamerových systému je bezdrátová komunikace provozována v pásmech 2,4 a 5 GHz. U valné většiny kamer se již využívá frekvence 5 GHz a to z podobných důvodů jako u systému PZTS frekvence 868 MHz. Jednotlivé antény se poté vybírají podle způsobu jakým chce koncoví uživatel systém používat. Směrové antény pro přímé spoje, u kterých se nepředpokládá pohyb nebo jsou ve větší vzdálenosti a příjem by jinou než směrovou anténou nebyl možný. Pro bezdrátový přenos u kamer je nejjednodušší volit IP kamery, které mají přímo integrovanou Wi-fi kartu a disponují anténním konektorem. Následná konfigurace je zde pak velice jednoduchá a probíhá přímo ve webmanagementu dané kamery. U kamer, které tímto rozhraním nedisponují je zapotřebí Tx a Rx jednotky, které se starají o bezdrátový přenos. Připojení k této jednotce je řešeno přes konektor RJ-45, kterým disponují snad všechny IP kamery. U HD analogových kamer je připojení řešeno BNC konektory, tyto kamery disponují technologií tzv. Turbo HD, která odpovídá obrazové kvalitě IP kamer (rozlišná 720p nebo 1080p).

V oblasti přístupových systémů je antén využito především ve čtečkách karet a čipů. Tyto čtečky a jednotky pro příjem signálu z klíčenek jsou buďto samostatné, nebo integrované do klávesnic. Využívá se zde frekvencí EM 125 kHz pro RFID karty nebo 13,56 MHz u MIFARE klíčenek. Pro tuto analýzu byly záměrně vybrány dvě odlišné technologie.

Tab. 6 Přehled vybraných antén v poplachových systémech

Aplikační	Výrobce	Typ	Model	Fr. pásmo	Zisk	Rozměry [mm] VxŠxH	
PZTS	Jablotron	Radio. modul	JA-110R	868 MHz	-	40x150x23	
		rozšíření	AN-868	868 MHz	-	50 x130 x31	
		GSM	AN-05	900/1800 MHz	4 dB	290	
			AN-04		7 dB	580	
		Syst. ant.	AN-03	430-450 MHz	-	310x56	
		Syst. ant.	AN-80	868 MHz	-	-	
		Syst. ant.	AN-02A	448 MHz	-	-	
		GSM	AN-06	900/1800 MHz	-	-	
	Syst. ant.	AN-01A	448 MHz	-	340		
	Satel	Radio. modul	ACU-120	868 MHz/ABAX	-	126 x 158 x 32	
		Opakovač	ACU-100	868 MHz/ABAX	-	126x158x32	
		GSM	ANT 900/1800	900/1800 MHz	-	30x71	
		Tester	ARF -100	868-868,8 MHz	-	70x196x32	
	Spectra/Digiplex	Radio. modul	RX-1	868 MHz	-	51x83x20	
		Radio. modul	RTX-3	868 MHz	-	150x160x30	
		Opakovač	RPT-1	868 MHz	-	280x76x20	
		Radio. modul	Směrová anténa	868 MHz	-	300x60x210	
	Honeywell	Syst. ant.	C-079-2	868 MHz	-	62x150x39	
	CCTV	CamSat	všesměrová	AP13-HV	5,4-5,8 GHz	13 dBi	158 x 98 x 834
		Bric-kom	všesměrová	GEM4	2,4 a 5 GHz	4,5 a 7 dBi	22x183
OEM		všesměrová	Omni 5 GHz	5 GHz	12 dBi	480x23	
		směrová	Omni 2,4 GHz	2,4 GHz	15 dBi	180x180x25	
		směrová	Omni 5 GHz	5 Ghz	19 dBi	180x180x25	
ACS	Aktion	RFID -EM	AXR-100	125 kHz	-	120x42x40	
	VAR-TEC	RFID -MF	MF CR-1	13,56 MHz	-	75 x 115 x 16	

## 5 DOPORUČENÍ KE KONSTRUKCI A POUŽITÍ

1. První problém při kontrole kvality signálu u PZTS, může být zaznamenán u železobetonových staveb, tyto stavby se chovají jako tzv. Faradayova klec a příjem signálu je zde značně ztížen. Jednou z možných variant je instalace externích antén nebo opakovačů signál, do míst kde je úroveň signálu kriticky nízká a mohla by způsobit nežádoucí výpadky na spoji. Je proto žádoucí, prozkoumat plány budovy a zjistit sílu a materiál stěn z důvodu útlumu signálu nebo samotného stínění.
2. Dávat pozor na fakt, že v detektorech je v současné době většina antén integrovaných do plošného spoje a jen k minimu detektorů lze připojit externí anténa.
3. Daný typ antény u PZTS volíme podle nabídky a doporučení výrobce a snažíme se instalovat komponenty tak aby jejich signál byl dostatečný, viz bod 5
4. Dále se nedoporučuje instalovat ústředny poblíž plechových a kovových konstrukcí a nepokládat na kryt ústředny tento druh předmětů. Může to mít za následek nežádoucí stínění, které výrazně ovlivňuje kvalitu signálu, jak už bezdrátových komponent nebo signál GSM komunikátoru.
5. Pracovní frekvenci celého bezdrátového systému PZTS, bychom měli volit 868 MHz, toto pásmo není v současnosti tak rušené, jako stále využívané pásmo 433 MHz.
6. Úroveň signálu by u komponent v systému neměla, klesnou pod 30% (u starší ústředny OASiS, alespoň 2/4 úrovně signálu) a u signálu GSM pod 50%. Mohlo by dojít k výpadku spojení u GSM komunikátoru a v případě pouze jednocestného připojení na DPPC by byl tento systém, případě poplachu nepoužitelný ke spojení.
7. Může zde také nastat situace, kdy je v místě instalace slabý GSM signál, zvyšuje komunikační modul pro bezdrátové komponenty, ať už 433 MHz nebo 866 MHz svůj vysílací výkon a to může negativně ovlivnit komunikační dosah radiového modulu, který je umístěný uvnitř ústředny. Je proto doporučeno umístit radiový modul minimálně 2 metry od dané ústředny, kde už nebude negativně ovlivňován a jeho dosah bude znatelně lepší než uvnitř ústředny.
8. U PZTS se o požadavky na radiový přenos stará norma EN ČSN 50131-5-3 - Požadavky na zařízení využívající bezdrátové propojení, která obsahuje veškeré informace o této problematice

9. Je také vhodné provést měření intenzity elektromagnetického rušení v místě instalace poplachového systému, pokud to finanční rozpočet dovolí. V případě, že je rušení velké připravit drátovou variantu.
10. U instalace, je také nutné použít výrobky s ES prohlášením o shodě.
11. Co se týče sabotáže, antény zařízení umístěné externě musí u stupně zabezpečení 1 a 2 splňovat následující požadavky uvedené v tabulce č. 7

Tab. 7 Všeobecné požadavky na snížení účinnosti antény[22]

	Záměrné snížení účinnosti antény
Ústředna	Signalizace poruchy a znemožnění nastavení stavu střežení
Výstražné zařízení	Lokální hlášení vlastním zařízením
Přenosové zařízení	Automatický přenos sabotážního poplachu

*„U zařízeních stupně 1 a 2 nesmí být možné anténu demontovat, aniž by došlo k otevření krytu. Zařízení stupně 3 a 4 musí antény splnit tytéž požadavky sabotážní ochrany, jako komponenty používající tyto antény.“* [22]

12. U kamerových systému nejsme omezení takovými požadavky jako u PZTS. Je zde vhodné u trvalých instalací instalovat antény směrové, tak aby měly mezi sebou přímou viditelnost a nestála jim v cestě žádná překážka. Anténu zde zvolíme podle vzdálenosti a viditelnosti mezi vysílačem a přijímačem a potřebném zisku pro zajištění stabilního a rychlého spojení. Je také vhodné provést radiovou analýzu daného prostředí, jestli nevzniká vzájemná interference mezi jednotlivými prvky (použití více systému v jedné oblasti apod.), co by mohlo mít za následek nežádoucí ztrátu kvality přenosu. Je také vhodné (pokud je to ovšem možné) vybrat jeden z kanálů, který není v dané oblasti používán
13. Antény všesměrové, můžeme využít tam, kde vysílají do všech stran, tzn., pokryjí úhel 360°. Běžně se dodávají ke všem Wi-Fi výrobkům. Například přístupový bod připojuje klienty ze všech směrů nebo síť ad-hoc propojuje vzájemně počítače po celém bytě ze všech směrů.
14. Antény, určené pro venkovní montáž, by se měly upevňovat do konzol určených pro tento druh instalace, zamezí se tak možnému pohybu nebo pádu antény při nepříznivých klimatických podmínkách.

15. K měření kvality a obsazenosti daného pásma u signálu Wi-Fi, lze použít mnoho nástrojů (např. InSSIDer nebo klidně i mobilní aplikaci Wi-Fi Analyzer). Tato aplikace je zvláště vhodná při menších instalacích, protože je vždy tzv. „při ruce“.
16. U antén, které jsou určeny pro venkovní instalaci, je možné dodat mezi koncové zařízení a anténu přepětovou ochranu, která má za úkol chránit toto koncové zařízení například před úderem blesku.
17. Dodržovat předepsaný výkon daným orgánem pro danou frekvenci.

### **Dílčí závěr**

V této kapitole jsou shrnuty základní principy a rady pro umístování antén, jak už v oblasti PZTS nebo kamerových systému. Jednotlivé rady jsou a doporučení jsou řazeni v bodech pro lepší orientaci a přehlednost. U těchto doporučení jde o kombinaci znalostí vyčtených z různých manuálů a příruček. Ovšem při reálné instalaci a provedení jsou tyto rady pouze teoretické a nemusí být možné je vždy splnit.

## ZÁVĚR

Jednotlivá problematika antén a radiového přenosu při použití v poplachových systémech je velice zajímavá a existuje zde spousta faktorů, které mohou ovlivnit jejich konečné vlastnosti a tím ovlivnit i celý komunikační řetězec. U poplachových systémů je naprosto nemyslitelné, aby nastaly dlouhodobé výpadky mezi jednotlivými komponenty, to by mělo za následek možného narušení střeženého objektu, což u komponentů, které jsou připojeny drátovým vedením, nehrozí. Jednotlivé cíle práce jsou zmíněny v následujících odstavcích

Teoretická část práce se zaměřuje ve své podstatě na základní principy radiového přenosu. Jsou zde zmíněny termíny spjaté s touto problematikou, jako jsou především rychlost šíření, vícecestné šíření a celkově terminologie v oblasti šíření radiových vln v atmosféře. V druhé kapitole teoretické části je pojednáno o základních typech antén, v poplachových systémech mají velký význam především antény mikropáskové. Jejich integrace je v dnešní době naprosto klíčová u velkého množství detektorů a radiových modulů. Závěrem jsou zmíněny požadavky na radiový přenos v poplachových systémech. Jsou zde zmíněny především frekvence 433 MHz a 868 MHz, které mají v oblasti PZTS nenahraditelné místo. V současné době není problém pro kamerové systémy přenášet bezdrátově obraz v reálném čase a vysoké kvalitě přímo na zobrazovací zařízení nebo server sloužící pro záznam. Využito je zde především frekvencí 2,4 GHz a 5 GHz. Problém nastává v tom, že většina domácích routerů pracuje právě na 802.11b/g což je jinými slovy pásmo 2,4 GHz, které se liší přenosovou rychlostí a hustota provozu v těchto pásmech je značně vysoká a to by mohlo mít za následek nežádoucí výpadky.

V praktické části je poté z analyzována současná nabídka antén pro PZTS od společností Jablotron. Satel a od systému prodávaných společností Variant. Je zde vidět, že společnost Jablotron má ve své nabídce mnohem větší spektrum antén pro různé typy aplikací. Společnost Satel se více spoléhá na antény integrované přímo do plošných spojů a jejich nabídka není tak rozlehlá jako výše zmíněný Jablotron. Bezdrátová platforma od Satelu nese pojmenování ABAX a je možné jí připojit k téměř libovolné ústředně. Pro analýzu kamerových systému byla vybrána společnost Brickcom, která disponuje kamerami možnými připojit po síti Wi-fi a relativně velkým spektrem antén určených přímo pro tyto kamery. I když tyto antény jsou prodejcem doporučené, existuje na trhu určitě spousta antén, které mají obdobné parametry a mohly by tyto antény zastoupit. Jako poslední analyzované jsou antény

v přístupových systémech, jejich využití je především ve čtečkách karet a čipů. Závěrečná část je zaměřena na doporučení a konstrukci antén v poplachových systémech. V oblasti PZTS vyplývá z normy EN ČSN 50131-5-3, kde jsou jasně dané požadavky na montáž antén, podle jednotlivých stupňů zabezpečení. K umístění je potřeba přistupovat tak, aby úroveň signálu byly dostačující pro spolehlivý radiový přenos jak mezi jednotlivými prvky daného systému, tak pro přenos například na mobilní telefon nebo DPPC. Jako na navazující práce by šlo zvolit, právě měření signálu u antén použitých v různých prostředích a reakci na rušení radiového signálu.



**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] MATUSZCZYK, Jacek. *Antény prakticky. 3. české vyd.* Praha: BEN - technická literatura, 2005, 238 s. ISBN 80-730-0178-0.
- [2] PROCHÁZKA, Miroslav. *Antény: encyklopedická příručka. 1. vyd.* Praha: BEN - technická literatura, 2000, 287 s. ISBN 8086056597.
- [3] HANUS, Stanislav. *Bezdrátové a mobilní komunikace. Vyd. 1.* Brno: Vysoké učení technické, 2001. 134 s. ISBN 80-214-1833-8.
- [4] PECHAČ, Pavel, Stanislav ZVÁNOVEC. *Základy šíření vln pro plánování pozemních rádiových spojů. 1. vyd.* Praha: BEN - technická literatura, 2007, 199 s. ISBN 978-80-7300-223-7.
- [5] 4Gon Solutions, *Fresnel zones* [online]. [cit. 2016-02-12].  
Dostupné z: [http://www.4gon.co.uk/solutions/technical\\_fresnel\\_zones.php](http://www.4gon.co.uk/solutions/technical_fresnel_zones.php)
- [6] Český telekomunikační úřad, *Působnost ČTÚ* [online]. [cit. 2016-02-12]  
Dostupné z: <http://www.ctu.cz/pusobnost-ctu>
- [7] MAZÁNEK, Miloš, Pavel PECHAČ a Jan VRBA. *Základy antén, šíření vln a mikrovlnné techniky. Vyd. 1.* Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2008, 103 s. ISBN 978-80-01-03997-7.
- [8] Český telekomunikační úřad, *Plán využití radiového spektra* [online]. [cit. 2016-02-12]  
Dostupné z: <http://www.ctu.cz/plan-vyuziti-radioveho-spektra>
- [9] Český telekomunikační úřad, *Informace o využívání rádiových kmitočtů* [online]. [cit. 2016-02-12]  
Dostupné z: <http://www.ctu.cz/informace-o-vyuzivani-radiovych-kmitoctu>
- [10] Počítačový expert. *Počítačové sítě - Prenosové cesty* [online]. 2013 [cit. 2016-02-12] Dostupné z: <http://www.pocitacovyexpert.6f.sk/wp-content/uploads/2013/01/104.jpg>

- [11] Zákony pro lidi.cz, Předpis č. 105/2010 Sb., *Vyhláška o plánu přidělení kmitočtových pásem (národní kmitočtová tabulka)* [online]. [cit. 2016-02-12]  
Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2010-105>
- [12] DOBEŠ, Josef a ŽALUD, Václav. *Moderní radiotechnika*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2006. 767 s. ISBN 80-7300-132-2.
- [13] RAIDA, Zbyněk et al. *Advanced radio communication systems and their components: lectures*. Vyd. 2., upr. V Brně: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav radioelektroniky, 2010. vii, 123 s. ISBN 978-80-214-4173-6
- [14] Multimediální učebnice – Elektromagnetické vlny a Mikrovlnná technika, *Urel.feec.vutbr.cz* [online]. [cit. 2016-02-12]  
Dostupné z: <http://www.urel.feec.vutbr.cz/~raida/multimedia/index.php?nav=4-4-A>
- [15] Cisco.com. *Antenna Patterns and Their Meaning* .2007 [online] [cit. 2016-02-12]  
Dostupné z: [http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/wireless/aironet-antennas-accessories/prod\\_white\\_paper0900aecd806a1a3e.html](http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/wireless/aironet-antennas-accessories/prod_white_paper0900aecd806a1a3e.html)
- [16] VÁVRA, David. 2015. *Radiové spektrum poplachových systémů*. Zlín. Dostupné také z: <https://digilib.k.utb.cz/handle/10563/31929>. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati.
- [17] Radiový PCO . *NAMtechnology.cz 2012* [online]. [cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <http://www.namtechnology.cz/texts.asp?category=15&sub=1>
- [18] VO - R/10/05.2014 - 3. *Využívání radiových kmitočtů a k provozování zařízení krátkého dosahu*. Praha: ČTÚ, 2014. Dostupné z: [https://www.ctu.cz/cs/download/oop/rok\\_2014/vo-r\\_10-05\\_2014-03.pdf](https://www.ctu.cz/cs/download/oop/rok_2014/vo-r_10-05_2014-03.pdf)
- [19] RFID. 2015. *Id karta* [online]. [cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <http://www.id-karta.cz/identifikace-3/rfid-34/>
- [20] UHLÁŘ, Jan. *Technická ochrana objektů*. II. díl, Elektrické zabezpečovací systémy II. 2. vyd. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze, 2009. 229 s. ISBN 978-80-7251-313-0.
- [21] JABLOTRON ALARMS A.S. *Ústředna JA-100: Instalační manuál JA-100*

- [22] ČSN EN 50131-5-3 (334591) *Poplachové systémy - Elektrické zabezpečovací systémy - Část 5-3: Požadavky na zařízení využívající bezdrátové propojení*. Praha: Český normalizační institut, 2006, 24 s.
- [23] *Delta Poznan*. Shopdelta.eu. 2015 [online].[cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <https://shopdelta.eu/>
- [24] *Poplachové zabezpečovací a tísňové systémy ABAX*. Satel.pl. 2015[online].[cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <http://www.satel.pl/cz/cat/3#cat3>
- [25] Jabloshop.cz *AN-03A Venkovní dipólová anténa 443 MHz*. 2015 [online] .[cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <http://www.jabloshop.cz/an-03a-venkovni-dipolova-antena-443-mhz>
- [26] JABLOTRON ALARMS A.S. *Venkovní dipólová anténa 443 MHz: Uživatelský manuál AN-03A*.
- [27] *Viaccestné šírenie a diverzita antén*. Radio.feld.cvut.cz. 2007 [online] . [cit. 2016-05-08]. Dostupné z: [http://radio.feld.cvut.cz/personal/mikulak/MK/MK07\\_semestralky/](http://radio.feld.cvut.cz/personal/mikulak/MK/MK07_semestralky/)
- [28] *Antény*. ABAX. Satel.pl. 2015 [online].[cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <http://www.satel.pl/cz/cat/64#cat64>
- [29] *Ústředny a přijímače*. Euroalarm.eu 2015 [online].[cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <http://www.euroalarm.cz/zabezpecovaci-technika/zabezpeceni/bezdratove-prvky/ustredny-a-prijimace/>
- [30] *Bezdrátová nadstavba MG*, Variant.eu. 2016 [online]. .[cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <http://www.variant.cz/kategorie/ezs/system-spectra/magellan/bezdratova-nadstavba-mg/>
- [31] *RF-Portal bi-directional Galaxy Dimension and Flex serie*. Adiglobal.cz 2016 [online].[cit. 2016-05-08]. Dostupné z: [https://www.adiglobal.cz/iiWWW/en/produkty110.nsf/web\\_category\\_list3\\_cenik\\_asc/E605473C44F548D2C12574BF002CC84A](https://www.adiglobal.cz/iiWWW/en/produkty110.nsf/web_category_list3_cenik_asc/E605473C44F548D2C12574BF002CC84A)

- [32] *Bezdrátový přenos. Euroalarm.eu* 2015 [online].[cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <http://www.euroalarm.cz/bezpecnostni-kamerove-systemy-cctv/bezdratovy-prenos/ip/>
- [33] *Products. Camsat-cctv.com* 2016 [online].[cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <http://camsat-cctv.com/p/accessories>
- [34] *Brickcom. Variant.cz* 2016 [online].[cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <http://www.variant.cz/kategorie/cctv/ip-kamery-ostatni/brickcom/>
- [35] *Wi-Fi. Variant.cz* 2016 [online].[cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <http://www.variant.cz/kategorie/cctv/ip-kamery-ostatni/wi-fi/>
- [36] *Aktion. Euroalarm.eu* 2015 [online].[cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <http://www.euroalarm.cz/zabezpecovaci-technika/pristup-a-dochazka/cteci-moduly/aktion/>
- [37] *Accesories. Avea.hk* 2016 [online]. [cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <http://www.avea.hk/AN02-125khz-antenna.html>
- [38] *Systemové čtečky. Variant.cz* 2016 [online].[cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <http://www.variant.cz/kategorie/evs/ctecky,-klavesnice,-pristup/systemove/>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

ITU	Mezinárodní telekomunikační unie
CEPT	Význam druhé zkratky.
ČTÚ	Význam třetí zkratky.
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
dB	Decibel
dB <sub>i</sub>	Decibel (izotropní)
VLF	Very low frequency
LF	Low frequency
MF	Medium frequency
HF	High frequency
VHF	Very high frequency
UHF	Ultra high frequency
SHF	Super high frequency
EHF	Extremely high frequency
IR	Infračervené záření
RFID	Radio Frequency Identification
DPPC	Dohledová a poplachová přijímací centra
PZTS	Poplachové zabezpečovací a tísňové systémy
CCTV	Closed Circuit Television
ACS	Access
SAS	social alarm systém
IP	Internet protocol
HD	High definition
UHD	Ultra high definition

IoT	Internet of Things
SMA	Koaxiální VF konektor
GSM	Globální Systém pro Mobilní komunikaci
GPRS	General Packet Radio Service
VKV	Velmi krátké vlny
MIMO	Multiple in Multiple out
Tx, Rx	Transmission
FSK	Frequency-shift keying
PSK	Phase-shift keying

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Znárodnění jednotlivých typů vln při šíření [7].....</i>	13
<i>Obr. 2. Fresnelova zóna [5] .....</i>	15
<i>Obr. 3. Vícecestné šíření signálu v pozemních radiových spojích[4] .....</i>	15
<i>Obr. 4 Lom a odraz vlnového záření[1] .....</i>	16
<i>Obr. 5. Zjednodušené zobrazení využití radiového spektra [10], upravil Macho, 2016.....</i>	19
<i>Obr. 6. Blokové schéma digitálního radiokomunikačního systému [3].....</i>	21
<i>Obr. 7 (a) Půlvlnný dipól se symetrickým a (b) nesymetrickým napájením [1] .....</i>	25
<i>Obr. 8 Vyzařovací charakteristika dipólu [15] .....</i>	25
<i>Obr. 9 Mikropásková anténa s mikropáskovým a koaxiálním napájením [14].....</i>	26
<i>Obr. 10 Soustava vlnovodu a trychtýřové antény .....</i>	27
<i>Obr. 11 Anténa Yagi a princip její činnosti [1] .....</i>	28
<i>Obr. 12 Vyzařovací charakteristika Yagihovy antény [15].....</i>	29
<i>Obr. 13 Obecná horizontální směrová charakteristika antény v dB [1] .....</i>	30
<i>Obr. 14 Různé druhy RFID tagů [19].....</i>	36
<i>Obr. 15 Konfigurační okno J-Link [21].....</i>	38
<i>Obr. 16 Graf úrovně kvality signálu v programu J-Link [21].....</i>	39
<i>Obr. 17 Sběrníkový radiový modul JA-110R [23] .....</i>	42
<i>Obr. 18 Sběrníkový radiový modul JA-110R [23], upravil Macho, 2016 .....</i>	43
<i>Obr. 19 Externí anténa AN-868 [23].....</i>	44
<i>Obr. 20 GSM antény AN-05 a AN-04 [23] upravil Macho, 2016 .....</i>	45
<i>Obr. 21 Anténa AN-03 pro venkovní instalaci [23].....</i>	46
<i>Obr. 22 Antény (zleva) AN-80, AN-02A, AN-06 a AN-01A [23] upravil Macho, 2016.....</i>	47
<i>Obr. 23 Schéma bezdrátového systému ABAX[24] .....</i>	48
<i>Obr. 24 INTEGRA 128 WRL a anténa ANT-868 [23] upravil Macho, 2016 .....</i>	49
<i>Obr. 25 Modul ACU-120 s dvěma diverzními anténami [23] upravil Macho, 2016..</i>	50
<i>Obr. 26 Opakovač signálu ARU-100 [23] upravil Macho, 2016 .....</i>	51
<i>Obr. 27 GSM antény ANT 900/1800 a ANT-OBU-Q [23] upravil Macho, 2016.....</i>	51
<i>Obr. 28 Tester úrovně signálu ARF-100 [23] .....</i>	52
<i>Obr. 29 Bezdrátová nadstavba RX1 a RTX3 [30] upravil Macho, 2016.....</i>	53

<i>Obr. 30 Opakovač RPT-1 a směrová anténa pro systém Magellan [30] upravil Macho, 2016</i> .....	55
<i>Obr. 31 Rozšíření Galaxy Dimension o bezdrátový modul [31], upravil Macho 2016</i> .....	56
<i>Obr. 32 Směrová GSM anténa [30]</i> .....	56
<i>Obr. 33 – Jednotka typu vysílač/přijímač CamSat CDS-5IP [32]</i> .....	57
<i>Obr. 34 Anténa AP13-HV [32]</i> .....	58
<i>Obr. 35 Směrové antény od společnosti CamSat (zprava 27dBi, 17dBi, 17dBi) [33] upravil Macho, 2016</i> .....	58
<i>Obr. 36 IP kamera Brickcom a pohled na zadní stranu kamery [34] upravil Macho, 2016</i> .....	59
<i>Obr. 37 Všesměrová anténa GEM4 a Omni 5 GHz [35] upravil Macho, 2016</i> .....	60
<i>Obr. 38 Venkovní směrová anténa Omni [35]</i> .....	61
<i>Obr. 39 Snímač AXR-100 [36] upravil Macho, 2016</i> .....	62
<i>Obr. 40 Anténa pro EM 125 kHz čtečky[37]</i> .....	63
<i>Obr. 41 Čtecí modul RC522 MIFARE [vlastní zdroj]</i> .....	64
<i>Obr. 42 MF CR1 [38] upravil Macho, 2016</i> .....	65



**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab. 1 Rozdělení kmitočtových pásem radiových vln dle vyhlášky č.105/2010 Sb. [11].....</i>	<i>17</i>
<i>Tab. 2 Hodnota zisku základních typů antén[4] .....</i>	<i>23</i>
<i>Tab. 3 Jednotlivé parametry na určitých kmitočtech [17].....</i>	<i>34</i>
<i>Tab. 4 Vlastnosti rozdílných frekvencí RFID tagů [19] .....</i>	<i>35</i>
<i>Tab. 5 Periodická komunikace [22] .....</i>	<i>40</i>
<i>Tab. 6 Přehled vybraných antén v poplachových systémech.....</i>	<i>67</i>
<i>Tab. 7 Všeobecné požadavky na snížení účinnosti antény[22].....</i>	<i>69</i>