

# Lokalizace dravců

Raptors localization

Bc. Jaromír Janík

---

Diplomová práce  
2010



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky  
akademický rok: 2009/2010

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jaromír JANÍK**  
Studijní program: **N 3902 Inženýrská informatika**  
Studijní obor: **Informační technologie**  
  
Téma práce: **Lokalizace dravců**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární rešerši zaměřenou na způsoby lokalizace volně vypouštěných dravců.
2. V rámci rešerše se zaměřte na vysílače a přijímače firmy Marshall, které se běžně používají pro lokalizaci.
3. Navrhnete anténu pro příjem signálu generovaného vysílačem Marshall.
4. Anténu prakticky realizujte a ověřte její funkčnost.
5. Proveďte terénní měření a zjistěte dosah vysílače při využití zkonstruované antény. Porovnejte s profesionálním produktem.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

1. MATUSZCYK, J.: Antény prakticky. Praha, BEN, 2003. ISBN 80-7300-178-0.
2. PROCHÁZKA, M.: Antény -- encyklopedická příručka. Praha, BEN, 2002. ISBN 80-86056-59-7.
3. VLČEK, J.: Modulace a přenos signálu. Praha, BEN, 2002. EAN 8594011421487.
4. DOBEŠ, J.: Moderní radiotechnika. Praha, BEN, 2006. ISBN 80-7300-132-2.
5. VOBECKÝ, J.: Elektronika -- součástky a obvody. Praha, Grada, 2002. ISBN 80-247-1241-5.
6. <http://www.marshallradio.com>
7. <http://www.hw.cz>

Vedoucí diplomové práce:

doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.  
Ústav bezpečnostního inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

19. února 2010

Termín odevzdání diplomové práce:

8. června 2010

Ve Zlíně dne 19. února 2010

  
prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.  
děkan



  
prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.  
ředitel ústavu

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce se zabývá nejprve teoretickými východisky týkajícími se zejména prostředků a možností, jak lokalizovat dravé ptáky. Zde je pojednáno hlavně o elektromagnetickém záření, jehož principy jsou nutné k pochopení přenosu signálu od vysílače k přijímači a dále je zde část věnovaná radiotelemetrii a jejím možnostem využití pro sokolnické účely. Praktická část diplomové práce se zaměřuje na výběr nejvhodnějšího typu přijímací antény pro signál z vysílače pracujícího na frekvenci 216,035 MHz, na návrh těchto vybraných antén, jejich realizaci, stavbu a odzkoušení. Odzkoušením je myšleno praktické měření vzdálenostního dosahu signálu z vysílače pomocí mnou zkonstruovaných antén a jejich porovnání s profesionální verzí přijímací antény.

Klíčová slova:

Radiotelemetrie, směrová anténa, vysílač, přijímač, elektromagnetické záření

## **ABSTRACT**

Diploma thesis deals in the first place with theoretical background concerning mainly means and possibilities of localisation of predatory birds. In this part especially electromagnetic radiation, principles of which are necessary for understanding signal transmission from emitter to receiver, is treated and furthermore there is a part dedicated to radiotelemetry and its possibilities for a usage in the falconery. The practical part of the thesis focuses on the selection of optimal type of reception antenna for a signal from the transmitter operating on the frequency of 216,035 Mhz, on the design of such antennas, their realisation, fabrication and testing. By testing I mean practical measurement of the distance reach from the emitter with the help of antennas assembled by myself and their comparaisn with a professional product.

Keywords:

Radiotelemetry, directional antenna, transmitter, receiver, electromagnetic radiation

Na tomto místě bych chtěl velmi poděkovat vedoucímu mé diplomové práce a to jmenovitě panu doc. Mgr. Milanu Adámkovi, Ph.D. za odborné vedení mé práce, jeho rady, názory a připomínky, které mi velmi dopomohly k jejímu vzniku.

Prohlašuji, že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků, je-li to uvolněno na základě licenční smlouvy, budu uveden jako spoluautor.

Ve Zlíně dne 30. května 2010

.....

Podpis diplomanta

**OBSAH**

<b>ÚVOD.....</b>	<b>8</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>10</b>
<b>1 ZPŮSOBY LOKALIZACE VOLNĚ VYPOUŠTĚNÝCH DRAVCŮ.....</b>	<b>11</b>
1.1 PRINCIP ELEKTROMAGNETICKÉHO ZÁŘENÍ .....	11
1.2 DRUHY ELEKTROMAGNETICKÉHO ZÁŘENÍ.....	12
1.2.1 Radiové vlny .....	13
1.2.1.1 Využití radiových vln .....	14
1.2.2 Mikrovlny.....	15
1.2.3 Infračervené záření.....	16
1.2.3.1 Rozdělení infračerveného záření .....	16
1.2.4 Viditelné světlo .....	17
1.2.5 Ultrafialové záření.....	18
1.2.6 Röntgenové záření .....	21
1.2.7 Záření gama.....	21
1.3 RADIOTELEMETRIE.....	23
1.3.1 Konvenční telemetrie .....	24
1.3.2 Používané kmitočty .....	27
1.3.3 Terénní radiomonitoring .....	28
1.3.4 Satelitní systém Argos.....	30
<b>2 VYSÍLAČE A PŘIJÍMAČE FIRMY MARSHALL BĚŽNĚ POUŽÍVANÉ PRO LOKALIZACI.....</b>	<b>33</b>
2.1 VYSÍLAČE FIRMY MARSHALL.....	33
2.1.1 RT plus vysílač.....	33
2.1.2 Micro vysílač.....	35
2.1.3 PowerMax vysílač.....	36
2.2 PŘIJÍMAČE FIRMY MARSHALL .....	36
2.2.1 Přijímač Field Marshall.....	36
2.2.2 Přijímač Stealth .....	44
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>47</b>
<b>3 NÁVRH ANTÉNY PRO PŘÍJEM SIGNÁLU GENEROVANÉHO VYSÍLAČEM MARSHALL .....</b>	<b>48</b>
3.1 O ANTÉNÁCH OBECNĚ .....	48
3.1.1 Elektrické parametry určující charakteristiku antény .....	49
Rezonanční kmitočet a šířka pásma antény.....	49
3.1.2 Typy šíření radiových vln .....	53
3.1.3 Dosah vysílání .....	55
3.2 SAMOTNÝ NÁVRH SMĚROVÉ ANTÉNY .....	56
3.2.1 Návrh antény typu HB9CV.....	57
3.2.2 Návrh antény typu Yagi .....	60
<b>4 PRAKTICKÁ REALIZACE ANTÉNY A OVĚŘENÍ JEJÍ FUNKČNOSTI .....</b>	<b>65</b>

---

4.1	STAVBA ANTÉNY TYPU HB9CV .....	65
4.2	STAVBA ANTÉNY TYPU YAGL.....	69
<b>5</b>	<b>TERÉNNÍ MĚŘENÍ A ZJIŠTĚNÍ DOSAHU VYSÍLAČE PŘI VYUŽITÍ ZKONSTRUOVANÉ ANTÉNY, POROVNÁNÍ S PROFESIONÁLNÍM PRODUKTEM.....</b>	<b>74</b>
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>76</b>
	<b>ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ.....</b>	<b>77</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>78</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>79</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>81</b>

## ÚVOD

Hlavním cílem diplomové práce je zjištění dosahu signálu vysílaného vysílací anténou značky Marshall na frekvenci 216,035 MHz prostřednictvím přijímače (scanneru), který tento signál zachycuje přijímací anténou k němu připojenou a kterou sám navrhnu, zkonstruuji a odzkouším.

V první kapitole je podáván teoretický výklad toho, pomocí jakého fyzikálního prostředí se vlastně takový signál od vysílače k přijímači může šířit. Čili je zde podrobně pojednáno o elektromagnetickém záření, jeho principu a jednotlivých druzích. V závěru této kapitoly je též zmínka o tom, co to vlastně je radiotelemetrie a k čemu nám slouží.

Ve druhé kapitole je předkládán základní přehled a stručný popis aktuálně výrobcem Marshall Radio nabízených produktů, tedy přijímačů a vysílačů a jejich základních vlastností a parametrů.

Třetí kapitola je již zaměřena prakticky a to na návrh přijímací antény pro příjem signálu z vysílače Marshall o frekvenci 216,035 MHz. Dříve však, než přistupuji k samotnému návrhu takové antény, předkládám v úvodu této kapitoly čtenáři všeobecné pojednání o anténách, jejich druzích vhodných pro výše uvedený účel, jejich vlastnostech a základních parametrech, apod. A na základě těchto předpokladů a poznatků přistupuji k návrhům vhodně vybraných přijímacích antén. Z možných nabízených typů antén vybírám, pro náš účel si myslím nejvhodnější, zejména co do směrovosti a ziskovosti, dva druhy a to směrovou anténu typicky označovanou jako HB9CV a anténu typu Yagi. U antény HB9CV se na internetu dokonce nabízí možnost spočítat všechny její parametry (déłky, tloušťky, vzdálenosti direktorů, atd.) pomocí speciálního programu. Této možnosti jsem při návrhu rád využil, ale ještě jsem raději tento výpočet pro jistotu pomocí vzorců běžně uváděných v odborné literatuře ověřil manuálně s pomocí kalkulátoru. U antény typu Yagi jsem se již při návrhu řídil pouze instrukcemi a vzorci z odborné literatury.

Když jsem měl návrh antén hotov, mohl jsem přistoupit k jejím realizacím. Právě stavbám takových antén je věnována kapitola čtvrtá, kde provádím podrobný popis a návod k jejich zkonstruování.

Pátá kapitola již vychází z toho, že mám vybrány vhodné typy antén, navrženy je a zkonstruovány a nezbývá než provést jejich odzkoušení a zjistit pomocí nich dosah signálu



z vysílače Marshall, což je zároveň stěžejním bodem této diplomové práce a porovnat naměřené hodnoty s hodnotami, kterých dosahujeme při použití profesionálního produktu.

## I. TEORETICKÁ ČÁST

## 1 ZPŮSOBY LOKALIZACE VOLNĚ VYPOUŠTĚNÝCH DRAVCŮ

Pomineme-li možnosti sledování dravých ptáků na velmi krátkou vzdálenost – tj. přímo vlastním zrakem člověka nebo na již větší vzdálenost, což může zase představovat pozorování daného objektu za pomoci optických zařízení (dalekohledů za denního světla, přístrojů pro noční vidění za tmy, apod.) nebo např. využití osvětlovacích prvků umístěných někde na těle dravého ptáka, což se užívá zejména při nočním vypouštění dravců a sov, pak asi nejlepší způsob lokalizace volně vypouštěných dravců představuje tzv. radiotelemetrie, která zaručuje monitorování pohybu ptáků až na velmi značné vzdálenosti (v řádu až na desítky či dokonce stovky kilometrů – v závislosti na prostředí a reliéfu krajiny).

### 1.1 Princip elektromagnetického záření

Elektromagnetické záření je kombinace příčného postupného vlnění magnetického a elektrického pole tedy elektromagnetického pole. Při příčném (transversálním) vlnění je amplituda vlnění kolmá ke směru šíření vlny. Příčnou postupnou vlnu lze získat např. tak, že si představíme přímou řadu shodných oscilátorů, mezi nimiž jsou stejné vazby. Vychýlíme-li jeden z těchto oscilátorů kolmo k ose, ve které oscilátory leží, bude se kmitavý pohyb postupně přenášet mezi ostatní oscilátory. Příčnou stojatou vlnu lze pozorovat na kmitající struně, která je na obou koncích upevněna.

Kmity příčné vlny mohou probíhat v různých směrech vzhledem ke směru šíření vlny. Pokud si vlnění zachovává určitý směr v prostoru, hovoříme o polarizované vlně. Pokud se směr vlnění rychle (a nepravidelně) mění, pak mluvíme o vlně nepolarizované.

Pokud předpokládáme, že struktura řady oscilátorů je na obě strany stejná, bude se kmitání mezi oscilátory šířit stále stejnou fázovou rychlostí, tzn. rychlost, kterou vlnění v řadě oscilátorů postupuje, bude konstantní. Dráha, kterou vlnění urazí za dobu kmitu jednoho oscilátoru, se nazývá vlnová délka.

Elektromagnetickým zářením se zabývá obor fyziky nazvaný elektrodynamika, což je podobor elektromagnetismu. Infračerveným zářením, viditelným světlem a ultrafialovým zářením se zabývá optika.

Jakýkoli elektrický náboj pohybující se s nenulovým zrychlením vyzařuje elektromagnetické vlnění. Když vodičem (nebo jiným objektem, např. anténou) prochází střídavý elektrický proud, vyzařuje elektromagnetické záření o frekvenci proudu. Na elektromagnetické záření se stejně jako na cokoliv jiného dá nahlížet jako na vlnu nebo proud částic. Jako vlnu je charakterizuje rychlost šíření (rovná rychlosti světla ve vakuu), vlnová délka a frekvence. Částicí elektromagnetického vlnění je foton. Energie fotonu  $E = hf$ , kde  $h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s} = 4,14 \times 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{s}$  je Planckova konstanta,  $f$  je frekvence.

Elektromagnetické pole může ve vodiči indukovat proud a naopak, toho se využívá v anténách. Elektromagnetické vlnění mohou pohlcovat molekuly, přijatá energie se bude přeměňovat na teplo. Toho se využívá v mikrovlnné troubě.

Vlastním přenašečem elektrické energie je právě elektromagnetické pole jako takové (nikoliv tedy ani napětí ani proud, což jsou pouze vnější projevy tohoto pole).

## 1.2 Druhy elektromagnetického záření

Elektromagnetické spektrum (někdy zvané Maxwellova duha) zahrnuje elektromagnetické záření všech možných vlnových délek. Elektromagnetické záření o vlnové délce  $\lambda$  (ve vakuu) má frekvenci  $f$  a jemu připisovaný foton má energii  $E$ . Vztah mezi nimi vyjadřují následující rovnice:

$$\lambda = \frac{c}{f} \tag{1.1}$$

a

$$E = hf, \tag{1.2}$$

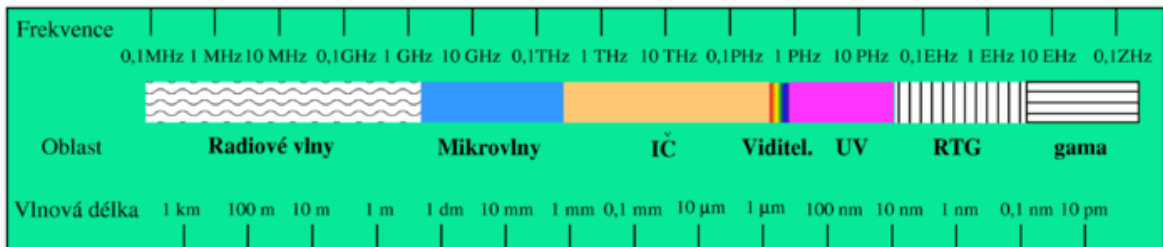
kde:

$c$  je rychlost světla ( $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ ) a

$h = 6.6252 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s} = 4.1 \text{ }\mu\text{eV/GHz}$  je Planckova konstanta.

Přestože je dělení celkově přesné, může občas dojít k překryvům sousedních typů. Například některé záření gama může mít delší vlnovou délku než některé rentgenové záření. To je možné proto, že záření gama je jméno pro fotony vzniklé při jaderném štěpení

a jiných jaderných a procesech, zatímco rentgenové záření vzniká jako brzdné záření či charakteristické záření elektronu. Překryv tu tedy nastává proto, že paprsky určujeme dle původu a nikoli dle frekvence.



Obr. 1: Druhy elektromagnetického záření (Zdroj: [1])

### 1.2.1 Radiové vlny

Rádiové vlny (též rádiové záření) je část spektra elektromagnetického záření s vlnovými délkami od 1 milimetru až po tisíce kilometrů. Vzniká mimo jiné v obvodu střídavého proudu, k němuž je připojena anténa.

Rádiové vlny se dále dělí na:

- **Extrémně dlouhé vlny** (EDV) - Extremely low frequency (ELF), o frekvencích 3 až 3000 Hz.
- **Velmi dlouhé vlny** (VDV) - Very low frequency (VLF), o frekvencích 3 až 30 kHz. Námořní a letecká navigace, meteorologické služby.
- **Dlouhé vlny** (DV) - Low frequency (LF). mají frekvence 30 až 300 kHz. Použití pro rozhlasové dlouhé vlny, radiokomunikace, meteorologické služby.
- **Střední vlny** (SV) - Medium Wave (MW), někdy také zkratka AM (z anglického Amplitude Modulation), která nepopisuje vlnovou délku, ale vztahuje se ke způsobu modulace signálu používaného při přenosu rozhlasového vysílání. SV mají frekvence 0,3 - 3 MHz a běžně se používají k přenosu rozhlasového vysílání (SV), radionavigaci a komunikaci na malé a střední vzdálenosti.

- **Krátké vlny (KV)** - High Frequency (HF), o frekvencích 3 - 30 MHz. Radiokomunikace na střední a velké vzdálenosti, rozhlasové krátké vlny, amatérská pásma.
- **Velmi krátké vlny (VKV)** - Very High Frequency (VHF), o frekvencích 30 - 300 MHz. Na těchto vlnách se vysílá frekvenčně modulované rozhlasové vysílání (FM) a některé televizní kanály (I., II. a III. tel. pásmo).
- **Ultra krátké vlny (UKV)** - Ultra High Frequency (UHF), o frekvencích 0,3 - 3 GHz. Vysílají se na nich další televizní kanály (IV. a V. pásmo) a digitální televize.
- **Super krátké vlny (SKV)** - Super high frequency (SHF). Frekvence 3 až 30 GHz. Radiolokace, radioreléové spoje, telekomunikace, satelitní spojení,.
- **Extrémně krátké vlny (EKV)** - Extremely high frequency (EHF). Frekvence 30 až 300 GHz. Přistávací a říční radiolokátory, letecké výškoměry, radary.

### 1.2.1.1 Využití radiových vln

Název pásma	Zkratka	Značení ITU	Frekvence Vlnová délka	Příklady využití
			< 3 Hz > 100,000 km]]	
Extrémně nízká frekvence	ELF	1	3–30 Hz 100,000 km – 10,000 km	Komunikace s ponorkami
Super nízká frekvence	SLF	2	30–300 Hz 10,000 km – 1000 km	Komunikace s ponorkami
Ultra nízká frekvence	ULF	3	300–3000 Hz 1000 km – 100 km	Komunikace v dolech
Velmi nízká	VLF	4	3–30 kHz	Komunikace s ponorkami,

frekvence			100 km – 10 km	bezdrátové měřiče pulsu
Nízká frekvence	LF	5	30–300 kHz 10 km – 1 km	Navigace, časové signály, AM vysílání (dlouhé vlny)
Střední frekvence	MF	6	300–3000 kHz 1 km – 100 m	AM vysílání (střední vlny)
Vysoká frekvence	HF	7	3–30 MHz 100 m – 10 m	Krátkovlnné vysílání a amatérské rádio
Velmi vysoká frekvence	VHF	8	30–300 MHz 10 m – 1 m	FM rádiové a televizní vysílání
Ultra vysoká frekvence	UHF	9	300–3000 MHz 1 m – 100 mm	Televizní vysílání, mobilní telefony, Wi-Fi, komunikace typu země-vzduch nebo vzduch-vzduch
Super vysoká frekvence	SHF	10	3–30 GHz 100 mm – 10 mm	Mikrovlnná zařízení, Wi-Fi, většina moderních radarů
Extrémně vysoká frekvence	EHF	11	30–300 GHz 10 mm – 1 mm	Radioastronomie, vysokorychlostní mikrovlnný přenos dat
	IR		Více než 300 GHz < 1 mm	Noční vidění - infračervené spektrum

Tab. 1: Rozdělení rádiových vln na jednotlivá pásma a jejich využití (Zdroj: [1])

### 1.2.2 Mikrovlny

Mikrovlny jsou elektromagnetické vlny o vlnové délce větší než 1 mm a menší než 1 m, což odpovídá frekvenci 300 MHz – 300 GHz.

Elektromagnetické vlny o větší frekvenci (tedy kratší vlnové délce) nazýváme milimetrovými vlnami, terahertzovým zářením nebo také T-paprsky (T-rays). Vlny delší vlnové délky jsou radiové vlny.

Využíváme je v mnoha odvětvích lidské činnosti; nejen k ohřevu potravin ale i například k vysoušení knih či tkanin, obrábění materiálů, přenosu informací, radiolokaci, restaurování uměleckých děl, tavení skla, navigaci a v mnoha dalších.

### 1.2.3 Infračervené záření

Infračervené záření (také IR, z anglického *infrared*) je elektromagnetické záření s vlnovou délkou větší než viditelné světlo, ale menší než mikrovlnné záření. Název značí „pod červenou“ (z latiny *infra* = "pod"). Infračervené záření zabírá ve spektru 3 dekády a má vlnovou délku mezi 760 nm a 1 mm, resp. energii fotonů mezi 0,0012 a 1,63 eV.

#### 1.2.3.1 Rozdělení infračerveného záření

Infračervené záření se dále dělí na jednotlivá pásma. Toto dělení ovšem není jednoznačně dané. Jedno schéma je například toto:

- blízké (*near*) infračervené záření neboli **NIR**  
IR-A podle normy DIN, vlnová délka 0,76–1,4  $\mu\text{m}$ , definováno podle vodní absorpce; často používané v telekomunikacích optických vláken
- IR krátké vlnové délky (*short wave*) neboli **SWIR**  
IR-B podle DIN, vlnová délka 1,4–3  $\mu\text{m}$ , při 1450 nm značně roste vodní absorpce
- IR střední vlnové délky (*medium wave*) neboli **MWIR**
- IR-C podle DIN, též prostřední (*intermediate-IR* neboli **IIR**), 3–8  $\mu\text{m}$
- IR dlouhé vlnové délky (*long wave*) neboli **LWIR**
- IR-C podle DIN, 8–15  $\mu\text{m}$
- dlouhé (*far*) infračervené záření neboli **FIR**  
15–1000  $\mu\text{m}$



Další často používané rozdělení je toto:

- blízké (0,76–5  $\mu\text{m}$ )
- střední (5–30  $\mu\text{m}$ )
- dlouhé (30–1000  $\mu\text{m}$ )

Pásmu mezi 100  $\mu\text{m}$  a 1 mm se říká také submilimetrové vlny nebo terahertzové záření.

#### 1.2.4 Viditelné světlo

Viditelné světlo je elektromagnetické záření o vlnové délce 400–750 nm. Vlnové délky světla leží mezi vlnovými délkami ultrafialového záření a infračerveného záření. V některých oblastech vědy a techniky může být světlem chápáno i elektromagnetické záření libovolné vlnové délky. Tři základní vlastnosti světla (a elektromagnetického vlnění vůbec) jsou svítivost (amplituda), barva (frekvence) a polarizace (úhel vlnění). Kvůli dualitě částice a vlnění má světlo vlastnosti jak vlnění, tak částice. Studium světla a jeho interakcemi s hmotou se zabývá optika.

Viditelné světlo je část elektromagnetického spektra o frekvenci  $3.9 \times 10^{14}$  Hz (hertz) až  $7.9 \times 10^{14}$  Hz, kde rychlost ( $c$ ), frekvence ( $f$  nebo  $\nu$ ), a vlnová délka ( $\lambda$ ) zachovávají vztah:

$$c = f\lambda \tag{1.3}$$

a rychlost světla ve vakuu  $c$  je konstanta. V optice se také používá kruhová frekvence  $\omega$ , která je spojena s frekvencí  $f$  vztahem  $\omega = 2\pi f$ . Vlnová délka viditelného světla ve vakuu tedy je 400 nm až 800 nm.

Přesněji řečeno, tento rozsah je viditelným světlem pro člověka. Některé druhy živočichů vnímají rozsah jiný - například včely jej mají posunut směrem ke kratším vlnovým délkám (ultrafialové záření), naopak někteří plazi vnímají i infračervené záření.

Rozsah vnímaných vlnových délek je dán především tím, že v oblasti viditelného světla je maximum elektromagnetického záření ze Slunce dopadajícího na zemský povrch, a tudíž je v tomto rozsahu nejlépe vidět.

Barva	Vlnová délka	Frekvence
červená	~ 625 až 740 nm	~ 480 až 405 THz
oranžová	~ 590 až 625 nm	~ 510 až 480 THz
žlutá	~ 565 až 590 nm	~ 530 až 510 THz
zelená	~ 520 až 565 nm	~ 580 až 530 THz
azurová	~ 500 až 520 nm	~ 600 až 580 THz
modrá	~ 430 až 500 nm	~ 700 až 600 THz
fialová	~ 380 až 430 nm	~ 790 až 700 THz

Tab. 2: Rozdělení viditelného světla (Zdroj: [1])

### 1.2.5 Ultrafialové záření

Ultrafialové (zkratka UV, z anglického ultraviolet) záření je elektromagnetické záření s vlnovou délkou kratší než má viditelné světlo, avšak delší než má rentgenové záření. Pro člověka je neviditelné, existují však živočichové (ptáci, plazi, některý hmyz), kteří jej dokáží vnímat. Jeho přirozeným zdrojem je Slunce.

Název	Zkratka	Vlnová délka v nanometrech
<b>Blízké</b>	NUV	400 nm - 200 nm
<b>UVA, dlouhovlnné, „černé světlo“</b>	UVA	400 nm - 320 nm
<b>UVB, středněvlnné</b>	UVB	320 nm - 280 nm
<b>UVC, krátkovlnné, „dezinfekční“</b>	UVC	pod 280 nm
<b>DUV, hluboké ultrafialové</b>	DUV	pod 300 nm
<b>Daleké, řídkěji „vzduchoprázdné“ (vacuum)</b>	FUV, VUV	200 nm - 10 nm

Extrémní nebo „hluboké“	EUV, XUV	31 nm - 1 nm
-------------------------	----------	--------------

Tab. 3: Rozdělení ultrafialového záření (Zdroj: [1])

UV záření, jakožto oblast elektromagnetického spektra, se dělí na blízké ultrafialové záření o vlnové délce 400 – 200 nm) a daleké ultrafialové záření (200 – 10 nm), resp. energií fotonů mezi 3,1 a 250 eV.

Rozdělení na spektrální oblasti (též „typy“) UVA, UVB a UVC je především z hlediska biologických účinků UV záření.

Označení „vzduchoprázdné ultrafialové“ záření (v anglické literatuře vacuum ultraviolet, VUV) naráží na skutečnost, že tento typ záření je při dopadu na zemský povrch pohlcován vzduchem.

Označení „hluboké ultrafialové“ záření (deep ultraviolet, DUV) je používáno ve fotolitografii a technologiích používající principu laseru.

#### UVA

Má vlnovou délku od 315 do 400 nm. Považuje se za méně škodlivé; nebylo prokázáno, že je pro živé organizmy zhoubné. Asi 99 % UV záření, které dopadne na zemský povrch je ze spektrální oblasti UVA.

#### UVB

Záření UVB má vlnovou délku v rozsahu od 280 do 315 nm. Je z převážné většiny absorbováno ozónem ve stratosféře, resp. ozónové vrstvě. Z typického slunečního záření 350 - 900 W/m<sup>2</sup>, které dopadá na nejvyšší vrstvy atmosféry neproniká prakticky žádné UV záření s vlnovou délkou pod cca 295 nm; od této hranice se na zemský povrch dostává měkčí UV záření - záření UVA o vlnové délce 400 nm se na zem dostane 550 W/m<sup>2</sup> (z přibližně 1700 W/m<sup>2</sup> z horních vrstev atmosféry). Jinými slovy lze říci, že ozón a kyslík propustí na povrch Země zhruba třetinu UV záření.

Záření UVB je zhoubné pro živé organizmy. Jeho energie je schopná rozkládat nebo narušovat bílkoviny nebo jiné životně důležité organické sloučeniny s vážnými následky

pro metabolismus postihnutého jedince, nebo (je-li zasaženy DNA) vzniku rakoviny. Např. zvýšení intenzity UVB záření o každá 2 % může znamenat zvýšení výskytu rakoviny kůže o 3-6 %. Kromě kůže má UVB největší dopad i na oči (potažmo zrak) - takto tvrdé záření dokáže poničit až zcela spálit tyčinky a čípky, gangliové buňky a nervová zakončení v rohovce (tzv. „sněžná slepota“). Větší dopad má na jednobuněčné organizmy, které dokáže zničit zcela (dokáže změnit molekuly nesoucí genetickou informaci v buněčném jádře na energeticky výhodnější, vyvolat poškození funkcí organel, ovlivnit osmotický tlak nebo spustit lyzi). Proniká i vodou, ale jen do hloubky několika metrů (kde je však soustředěna většina podvodních organismů). UVB záření též negativně ovlivňuje vzrůst zelených rostlin, účinnost fotosyntézy, ale i třeba celkovou plochu jejich listů. U dvou třetin hospodářských plodin byl zjištěn úbytek zemědělské produkce v souvislosti se zvýšeným působením UVB záření (např. u sóji každé jedno procento zvýšení UVB odpovídalo procentuálnímu úbytku úrody).

Dlouhodobé působení zvýšeného působení UVB záření by vyústilo v nepředvídatelné změny v morfologii biosféry (každý živočišný či rostlinný druh je na UV záření různě citlivý; a trend směřující k dominanci odolnějších druhů nad méně odolnějšími by odstartoval nesmírně složitou síť kauzálních mezidruhových vztahů, jejichž důsledky není možné odhadnout).

## UVC

Je nejtvrdší UV záření - jeho vlnová délka je nižší než 280 nm. Toto záření je jedním ze dvou způsobů vzniku ozónu - při dopadu na dvojatomární molekulu kyslíku jí toto záření dodá energii pro vznik ozónu, který je touto reakcí absorbován. Jinak řečeno, plynný kyslík je významný inhibitor dopadu UVC záření na zemský povrch. Záření UVC je prokazatelně zhoubné (karcinogenní) pro živé organizmy. Na rozdíl od UVB, které dokáže proniknout jen několika vrstvami buněk, je penetrace UVC pletivy a tkáněmi živých organismů poměrně větší.

## EUV

Extrémní ultrafialové záření s vlnovými délkami nižšími než 31 nm se podílí na některých chemických procesech ionosféry, zejména její nejsvrchnější vrstvy (vrstvy F).

### 1.2.6 Rentgenové záření

Rentgenové záření je forma elektromagnetického záření o vlnových délkách 10 nanometrů až 100 pikometrů (odpovídající frekvencím 30 PHz až 60 EHz). Využívá se při lékařských vyšetřeních a v krystalografii. Jedná se o formu ionizujícího záření a jako takové může být nebezpečné.

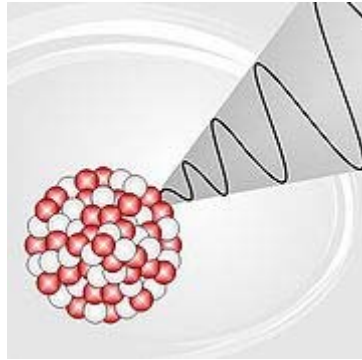
Záření vlnové délky větší než 0,1 nm je nazýváno měkké a kratší tvrdé rentgenové záření. Vlnové délky nejenergičtější části se částečně překrývají s těmi záření gama, avšak rozlišujeme je dle původu. Foton rentgenového záření vzniká při interakcích vysoce energického elektronu, kdežto záření gama při procesech uvnitř jádra atomu. Rentgenové záření je též využíváno v analytické chemii. Částice látky jsou ionizovány rentgenovým zářením. Vzniklé sekundární rentgenové záření, které je charakteristické pro prvky, je analyzováno detektorem a přiřazeno konkrétním prvkům, ze kterých se analyzovaná látka skládá. Tato analytická metoda se nazývá rentgenfluorescenční spektroskopie.

### 1.2.7 Záření gama

Záření gama (často psáno řeckým písmenem gama,  $\gamma$ ) je vysoce energetické elektromagnetické záření vznikající při radioaktivních a jiných jaderných a subjaderných dějích.

Záření gama je často definováno jako záření o energii fotonu nad 10 keV, což odpovídá frekvenci nad 2,42 EHz či vlnové délce kratší než 124 pm, přestože do tohoto spektrálního pásma zasahuje i velmi tvrdé rentgenové záření. To souvisí se skutečností, že hranice není stanovena uměle, ale tyto druhy záření se rozlišují dle svého zdroje, přičemž se samo záření jinak fyzikálně neliší.

Záření gama je druh ionizujícího záření. Do materiálů proniká lépe než záření alfa nebo záření beta, která jsou korpuskulární (ani jedno není elektromagnetické záření), ale je méně ionizující.



Obr. 2: Záření gama (Zdroj: [1])

Gama záření často vzniká spolu s alfa či beta zářením při radioaktivním rozpadu jader. Když jádro vyzáří částici  $\alpha$  nebo  $\beta$ , nové jádro může být v excitovaném stavu. Do nižšího energetického stavu může přejít vyzářením fotonu gama záření podobně jako elektron v obalu atomu vyzářením kvanta ultrafialového záření.

### 1.3 Radiotelemetrie

Radiotelemetrická souprava je jedinou nákladnou součástí sokolnického vybavení. Skládá se z přijímacího aparátu, vysílače a antény. Vysílače, nazývané často také jako radioznačky, jsou připevněné na ptácích. Radioznačky se vyrábějí v různých velikostech. Číslem 1 se označují značky malé, velmi lehké a proto ideální pro malé ptáky (dřemlík, poštolka). Poněkud větší a těžší vysílačka označovaná číslem 2 má větší rozsah (vhodná pro krahujcovité a větší sovy). Radioznačky s označením 3 jsou největší a také nejtěžší ze všech (dravci vysokého letu, ale i krahujcovití a větší sovy).

Značky se ptákům připevňují ke stojákům, na rýdovák nebo ke krku, přičemž krční připevnění vysílačů se používá hlavně u dravců vysokého letu. K montáži na rýdovák se používá jednoduché zařízení připevněné ke dvěma středovým hřbetním krovkám, které slouží k bezpečnému umístění radioznaček. Instalování značek na stojáky ptáka je pro většinu sokolníků velmi nevhodné a navíc to může snadno zavinit i ptákovo zapletení, pokud sedí na stromě. A podobně je pro spoustu sokolníků naprosto nepřijatelné připevňovat cokoliv ptákům ke krku.

V současnosti existuje celá řada firem dodávajících telemetrická zařízení a trh je každoročně obohacován stále novějšími typy. Většina telemetrických souprav však nedosahuje bohužel takové úrovně, která je potřebná k vyhledání zbloudilého ptáka s přiměřeným úsilím. Obsluha některých je příliš komplikovaná, zatímco jiné vydávají sice i na velkou vzdálenost dostatečně silný signál, neumožňují ale přesně určit lokalizaci ptáka v blízkosti sídel. Ať si již zvolíme jakýkoliv systém, musí být spolehlivý, se servisem pracujícím pohotově i za plné sezóny. Telemetrické zařízení by rovněž mělo být snadné na ovládání a lehké na přenášení.

Příprava celého zařízení k akci musí být rychlá, především by ale jeho cena měla obstát při srovnání s cenami konkurenčních výrobků. S použitím telemetrického systému získáváme reálnou šanci zbloudilého ptáka nalézt ještě než se setmí. Dobrý telemetrický systém nám výrazně zužuje prostor k vyhledávání zbloudilého ptáka a během pátrání máme možnost přijímaným signálem s ptákem neustále udržovat kontakt. Spousta sokolníků by bez telemetrie již nikdy se svým ptákem nelétalo. Samozřejmě však ani ten nejdokonalejší telemetrický systém nemůže navrácení zbloudilého ptáka zaručit, pro mnoho sokolníků však představuje ohromnou pomoc. [2]

### 1.3.1 Konvenční telemetrie

Konvenční sledování odkrývá neznámé aspekty života dravých ptáků i jiných živočichů. Konvenční sledování společně se satelitním představuje mocný prostředek nejen k přesnějšímu poznání a porovnání tahových cest jednotlivých ptáků, ale i k přímému sledování ekologických i antropických podmínek během migrace a na zimovišti.

Konvenční telemetrie zvířat je standardní metodou využívanou v mnoha ornitologických projektech již od 60. let. Praxe ukázala, že většině létajících ptáků nevádí vysílač o hmotnosti do 3,5 % jejich váhy. Elektronická část má v současnosti zanedbatelnou váhu, hlavní část hmotnosti vysílače tvoří baterie. Většinou se používají nejučinnější (poměr kapacity a váhy), což jsou v současné době lithiové články.

V nejjednodušším provedení se dvěma tranzistory je krystalový samokličující oscilátor zdrojem vf napětí pro násobič, na nějž je navázán přímo výstupní LC obvod, naladěný na vysílaný kmitočet. V ornitologii jsou však nejběžnější 3stupňové vysílače bez ostře laděné antény, neboť mohou dosáhnout většího výkonu a ani utlumením např. pod zemí nedojde k zásadní změně. Vlastním signálem jsou krátké, po 1-2 s opakované nemodulované impulsy o délce trvání 15-30 ms. Každý vysílač má individuální kmitočet např. v pásmu 170 MHz s odstupem 10-15 kHz od sousedního.

Omezená energetická zásoba limituje využití miniaturních vysílačů a podle zaměření projektu se tak zpravidla preferuje jedna ze základních charakteristik, přičemž ostatní se zákonitě zhoršují: životnost, dosah, délka a počet impulsů. Životnost vysílače je preferována u výzkumu dlouhodobých parametrů (např. mortalita) u druhů vázaných na určité místo. Větší výkon a tedy i dosah je nutný u více pohyblivých druhů v nepřehledném či neprostupném terénu. Krátké, řídké opakované impulsy snižují dosah a rychlost zaměření, ale prodlužují výrazně dobu provozu. Nejmenší vysílače vhodné i pro velmi malé ptáky váží v současnosti pouhých 0,4 g. Tomu však odpovídá jejich malá životnost (10-14 dní) a dosah (500 m). Na velkých druzích lze použít až 70 g vysílače o životnosti okolo 6 let a dosahu 10 – 30 km. Praktické posouzení dosahu je, jak je dobře známo radioamatérům, relativní věc, poplatná nejen technickým parametrům, ale především místním geografickým podmínkám (při šíření signálu přízemní vlnou je rovněž útlum úměrný zvyšování provozního kmitočtu).

Vysílače se zpravidla zapínají rozepínacím jazýčkovým kontaktem (odejmutím magnetu). Po instalaci na ptačím těle (na ocasní pera, na krk jako obojek, na záda jako



batůžek, přilepením na kůži či implantací do těla) a vypuštění zvířete mají již ornitologové minimální šanci vysílač ovlivnit. Musí být proto velmi rezistentní vůči klimatickým vlivům a otřesům, tedy velmi spolehlivý. Vysílače mohou obsahovat i různé senzory především na bázi miniaturních rtuťových spínačů. Ty mohou indikovat polohu těla (a např. snížením střídny – četnosti impulsů šetřit energii vysílače při spánku), úmrtí (pokud po 6-10 hodin se nezkratuje časovací obvod, četnost impulsů se zvýší) atd. Použití solárního napájení je možné pouze u velkých vysílačů (plocha panelu, nebezpečí zakrytí peřím, selžou však pod zemí, např. při krytí šelmou). Všechna tato přídatná zařízení zvětšují hmotnost a cenu vysílačů. (Solární články mají spíše efekt prodloužení doby provozu lithiových článků.)

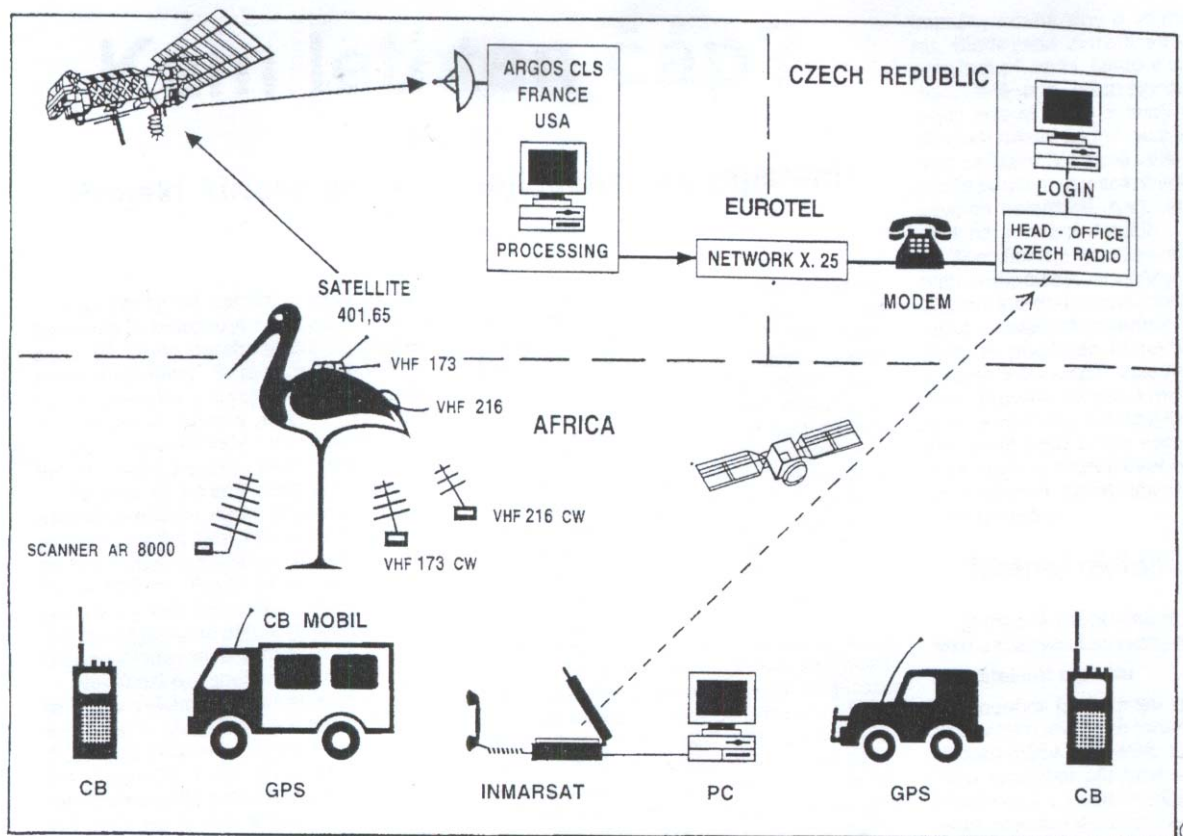
Signál je sledován přijímači s BFO (SSB, CW) nebo u profesionálních zaměřovacích přijímačů se speciálním sčítacím detektorem s výraznou indikací síly pole, nebo jen o málo méně citlivými a podstatně levnějšími komerčními skenery. U nich je určení směru signálu obtížnější, neboť mají zpravidla stále zapojeno AVC a postrádají kvalitní indikaci pulsního signálu. Směr, odkud signál přichází, je určován přenosnou směrovou anténou, nejčastěji 2-3 prvkovou Yagi, či typu HB9CV. Podle potřeby je možné využít i dlouhé Yagi (příjem z terénních vrcholů) nebo i všesměrové prutové  $5/8\lambda$  (na vozidlech, v centru výskytu) nebo  $1/4\lambda$  (náhradní kdekoliv, třeba i jako obnažený konec koaxiálního kabelu visící z letadla). Na letadlech se osvědčil podvěšený podélně umístěný dipól s rukávovým oddělením.

U vysílačů s mikrokontrolérem je silný, daty modulovaný impuls dlouhý minimálně 300 ms opakován s delším odstupem (1-10x/min). Přijímač detekuje identifikační číslo a pomocí antény složené z kruhového věnce svislých dipólů přepínaných rychlými Schottkyho vf diodami vytváří Dopplerův efekt, na jehož základě je určen i azimut, odkud signál přichází. Celý systém optimalizovaný na jediný kmitočet může být plně automatizován. Tento velmi nákladný systém se však doposud nikde neosvědčil (Taif v Saudské Arábii). Podobně se příliš neosvědčily ani polygony s automatizovaným sběrem dat z několika stacionárních anténních systémů (rotující či „Dopplerovy“ antény, automatické přeladování a sběr dat) při použití klasických vysílačů. Na závadu jsou nízké úrovně signálu s proměnlivou polarizací, časté přesuny zvířat mimo pokryté území a především různé druhy elektromagnetického rušení automatickou chybně interpretované. U velmi slabých periodických signálů nelze ucho nahradit.

Vlastní vyzářený výkon vysílače kolísá podle provedení a délky neladěné antény. I stejné produkty téže firmy se velmi liší. Roli hraje i umístění vysílače na těle (protiváha tvořená tzv. falešnou zemí) a utlumení antény, pokud splývá s tělem. (To je v našem

projektu vždy, neboť konvenční anténa musí být kolmá na mnohem důležitější satelitní anténu, aby se co nejméně navzájem ovlivňovaly).

Za základ naší úvahy o výkonech může sloužit špičkový proud v době impulsu, který dosahuje 2-3 mA při klidovém proudu asi 100  $\mu$ A. Při úbytku 0,7 V na koncovém tranzistoru tedy dostáváme ( $3,6 - 0,7 = 2,9$ ;  $2,9 \times 0,0025 = 7,25$ ) přibližně 8 mW pulsního výkonu koncového stupně! Otázkou je, kolik z toho je skutečně vyzářeno anténou třikrát kratší než  $1/4\lambda$ . Navíc impuls tvoří pouhou 1/40 s. Dobře konstruované vysílače mají vždy “vyladěnou” anténu, byť kratší než  $\lambda/4$ , a mají ještě možnost individuálně dostavit přizpůsobení pro různé aplikace – umístění antény vysílače).



Obr. 3: Představa technického zajištění projektu konvenčního a satelitního sledování (telemetrie) (Zdroj: [2])

Tak například čáp černý má naštěstí dlouhé nohy, a tak vysílač v batůžku je nějakých 70 cm nad zemí. Můžeme parafrázovat: „Centimetry znamenají metry“. To je samozřejmě výhoda ve srovnání s koroptví, kde se anténa dotýká země, nebo s jeřábem, kde bývá konec antény namočen ve vodě, je-li vysílač umístěn na spodní části nohy.

Za letu, na hnízdě nebo při spánku na stromě je možné signál čápa zachytit podle terénu na 5-10 km. Naopak při sběru potravy v hluboké roklině jej zaslechneme stěží na 500 m. Ptačí zvyky a technické parametry vysílačů těžko ovlivníme. Optimalizovat je nutné přijímací řetězec a strategii prohledávání krajiny.

Nejdůležitější součástí na straně příjmu je dobrý selektivní přijímač s kmitočtovou syntézou a ukládáním naladěných kmitočtů, jehož propustné pásmo však nemůže být extrémně úzké vzhledem k mírnému teplotnímu driftu a dlouhodobé (ne)stabilitě vysílačů.

Při stálém pohybu terénem je nepraktické užívat techniku vázanou na auto, např. velmi ziskovou anténu na vysokém stožáru, a jakákoliv jiná technická „vylepšení“. Prakticky postačuje příjem signálu standardním zařízením z vytypovaných vyvýšených míst, především z jejich náběžných hran, kam není většinou možné dojet autem. Nejvyšší vrcholy pak překvapivě přinášejí spíše negativní výsledky vinou zvýšeného rušení vzdálenými vysílači, celkově vyšší hladiny šumu a přebuzení jinými signály, zvláště při použití jednoduchých antén se skládaným dipólem. Jistá řešení přináší laděná anténa s LC obvodem jako přizpůsobovacím členem, případně změna polarizace k „odladění“ nežádoucích signálů. Zásadní vliv na příjem však mají samozřejmě velké terénní překážky. Proto technika zaměřování klade velké nároky nejen na konstrukční řešení přijímače, ale také na praktické zkušenosti („cit“) obsluhy.

### 1.3.2 Používané kmitočty

Pro konvenční telemetrii zvířat čistě teoreticky přicházejí v úvahu kmitočty mezi 140-433 MHz. Vysoké kmitočty však diskvalifikuje pouze přímočaré šíření. Těžištěm zůstává tedy pásmo 2 m a kmitočty blízko nad ním. Fyzikální zákonitosti a dlouholeté praktické zkušenosti ukazují, že nejvhodnějšími pro sledování zvířat v našem typu terénu jsou kmitočty od 150 do 190 MHz. Tato vlnová délka ještě dobře proniká překážkami, má přiměřenou schopnost ohybu, útlum vlhkým prostředím a především přijatelnou velikost směrových antén (3prvková Yagi) pro stálou práci v terénu. Nezanedbatelnou je i maximální citlivost skenerů právě v pásmu 2 m. Vyšší kmitočty sice dovolují konstrukci antén s větším ziskem při podobné délce, ale to jen vyrovnává menší nakmitané napětí. Navíc u digitálních skenerů je zřetelné snížení citlivosti nad 200 MHz. V české krajině je u vyšších kmitočtů na závadu menší tendence k ohybu a silné, avšak stabilně usazené TV

vysílače, u nižších kmitočtů pak nepraktické antény a početný výskyt silných nepředvídaných vysílačů.

Z formálního pohledu je to však neřešitelný problém. V Telekomunikačním řádu je možné najít pásma vyčleněná pro vědecké využití. Potíže nastanou, pokud by skutečně někdo žádal pro nepříliš velký projekt např. 20 kmitočtů (tedy při odstupu 10 kHz čisté pásmo např. mezi 144-144,210). To samozřejmě nikdo nezíská a i kdyby, nebyla by záruka, že tam nějaký silný vysílač nebude působit. Navíc pták označený u nás se může přesunout do sousední země s jinými kmitočtovými předpisy. Např. ve Velké Británii jsou pro tyto účely (výzkum, sokolnictví) schváleny kmitočty 173.x MHz, v USA pak 216.x MHz.

Je nutné si uvědomit, že jsou to zoologové, jejichž příjem je znepríjemňován, případně znemožněn velmi silnými širokopásmovými vysílači (FM) a jiným em rušením. Naproti tomu ptačí vysílače mají krátké řídké a nemodulované, tedy kmitočtově úzké impulsy nosné vlny o velmi malém výkonu. Sledovaná zvířata se až na výjimky pohybují při zemi, často v odlehlých a členitých terénech. Jejich signály nemohou být svým charakterem a svojí úrovní trvalým zdrojem rušení žádnému z telekomunikačních zařízení. Výrazně větší výkon mají vysílače používané v sokolnictví a na velkých savcích (jelenovití, rys). Ani jejich rušení však není možné doložit.

Specifická je situace u silnějších satelitních vysílačů systému Argos (impuls délky 360 ms každou minutu, výkon 0,125 W). Na celé Zemi je používán kmitočet 401,65 MHz (pásmo + - 40 kHz). Zkušenosti při monitorování tohoto kmitočtu a celkově špatné výsledky satelitní lokalizace, pokud jsou ještě ptáci u nás nebo v Západní Evropě, mohou naznačovat neutěšenou situaci s rušením právě tohoto světově unikátního kmitočtu.

### 1.3.3 Terénní radiomonitoring

Terénní radiomonitoring je možné rozdělit na tři výrazně odlišné fáze s různými technickými nároky.

#### 1) Nalezení signálu

Absence jakýchkoliv stop po signálu je normálním jevem při radiomonitoringu. Důvodem může být vedle dočasného či trvalého opuštění předpokládaného teritoria i technická závada vysílače, vybití baterie před předpokládaným koncem, predace či

zabití sledovaného zvířete spojené s destrukcí vysílače nebo jeho zanesením do hlubokých děr, či pouhé zahrabání nebo případně pečlivé ukrytí člověkem a také skrytí zvířete vlivem změny v chování. Tři posledně jmenované eventuality vedou k výraznému zeslabení signálu, který nemusí být standardními postupy objeven.

Nejrychlejší metodou je hledání ztraceného signálu letadlem ve výšce asi 800 až 1000 m nad terénem v soustředné spirále s odstupem 15 až 25 km. „Metry znamenají kilometry“ – v tomto případě bývá s jednoduchým dipólem dosah vysílače i více jak 20 km. Velmi příznivě se projeví zlepšení přímé viditelnosti v terénu, nepříznivě pak neuvěřitelně vysoká úroveň em rušení z pístových motorů všech typů testovaných letadel, celkově vysoká míra rušení odkrytím horizontu k dalším zdrojům a často i přebuzení přijímače silnými signály částečně i vlivem méně selektivních antén. Zpravidla se letadlem nhrubo lokalizuje hledaný zdroj, jehož dohledání je věcí pozemního zaměření.

Na zaměřovací přijímače pro aplikace z letových prostředků jsou kladeny ještě větší nároky než na špičkové komunikační přijímače (speciální konstrukce – lineární přenosové parametry ve velkém rozsahu dynamiky).

Nejběžnější (ne vždy nejlevnější) metodou je hledání signálu rychlou návštěvou sítě vytypovaných vyvýšených míst v terénu a ručním směřováním ověřené antény s maximálním použitelným ziskem. Na základě přímé viditelnosti a předpokládaného dosahu vysílače je možné zmapovat pokrytí prostoru. Následně pokračuje hledání ověřením míst, které nemají přímou viditelnost z navštívených bodů, především pak hlubokých roklin, malých depresí a také vyústění údolí. Při přesunech autem je výhodné průběžně sledovat hledaný signál za použití prutové antény  $5/8\lambda$ , u níž předpokládáme dosah asi 1 km kruhově. Při vertikální polarizaci antény může i tak uniknout signál vysílače ležícího na zemi. Pokud není signál nalezen, je možné pokrytí zahustit nebo sledování rozšířit na další území především ve směru, kde byl dohledávaný pták naposledy zjištěn.

## 2) Dohledání polohy (azimuty)

V našich podmínkách s hustou sítí cest není problémem přiblížit se, pokud je signál zachycen. Pouze ve vysokých horách mohou několikanásobné odrazy zaměření ztížit.

Potřebná přesnost lokalizace závisí na měřítku projektu (mapovací síť) a na studovaných otázkách. Většinou postačuje určení azimutu jako směru maximálního signálu (nejčastěji zjištěn jako poloviční úhel mezi dvěma minimy) z několika po sobě navštívených míst.

U čápa černého, který je vázán na určité biotopy (potravně na malé vodní toky) není problémem odhadnout jeho polohu zaměřením z jednoho směru a odhadem vzdálenosti podle síly signálu. V některých případech je nutné přiblížit se tak, aby byl objekt pozorován, v jiných stačí pouze přibližné určení prostoru a především přítomnost proměnlivého signálu indikujícího živé zvíře v dosahu přijímače.

Na pouštích a v neprostupném terénu je možné použít letadlo k poměrně přesné lokalizaci. Slouží k tomu dvě do stran orientované antény HB9CV. Přepínačem je možné volit příjem z obou najednou (pátrání) a při zachycení signálu přepnutím určit stranu. Pro přesnou lokalizaci se létá ve výšce pouhých 100 m.

### 3) Nalezení vysílače

K nejobtížnějším úkolům patří dohledání samotného vysílače skrytého v nepřehledném terénu, na stromě nebo zahrabaného predátorem. U běžných skenerů, kde nelze regulovat zisk, nepomáhá ani odpojení antény, zařazení atenuátoru či squelche. Silný signál přichází v poslední fázi ze všech směrů. Jedinou cestou je v klidu „oskenovat“ plochu maximálně ztlumeným přijímačem těsně nad zemí. Při možnosti regulace zisku je možné anténou ukázat na zdroj s přesností na centimetry.

Standardní komerční skenery nejsou pro dohledávání příliš vhodné. Podmínkou úspěšného rychlého dohledání vysílače je takový typ zaměřovacího přijímače, který je vybaven možností vypnout AVC, přepnout na ruční řízení citlivosti, ale zejména možnosti ručně vřazovat útlum na vstup přijímače. Preselektor musí být osazen výkonovými nízkošumovými tranzistory s velkou linearitou (J-FET), které zabraňují (eliminují) vzniku křížové modulace.

#### 1.3.4 Satelitní systém Argos

Satelitní sledování je založeno na příjmu specifických signálů vysílače aparaturou na obíhajících družicích. Poloha je pak vypočtena podle změn kmitočtu při přeletu družice.

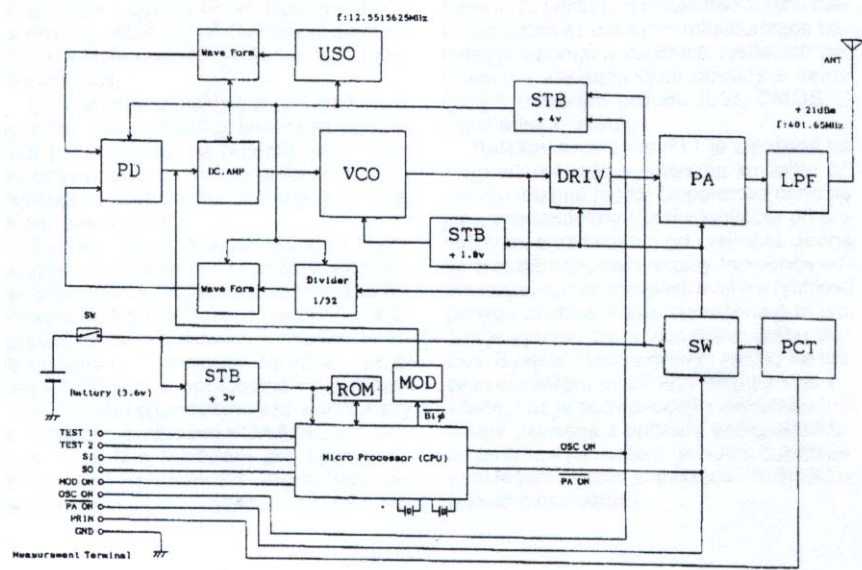
Tento způsob je hlavně využíván při sledování dálkového tahu nebo u dlouhých přeletů v neobydlených, nedostupných a rozsáhlých oblastech tundry (raroh lovecký), pouští (drop obojkový) či oceánů (tučňák, albatros) nebo v neprostupných územích bažin a pralesů, kde tradiční metody přímého pozorování značených ptáků a konvenční pozemní telemetrie selhávají. Systém Argos CLS je družicový systém, který komerčně poskytuje hlášení o geografické poloze a je provozovaný ve spolupráci USA a Francie, přičemž původně byl určený pro meteorologickou a námořní službu, případně pro fyzikální výzkum Země. V činnosti jsou i další obdobné družicové systémy, které umožňují kontinuální lokalizaci pohybujícího se objektu.

Systém, jehož činnost zajišťuje Francouzská agentura pro kosmický výzkum, NASA a NOAA, se skládá ze tří základních samostatných jednotek. Vysílač (PTT – Platform Transmitter Terminal) vysílá opakovaně na vymezeném kmitočtu specifický krátký signál, který je zachycen družicemi NOAA. Navazuje přenos dat přes pozemní přijímací stanice jak pro přímý přenos z přilehlých oblastí, tak pro přenos nahraných zpráv při globálním pokrytí Země. Finálně se data zpracovávají a souřadnice vyhodnocují v pozemních centrech CLS. Odtud jsou údaje pro příslušná území distribuována zákazníkům, buď on-line sítěmi, nebo off-line jako souhrnný soubor nebo výpis zaslaný s určitým časovým odstupem.

Tento systém byl vyvinut pro meteorologický a oceánografický výzkum. Základem je přenos fyzikálních a meteorologických dat z malých, ve srovnání s ptačími PTT relativně silných vysílačů, které jsou buď pevné nebo umístěny pohyblivě např. na lodích, driftujících bójích, balónech atd. U nich je pak nutné zjišťovat i měnící se polohu. Původně spíše doplňkovou náplní byla i lokalizace a přenos dat z PTT umístěných na velkých mořských a suchozemských živočiších. Uplatnění při sledování tahu ptáků umožnila až extrémní miniaturizace bateriových zdrojů a vlastních vysílacích zařízení se zákaznickými obvody s velmi malým odběrem proudu (LSI, CMOS, ...) v posledních letech.

Satelitní lokalizace PTT je založena na malých změnách vysílaného kmitočtu při přeletu družice (podle Dopplerova principu jsou vyhodnoceny rozdíly kmitočtu při přibližování a vzdalování od vysílače). Jedná se o extrémně malé rozdíly frekvence odpovídající rozdílu rychlosti světla a rychlosti pohybu družice, navíc zmenšené o to víc, čím je vysílací zdroj více mimo dráhu družice. Systém klade extrémní nároky na stabilitu oscilátoru mobilního miniaturního vysílače, což je technologicky velmi náročné řešení

zejména z pohledu energetické bilance lithiových baterií (je nutné subminiaturní řešení teplotní stabilizace řídicího krystalového oscilátoru).



Obr. 4: Blokové schéma satelitního vysílače typu T-2050 japonské firmy Toyocom

(Zdroj: [2])



## 2 VYSÍLAČE A PŘIJÍMAČE FIRMY MARSHALL BĚŽNĚ POUŽÍVANÉ PRO LOKALIZACI

V této kapitole bych chtěl uvést hlavní produkty, tedy zejména vysílače a přijímače, určené pro lokalizaci dravých ptáků, které nabízí americká firma Marshall. A u každého z nich uvést jeho vlastnosti, přednosti a specifikace. Pro všechny níže uvedené produkty platí, že jsou nabízeny v provedeních buď na frekvenci 173 MHz nebo 216 MHz (v mém případě, jelikož mám zapůjčenu vysílací anténu pracující na frekvenci 216 MHz, jsem i při konstrukci přijímací antény vycházel právě z této frekvence). Výchozí provozní nastavení vysílačů je: 50 pulsů za minutu (ppm), 60 ms šířka impulsu. [8]

### 2.1 Vysílače firmy Marshall

#### 2.1.1 RT plus vysílač

Tento vysílač se vyznačuje mnoha přednostmi, aby měl monitorovaný pták nejlepší dostupnou ochranu - dlouhý dosah spojený se spolehlivostí a vynikající výkonností v kompaktní velikosti.

Vysílač RT plus disponuje těmito vlastnostmi a přednostmi:

- frekvenční stabilita
- krátká a bezpečná TM anténa
- magnetické přepínání (Tap On / Tap Off)
- pracuje do  $-34^{\circ}\text{C}$  ( $-30^{\circ}\text{F}$ )
- indikace slabé baterie
- nová úroveň efektivity pro nejdelší výdrž baterie
- vysokonapěťová ochrana TM
- robustní, silnovrstvé eloxování
- vysoký účinek díky použití krystalu
- nejvyšší možná spolehlivost

- rekonfigurovatelnost
- snadno excentrická TM konstrukce
- RT plus je zcela vodotěsný

- dosah vysílače RT plus

RT + je navržen tak, aby fungoval v co největším dosahu během monitorování ptáka. Byl testován na více než 200 mil (321,8 km) vzdušnou čarou. Jako u každého vysílače se dosah velmi mění s terénem. Testy prokázaly, že jeho dosah při loveckých situacích na západních pouštích v USA má být v podstatě kdekoli 3 až 50 mil (4,827 až 80,45 km), v závislosti na výšce vysílače, výšce přijímače, typu terénu, překážkách a rádiovém šumu nebo rušení.

- použití přijímače

Signál z RT + je nejsilnější, pokud přijímací anténa je seřazena ve stejné orientaci jako vysílací RT anténa +. Vzhledem k tomu že, dravý pták na bidle drží ocas téměř vertikálně, dostaneme nejlepší signál, pokud je držení přijímací antény s jejími prvky ve svislé poloze. Nicméně, jsou případy, kdy by vysílací anténa mohla být téměř horizontálně a držení přijímací antény horizontálně bude dávat lepší výsledky. Pokud lze zároveň zachytit horizontální i vertikální signály, použijeme přednostně horizontální, který nám dá lepší a přesnější výsledek.



Obr. 5: Polarizace přijímací antény - pták na bidle (Zdroj: [8])



Obr. 6: Polarizace přijímací antény - pták na zemi (Zdroj: [8])

### 2.1.2 Micro vysílač

MICRO Vysílač disponuje mnoha přednostmi, aby monitorovaný pták měl k dispozici nejlepší ochranu na velké vzdálenosti spolu se spolehlivostí a vynikající výkonností a to vše v kompaktní velikosti. Vlastnosti a přednosti tohoto Micro vysílače jsou:

- minimální velikost
- stabilita frekvence
- krátká a bezpečná TM anténa
- magnetické přepínání (Tap on / Tap off)
- provozuschopnosti i za velmi nízkých teplot
- vysoká účinnost
- vysokonapěťová ochrana TM
- vysoký účinek díky použití krystalu
- rekonfigurovatelnost
  
- vysílací dosah

Micro vysílač je navržen tak, aby měl během lokalizace ptáka maximální dosah, visí-li či sedí-li na objektu. Byl testován na více než 100 mil (160,9 km) vzdušnou čarou. Stejně jako u každého vysílače se dosah velmi mění s terénem. Testy prokázaly jeho možnosti při loveckých situacích na západních pouštích USA, kde byl dosah kdekoli 2 až

25 míle (3,2 až 40 km), v závislosti na výšce vysílače, výšce přijímače, typu terénu, překážek a rádiovém šumu nebo rušení. Vyšší poloha vždy dává lepší dosah.

- co se použití přijímače týče, platí to samé, co pro výše uvedený vysílač RT plus

### 2.1.3 PowerMax vysílač

Dosah vysílače PowerMax

Jako každý vysílač se i vlastnosti a dosah řady PowerMax liší v závislosti na terénu. Testy prokázaly jejich možnosti v západních pouštích Spojených států, kde má být dosah kdekoli 10 až 80 mil (16,09 až 128,72 km), v závislosti na výšce vysílače, výšce přijímače a typu terénu a překážky. Vyšší poloha vždycky dává lepší dosah.

Nezapomeňme, že testy prováděné v různých místech budou vždy dávat různé výsledky. Dokonce testování v různých denních dobách může dát různé výsledky. To je důvod, proč musíme vždy porovnat dva vysílače jejich společným testováním je společně ve stejnou dobu na stejném místě a ve stejné výšce nad zemí.

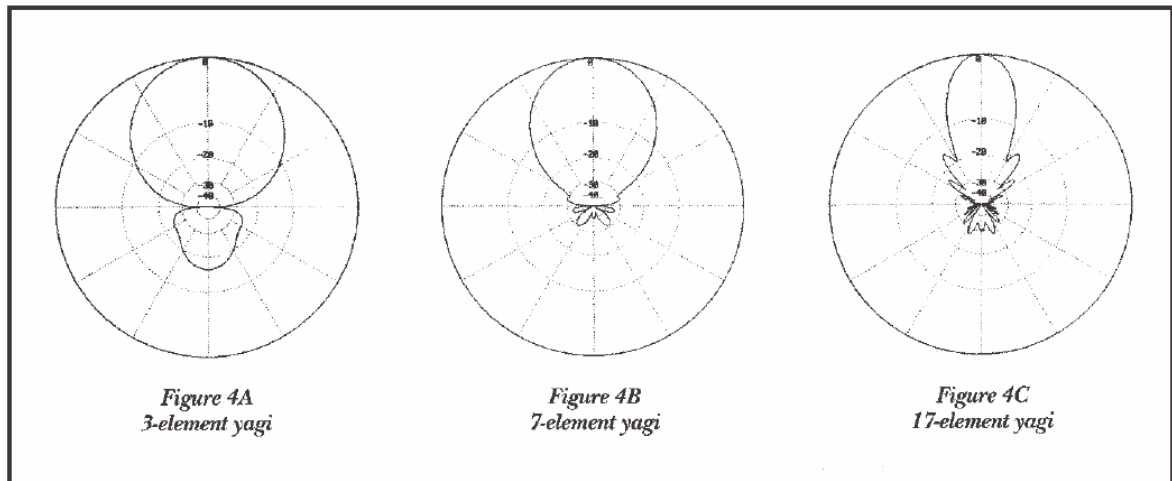
Nejlepší je test vysílače PowerMax na ptákově, kdy pták sedí na bidle. Nicméně, dosah vysílače PowerMax je nižší, pokud je poblíž antény kovový prvek. Proto není vhodné používat pro testování dosahu kovové bidlo. Pokud chceme porovnat PowerMax s jiným vysílačem, musíme je testovat současně. To znamená, že musíme používat dva ptáky na bidlech, jeden s vysílačem PowerMax a druhý s jiným vysílačem. Musíme se ujistit, že ptáci jsou při testu natočeni vždy stejným směrem (to je snadno realizovatelné, pokud fouká vítr), protože síla signálu vysílaného z ptáka závisí na jeho směru natočení.

## 2.2 Přijímače firmy Marshall

### 2.2.1 Přijímač Field Marshall

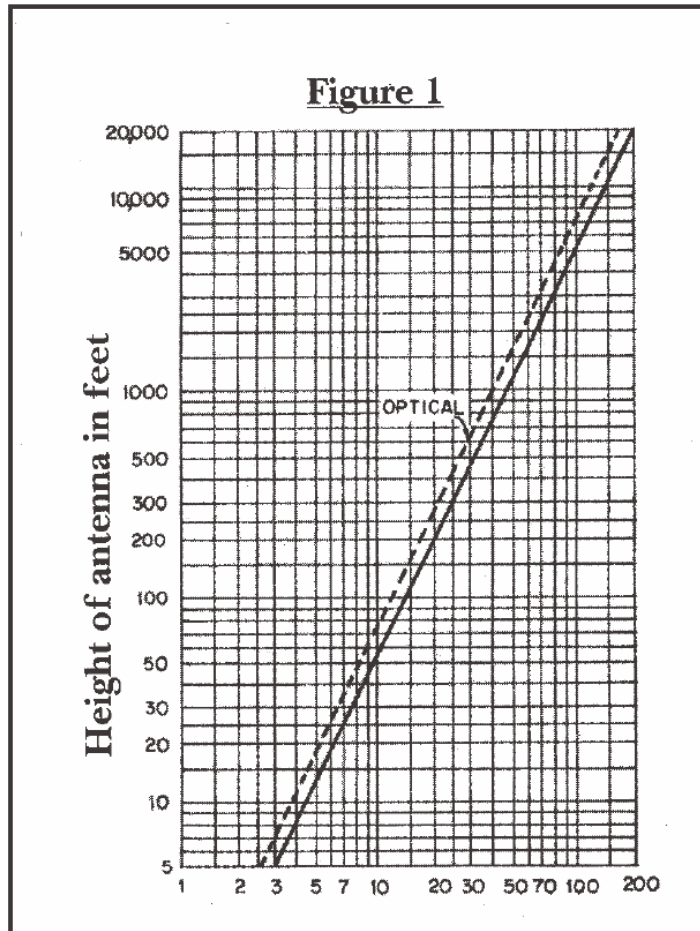
Přijímač Field Marshall je vysoce výkonný telemetrický přijímač navržený pro optimální a snadné použití v terénu. Je vybaven nejnovějšími technologickými vymoženostmi a komponenty k dosažení výkonu, kterého dosahují i mnohem dražší přijímače, zároveň má vysokou citlivost (rozsah) a ostrou směrovost. Tři modely disponují pěti, deseti, nebo patnácti kanály. Lehká a pevně smontovaná,

patentovaná Yagi anténa se dá zkroutit do kompaktní velikosti pro pohodlné uložení a cestování. Obráběné hliníkové pouzdro bylo navrženo tak, aby byla zajištěna dokonalá rovnováha v ruce a poskytnuta kompaktní jednotka, kterou můžeme snadno použít v nejnáročnějších situacích. [8]



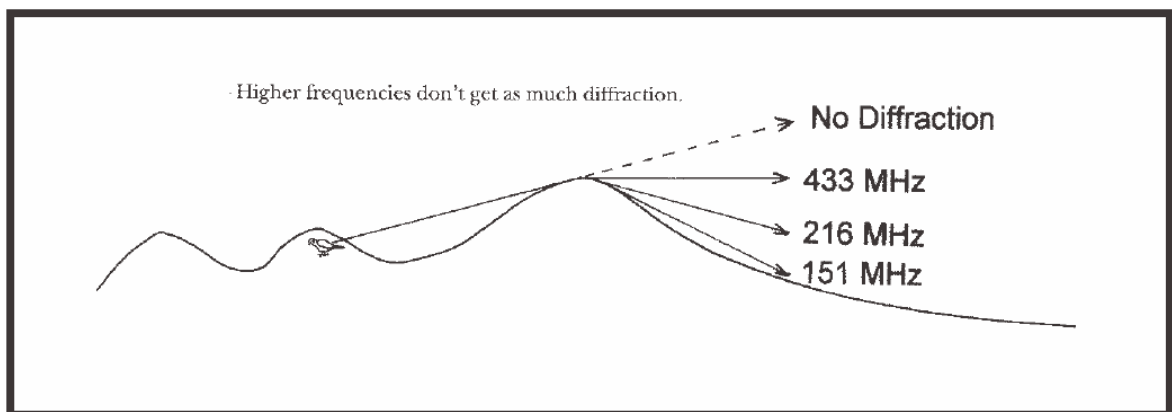
Obr. 7: Ziskovost a směrovost Yagi antén (Zdroj: [8])

Field Marshall anténa poskytuje nejlepší kombinaci zisku a ostré směrovosti dostupné už u 3-prvkové Yagi. Marshall přijímač může být použit s dalšími anténami kromě integrované antény. Automontáž 5-ti nebo 7-mi prvkové Yagi antény je vynikající pro dálkové telemetrie.



Obr. 8: Výška antény ve stopách (Zdroj: [8])

Tento diagram nám může dát představu o přímoviditelné vzdálenosti. Chceme-li použít výpočet vzdálenosti pro výšku vysílače a svojí vlastní výšky samostatně, pak se obojí sečte. Například, pokud byl vysílač na kopci 25 stop (7,625 m) vysokém a přijímač byl ve výšce 8 metrů, přímoviditelná vzdálenost bude 11 mil (7 + 4 míle) – tj. 17,7 km (11,263 + 6,436 km).



Obr. 9: Difrakce (Zdroj: [8])

## Difrakce

Rádiové vlny se mohou kolem objektů ohýbat. Difrakce funguje nejlépe v okolí kovových hran na budovách, ale také v krajině s kopci, stromy a horami. Difrakce zvyšuje rozsah vašeho vysílače v pahorkatinách, protože se signál ohýbá přes hřeben kopce. To znamená, že rozsah vysílače není striktně stanoven podle výšky mapy přímé viditelnosti. Difrakce umožňuje signálu tzv. "obejmout zemi" a jít dále než po obzor, a postupně se zužuje jako by šel dál. Vysílač nad kopcem nebo v hluboké rokli by byl nezjistitelný, nebýt difrakce kolem okrajů.

Difrakce kolem stromů v kombinaci s odrazy mohou vytvářet uvnitř lesa komplikované prostředí. V lese bychom měli mít svoji anténu vodorovně, protože stromy produkují převážně vertikální rušení. Je nutné si uvědomit, že frekvence je velmi důležitá. Čím vyšší frekvence, tím menší difrakce. Vyšší frekvence vysílače mohou fungovat dobře nablízko na rovném povrchu, ale nebude fungovat dobře na dálku, nebo v kopcovitém terénu. To je nešťastné, protože vyšší frekvence umožňují menší antény. Frekvence přijímače Marshall mezi 173 a 220 MHz dává dobrý kompromis mezi velikostí antény a tzv. „zeměobjímací“ schopností (difrakcí).

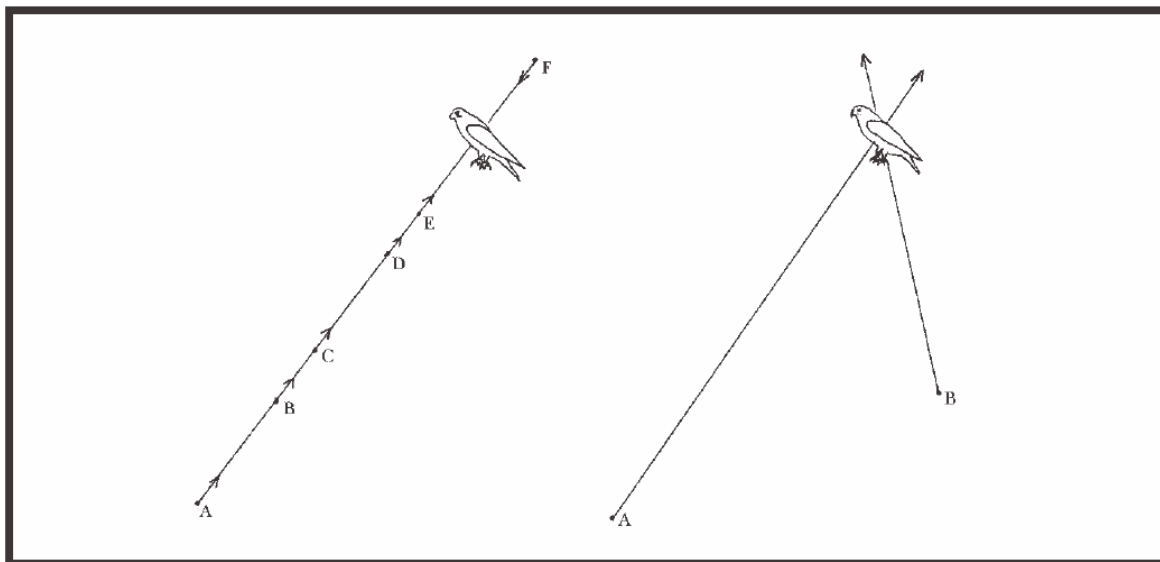
## Vyměřování (triangulace)

Poté, co nalezneme naše první „ložisko“ signálu, přirozená tendence bude jít přímo v tomto směru k vysílači. A pokud máme docela dobrou představu o tom, kde vysílač je, není to špatný nápad. Nicméně, obvykle tímto způsobem skončí hodně měření proto, že chybí informace o vzdálenosti vysílače. Pokud je signál slabý, ne vždy to znamená, že vysílač je daleko.

Dalším přístupem je triangulace. Místo pohybu přímo k místu, kde si myslíme, že je vysílač, se můžeme přibližovat po stranách. Pouze dvěma ložisky můžeme teoreticky určit přesné umístění vysílače: na průsečíku dvou přímek.

Pro práci s triangulací musíme mít na paměti přímky z předchozího ložiska. Můžeme to udělat pomyslným označením dvou orientačních bodů na stejné čáře jako jsou tyto ložiska.

Poznámka: Orientační bod je za vysílačem a další je za námi. Až nalezneme další ložisko, budeme vědět, že vysílač by měl být někde na trase spojující oba orientační body. Pokračuje se směrem k bodu průsečíku přímk, ale znovuohybem na třetí bod. Tím se rychleji ukončí uzavírání hledání vysílače spirálovitým způsobem.



Obr. 10: Triangulace (Zdroj: [8])

### Šíření rádiových vln

Rádiové vlny se běžně šíří v přímých linkách, ale stejně jako světlo mohou rovněž klamat. Pokud svůj lov provádíme na zcela rovné, suché, bezstromové pláni, budeme mít potíže kvůli těmto všem překážkám uvedeným níže.

### Reflektce (odrazy)

Rádiové vlny se odrážejí v mnoha podmínkách a výsledek je vždy zkreslený. Můžeme se domnívat, že je vysílač za bodem reflexe, ale není to tak. Předpokládejme například, že můžeme zachytit signál přicházející z boku hory. Můžeme strávit hodiny lezením na nějaké místo, a přesto tam nenajdeme žádný vysílač. Ani tam nikdy nebyl. Co jsme totiž viděli, bylo odrazem vysílače signálu z jiného údolí. Potěšitelné je, že bez reflexe bysme nedostali signál vůbec. Rádiové vlny se odrážejí od jakýchkoliv povrchů, které vedou elektřinu, včetně následujících:



- Kov je ideální reflektor.

Odrazy od okolí našeho vozu nám snadno způsobí falešné zachytávání signálu a ocel v budově rozptýlí náš signál v každém směru. Dáme-li tak několik budov dohromady, máme velký problém.

- Voda je další dobrý vodič. Rádiové vlny se odrazí od plochy jezera jako světlo odrážející se od bazénu.
- Skály a hory také odráží, ale jejich vlastnosti budou záviset na druhu materiálu v nich, zejména vlhkosti, kterou zadržují, mokřejší struktury odrážejí lépe. Většina přírodních struktur dává výrazné odrazy.
- Živé stromy odrážejí rádiové vlny, ale suché dřevo ne. Les může rozptýlovat signál v mnoha směrech. Jakákoliv zelená rostlina velikosti vyšší než metr to může dělat.

Rádiodrazy se vyskytují stejně jako u zrcadla tak, že úhel vlny, který odchází ven, je stejný jako úhel, kterým jde dovnitř, rovný povrch bude odrážet signál pouze v jednom směru, zatímco zaoblený povrch se bude odrážet v mnoha směrech. I vícenásobné odrazy jsou také možné.

### Ploty & dráty

Plot snímá vysílač signálu jako anténa a signál proběhne dolů drátem a znovuvyzařuje. Náš přijímač zachytí falešné signály, které budou s největší pravděpodobností horizontálně polarizované. Efekt je nejhorší, když je námi monitorované zvíře hned vedle drátu.

### Šachovnicové modely

Když jsme v blízkosti zvířat, může dojít k tzv. šachovnicovému modelu (technicky známému jako interferenčnímu obrazci.) Pokud zachytíme sílu signálu v blízkosti vysílače, bude to vypadat jako deska šachovnice. Na jednom místě je silný, zatímco o pár kroků dál dostaneme malý signál.

K šachovnicovým modelům dochází, když signál dosahuje úrovně našeho přijímače nad dvěma různými cestami, z nichž jedna je přímoviditelná a ostatní většinou odrazena od země. Když se dva signály kombinují navzájem a doplňují se v určitých bodech, ruší zároveň ty ostatní.

### Terénní Absorpce

Pokud rádiové vlny procházejí předměty snižují svou sílu. Účinek je nejvíce patrný v zalesněných oblastech, kde vegetace snižuje sílu našeho signálu. Dále prochází lesem už jen s většími ztrátami. Mlha, mraky, sníh a déšť také absorbují rádiové vlny a snižují dosah našeho vysílače. Marshall systém na frekvenci mezi 173 a 220 MHz předchází potížím s absorpcemi, které jsou výraznější u vyšších frekvencí.

### Rádiostíny

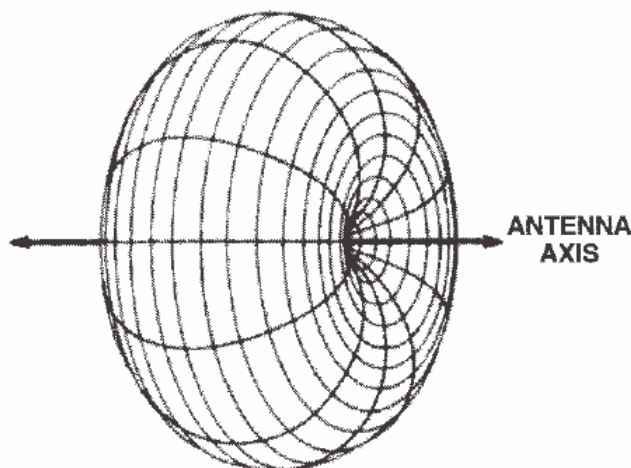
Největší překážkou pro rádiové vlny je sama zem. Rozsah telemetrického systému je omezen především na obzoru. Zakřivení země vytvoří kruhovou oblast kolem vysílače, kde si můžeme zachytit signál, takzvaný přímoviditelný poloměr. Skutečný poloměr závisí na nadmořské výšce obou - vysílače a přijímače. Diagram na obrázku nám může poskytnout představu o přímoviditelné vzdálenosti. Chceme-li použít výpočet vzdálenosti pro výšku vysílače a vlastní výšku odděleně, potom je sečteme dohromady. Například, pokud byl vysílač na kopci 25 stop (7,625 m) vysokém a přijímač byl ve výšce 8 metrů, přímoviditelná vzdálenost bude 11 mil (7 + 4 míle) – tj. 17,7 km (11,263 + 6,436 km). Můžeme vidět, že pokud náš vysílač, je na rovném povrchu, a stojíme na zemi, může být rozsah jen pár kilometrů. Nesrovnalosti kopců rády sníží přímou viditelnost na ještě nižší, než jaké by to bylo v případě, že by země byla hladká. Každý druh terénu produkuje "radiostíny". Jak se budeme pohybovat, můžeme jít a ze stínu dokonce zachytíme signál mnohem dál od bodu, kde jsme nesebrali žádný signál. Klíčem k získání nejlepších rozsahů našeho přijímače, je nadmořská výška. U vysokých míst je nejméně pravděpodobné, že budou ve stínu. Pokud jsme nedostali dobrý signál, první věc, kterou musíme udělat, je dostat se výše. Výstup na vrchol kopce nebo vylezení na např. teplárenský komín může výrazně zvýšit rozsah našeho vysílače.

### Pokročilá telemetrie

Marshall Stealth přijímač je snadno ovladatelný a oblíbený pro téměř všechny příležitosti. Nejprve nějaká teorie o tom, jak rádiové vlny pracují, která je zásadní pro pochopení toho, chceme-li najít našeho ptáka nebo psa, pokud se opravdu ztratil.

### Vysílací modely

Jedna věc, kterou mají telemetrické vysílače společné, jsou antény. Drát běžně používaný na vysílače je známý jako krátký konec dipólu. S tímto druhem antény je většina energie vyzařována z boku. Stejně záření pochází z krátké šroubovicové antény. Málo energie pochází z konce antény, takže když je anténa natočena přímo na nás, dostaneme nejhorší možný signál.



Obr. 11: Vyzařovací diagram vysílače (Zdroj: [8])

Jedním z největších úkolů telemetrie je určování vzdálenosti. Neexistuje žádný vědecky způsob, jak určit vzdálenost od vysílače signálu. Může nás snadno oklamat hlasitý signál z vysílače, který je velmi daleko. Nicméně, existuje několik triků k odhadu, jako:

### Vzdálenostní technika # 1:

Předpokládejme, že dostáváme silný signál s dalekým rozsahem. Nyní musíme přejít z daleké do střední vzdálenosti. Pokud signál zůstává silný, znamená to, že jsme docela blízko vysílače.

V případě silného signálu, jsou zde typické rozsahy pro vysílač v blízkosti země:

Blízko .....	Menší než 30 metrů
Středně vzdálený.....	Méně než 400 metrů
Daleko .....	Nad 400 metrů

Výše uvedená tabulka je pouze příklad, my nebudeme mít stejné výsledky. Závisejí to na vysílači, terénu, a mnoha dalších faktorech. Ale v průběhu času získáme cit pro vzdálenost rozsahových nastavení vysílače a posouzení terénu.

Vzdálenostní technika # 2:

Po zachycení signálu pak pokračujeme ve směru vysílače, dokud měřicí přístroj neukazuje dvakrát tak silný signál. Tím budou pokryty ty místa, na něž se vztahují přibližně poloviční vzdálenosti na náš cíl. To funguje pouze s přímoviditelnými signály stejné polarizace a dává pouze přibližné hodnoty. Přesto nás může zachránit od jízdy několik mil na naší cestě. Musíme upravit hlasitost během prvního zachycení signálu, tak měřicí přístroj zachytává asi třetinu celkového rozsahu stupnice (kde je pravděpodobné, že bude nejvíce lineární).

### 2.2.2 Přijímač Stealth

Stealth přijímač je vysoce výkonný telemetrický přijímač určený pro maximální výkon a snadné použití v terénu. Mezi jeho vlastnosti patří jednoduchost a trvanlivost analogových ovládacích prvků spolu s technologickými vymoženostmi v oblasti vnitřních obvodů pro dosažení nejlepší možné výkonnosti v průběhu mnoha let těžkého polního použití. Jeho vysoká citlivost a ostrá směrovost je vyšší než kteréhokoliv jiného sledovacího přijímače. Patentovaná tříprvková Yagi anténa má kompletní, jednodušový design, který je namontován přímo na plášti přijímače. Dá se zkroutit do velmi malé velikosti pro praktické skladování a cestování. Obráběné hliníkové pouzdro poskytuje dokonalou rovnováhu v ruce a chová se jako kompaktní celek, který se hodí do úložného prostoru pouzdra a dá se nosit kolem pasu při chůzi. [8]



Obr. 12: Přijímač Marshall Stealth (Zdroj: [8])

V dalším textu bych uvedl už jen to, co odlišuje tento přijímač od výše uvedeného, tedy Field Marshall.

Vzdálenostní technika # 1:

Předpokládejme, že jsme přijali silný signál s dalekým rozsahem. Nyní přejdeme z daleké na blízkou vzdálenost. Pokud signál zůstává silný, znamená to, že jsme docela blízko k vysílači.

V případě silného signálu, jsou zde typické rozsahy pro vysílač v blízkosti země:

Blízko ..... Méně než 500 ft (152,5 m)

Daleko ..... Více než 500 ft (152,5 m)

Výše uvedená tabulka je pouze příklad, my nebudeme mít stejné výsledky. Závisí to na vysílači, terénu a mnoha dalších faktorech. Ale po čase získáme cit pro vzdálenost těchto rozsahových nastavení představujících vysílač a terén.

Vzdálenostní technika # 2:

Po zachycení signálu pak pokračujeme ve směru vysílače, dokud měřicí přístroj neukazuje dvakrát tak silný signál. Tím budou pokryty ty místa, na něž se vztahují přibližně poloviční vzdálenosti na náš cíl. To funguje pouze s přímoviditelnými signály stejné polarizace a dává pouze přibližné hodnoty. Přesto nás může zachránit od jízdy několik mil na naší cestě. Musíme upravit hlasitost během prvního zachycení signálu, tak měřicí přístroj zachytává asi třetinu celkového rozsahu stupnice (kde je pravděpodobné, že bude nejvíce lineární).

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

### 3 NÁVRH ANTÉNY PRO PŘÍJEM SIGNÁLU GENEROVANÉHO VYSÍLAČEM MARSHALL

#### 3.1 O anténách obecně

Anténa je součástí rádiového zařízení, které je určeno k přetváření vysokofrekvenční energie na elektromagnetickou vlnu (vysílací anténa) nebo transformaci elektromagnetické vlny na vysokofrekvenční energii (přijímací anténa). Proto je anténa nejdůležitější částí rádiového zařízení a nelze ji nahradit žádným jiným elektronickým obvodem. Během rádiového provozu mezi vysílací a přijímací anténou vzniká prostřednictvím prostoru (éter) spojení, při kterém dochází k dvojité transformaci vysokofrekvenční energie.

Libovolný rezonanční obvod sestavený z cívky a kondenzátoru stimulován vysokofrekvenční energií může vytvářet elektromagnetické pole. Vyzařování rezonančního obvodu je však málo účinné a působí na malou vzdálenost. V ohraničeném prostoru obvodu vzniká: elektrické pole soustředěné mezi deskami kondenzátoru a magnetické pole v prostoru okolo cívky. Pro rozšíření pole kondenzátoru je třeba zvýšit vzdálenost mezi deskami. Sníží se tak jeho kapacita, kterou lze však zachovat zvětšením plochy desek. Kondenzátor s velkoplošnými deskami může mít podobu dvou vodičů, z nichž je jeden v dostatečné výšce nad povrchem a druhý je umístěn na povrchu nebo je s ním propojený..

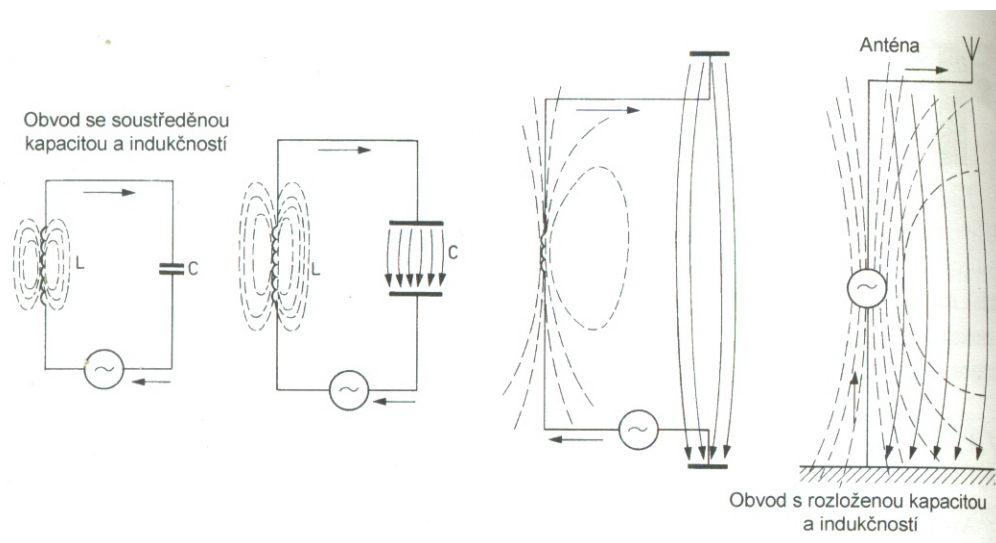
Takto sestavený kondenzátor tvoří otevřený rezonanční obvod (dipól). Název „rezonanční obvod“ není náhodný. Vodiče otevřeného obvodu, jež představují velkoplošné desky kondenzátoru, mají nejen kapacitu, ale také indukčnost.

V zásadě libovolný vodič, kterým protéká proud, má indukčnost a pro získání její požadované hodnoty je třeba upravit délku vodiče. Je jednoduché zjistit, že kapacita a indukčnost otevřeného obvodu jsou rovnoměrně rozloženy podél jeho vodičů, na rozdíl od uzavřeného obvodu, jehož indukčnost a kapacita se soustřeďují na cívce a kondenzátoru.

Otevřený rezonanční obvod se nazývá anténou. Je dokázáno, že se obvod mění na otevřený, tj. stává se anténou, pokud je jeho délka násobkem vlnové délky, na kterou byl obvod vyladěn. Kvalita antény jako zářiče se zvyšuje, přibližuje-li se její délka  $\frac{1}{4}$  nebo  $\frac{1}{2}$  vlnové délky obvodu. V jiném případě se významná část energie spotřebovává na zahřívání vodičů. [3]



Přechod od soustředěné indukčnosti a kapacity k anténě znázorňuje obr. 3.



Obr. 13: Uzavřený a otevřený rezonanční obvod (Zdroj: [3])

Elektrické pole (vytvořené rozloženou indukčností) a magnetické pole (vytvořené rozloženou kapacitou antény) vychází mimo hranice obvodu a v prostoru se vytváří elektromagnetické pole. Pokud se otevřený obvod nabudí vysokofrekvenční energií, kromě ztrát příslušejících rezonančnímu obvodu, vzniká dodatečná ztráta energie, která se od něho oddělí v podobě rádiových vln. Anténa stejně dobře vyzařuje energii v podobě elektromagnetických vln, jako ji indukuje v podobě vysokofrekvenčních proudů. Může se tedy používat jako přijímač i vysílač.

### 3.1.1 Elektrické parametry určující charakteristiku antény

#### Rezonanční kmitočet a šířka pásma antény

Anténa je otevřený rezonanční obvod, kde jsou indukčnost a kapacita zastoupeny vodičem (délka vodiče  $L \gg$  průměr vodiče  $d$ ). Proto musí být délka vodiče násobkem vlnové délky, neboli ekvivalentem obvodu RLC v rezonanci. Rezonanční kmitočet závisí na výšce umístění antény (kapacita mezi deskami „otevřeného“ kondenzátoru).

Vzájemnou závislost mezi kapacitou, indukčností a kmitočtem v rezonančním obvodu vyjadřuje rovnice:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (3.1)$$

kde:

f ... kmitočet [Hz],

L ... indukčnost [H],

C ... kapacita [F].

I když má anténa vlastní rezonanční kmitočet, pracuje účinně pouze v jeho určitém pásmu. Šířka pásma antény závisí především na konstrukci antény a pohybuje se v rozmezí od cca 2 kHz (magnetické dipóly), přes stovky kHz (dlouhohrátkové KV antény) až do několika MHz (logaritmicko – periodické antény pro VKV). Velká šířka pásma nemusí být vždy výhodná. Díky možnosti jemného ladění antény se můžeme zbavit „spletteru“ a pásmového šumu, které mnohdy znesnadňují navázání spojení (magnetické antény). Kladem širokopásmové antény je, že často pokrývá celé radioamatérské pásmo, a tudíž není nutné její opakované ladění.

Šířku pásma přenosu kmitočtů všesměrových a směrových antén ovlivňují jejich fyzické rozměry (délka, tloušťka, výška). Šířka přenosového pásma antény je nepřímo úměrná k její délce a přímo úměrná k její tloušťce. Tzn. čím větší je průměr vodiče antény (poměr  $L / d$ , činitel zkrácení, štíhlost antény), tím bude anténa širokopásmovější.

U směrových antén se se vzrůstajícím počtem prvků zužuje přenosové pásmo. Použitím tlustších dipólů a direktorů naopak docílíme rozšíření pásma. Při výběru antény je tedy nutno uvážit, zda je důležitější výkonový zisk nebo šířka přenosového pásma, protože oba parametry stojí proti sobě v nepřímé úměře. [3]

### Zisk antény

Výkonový zisk (G) je základním parametrem charakterizujícím účinnost antény. Jedná se o relativní hodnotu vztaženou k určenému bodu v prostoru. V případě antény výkonový zisk vyjadřuje logaritmus podílu intenzity indukovaného pole ( $E_1$ ) nebo výkonu ( $P_1$ ) zkoumané antény a referenční antény ( $E_0, P_0$ ):

$$G[\text{db}] = 20 \log E_1 / E_0 = 10 \log P_1 / P_0 \quad (3.2)$$

Tzn. výkonový zisk určuje, kolikrát je třeba zvýšit výkon referenční antény vzhledem ke zkoumané anténě pro dosažení stejné intenzity pole v měřeném bodě. [3]

### Vstupní impedance a vyzařovací odpor

Anténa spojená s vysílačem je pro něj jako každý spotřebič určitým zatížením. Protože anténa má také vlastní kapacitanci a induktanci, je pak celkové zatížení rovno součtu obou složek. Vstupní odpor antény se dělí na vyzařovací odpor  $R_z$  (nejdůležitější pro účinnost antény) a ztrátový odpor  $r$  (ohřívání vodičů). Vstupní impedance je závislá na kmitočtu a také výšce umístění antény nad povrchem (vliv  $R_z$ ). Největší změny odporu se projevují v rozmezí  $0 - \lambda/2$  nad povrchem. Ve větší výšce se hodnota  $R$  stabilizuje. Z toho plyne, že pokud chceme zachovat stálost vyzařovacího odporu  $R$  pro určitou anténu, musíme ji umístit ve výšce alespoň  $\lambda/2$  nad zemí. Samotný vyzařovací odpor lze definovat pomocí základních elektrických zákonů ( $R = U / I$ ,  $P = U \times I$ ):

$$R = P / I^2 \quad (3.3)$$

kde:

$R$  ... vyzařovací odpor [ $\Omega$ ],

$P$  ... výkon vyzářený z antény [W],

$I$  ... maximální proud tekoucí napájecím bodem [A].

### Činitel stojatých vln

Činitel stojatých vln (ČSV) je určením stupně přizpůsobení antény k napájecí a vysílači. Jeho hodnota se pohybuje v rozsahu od 1 do nekonečna. V případě, že  $\text{ČSV} = 1$ , je vyzářen celý výkon přenesený na anténu  $F$ . Je-li  $\text{ČSV} > 1$ , z důvodu nepřizpůsobení (neupravená impedance antény), vzniká odražená vlna  $B$ , která se vrací zpět do vysílače. Je příčinou poruch, v mezních případech může zničit zesilovač vysílače. [3]

Výpočet hodnoty ČSV:

$$\text{ČSV} = \frac{1 + \sqrt{B/F}}{1 - \sqrt{B/F}} = \frac{Z_1}{Z_a} = \frac{Z_a}{Z_1} \quad (3.4)$$

kde:

F, B ... výkon přenášené a odražené vlny,

Z1 ... impedance antény,

Za ... impedance napáječe.

### **Polarizace antény**

Polarizace antény je nedílně svázána s polarizací elektromagnetických vln. Elektromagnetická vlna se skládá z elektrického a magnetického pole, které jsou k sobě kolmé. Vertikálně polarizovaná vlna je ta, jejíž siločáry elektrického pole jsou kolmé k zemskému povrchu. Siločáry elektrického pole jsou tedy rovnoběžné s vertikálním zářičem antény. Pokud anténa pracuje v poloze vertikální polarizace, je významně ovlivněna zemským povrchem (uzemnění, použití „umělé země“, anténní protiváha).

Typ polarizace přijímací a vysílací antény má zásadní vliv na dosažení spojení mezi stanicemi. Je teoreticky nemožné navázat spojení mezi anténami s nesouladnou (např. navzájem kolmou) polarizací. Na druhé straně při dálkových spojeních, kdy po mnohočetném odrazu od země a ionosféry (KV), vlna získává smíšenou polarizaci (eliptickou nebo kruhovou), polarizace antény neovlivňuje možnost navázání stálého spojení. [3]

### **Úhly vyzařování antén (vertikála, horizontála)**

Každá anténa vysílá hlavní svazek pod určitým charakteristickým úhlem – hovoříme o úhlech vyzařování ve dvou polarizačních rovinách: vertikální a horizontální.

Pro antény s vertikální polarizací je nejdůležitější úhel ve vertikální polarizaci, protože v horizontální rovině mají nejčastěji všesměrovou charakteristiku, která ve značné míře závisí na druhu uzemnění nebo kvalitě a množství protivah („umělá země“).

Úhel vyzařování všesměrových antén ve vertikální polarizaci závisí na jejich mechanické délce a konstrukci (kratší anténa má větší úhel vyzařování hlavního svazku).

Úhel vyzařování zásadně ovlivňuje dosah spojení. Při spojení přízemní vlnou, v rovinnatém terénu, budou účinnější antény s malým úhlem vyzařování. Naopak v hornatém terénu se budou lépe chovat antény s velkým úhlem vyzařování.

Pro směrové antény je nejdůležitějším parametrem úhel vyzářování v horizontální polarizaci. Úkolem směrové antény je zamířit hlavní svazek určitým směrem a v určitém pásmu tak, aby přijímač získal maximální signál. Užší svazek urazí v daném směru delší vzdálenosti. Šířka hlavního svazku směrové antény závisí na počtu jejích prvků. S počtem prvků se zužuje svazek vlny a zvyšuje se dosah vysílání. V tomto případě se však zvyšují nároky na přesnost nasměrování antény ve směru přijímací stanice, aby svazek našel svého „odběratele“. [3]

### 3.1.2 Typy šíření rádiových vln

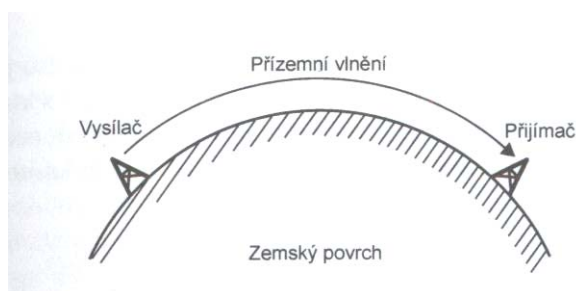
Mimo zvláštních případů odrazů rádiových vln (tj. např. od padajících meteoritů, od polární záře, od Měsíce) se rádiové záření šíří rovnoběžně k zemskému povrchu, přímočaře nebo prostřednictvím odrazů od troposféry či ionosféry. [3]

#### Šíření přízemních vln

Přízemní vlny se šíří podél zemského povrchu a ohýbají se podle jeho zakřivení. Dosah tohoto druhu spojení je velmi daleký a je ovlivněn terénem, kterým prochází (tvar zemského povrchu), elektrickými parametry prostředí (půda, voda, atd.), kmitočtem a výkonem vysílače. Přízemní vlny jsou typické těmito vlastnostmi:

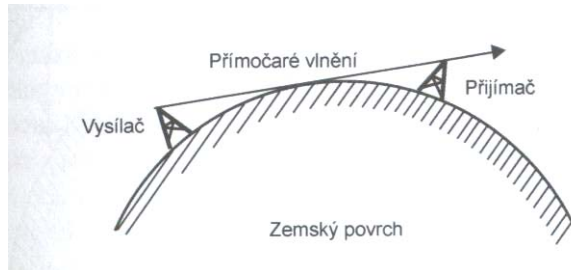
- velmi nízkým kmitočtem,
- náchylností na poruchy veškerých druhů.

Přízemní vlna je absorbována zemským povrchem a proto se pro získání dálkových spojení používají vysoce výkonné vysílače.



Obr. 14: Šíření přízemní vlny (Zdroj: [3])

Přímočaré rádiové vlny s vyšším kmitočtem se neohýbají podél zemského povrchu a dosahují hranice obzoru – tj. cca 50 km. Jejich dosah závisí na výšce vysílací a přijímací antény.

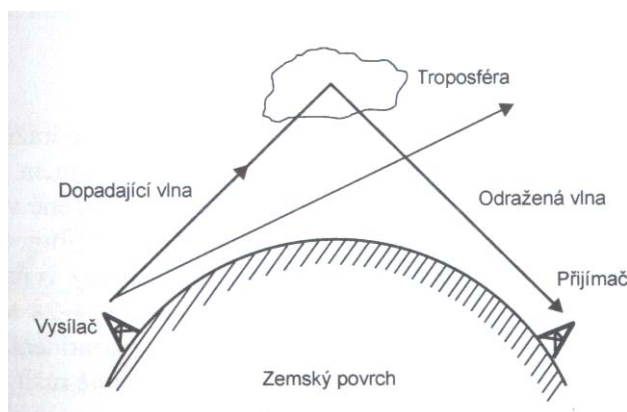


Obr. 15: Přímý dosah (Zdroj: [3])

### Šíření troposférických a ionosférických vln

Troposféra je atmosférická vrstva ve výšce cca 10 km. Součástí vrstvy jsou plyny a vodní pára. V troposféře panují poměrně nízké teploty (asi  $-50^{\circ}\text{C}$ ) a nižší tlak. Elektrická propustnost troposféry je odlišná od propustnosti nižších vrstev, a proto zde dochází k refrakci (lomu). Vlnové záření se může lomit směrem k Zemi nebo ve směru opačném - do mimozemského prostoru.

Úhel lomu je závislý na úhlu dopadu a několika dalších elektrických parametřích troposféry jako: teplota, tlak, koncentrace plynů a množství vodní páry (oblačnosti). Velmi krátké vlny (VKV) se díky odrazu od troposféry vrací zpět k zemskému povrchu, čímž se zvyšuje jejich dosah. Časté změny atmosférických podmínek mění sílu signálu vysílaného ze země. Vzniká fluktuace, jejíž důsledkem jsou krátká střídající se období slyšitelnosti a zániku signálu.

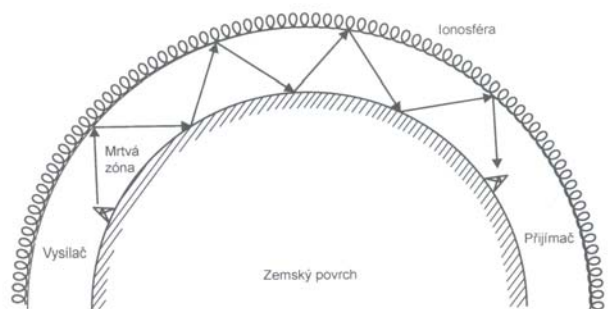


Obr. 16: Vlna s odrazem od troposféry (Zdroj: [3])

Ionosféra je vrstvou atmosféry ve výšce přes 50 km. Její součástí jsou ionizované částice plynů, které vznikají bombardováním atmosféry „slunečním větrem“, mimozemským zářením nebo minerálními částicemi meteoritů. Hustota ionizované vrstvy je časově proměnlivá. Závisí na denním i ročním období, a také na vzdálenosti od zemského povrchu.

Každá vrstva odráží vlnu s určitým kmitočtem. Hodnota kmitočtu je přímo úměrná výšce, tzn. vyšší vrstvy odrážejí vyšší vlnový kmitočet, nižší vrstvy – vlny s kmitočtem nižším. Stupeň ionizace velmi ovlivňuje 11-ti letý cyklus sluneční aktivity (sluneční skvrny). Sluneční aktivita má největší význam pro šíření vln s krátkovlnným kmitočtem.

Vlna odražená od ionosféry se vrací na Zem, odkud se znovu odráží. Tyto mnohočetné skoky jsou příčinou dálkových spojení v krátkovlnném pásmu i při poměrně nízkých výkonech vysílacích antén. Při spojení na odražené vlně se objevuje tzv. mrtvá zóna, kterou už nepokrývá přímočaré vlnění šířící se přímočaře podél zemského povrchu a ještě nepokrývá vlnění odražené od ionosféry vracející se k zemi. Tento jev je příznačný pro vyšší část krátkovlnného pásma (14 – 28 MHz).



Obr. 17: Vlna s odrazem od ionosféry (Zdroj: [3])

### 3.1.3 Dosah vysílání

Dosah rádiového spojení ovlivňuje mnoho činitelů:

- územní činitel: stavba terénu (členitost), přírodní a umělé terénní překážky (hory, les, zástavba, atd.),
- podmínky šíření vln: počasí, způsob šíření vln podle kmitočtu,
- vybavení: výkon vysílače, citlivost přijímače, anténa, kmitočet, stanice (stacionární, přenosná, mobilní),

d) poruchy.

Dosah se zvyšuje s výškou zeměpisné polohy vysílače a přijímače – čím méně překážek, tím lépe. Vyšší výkon přijímače a účinnější anténa (velký výkonový zisk) zvyšuje dosah spojení.

Dosah zvyšuje také použití nižšího kmitočtu. Zvyšuje se tak však náchylnost na rušení rádiového spojení. Spojení na větší vzdálenost se lépe navazuje mezi stacionárními stanicemi než přenosnými a mobilními.

Při koncipování dosahu spojení je třeba přijmout kompromis mezi všemi uvedenými činiteli a je třeba je zvážit individuálně s ohledem na nezávislé (poloha, propagace, poruchy) a závislé (výkon vysílače, výška stožáru, druh antény, kmitočet, druh a typ vysílací a přijímací stanice) faktory. [3]

### 3.2 Samotný návrh směrové antény

Směrové antény byly vyvinuty kvůli získání vyššího směrového výkonového zisku a odrušení poruch přicházejících ze všech nežádoucích stran. Co se týče návrhu antény vhodné pro příjem signálu z vysílače značky Marshall, využil jsem k tomuto účelu na internetu volně dostupného softwarového produktu, který dokáže, pro námi požadovanou frekvenci, na níž má přijímací anténa pracovat (v našem případě 216, 035 MHz), vypočítat všechny potřebné parametry pro její výrobu (tj. např. vzdálenost direktorů, jejich délky a tloušťky, atd.). Všechny tímto programem vypočtené hodnoty jsem si ještě na základě odborné literatury pro jistotu manuálně ověřil.

V základním provedení se bude tedy jednat o dvouprvkovou směrovou anténu, typicky označovanou jako HB9CV, která je již dlouhodobě prakticky odzkoušená a s velkou oblibou často používaná mezi radioamatéry a její alternativní provedení budou spočívat v přidání ještě dalších direktorů.

Jako druhý typ antény jsem zvolil anténu typu Yagi, která je taktéž pro tento účel velmi vhodná a již léty osvědčená.

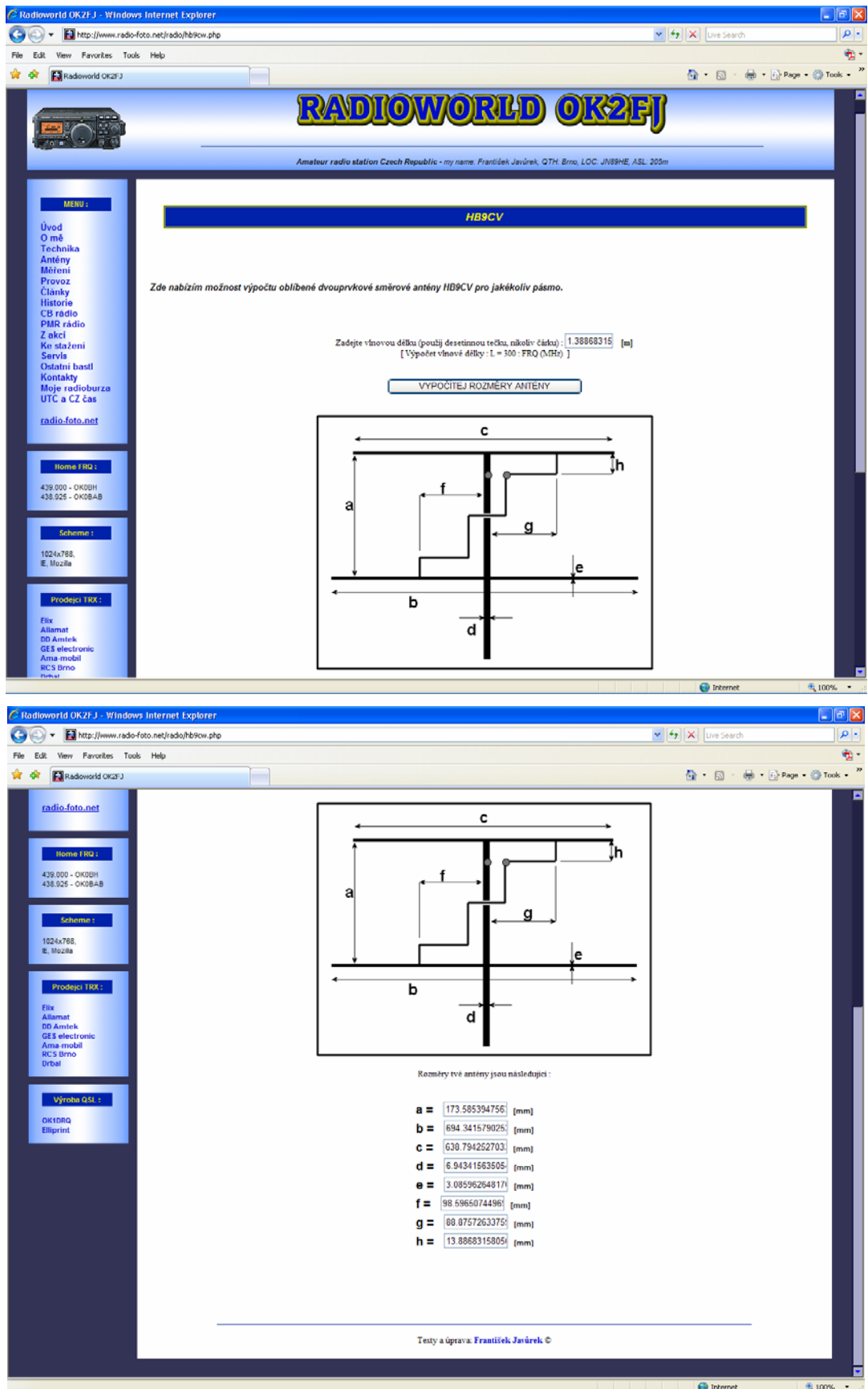


### 3.2.1 Návrh antény typu HB9CV

Ačkoliv se měď poněkud mnohem lépe pájí (postačuje k tomu silnější transformátorová pájka a cín), nastává vždy při jejím použití ve venkovním prostředí problém týkající se její zvýšené oxidace z důvodu povětrnostních vlivů a tím pádem silně ztrácí své dobré vlastnosti.

Přičemž zároveň z výše uvedeného důvodu bych při stavbě dalších verzí této antény – tím mám na mysli její tří- a čtyřdirektorové provedení (jejichž vlastnosti mám v úmyslu porovnat se základním dvoudirektorovým provedením) – od mědi jako použitého materiálu upustil a dal přednost celohliníkovému provedení (s pájením, resp. svařováním hliníku si ale v domácích podmínkách neporadíme, a tak je nutno toto provést na specializovaném pracovišti).

Jak jsem v úvodu kapitoly uvedl, vycházel jsem při návrhu antény z volně na internetu dostupného softwarového produktu [9] a zde je jeho stručné představení (viz obr. 18)

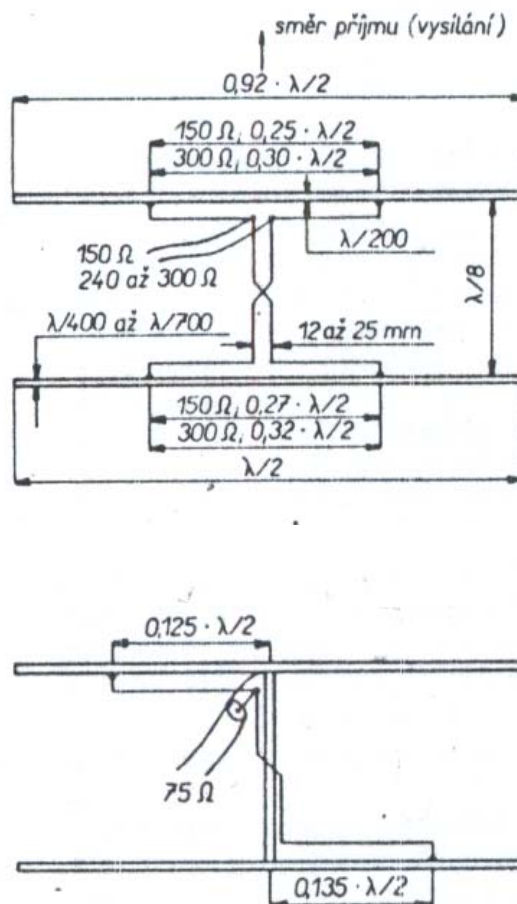


Obr. 18: Program na výpočet rozměrů dvouprvkové směrové antény HB9CV (Zdroj: [9])

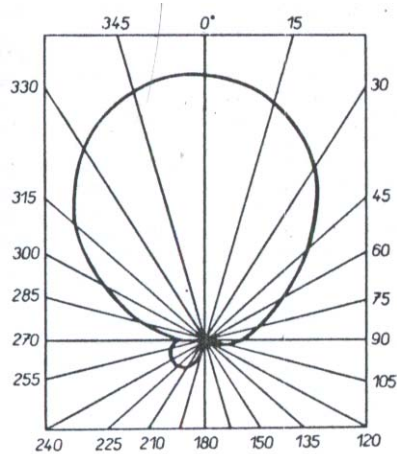
V horním okně je nutno zadat vlnovou délku  $L$ , kterou si zvlášť na kalkulátoru vypočteme jako  $L = 300 / F$  (kde  $F$  je námi požadovaná frekvence, na níž vysílací anténa pracuje), tedy v našem případě bude hodnota  $L = 300 / 216,035$ , tj. za  $L$  do horního okna dosadíme hodnotu cca 1,38866 (jak je však upozorněno, je nutno místo desetinné čárky použít desetinnou tečku).

Níže vypočtené hodnoty na tomto obrázku pro tuto frekvenci odpovídají jednotlivým rozměrům dle písmen na náčrtu antény (např. písmeno „b“, jehož velikost nám vyšla cca 694,342 milimetrů odpovídá délce, jenž by měl mít spodní direktor nebo třeba písmeno „e“, jehož hodnota nám vyšla 3,086 milimetrů, zase udává průměr (sílu), jakou mají mít direktory antény, atd.).

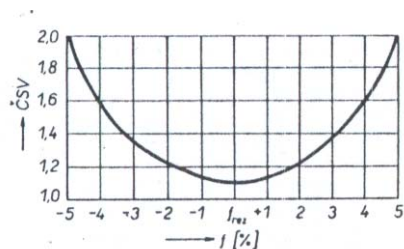
Parametry antény můžeme však vypočítat i manuálně, bez použití například výše uvedeného programu, jak ukazují níže uvedené obrázky.



Obr. 19: Schémata pro manuální výpočet rozměrů antény HB9CV (Zdroj: [3])



Obr. 20: Typický vyzařovací diagram antény HB9CV (Zdroj: [3])



Obr. 21: Typický průběh činitele stojatého vlnění (ČSV) antény HB9CV (Zdroj: [3])

### 3.2.2 Návrh antény typu Yagi

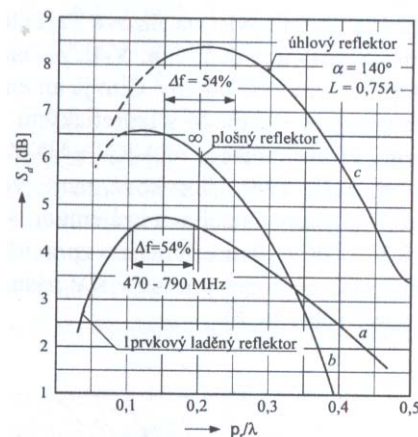
Při návrhu antény Yagi je hlavním problémem určení základních rozměrů nutných pro dosažení požadovaných elektrických vlastností v daném kmitočtovém pásmu.

Antény Yagi lze rozdělit do dvou skupin: krátké antény, u nichž hraje hlavní roli velikost a fáze indukovaného proudu v anténních prvcích a diagram záření vzniká superpozicí diagramů jednotlivých anténních prvků. Velikost fázového posuvu a amplitudy indukovaných proudů (nebo napětí) je dána vzájemnou impedancí prvků. Druhou skupinu antén tvoří tzv. dlouhé antény Yagi, které lze teoreticky řešit jako antény s povrchovou vlnou. Směrnost těchto antén závisí na fázové rychlosti šíření povrchových elektromagnetických vln podél struktury antény a je dána u antén Yagi průměrem vodičů,

jejich délkou, počtem a roztečí, popř. délkou celé antény. Čím je anténa delší, tím více se shodují výsledky měření směrových vlastností s teoretickými předpoklady.

Prakticky používané antény Yagi (příjem TV, komunikace na VKV a UKV pásmech) dosahují délky od  $0,5$  do  $7\lambda$ . Krátké antény Yagi, např. tříprvkové, mají svoje hlavní použití v KV pásmech 14 a 7 MHz a to s ohledem na délku a vzájemnou vzdálenost prvků. Zatímco diagramy záření v VKV a UKV pásmech nejsou zpravidla ovlivněny působením země, jsou diagramy antén určených pro provoz v KV pásmech silně ovlivněny působením odrazu vln od země.

Standardní anténa Yagi sestává ze dvou částí: ze soustavy aktivní zářič – reflektor a z řady direktorů. Úkolem reflektoru je soustředit elektromagnetickou energii vyzařovanou zářičem připojeným na napájecí vedení podíl řady direktorů, kde se pak šíří jako povrchová vlna. Délka vodiče reflektoru a jeho vzdálenost od zářiče musí být takové, aby se v reflektoru indukovaly vysokofrekvenční proudy v protifázi, takže odráží elektromagnetickou energii směrem k soustavě direktorů. Musí tedy být vzdálen od zářiče asi o  $0,15$  až  $0,25\lambda$  a jeho rezonanční délka musí být  $l_r \geq 0,5\lambda$ . Průběh směrovosti antény Yagi v závislosti na vzdálenosti  $p_r$  v soustavě zářič (dipól) – reflektor ukazuje, že vzdálenost  $p_r$  není kritická, což platí zejména pro delší antény.



Obr. 22: Průběh směrovosti antény Yagi v závislosti na vzdálenosti  $p_r$  v soustavě zářič (dipól) – reflektor (Zdroj: [3])

Protože několikaprvkový reflektor ztrácí charakter reflektoru laděného, přestává být délka jeho prvků kritická, přitom ale prodloužení prvků reflektoru může příznivě ovlivnit impedanci zářiče, tedy impedanční přizpůsobení antény. Proto se u několikaprvkových reflektorů prodlužuje délka prvků  $l_r$  na  $0,55$  až  $0,6\lambda$  (bez vlivu na směrové vlastnosti antény).

Širokopásmové antény Yagi bývají často vybaveny reflektorem úhlovým, který přispívá ku zvětšení směrovosti v dolní části kmitočtového pásma. Horní část pásma je ovlivněna parametry direktorové soustavy.

Zaříčem u běžných antén Yagi je zpravidla půvlnný dipól nebo dipól skládaný. Oba napájené zářiče nemají principiální vliv na směrové vlastnosti antény. Výjimku tvoří celovlnný dipól, používaný většinou s úhlovým reflektorem, nebo plošným reflektorem u některých širokopásmových TV přijímacích antén pro pásma IV a V.

V soustavě antén Yagi mají rozhodující vliv na směrové vlastnosti (směrovost a tedy i zisk) direktory, neboť jejich fyzikální rozměry, počet a geometrické uspořádání má rozhodující vliv na fázovou rychlost elektromagnetické povrchové vlny šířící se podél soustavy direktorů (platí pro dlouhé antény). Čím je fázová rychlost větší, tím je větší směrovost. Pro antény dané délky lze vždy stanovit optimální velikost této fázové rychlosti.

Dále platí, že se fázová rychlost:

- zvětšuje se zkracováním direktorů, ale zmenšuje s jejich rostoucím průměrem vodiče,
- zvětšuje s rostoucí roztečí direktorů,
- zmenšuje se zvyšujícím se kmitočtem.

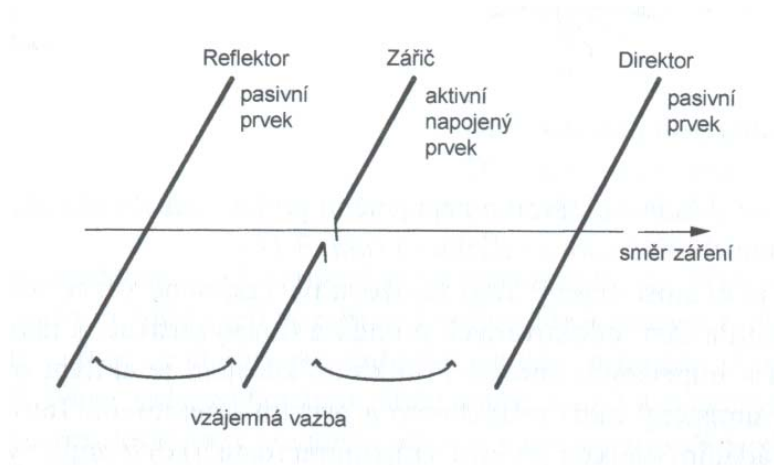
Prakticky to znamená, že čím je anténa delší, tím kratší musí být direktory (pro optimální fázovou rychlost neboli optimální směrovost). Nahradíme-li direktory optimální délky jinými, s vodičem většího průměru, zmenší se fázová rychlost i směrovost. Aby bylo dosaženo opět optimální směrovosti je nutno silnější direktory zkrátit. Dále platí, že čím je anténa delší, tím mají být rozteče direktorů větší. Z předešlého plyne, že anténa určité délky bude mít pro daný kmitočet stejnou směrovost při „hustších“ a kratších direktorech, jako při „řidších“ a delších direktorech. Uvedené parametry lze pro optimální směrovost různě kombinovat. Přitom však existuje určitá maximální rozteč  $p = 0,4\lambda$ , po jejímž překročení se vazba mezi direktory zmenší natolik, že směrovost trvale klesá.

Pokud jde o impedanční přizpůsobení antény, nastavuje se zásadně až po nastavení směrových vlastností a vychází se z naměřené svorkové impedance na zářiči v pracovním kmitočtovém pásmu.

Zisk antény závisí na počtu prvků – direktorů, resp. délce antény. Orientačně platí:

- 3prvková anténa Yagi – 4,0 dB<sub>d</sub>,
- 6prvková anténa Yagi – 9,0 dB<sub>d</sub>,

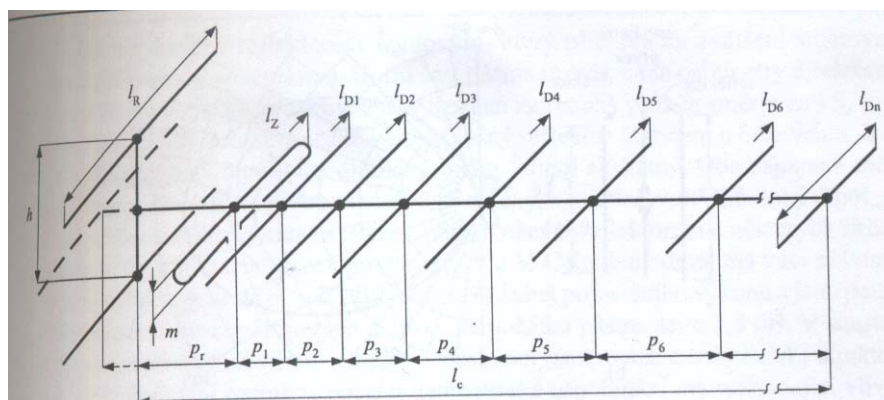
- 9prvková anténa Yagi – 12,0 dB<sub>d</sub>,
- 15prvková anténa Yagi – 15,0 dB<sub>d</sub>,
- 28prvková anténa Yagi – 19,0 dB<sub>d</sub>.



Obr. 23: Princip činnosti antény Yagi (Zdroj: [3])

Zisk delších antén Yagi nestoupá přímo úměrně s počtem prvků, resp. lineárně s její délkou. Proto nemá smysl prodlužovat celkovou délku antény nad  $8\lambda$ , kdy je již přírůstek zisku prakticky zanedbatelný. Účinnějším řešením je realizace vícečlenných anténních soustav, sestavených z několika soufázově napájených základních antén. Každým zdvojením sestavy antén se celkový zisk soustavy teoreticky zvyšuje až o 3 dB. Praktický přírůstek zisku je o něco menší vlivem ztrát na spojovacích vedeních. [4]

Při samotném návrhu Yagi antény budeme vycházet z níže uvedeného obrázku a tabulky.



Obr. 24: Schéma návrhu antény typu Yagi (Zdroj: [4])



Typ	5Y0,4-0,85 A	5Y0,42-0,9 B	7Y1,7-0,98 C	12Y2-0,92 D	14Y2,7-0,9 E	20Y4-0,91 F	17Y4,1-0,96 G	28Y7,3-0,9 H	21Y6,6-0,96 I
Rozměry									
$L_n$	0,63 (2×)	0,608 (2×)	0,476 (1×)	0,6 (2×)	0,59 (2×)	0,604 (3×)	0,53 (2×)	0,615 (2×)	0,52 (1×)
$p_1$	0,19	0,19	0,25	0,226	0,23	0,15+0,07	0,177	0,18	0,2
$l_1$	0,56	0,54	0,478	0,55	0,57	0,552	0,522	0,57	0,51
$p_2$	0,032	0,036	0,05	0,06	0,05	0,05	0,064	0,044	0,084
$l_{01}$	0,472	0,47	0,45	0,47	0,464	0,48	0,461	0,426	0,469
$p_3$	0,19	0,2	0,289	0,094	0,165	0,083	0,254	0,128	0,107
$l_{02}$	0,45	0,44	0,436	0,46	0,456	0,463	0,433	0,41	0,455
$p_4$			0,406	0,132	0,172	0,121	0,304	0,266	0,234
$l_{03}$			0,43	0,453	0,448	0,459	0,433	0,408	0,44
$p_5$			0,323	0,172	0,192	0,155	0,304	0,285	0,263
$l_{04}$			0,434	0,445	0,441	0,456	0,428	0,408	0,44
$p_6$			0,422	0,208	0,211	0,19	0,304	0,303	0,289
$l_{05}$			0,43	0,436	0,433	0,452	0,415	0,403	0,433
$p_7$				0,206	0,23	0,219	0,304	0,303	0,335
$l_{06}$				0,43	0,425	0,449	0,412	0,403	0,433
$p_8$				0,264	0,25	0,242	0,304	0,303	0,39
$l_{07}$				0,426	0,418	0,446	0,408	0,403	0,433
$p_9$				0,24	0,268	0,268	0,304	0,303	0,39
$l_{08}$				0,432	0,41	0,442	0,405	0,403	0,419
$p_{10}$				0,320	0,287	0,293	0,304	0,303	0,39
$l_{09}$				0,415	0,402	0,439	0,401	0,398	0,419
$p_{11}$					0,306	0,31	0,304	0,303	0,39
$l_{10}$					0,395	0,435	0,401	0,398	0,419
$p_{12}$					0,325	0,31	0,304	0,303	0,39
$l_{11}$					0,387	0,432	0,401	0,398	0,419
$p_{13}$						0,31	0,304	0,303	0,39
$l_{12}$						0,428	0,401	0,398	0,419
$p_{14}$						0,31	0,304	0,303	0,39
$l_{13}$						0,425	0,401	0,395	0,411
$p_{15}$						0,31	0,304	0,303	0,39
$l_{14}$						0,421	0,396	0,395	0,411
$p_{16}$						0,31	–	0,303	0,39
$l_{15}$						0,418	–	0,395	0,411
$p_{17}$						0,31	–	0,303	0,39
$l_{16}$						0,414	–	0,395	0,404
$p_{18}$						–	–	0,303	0,39
$l_{17}$								0,39	0,404
$p_{19}$								0,39	0,404
$l_{18}$								0,39	0,404
$p_{20}$ až 25								0,303	
$l_{19}$ až 25								0,39	
$h$	0,28	0,27	–	0,28	0,3	0,5	0,27	0,22	–
$t$	0,0034	0,005	0,0067	0,005	0,0045	0,01	0,01	0,0155	0,0058
$T$	0,004	0,004	–	0,225	0,015	0,035	0,03	0,042	0,024
$m$	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,08	0,005
$l_c$	0,41	0,43	1,67	1,84	2,68	4,02	4,14	7,27	6,58
$S_E$	1,2	1,2	1,6	1,5	1,7	2,2	2,3	3,0	2,8
$S_H$	0,75	0,7	1,5	1,3	1,5	2,0	2,1	2,8	2,6
EI Parametry									
$G_d$ [dB]	5,1 až 6,2	5,0 až 6,0	11,6	10,5–12	10,5–12,2	12,5–13,4	13,5–14,0	12,0–15,2	14–15,2
ČSV <sub>300Ω</sub>	1,3 až 2,5	< 1,4	< 1,6	< 1,6	< 1,3	< 1,3	< 1,6	< 1,5	< 1,6
ČZP [dB]	21 až 14	25 až 17	18	> 18	> 23	> 24	> 20	> 20	> 18
$\gamma_{dB E}$ [°]	65 až 62	65 až 62	38	43 až 38	42 až 36	33 až 29	30 až 27	26 až 19	26 až 22
$\gamma_{dB H}$ [°]	108–92	114–106	40	53 až 43	50 až 41	35 až 31	34 až 30	30 až 20	28 až 24
$l_{p, l_E}$ [dB]	–	–	18	> 20	> 20	> 20	16	10,6	16
$l_{p, l_H}$ [dB]	–	–	13	> 18	> 18	> 14	12	8,5	13

Tab. 4: Tabulka pro výpočet parametrů antény typu Yagi (Zdroj: [4])



## 4 PRAKTICKÁ REALIZACE ANTÉNY A OVĚŘENÍ JEJÍ FUNKČNOSTI

### 4.1 Stavba antény typu HB9CV

Samotné stavbě antény musel zákonitě předcházet problém se sháněním potřebného materiálu na její tvorbu. Ač se to z počátku nemuselo jevit, byl to úkol nad očekávání složitý. Hliníkové U-profilky na ráhna antén nebylo až tak velký problém sehnat (daly se bez problémů zakoupit v hypermarketech pro kutily), mnohem horší už to bylo s hliníkovými tyčinkami, které jsem nakonec po delší době shánění zakoupil ve svářecích potřebách. Sehnat ovšem rovné měděné tyčinky na direktory už nebylo v mých silách, a tak jsem byl v tomto případě nucen sáhnout po klasických kabelech s izolací, odizolovat je a holé měděné dráty co nejlépe vyrovnat, neboť se samozřejmě tyto kabely prodávají stočené.

A nyní již k samotné konstrukci antén. Nejprve bylo nutno si označit na zakoupeném ráhnu, které představoval hliníkový U-profil, na bočních stěnách tužkou a posléze důlčičkem podle zvoleným softwarem určených vypočtených hodnot body, kterými budou procházet direktory – tj. kromě odspodu druhého direktoru, jehož průměr má být velikosti  $\lambda / 200$ , což odpovídá 6,9 mm, se jednalo o vodorovné zhruba třímilimetrové tyčinky (jejich počet samozřejmě souvisel s tím, má-li být anténa dvou-, tří- nebo čtyřdirektorová, více jako čtyřdirektorovou anténu jsem již nesestrojoval ani nedoporučuji, neboť by už u ní byl patrný problém s její neprakticky nadměrnou velikostí) a bod, přesně uprostřed mezi spodními dvěma direktory, pro průchod aktivního prvku neboli fázovacího vedení.

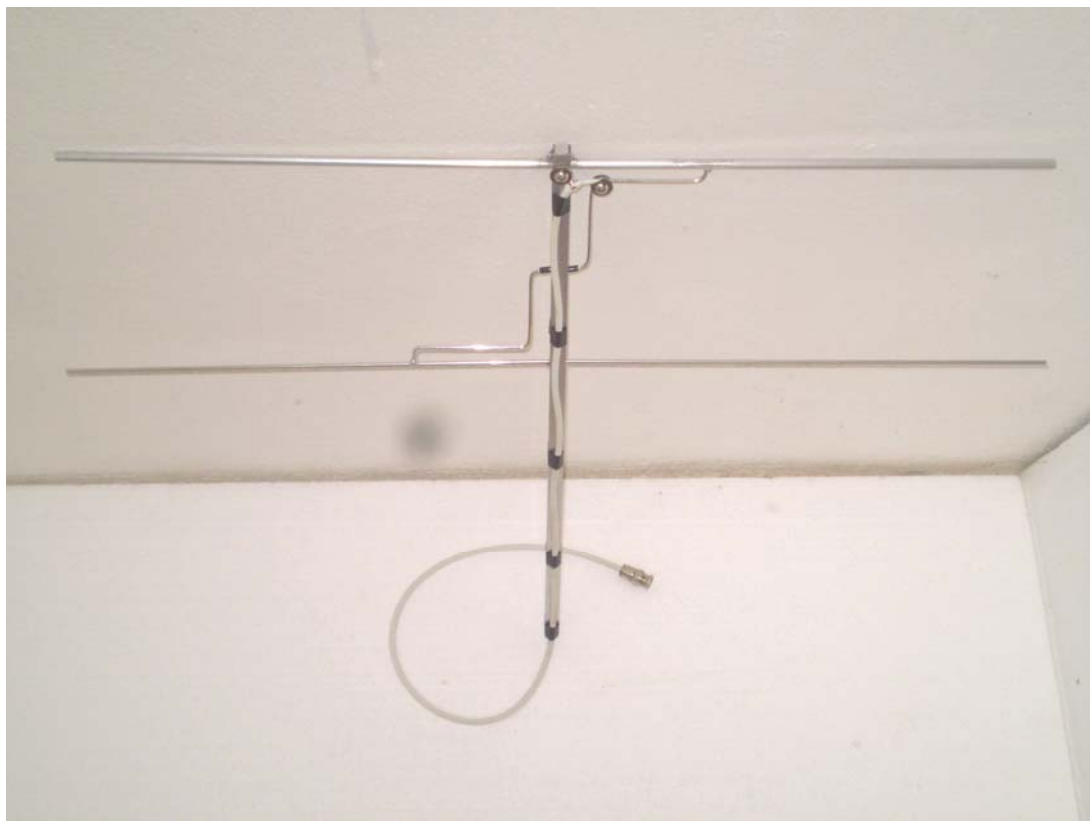
Takto označené body byly následně provrtány stojanovou vrtačkou. Přičemž průměry otvorů pro direktory byly voleny tak, aby co takřka nejpřesněji odpovídaly průměrům direktorů, které nám vypočetl daný software. A co se týče průměru otvoru pro průchod fázovacího vedení, ten musel být zvolen o něco větší než byla síla drátu k němu použitého (konkrétně 2,4 mm), neboť muselo být zamezeno kontaktu tohoto drátu fázovacího vedení s nosným ráhnem. A tak bylo nutno jej v tomto místě opatřit bužírkou, a právě v tomto místě bylo nutné drát i s bužírkou změřit posuvným měřidlem a z naměřené hodnoty pak vycházet při rozhodování o průměru použitého vrtáku.

Dále bylo samozřejmě nutno kleštěmi zakrátit direktory na požadované délky (hliníkové tyčinky se standardně prodávají po 1 metru délky) a vytvarovat odpovídajícím způsobem drát pro fázovací vedení (to vše podle instrukcí a parametrů, které nám přeložil daný software). Pakliže jsme měli vše přichystáno, mohli jsme všechny tyto prvky provléci nosným ráhmem, vystředit je a pro dočasnou fixaci před spájením zakápnout direktory z vnitřní strany ráhna sekundovým lepidlem nebo gelem. Takto bylo vše připraveno pro připájení, resp. svařování direktorů k ráhnu a fázovacího vedení ke spodním dvěma direktorům. Protože k pájení hliníku si již v domácích podmínkách většinou nevystačíme, musíme navštívit specializované pracoviště pro tento účel řádně vybavené. Ještě jedna poznámka – fixace direktorů a aktivního prvku pouze za pomoci sekundového lepidla či gelu nepostačuje, neboť ve většině případů zde nedochází k patřičnému kontaktu – buď je velmi slabý nebo, a to většinou, zcela chybí.

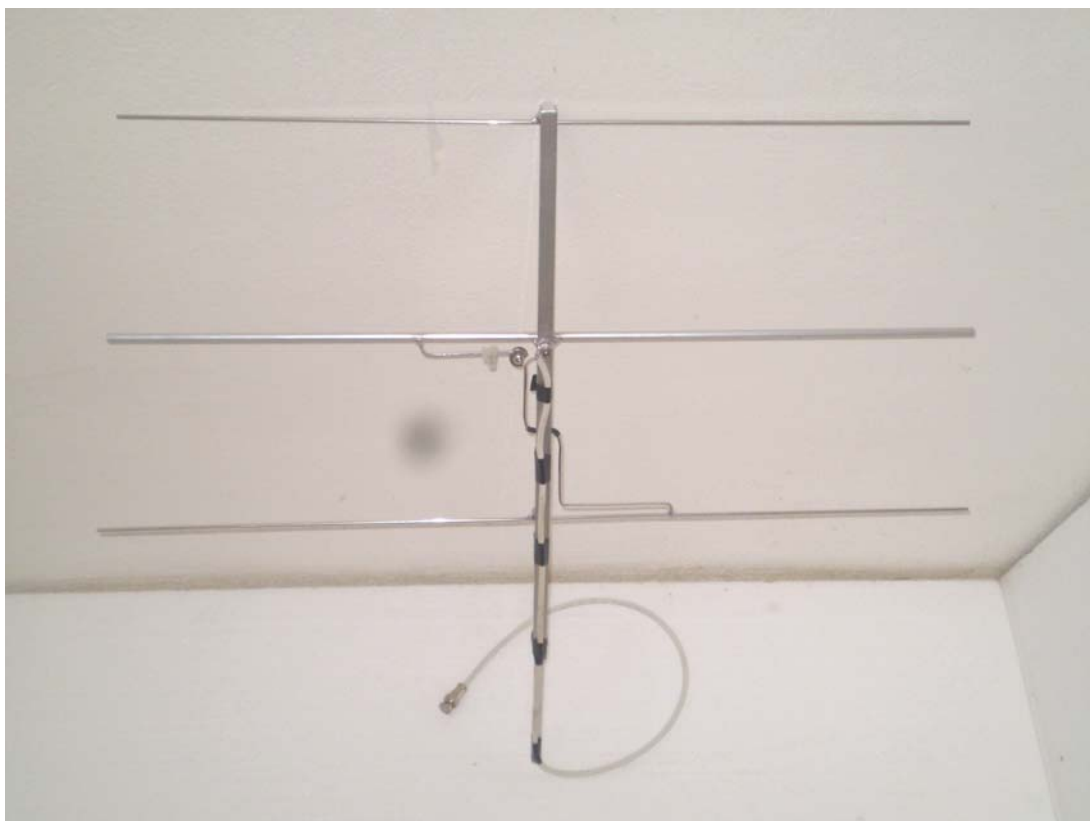
Posledními činnostmi, které na anténách ještě musíme nezbytně provést, máme-li je již náležitě spájeny, je uchycení koaxiálních kabelů a instalace BNC konektorů na jejich konce, jakožto přenosové cesty z antény do přijímajícího scanneru. Měděné jádro koaxiálního kabelu bylo nutno připojit k aktivnímu prvku (fázovacímu vedení) antény a to pomocí buď nerezového šroubku, matky a dvou podložek nebo za pomoci elektrikářské „čokoládky“, kterou však bylo zapotřebí již předem nasunout na fázovací vedení ještě před připájením. Svazek stínění koaxiálního kabelu bylo třeba připevnit pod šroubek s podložkou na nosné ráhno, do něhož tedy vždy musela být vyvrtána z vrchní strany ještě jedná dírka a vyřezán odpovídající závit pro výše uvedený šroubek.

Na úplný závěr byly na konce koaxiálních kabelů jednotlivých antén nainstalovány BNC konektory. Tím byla konstrukce antén zcela dovršena a nezbývalo už jen, než je připojením ke scanneru, jež mi spolu s vysílací anténkou zapůjčil pan vedoucí mé diplomové práce, prakticky v terénu odzkoušet.

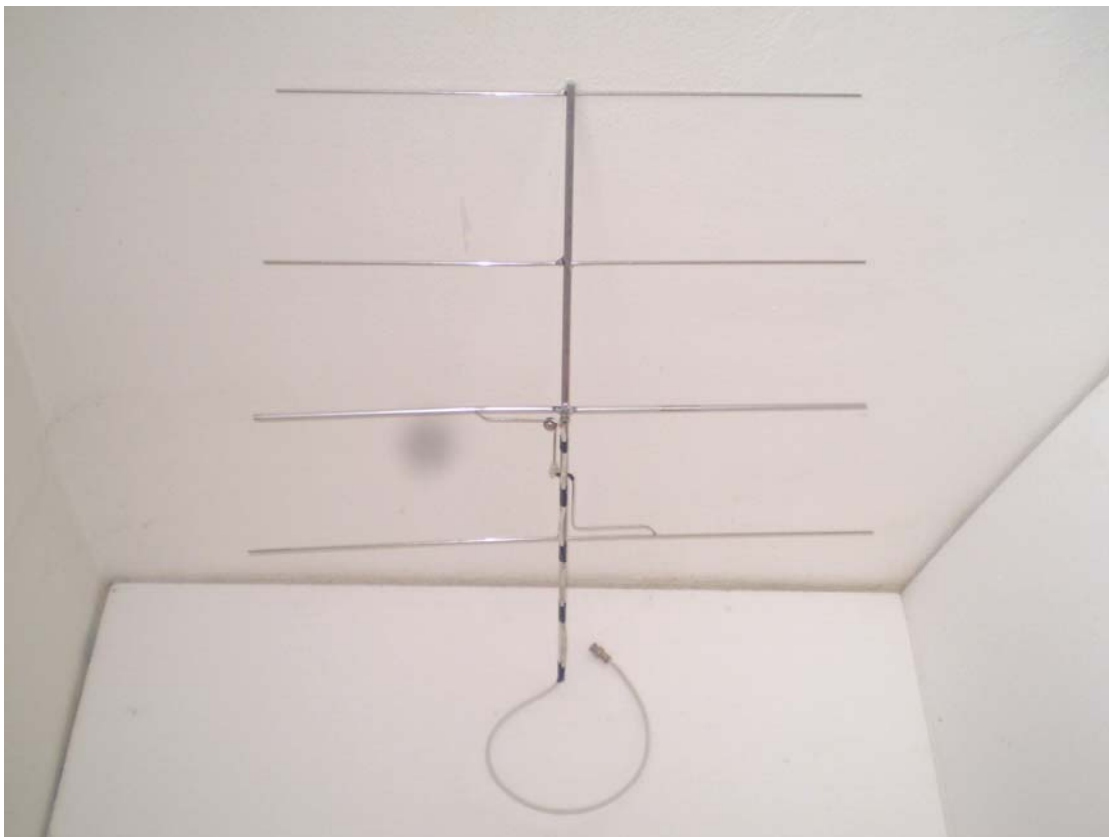
Fotografická dokumentace antén typu HB9CV mé vlastní výroby je uvedena na obrázcích níže.



Obr. 25: 2prvková anténa typu HB9CV (Zdroj: vlastní)



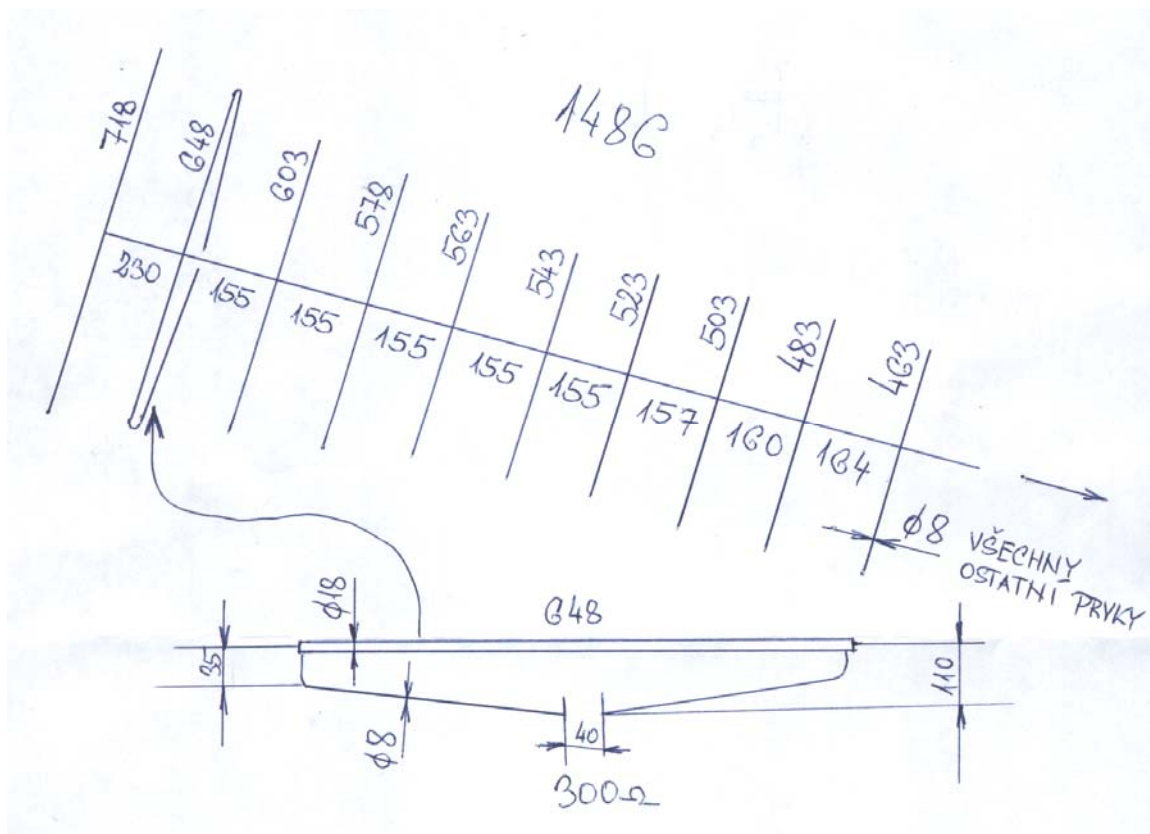
Obr. 26: 3prvková anténa typu HB9CV (Zdroj: vlastní)



Obr. 27: 4prvková anténa typu HB9CV (Zdroj: vlastní)

## 4.2 Stavba antény typu Yagi

Při stavbě antény typu Yagi jsem vycházel z níže uvedeného nákresu. Všechny parametry na něm uvedené jsou vypočteny dle tabulky z předchozí kapitoly.



Obr. 28: Náčrt kanálové antény typu Yagi pro frekvenci 216,035 MHz

(Zdroj: vlastní)

Další parametry a vlastnosti této antény:

- šířka pásma: 2 MHz
- zisk provozní 9 dB
- činitel zpětného příjmu 24 dB
- činitel stojaté vlny 3
- úhel polovičního výkonu 45°
- vstupní impedance 300 Ω (na 75 Ω nutný symetrizační člen)

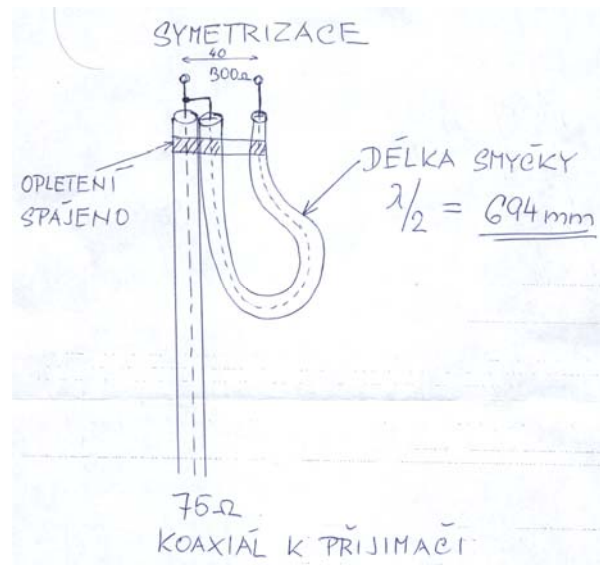
K výrobě desetiprvkové Yagi antény tedy budeme potřebovat:

- hliníkový jekl čtvercového profilu (já jsem zvolil o délce hrany 11,5 mm) o celkové délce cca 1600 mm (pro nosné ráhno antény),
- hliníkové trubičky o průměru 8 mm (8 ks na direktory, 1 ks pro zadní reflektor, 2 ks na zahnuté části aktivního prvku – zářiče) a to o různých délkách podle výpočtu (viz obr. 28),
- hliníkovou trubku o průměru 18 mm a délce 648 mm (pro součást aktivního prvku antény),
- koaxiální kabel,
- samčí BNC konektor,
- 2 nerezové šroubky M6 s podložkami.

Postup konstrukce je následující. Nejprve si všechny hliníkové komponenty nařežeme na patřičné délky (dle schématu – viz obr. 28). Poté si vezmeme nosné ráhno (hliníkový jekl čtvercového profilu) a označíme si na něm rozteče jednotlivých prvků, které ním budou procházet a pomocí vrtáku průměru 8 mm je provrtáme. Dále si vezmeme 18-ti milimetrovou trubku pro aktivní prvek a např. ve vzdálenosti 10 mm od kraje trubky do ní z každé strany provrtáme taktéž osmimilimetrový otvor (postačuje vyvrtat do jedné stěny trubky, aby se o tu druhou stěnu provlečená trubička zarazila a neprošla již dále). Těmito otvory budou procházet trubičky o průměru 8 mm, které jsme si předem zahнули do tvaru dle náčrtu aktivního prvku. A nyní, když máme vše připraveno ke kompletaci, můžeme zase přesně podle schématu uspořádat a nastrkat všechny rovné osmimilimetrové trubičky do otvorů v nosném ráhnu.

Po vystředění trubiček je můžeme zafixovat buď tak, že je těsně u ráhna po obou stranách rozklepeme za pomoci důlčíku a kladívka nebo je můžeme přivařit za pomoci speciální svařecí techniky. Já jsem zvolil přivaření, neboť i v případě uchycení aktivního prvku (18-ti milimetrové trubky se dvěma zahnutými osmimilimetrovými tyčinkami) se mi tato možnost jevila jako nejvýhodnější.

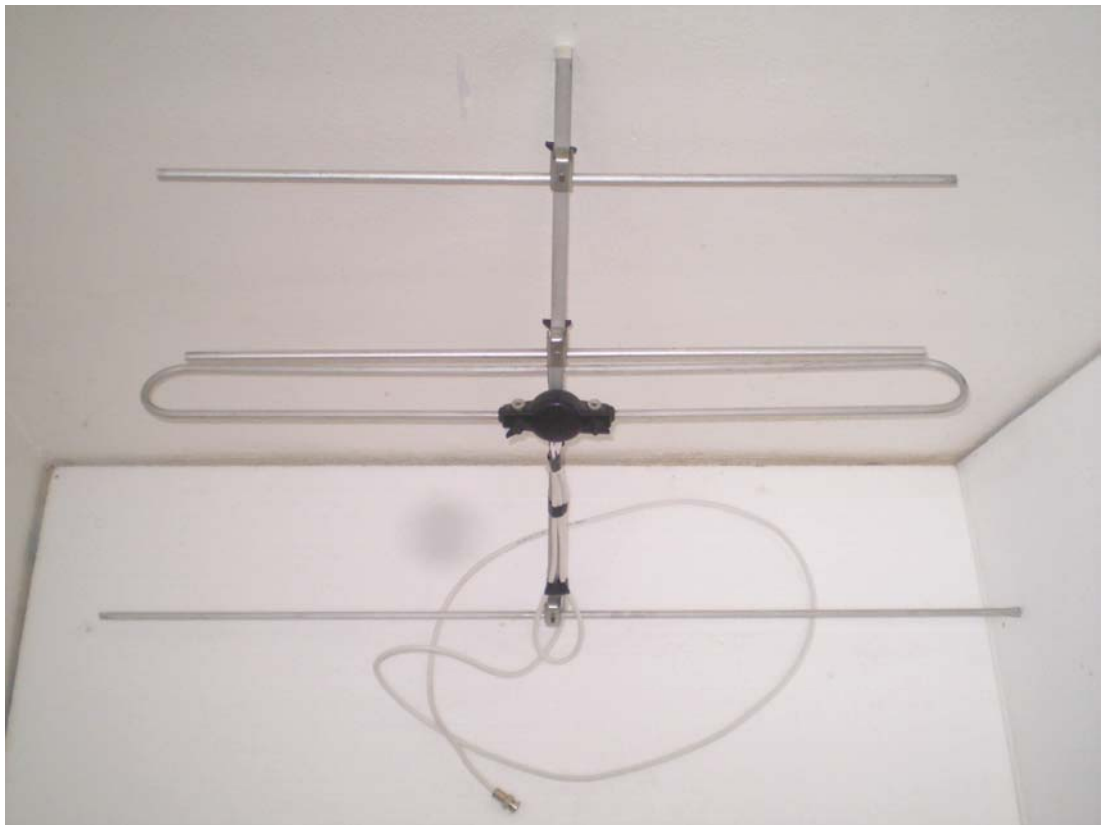
Po kompletním svaření všech těchto prvků bylo ještě nakonec nutné připevnit na konce osmimilimetrových trubiček aktivního prvku koaxiální kabel (se zařazenou symetrizační smyčkou – viz obr. 29).



Obr. 29: Náčrt zařazení symetrizačního členu (Zdroj: vlastní)

Ten jsem uchytil tak, že jsem do těchto trubiček vyřezal závit o průměru 6 mm a za pomoci krátkých šroubků s podložkami jsem odizolovaná měděná jádra koaxiálních kabelů k trubičkám přitáhnul. Tím byla stavba antény dovršena.

Fotografická dokumentace antén typu Yagi mé vlastní výroby je uvedena na obrázcích níže.



Obr. 30: 4prvková anténa typu Yagi (Zdroj: vlastní)



Obr. 31: 10prvková anténa typu Yagi (Zdroj: vlastní)





Obr. 32: Vysílací anténa Marshall (Zdroj: vlastní)



Obr. 33: Přijímač (scanner) zn. Yaesu VR-500 (Zdroj: vlastní)

## 5 TERÉNNÍ MĚŘENÍ A ZJIŠTĚNÍ DOSAHU VYSÍLAČE PŘI VYUŽITÍ ZKONSTRUOVANÉ ANTÉNY, POROVNÁNÍ S PROFESIONÁLNÍM PRODUKTEM

Při měření dosahu signálu z vysílače Marshall jsem postupoval v těchto krocích. Nejprve jsem vzal vysílací anténku Marshall, připevnil ji na zhruba třímetrový dřevěný hranolek a celé upevnil na nejvyšší bod svého domu, který je navíc umístěn ve výhodné poloze pro měření dosahu, neboť stojí přímo na kopci. A po této instalaci vysílací antény, kterou mi spolu s přijímacím zařízením (scannerem) zapůjčil pan vedoucí mé diplomové práce, již nezbývalo, než vzít právě tento zapůjčený scanner, připojit k němu některou z mnou zkonstruovaných přijímacích antén (2-, 3- a 4prvkové směrové antény typu HB9CV a 4- a 10prvkové antény typu Yagi) a začít se od místa svého domu vzdalovat až do té vzdálenosti, kde je úroveň přijímaného signálu pro danou použitou přijímací anténu nulová.

Při lokalizaci je samozřejmě nutné mít správně natočenu (polarizovánu) přijímací anténu vůči anténě vysílací a je též třeba počítat s různými rušivými překážkami, které se mohou na trase mezi vysílací a přijímací anténou vyskytovat.

Při výše uvedeném terénním měření jsem dosáhl těchto výsledných hodnot:

Typ antény / Vliv počasí	2prvková HB9CV	3prvková HB9CV	4prvková HB9CV	4prvková YAGI	10prvková YAGI
Jasno, beze srážek	6 km	6 km	6 km	8 km	10 km
Mlhavo	5 km	5 km	5 km	7 km	10 km
Deštivo	4 km	4 km	5 km	7 km	10 km

Tab. 5: Výsledky terénního měření dosahu antén

Na závěr je nutno podotknout, že při zjišťování dosahu signálu z vysílače Marshall pomocí mnou zkonstruovaných antén byla vždy nutná přímá viditelnost mezi oběma

anténami (tj. vysílací a přijímací). Naskytla-li se v této trase takřka jakákoliv překážka, signál se okamžitě ztrácel. Proto bylo velmi problematické najít takové lokality, kde bych plně dokázal spatřit (třeba i za pomoci dalekohledu) svůj dům, na jehož střeše byla vysílací anténka Marshall umístěna.

Co se týká porovnání přijímacích antén, které jsem sám vyrobil s profesionálními přijímacími anténami, tak u profesionálních produktů je udáván dosah signálu v přízemních podmínkách někde okolo 18 až 20 km, ale není zde zohledněn vliv počasí. Ale znovu připomínám, že hodnoty ve výše uvedené tabulce nemusí být konečné, neboť je při tomto pozemním měření velmi problematické nacházet velmi vzdálená místa, kde by ještě byla přímá viditelnost (bez překážek) mezi přijímací a vysílací anténou.

## ZÁVĚR

Nyní je na místě, abych zhodnotil a udělal závěry k tomu, co jsem si předsevzal v úvodu práce a zda též byly splněny požadavky v jednotlivých bodech zadání mé práce.

Úvodní, teoretická část měla jednak za úkol především přinést základní pojednání o elektromagnetickém záření, aby bylo zřejmé zejména to, jak se šíří, jak je modulován a jaké vlastnosti má signál, který je vysílán z vysílače k přijímači a dále měla tato část poskytnout čtenáři náhled do oblasti radiotelemetrie, jakožto nejvýznamnějšího prostředku pro lokalizaci dravých ptáků.

Druhá kapitola se zabývá přehledem, výčtem a popisem základních nabízených produktů americké firmy Marshall, jakožto jednoho z nejznámějších výrobců příslušenství pro monitorování zvířat. Je zde uveden přehled aktuálně touto firmou nabízených vysílačů a přijímačů určených pro námi požadovaný účel, tedy lokalizaci dravých ptáků.

Třetí kapitola je již zaměřena prakticky, i když v úvodu ještě přináší nezbytné obecné teoretické pojednání o anténách, resp. jen těch typech antén, které pro náš účel přicházejí v úvahu. Poté je zde už však další část této kapitoly věnovaná samotnému návrhu přijímacích antén vhodných pro lokalizaci signálu z vysílače Marshall. K tomuto účelu jsem na základě teoretických východisek naznačených v úvodu této kapitoly vybral dva typy přijímacích antén a to typ HB9CV a Yagi.

Čtvrtá kapitola je pak věnována praktickým konstrukcím a návodům ke stavbám výše uvedených typů antén.

Hlavním cílem diplomové práce bylo zjištění vzdálenostního dosahu signálu vysílaného vysílačem Marshall prostřednictvím scanneru a k němu připojených přijímacích antén, které jsem sám zkonstruoval. Tomuto hlavnímu cíli je věnována kapitola číslo pět, jejíž vyústěním je souhrnná tabulka, která přináší výsledky, kterých bylo při terénním měření prostřednictvím různých typů a velikostí přijímacích antén dosaženo.

## ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

Now it is on the place, to I evaluated and maked conclusions to them, what I resoluted myself in introduction of thesis and if was also realized demands in single points of setting the project.

Introductory, theoretical part of the second task was primarily to bring basic treatise on electromagnetic radiation, to make it clear in particular, spread, how it is modulated and what features does signal that is transmitted from the transmitter to the receiver and also had this part give the reader insight radiotelemetrie the area, as the leading resource for locating birds of prey.

The second chapter deals with an overview, a list and description of the basic products offered by the American firm Marshall as one of the most famous manufacturers of equipment for monitoring the animals. Here is an overview of the currently offered by this company transmitters and receivers designed for us, its purpose, namely the localization of birds of prey.

The third chapter is focused in practice, although in the beginning still provides the necessary general theoretical treatise on the antennas, respectively. only those types of antennas, which for our purpose are under consideration. Then there was however another part of the chapter devoted to the very design of the antenna receiving the appropriate location for the signals from the transmitter Marshall. For this purpose, I'm on the basis of theoretical background outlined in the introduction to this chapter chose two types of receiving antenna and a Yagi type HB9CV.

The fourth chapter is devoted to practical designs and tutorials for buildings above two types of antennas.

The main objective of my thesis was to identify long distance range signal emitted by the transmitter Marshall scanner attached thereto and receiving antennas, which I had constructed. Main objective of this chapter is devoted to number five, which leads to the summary table presents the results of which were during field measurements using various types and sizes of the receiving antenna achieved.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] DOBEŠ, J. Moderní radiotechnika. Praha: BEN, 2006. ISBN 80-7300-132-2
- [2] HARRIS, L. W. Sokolnictví pro začátečníky. Líbeznice: Vydavatelství VÍKEND, 2008. ISBN 978-80-86891-96-5
- [3] MATUSZYK, J. Antény prakticky. Praha: BEN, 2003. ISBN 80-7300-178-0
- [4] PROCHÁZKA, M. Antény – encyklopedická příručka. Praha: BEN, 2002. ISBN 80-86056-59-7
- [5] VLČEK, J. Modulace a přenos signálu. Praha: BEN, 2002. EAN 8594011421487
- [6] VOBECKÝ, J. Elektronika – součástky a obvody. Praha: Grada, 2002. ISBN 80-247-1241-5
- [7] HW.CZ, [online]. 2010, cit. 2010-04-09. Dostupné na WWW:  
<http://www.hw.cz>
- [8] MARSHALLRADIO.COM, [online]. 2010, cit. 2010-03-30. Dostupné na WWW:  
<http://www.marshallradio.com>
- [9] RADIO-FOTO.NET, [online]. 2010, cit. 2010-04-23. Dostupné na WWW:  
<http://www.radio-foto.net>

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

- Obr. 1: Druhy elektromagnetického záření
- Obr. 2: Záření gama
- Obr. 3: Představa technického zajištění projektu konvenčního a satelitního sledování (telemetrie)
- Obr. 4: Blokové schéma satelitního vysílače typu T-2050 japonské firmy Toyocom
- Obr. 5: Polarizace přijímací antény - pták na bidle
- Obr. 6: Polarizace přijímací antény - pták na zemi
- Obr. 7: Ziskovost a směrovost Yagi antén
- Obr. 8: Výška antény ve stopách
- Obr. 9: Difrakce
- Obr. 10: Triangulace
- Obr. 11: Vyzařovací diagram vysílače
- Obr. 12: Přijímač Marshall Stealth
- Obr. 13: Uzavřený a otevřený rezonanční obvod
- Obr. 14: Šíření přízemní vlny
- Obr. 15: Přímý dosah
- Obr. 16: Vlna s odrazem od troposféry
- Obr. 17: Vlna s odrazem od ionosféry
- Obr. 18: Program na výpočet rozměrů dvouprvkové směrové antény HB9CV
- Obr. 19: Schémata pro manuální výpočet rozměrů antény HB9CV
- Obr. 20: Typický vyzařovací diagram antény HB9CV
- Obr. 21: Typický průběh činitele stojatého vlnění (ČSV) antény HB9CV
- Obr. 22: Průběh směrovosti antény Yagi v závislosti na vzdálenosti  $p_r$  v soustavě zářič (dipól) – reflektor

- Obr. 23: Princip činnosti antény Yagi
- Obr. 24: Schéma návrhu antény typu Yagi
- Obr. 25: 2prvková anténa typu HB9CV
- Obr. 26: 3prvková anténa typu HB9CV
- Obr. 27: 4prvková anténa typu HB9CV
- Obr. 28: Náčrt kanálové antény typu Yagi pro frekvenci 216,035 MHz
- Obr. 29: Náčrt zařazení symetrizačního členu
- Obr. 30: 4prvková anténa typu Yagi
- Obr. 31: 10prvková anténa typu Yagi
- Obr. 32: Vysílací anténa Marshall
- Obr. 33: Přijímač (scanner) zn. Yaesu VR-500



## SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Rozdělení rádiových vln na jednotlivá pásma a jejich využití

Tab. 2: Rozdělení viditelného světla

Tab. 3: Rozdělení ultrafialového záření

Tab. 4: Tabulka pro výpočet parametrů antény typu Yagi

Tab. 5: Výsledky terénního měření dosahu antén