



Středoškolská technika 2022

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

Rádiové vlny v ROB

Alžběta Sobotová

Gymnázium Botičská

Botičská 1, 128 01 Praha 2

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto odbornou práci vypracovala samostatně pod vedením Ing. Jakuba Šafaříka. Dále prohlašuji, že jsem práci vypracovala pomocí legálního programového vybavení a že jsem uvedla veškeré použité zdroje informací.

Praha 13. dubna 2023

.....
Alžběta Sobotová

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala panu profesoru Ing. Jakubu Šafaříkovi za užitečné připomínky a rady, které mi během mé práce poskytoval. Též chci poděkovat všem ostatním, kteří mě v mé práci podporovali.

Anotace

Cílem mé práce bylo změřeni šíření rádiových vln používaných v ROB v závislosti na terénu. Špatné vyhodnocování míst na měření kontrol v průběhu závodu je nejčastější chybou závodníků v ROB, proto by má práce měla zároveň sloužit jako pomůcka k trénování. K změřeni signálu jsem využila totožnou metodu, jako se využívá v normálně v tomto sportu, ale místo nepřesného vyhodnocování vlastním sluchem jsem využila zvukoměr. Z měření je patrná individualita každé situace, avšak v práci jsem potvrdila několik základních typů překážek ovlivňující šíření signálu, jako jsou kopce, údolí, vodní plochy a lidská komunikace.

Abstract

The aim of my work was to measure a spreading of radio waves used in radio orienteering depending on the terrain. Using wrong places for signal measurement during the race is the most common mistake what competitors do in radio orienteering. Therefore, my work should also serve as a training aid. For measuring I used the same method as is normally used in this sport, but instead of an inaccurate evaluation by my own hearing, I used a sound meter. The individuality of each situation is evident from the measurements, but in my work, I confirmed several basic types of obstacles affecting signal spreading, such as hills, valleys, water area and inhabited area.

Obsah

Úvod	10
Přehled literatury	11
Základy rádiového orientačního běhu	11
Charakteristika pásem	11
144 MHz	11
3,5 MHz	12
Vysílač TRAINER07	13
Elektromagnetické záření	13
Rádiové záření	13
Šíření elektromagnetických vln	14
Povrchová (přízemní) vlna	14
Přímá, odražená a prostorová vlna	14
Metodika	15
Pomůcky	15
Přijímače a vysílače	15
Místa pro vysílače a příjem	15
Instalace vysílačů	18
Správná instalace	18
Výsledky a diskuse	20
Les Hodkovičky	20
Les Točná	21
Les Kamýk	23
Závěr	26
Seznam literatury	27
Přílohy	28

Úvod

Rádiový orientační běh je oficiální sport, ve kterém se Česká republika účastní mezinárodních soutěží. Princip spočívá ve vyhledávání kontrol (rádiových vysílačů). Pro vysílání se využívají dvě pásma 144 MHz a 3,5 MHz. Já jsem se zaměřila na problematiku šíření vln v pásmu 144 MHz, jelikož se jedná o pro závodníky problémové pásmo. Toto pásmo se svojí vlnovou délkou řadí mezi velmi krátké vlny, to se často odráží a láme. V této práci zkoumám reakce rádiových vln na určité prostředí, či na chyby v instalaci vysílače. Tato data by měla v budoucnu pomoci při tréninku závodníků, jak při přípravě na lokální, tak na světové soutěže.

Přehled literatury

Základy rádiového orientačního běhu

Tato práce je založena na zkoumání elektromagnetických vln v rádiovém orientačním běhu. Zde se vyskytují dvě pásma: 144 MHz a 3,5 MHz. Mezi závodníky se pásma rozdělují podle vlnové délky na „dvoumetr“ (144 MHz) a „osmdesátku“ (3,5 MHz).

Rádiový orientační běh je velmi podobný klasickému orientačnímu běhu. Mezi hlavní podobnosti patří stejná mapa a hledání kontrol. Avšak v rádiovém orientačním běhu závodník nemá v mapě vyznačené kontroly a ani nemá dané jejich pořadí. Právě kontroly jsou rádiové vysílače umístěny v závodním prostoru, které musí závodník nalézt pomocí vlastního přijímače a v co nejrychlejším čase se dostat do cíle.

Jednotlivé vysílače vysílají na společné frekvenci v závislosti na druh závodu buď ve minutových, půlminutových nebo dvanáctivteřinových intervalech a podle toho dále v pětiminutových, dvou a půlminutových nebo minutových cyklech. Každá kontrola vysílá pro svou identifikaci rozdílný klíč v Morseově abecedě (viz Tabulka 1) (4; 5).

Tabulka 1 Informace o jednotlivých kontrolách využívaných na závodech v ROB (4)

Číslo kontroly	Čas v prvním cyklu	znak	
1.	0:00–0:59	MOE (--/---/.)	
	0:00–0:29		
2.	1:00–1:59	MOI (--/---/..)	
	0:30–0:59		
3.	2:00–2:59	MOS (--/---/...)	
	1:00–1:29		
4.	3:00–3:59	MOH (--/---/....)	
	1:30–1:59		
5.	4:00–4:59	MO5 (--/---/.....)	
	2:00–2:29		

V případě tréninku se využívá kontinuální vysílání, kdy je z důvodu předejití překryvu jednotlivých signálů pro každou kontrolu přiřazena jiná frekvence a jako identifikační klíč se mohou používat nejen tzv. číselné značení ale jakákoliv jednotlivá písmena z Morseovy abecedy.

Charakteristika pásem

144 MHz

Toto pásmo se se svojí vlnovou délkou 2 m řadí mezi velmi krátké rádiové vlny.

V současné době se u nás využívají převážně dva typy přijímačů pro toto pásmo – SUPERFOX145E a SUPERFOX145DX. Zaměřovací přijímač SUPERFOX145DX je

digitální verzi přijímače SUPERFOX 145E. Od své nedigitální verze se liší expandérem směrové charakteristiky, časovačem a digitálním laděním.

Expandér směrové charakteristiky při zapnutí zajišťuje potlačení rušivých signálů z nežádoucích směrů a „zaostření“ zaměřování. Zároveň se ale signál ztlumí, takže jej nelze využívat na delší vzdálenosti. Časovač podle nastavení vždy pozorní závodníka několik vteřin před koncem relace každé kontroly. Digitální ladění je na rozdíl od nedigitálního absolutně stabilní a umožňuje uložení až 4 frekvencí do paměti pro jednoduché a rychlé přeladování.

Oba přijímače jsou lehké, relativně malé (lze ovládat jednou rukou) a cenově dostupné. (6)

Přijímač v pásmu 144 MHz má pouze jednu anténu, která je kombinací půl vlnového dipólu s pasivními prvky (bez nich by existovali dvě maxima). Důležitý zde je malý vyřazovací úhel antény a velký předozadní poměr. Směr vysílače zde lze díky jedinému maximu určit jednoznačně. Pro zaměření kontroly se otáčí přijímačem v horizontální rovině, až se nalezne směr maximálního příjmu signálu, který udává polohu vysílače.

Šíření vlny v této vlnové vlastnosti podobných šíření světla. Vlny se šíří přímo a od překážek se odráží a láme. Také se špatně ohýbá a při odrazu mění polarizaci. (7)

3,5 MHz

V dnešní době se na území České republiky využívá převážně přijímač SUPERFOX3,5GX. Jeho výjimečnost oproti ostatním druhům přijímačů na tomto pásmu je dána jeho nízkou hmotností, malými rozměry (celý přijímač je ovladatelný jednou rukou) a dostupnou cenou. (6)

Aby byl závodník schopen jednoznačně určit směr kontroly využívá se v přijímači systém dvou antén. Feritová anténa určuje osu a prutová anténa polopřímku na které se nachází vysílač.

Směrový diagram feritové antény se podobá ležaté osmičce, tento diagram znázorňuje sílu přijímaného signálu vzhledem k ose, na které je umístěn daný vysílač. Je-li přijímač držen na stejné ose na které leží vysílač, feritová anténa přijímá minimální signál (spojnice osmičky), jestliže s vysílačem otáčíme síla signálu se bude měnit v závislosti na výchylce od osy. Pokud přijímačem otočíme o 180° dostaneme stejnou sílu signálu. (7)

Pásmo 3,5 MHz spadá do kategorie krátkých vln. Tyto kmitočty se s výhodou používají pro přenos na velmi dlouhé vzdálenosti, není totiž vyžadována přímá viditelnost mezi vysílačem a přijímačem (4). Tento signál se šíří takřka přímo (alespoň v našich "nevelehorských" podmínkách), díky tomu jeho zaměření, na rozdíl od pásma 144 MHz, nečiní v podstatě problém ani začátečníkům.

Vysílač TRAINER07

Tento vysílač je převážně určen pro nižší úrovně soutěží a tréninky (na které se hodí převážně díky svým malým rozměrům a nízké hmotnosti). Vysílač umožňuje nastavení frekvence, vysílacího klíče, rychlost klíčování a časového plánu. Také je možné použití více vysílačů na několika rozdílných frekvencích. Pro pásmo 3,5 MHz je to 15 různých frekvencí a pro pásmo 144 MHz 4 různé frekvence.

Obsluha vysílače je jednoduchá. Stačí instalovat anténu a připojit ji k vysílači, ten již sám zvolí správné pásmo a začne vysílat podle nastavení (6).

Elektromagnetické záření

Jestliže je elektromagnetické vlnění vyzařováno zdrojem, nazýváme tento jev elektromagnetické záření. To se dále rozděluje do několika podkategorií podle vlnové délky ve vakuu (respektive frekvence) a zdroje (viz Tabulka 2) (1).

Tabulka 2 Spektrum elektromagnetického záření (1)

Frekvence f (Hz)	zdroj	druh záření	
$3 \cdot 10^4 - 3 \cdot 10^7$	elektromagnetické oscilátory	rozhlasové vlny	rádiové záření
$3 \cdot 10^7 - 3 \cdot 10^8$		televizní a rozhlasové vlny	
$3 \cdot 10^8 - 3 \cdot 10^{11}$	elektrické oscilátory	mikrovlny (mobilní telefony, satelitní přenosy)	
$3 \cdot 10^{11} - 3,9 \cdot 10^{14}$	rozžhavaná tělesa, výboje v plynech, tělesa s teplotou $T > 0$ K	infračervené záření	optické záření
$3,9 \cdot 10^{14} - 7,9 \cdot 10^{14}$		světlo	
$7,9 \cdot 10^{14} - 3 \cdot 10^{17}$		ultrafialové záření	
$6 \cdot 10^{16} - 3 \cdot 10^{20}$	rentgenové lampy	rentgenové záření	
$3 \cdot 10^{19} - 3 \cdot 10^{22}$	radioaktivní nuklidy, anihilace	záření gama	

Rádiové záření

Rádiové záření je definováno v rozmezí vlnové délky od 10^4 po 10^{-3} m, respektive ve frekvencích od $3 \cdot 10^4$ po $3 \cdot 10^{11}$ Hz. Zdrojem je nejčastěji elektromagnetický oscilátor, avšak u mikrovln se jedná o speciální mikrovlnné generátory.

Podle frekvence se rádiové vlny rozdělují do několika základních kategorií: dlouhé vlny, střední vlny a krátké vlny, dále na velmi krátké vlny, ultra krátké vlny a mikrovlny (viz Tabulka 3).

Tabulka 3 Druhy rádiových vln a jejich využití v ROB (2)

název vlny	Frekvence	vlnová délka	Využití v ROB
dlouhé	30 kHz – 300 kHz	10 km – 1 km	Nevyužívá se
střední	300 kHz - 3 MHz	1 km – 100 m	Nevyužívá se
krátké	3 MHz – 30 MHz	100 m – 10 m	3,5 MHz
velmi krátké	30 MHz – 300 MHz	10 m – 1 m	144 MHz
Ultra krátké	300 MHz – 3 GHz	1 m – 0,1 m	Nevyužívá se
mikrovlny	3 GHz – 30 GHz	0,1 m – 0,001 m	Nevyužívá se

Využití rádiových vln se najde např. při přenesu televizních a rozhlasových signálů, při radiokomunikaci či při přenosu signálu mobilních telefonů. Mikrovlny se používají při přenosu satelitních signálů, v mikrovlnných troubách, v radarové technice pro radiolokaci a podobně (1).

Šíření elektromagnetických vln

Z hlediska mechanismu šíření se elektromagnetické vlny rozdělují na několik typů: povrchová (přízemní) vlna, přímá vlna, odražená a rozptýlená vlna, prostorová vlna, troposférická vlna a ionosférická vlna (2).

Povrchová (přízemní) vlna

Jedná se o šíření v těsné blízkosti země, kdy se vlny šíří na rozhraní vodivé země a nevodivým vzduchem. Charakter šíření zde určuje relativní elektrická výška přijímací a vysílací antény. Ta je dána podílem výšky antény a vlnové délky. Je-li tento podíl menší než $\frac{1}{2}$, dochází při šíření k zakřivování paprsku spoje (vlna sleduje zemský povrch) a ztrátě energie. O povrchových vlnách se bavíme v závislosti s vertikálně polarizovanými anténami v bezprostřední blízkosti země. Další kritériem je spojení na relativně nízkých frekvencích do několika MHz (2).

Přímá, odražená a prostorová vlna

Přímá vlna se v izotropním homogenním prostředí šíří přímočaře, avšak jelikož zemská atmosféra je zvrstvená paprsek se zakřivuje. Přímé vlny jsou tedy idealizované a lze o nich mluvit jen u spojů na velmi krátkou vzdálenost (2).

Při šíření z míst nad povrchem Země je vždy potřeba brát na vědomí i vlny odražené. Ty vznikají při nárazu do plochy větší než jejich vlnová délka (3). Tedy v případě signálu na frekvenci 144 MHz, jenž se využívá v ROB, s vlnovou délkou 2 m, je možné vlnění odrazit od relativně malých objektů.

Je-li signál složen z přímých i odražených vln, mluvíme o tzv. prostorovém vlnění.

Metodika

Cílem mé práce bylo změřeni šíření rádiových vln používaných v ROB v závislosti na prostředí a na chybách v instalaci vysílače. Měření jsem prováděla ve třech destinacích (les Hodkovičky, Kamýcký les, les Točná). Měřila jsem sílu a čistotu signálu. Ten jsem přijímala přes přijímač zvaný „dvoumetr“. Pomocí busoly a zvukoměru jsem zaznamenala přijímaný signál v závislosti na úhlu (0° = sever).

Pomůcky

1. 5x vysílače v pásmu 144 MHz
2. Přijímač v pásmu 144 MHz (SUPERFOX145DX) a patřičná sluchátka
3. Mapa používaná pro orientační sporty
4. Busola
5. Zvukoměr

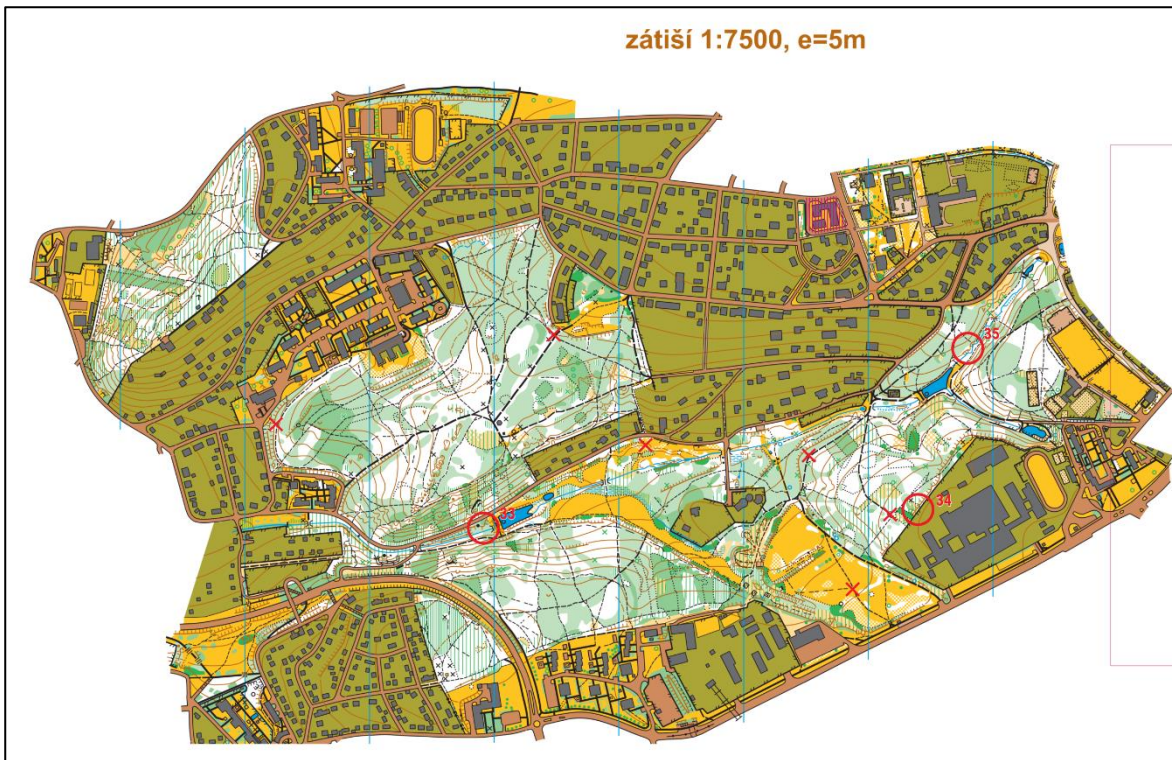
Přijímače a vysílače

V ROB se využívají dvě pásma (144Mhz a 3,5MHz). V této práci jsem se zaměřila na pásmo 144 MHz z důvodu častějšího odrazu vln. Signál jsem měřila v závislosti na terénu v okolí přijímače i vysílače.

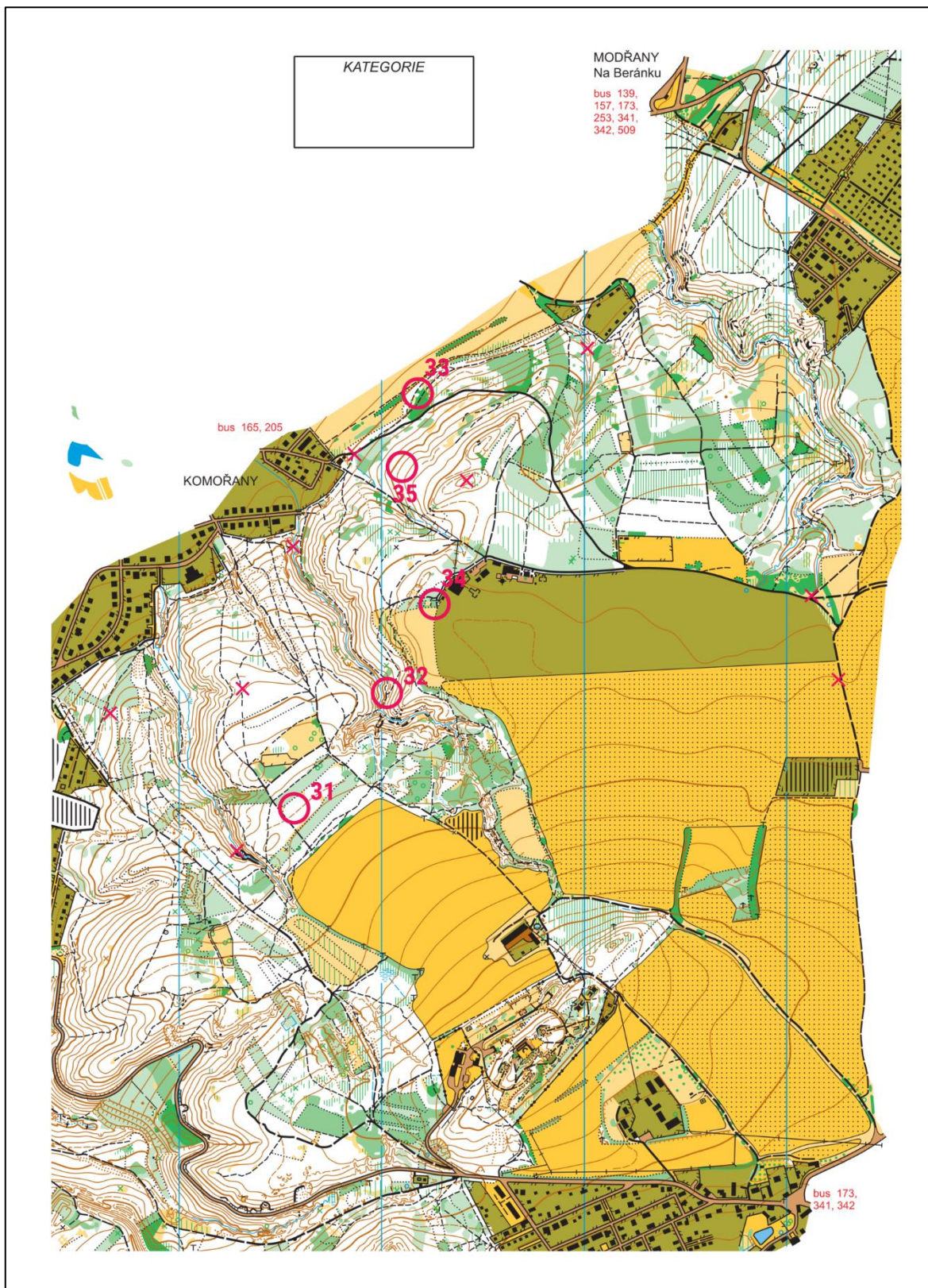
Místa pro vysílače a příjem

Umístění jsem vybírala podle vlastních zkušeností a znalostí v tomto sportu. Vysílače jsem v mapě vyznačila kroužky s příslušným číslem vysílače. Místa pro příjem jsou vyznačena křížkem a číslem pro orientaci.

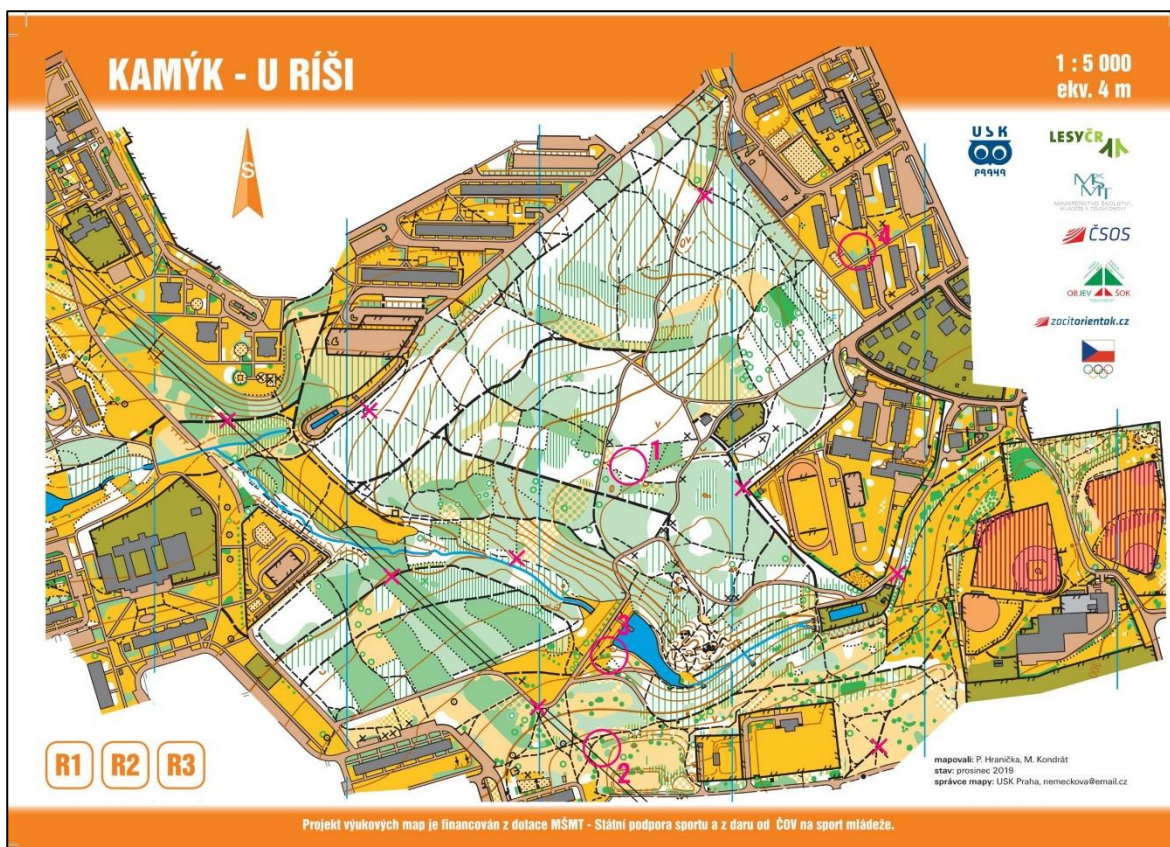
1. Les Hodkovičky– mapa Zátíší 1:7 500 (**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**)
 - Kontrola č. 3. u vodní plochy
 - Kontrola č. 4. u kovového plotu
 - Kontrola č. 5. u vodní plochy v úzkém údolí
2. Les Točná – mapa Valy 1:10 000 (Obrázek 2)
 - Kontrola č. 1. ideální místo
 - Kontrola č. 2. na konci údolí
 - Kontrola č. 3. pod kopcem
 - Kontrola č. 4. v kopci
3. Kamýcký les – mapa U Říši 1:5 000 (Obrázek 3)
 - Kontrola č. 1. ideální místo
 - Kontrola č. 2. u elektrického vedení
 - Kontrola č. 3. u přehrady (vodní zdroj)
 - Kontrola č. 4. u obytné zóny



Obrázek 1 Mapa Zátiší, není-li uvedeno jinak, foto autorka



Obrázek 2 Mapa Vály



Obrázek 3 Mapa Kamýk – U Říši

Instalace vysílačů

Vysílač v pásmu 144 MHz obsahuje: zkřížené dipóly, koaxiální kabelový přívod (dohromady anténní systém), vysílací krabičku, v mém případě TRAINER07.

Správná instalace

Před měřením jsem na jednotlivých vysílačích nastavila rozdílné frekvence (viz Tabulka 4). Jelikož vysílač TRAINER07 je schopen vysílat v pásmu 144 MHz jen na čtyřech rozdílných frekvencích, musela jsem pro kontroly č.1 a č.5 využít stejnou relaci. Z toho důvodu jsem musela na místech, kde jsem využívala všech 5 vysílačů měřit dvakrát, jinak by se mi signály překrývaly.

Tabulka 4 - frekvence u jednotlivých kontrol

Číslo kontroly	signalizace	frekvence
1.	--/---/.	144,5 MHz
2.	--/---/..	144,7 MHz
3.	--/---/...	145,0 MHz
4.	--/---/....	145,2 MHz
5.	--/---/.....	144,5 MHz

V lese jsem smontovala zkřížené dipóly, tzv. „panáček“. Ty jsem poté připojila ke koaxiálnímu přívodu a zavěsila na větev stromu v minimální výšce 2 metry. Celý anténní systém jsem následně připojila k vysílači, na kterém jsem nastavila kontinuální vysílání.

Výsledky a diskuse

Data jsem měřila na předem vytipovaných místech v 3 pražských lesích, které se využívají při trénincích ROB. Vzhledem k nestálosti počasí a časovým možnostem, jsem nepřihlížela k možnému vlivu počasí na odraz vln.

Výsledky měření jsem zaznamenala do tabulek a map. U výsledků zaznamenávaných do mapy jsem zvýraznila jen směr nejsilnějšího signálu jednotlivých kontrol. Každé kontrole jsem v zákresu přiřadila jednotlivou barvu (viz Tabulka 5). Podrobnější výsledky jsem vložila do tabulky (příčemž nejsilnější signál je zvýrazněn).

Tabulka 5 Barva zákresu jednotlivých kontrol

Číslo kontroly	Barva zákresu
1	modrá
2	červená
3	zelená
4	růžová
5	oranžová

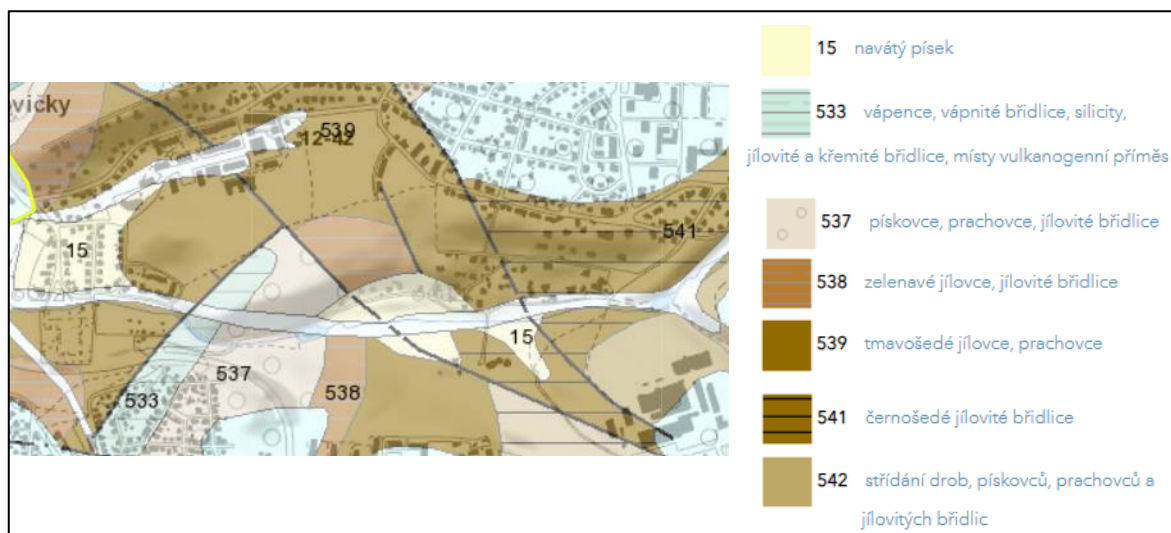
Les Hodkovičky

V tomto lese jsem zkoumala reakci vln na vodní plochy, terén a kovový plot (viz Obrázek 5). Geologické podloží na tomto místě (Obrázek 4) by nemělo nijak zásadně ovlivňovat šíření signálu.

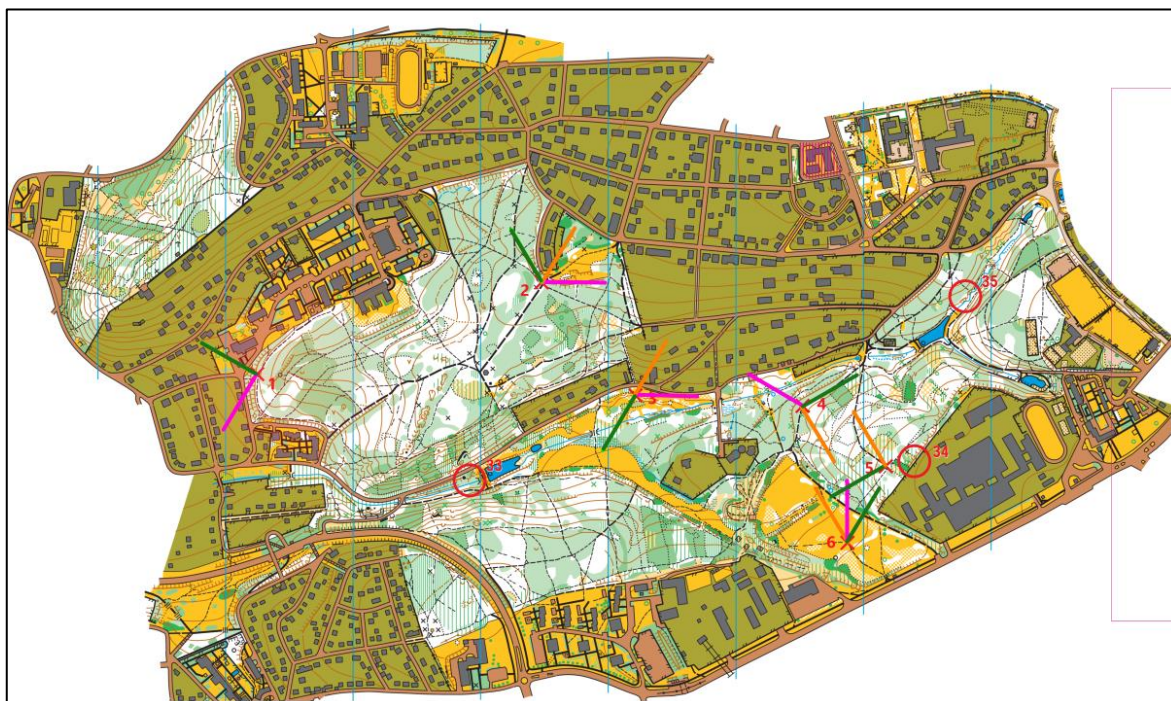
Kontrola č. 4 (kterou jsem postavila ke kovovému plotu) ve většině případů neměřila správným směrem. Podobné výsledky jsem naměřila i u dalších dvou kontrol č. 3 a č. 5. Ty jsem postavila v místech blízko vodních ploch.

Ani jeden zákres signálu není zaznamenán přímým směrem dané kontroly. Dva z možných důvodů je měření signálu jen v určitých směrech (po 30°), tím pádem jsem nemohla zaznamenat přesný směr nejsilnějšího signálu, a fakt, že silný signál jsem přijímala z širšího spektra (nejsilnější signál se tedy liší třeba jen o desetinu Db).

Signály také často měřili k lidským komunikacím, které tedy pravděpodobně sváděly signál k sobě.



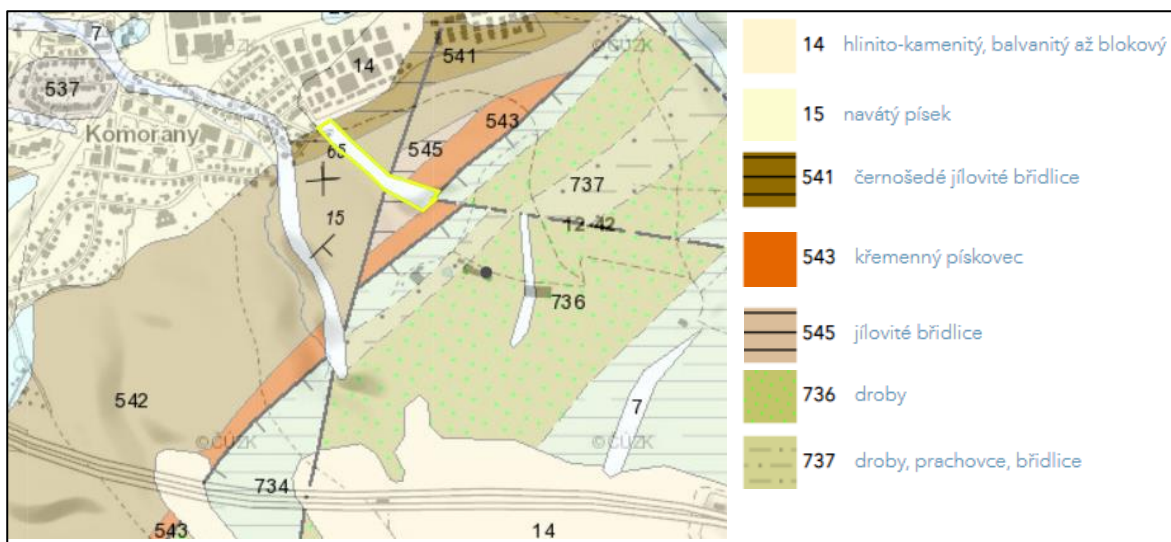
Obrázek 4 Geologická mapa Hodkovičky a okolí (8)



Obrázek 5 Směry nejsilnějších signálů Hodkovičky

Les Točná

V lese Točná jsem se zejména zaměřila na jeho výrazný terén (údolí, kopce) a blízké letiště (viz Obrázek 7). Zde stejně jako v případě lesu Hodkovičky jsem nevyhodnotila podloží jako rušivé vůči rádiovým vlnám (viz Obrázek 8).



Obrázek 6 Geologická mapa les Točná a okolí (8)

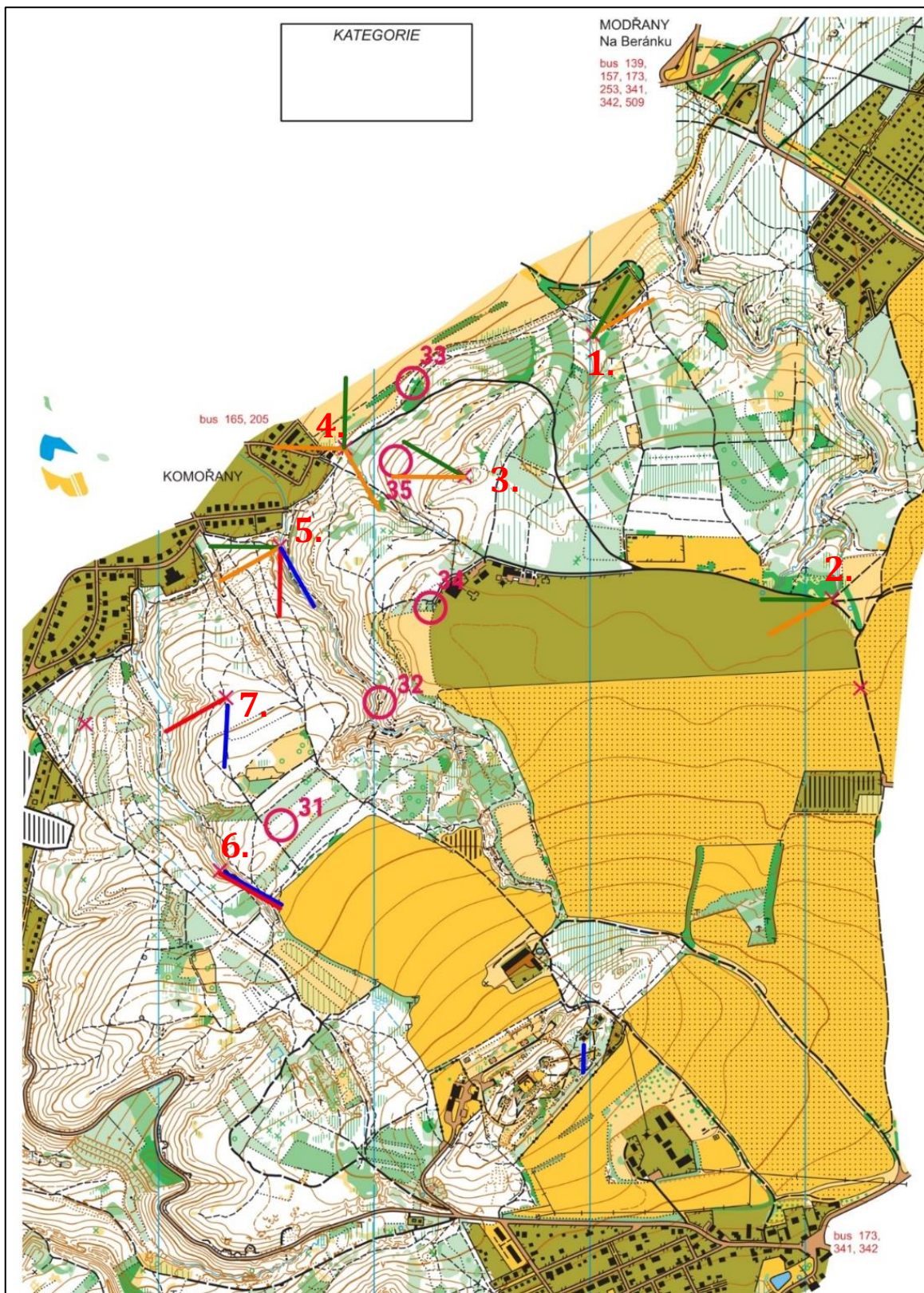
Při měření v této oblasti došlo k podobné odchylce jako při měření v lese Hodkovičky. Jelikož hlasitý signál byl v širokém naměřeném rozmezí a hlasitost se v jednotlivých směrech lišila jen o několik Db, směr naměřeného nejhlasitějšího signálu se může lišit od směru, který by vybral závodník v takovéto situaci a také od směru reálného místa vysílače. Tato odchylka je např. viditelná v zákresu z místa 3, na místě 7 pro kontrolu č. 1 a na místě 5 pro kontrolu č. 2.

V místě 1 odpovídají naměřené směry mému předpokladu. Kde jsem měřila kontroly č. 3 a 4 v zástinu kopce a signál se tedy odrazil od kopce protilehlého. Stejný výsledek pro stejné tyto stejné kontroly jsem naměřila i v místě 5, kde dochází ke stejnému jevu.

Zároveň zákres v místě 5 naznačuje na reakci rádiových vln na údolí, kdy naměřený směr vede souběžně s údolím.

Ovlivnění signálu letištěm, jsem zaznamenala jen v místě 2 (které k letišti ze všech míst nejbliže), kde byl signál sváděn směrem k letišti.

Naopak ovlivnění lidskou komunikací jsem zaznamenala v místě měření 4 pro kontrolu č. 5. Zde jsem naměřila dva nejsilnější signály. Jeden měřil s menší odchylkou k místu vysílače, druhý k blízké obydlené části.

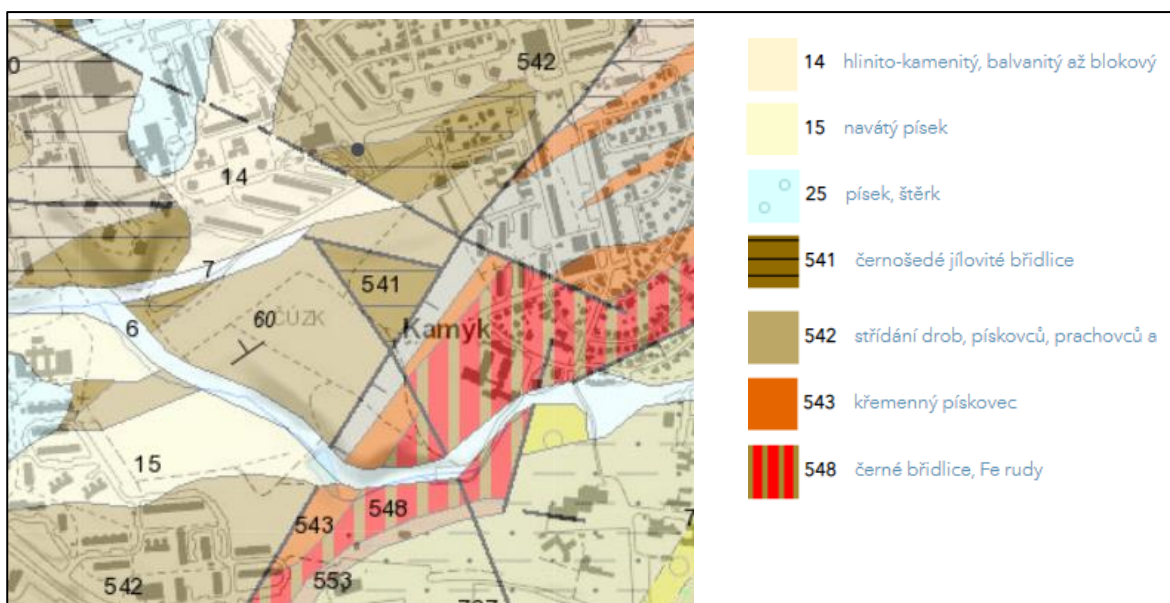


Obrázek 7 Směry nejsilnějších signálů Točná

Les Kamýk

Jelikož les Kamýk je rozlohou poměrně malý, byla jsem schopna udržet hlasitost (zesílení signálu přijímačem) na stejné úrovni. V této oblasti jsem se zaměřila

zejména na změnu signálu způsobenou elektrickým vedením a terénem. Geologická mapa naznačuje, že v této lokalitě může docházet k ovlivnění signálu podložím. Převážně ve východní až severovýchodní části lesa, kde se v podloží vyskytují železné rudy (viz Obrázek 8).

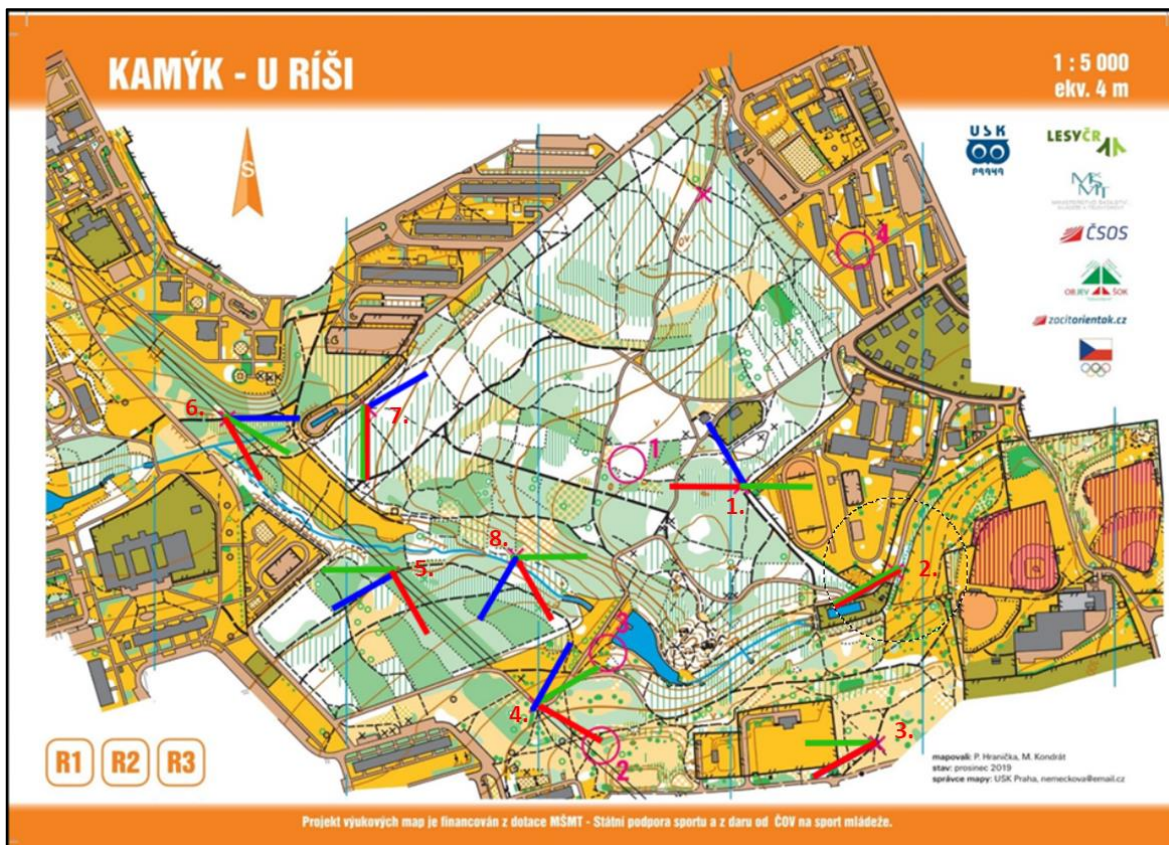


Obrázek 8 Geologická mapa lesu Kamýk a blízkého okolí (8)

Nejpřesnější měření jsem zaznamenala v místě 4. Zde nejsilnější signály všech kontrol směřují takřka přesně k výskytu vysílače i přesto, že jsem signál přijímala přímo pod dráty elektrického vedení. Ty mohli způsobit, že veškerý signál zde přijímaný byl v porovnání s vzdáleností od kontrol a ostatními měřeními celkem hlasitý.

Výsledky z místa 7 nejvíce odpovídají mnou předpokládaným výsledkům. Zde nejsilnější signály opisují vrstevnice kopce oddělujícího vysílač a přijímač. Toto je jev zcela běžný při měření signálu v ROB pod kopcem.

Zcela nečekané výsledky jsem naměřila v místech 1 a 5. Místo 5 je umístěno stejně jako místa 4 a 6 pod dráty elektrického vedení, avšak naměřené signály z těchto míst jsou s mírnou odchylkou přesné. V místě 5 signál kontrol 1 a 3 směřuje téměř přesně o 180° opačným směrem, než je směr vysílače. Místo 1 by mělo být tzv. ideální místo na měření. Zde bylo měření pravděpodobně ovlivněno právě geologickým podložím (viz Obrázek 8).



Obrázek 9 Směry nejsilnějších signálů Kamýk

Závěr

V této práci jsem se zabývala problematikou odrazu, lomu a ovlivnění rádiových vln v rádiovém orientačním běhu. To jsem měřila pomocí vlastně postavené trati z předem vytipovaných míst.

Reakce rádiových vln na své okolí je velmi individuální. Povedlo se mi změřit jen pár případů odpovídajících všeobecným pravidlům. Nejčastějšími důvody změn směru signálu jsou vrstevnice a vodivé překážky či podloží. Proto bych doporučila do tréninkového plánu tréninků v ROB zapojit orientaci v mapě, aby se závodník mohl v průběhu závodu těmto místům vyhnout.

Zároveň jsem došla k závěru, že les Hodkovičky, který se k tréninkům často využívá je pro trénování na pásmu 144 MHz velmi nevhodný. Jelikož se jedná o vcelku malý les, který je obestaven a proklán lidskou komunikací, rádiové vlny jsou zde jednoduše ovlivněny.

Seznam literatury

1. TARÁBEK, Pavol a Petra ČERVINKOVÁ. *Odmaturuj! z fyziky*. Brno: Didaktis, c2004. Odmaturuj!. ISBN 8086285391
2. MAZÁNEK, Miloš a Pavel PECHAČ. *Šíření elektromagnetických vln a antény*. Vyd. 2., přeprac. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. ISBN 8001030326.
3. KRÁLOVÁ, Magdalena. Elektromagnetické vlnění. *Techmania Science Center, eduportál* [online]. Plzeň: Techmania Science Center, 2007 [cit. 2022-02-27]. Dostupné z:
<http://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie/fyzika/elektromagneticke-vlny/elektromagneticke-vlneni>
4. LNĚNÍČKA, Jakub. *Návrh, realizace a ověření činnosti přijímače pro rádiový orientační běh*. Praha (CZE), 2014. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická, Katedra mikroelektroniky. Vedoucí práce Karel Ulovec.
5. *Fox-klub Praha: ARDF, ROB, hon na lišku* [online]. Praha (CZE): Blomann, 2005 [cit. 2022-12-30]. Dostupné z: <http://foxklub.cz/>
6. Technika pro orientační sporty: přijímače. MAREČEK, Jiří. *Ok2bwn: radio sports equipment* [online]. Bílovice nad Svitavou, 2014 [cit. 2022-12-30].
7. KUNCOVÁ, Eliška. *Vznik, vývoj a současná podoba rádiového orientačního běhu v České republice*. Plzeň, 2012. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta pedagogická. Vedoucí práce Ilona Kolovská.
8. Geovědní mapy. *Geology: mapy geology* [online]. Praha: Česká geologická služba, 2022 [cit. 2023-05-18]. Dostupné z: <https://mapy.geology.cz/geocr50/>

Přílohy

Tabulka 6 Výsledky Hodkovičky

kontrola	poznámky	směr	místo 1 (db)	místo 2 (db)	místo 3 (db)	místo 4 (db)	místo 5 (db)	místo 6 (db)
3		330°	73,5	86,2	86,9	80,0	85,8	80,0
		300°	96,2	78,2	83,8	79,2	78,7	74,4
		270°	90	82,8	88,6	59,6	64,0	72,1
		240°	85,7	84,6	97,9	76,0	83,2	94,3
		210°	91,7	76,9	98,2	91,1	77,1	90,1
		180°	91,6	78,0	93,6	55,3	62,4	84,7
		150°	88,8	77,5	88,8	54,2	58,2	79,9
		120°	71,2	70,3	60,0	69,2	55,6	67,5
		90°	65,2	66,9	53,2	63,0	73,2	82,4
		60°	77,3	67,4	82,3	93,2	84,5	88,8
		30°	63,2	58,2	87,7	84,1	90,0	81,3
		0°	76,9	67,8	88,8	76,5	87,1	76,7
	hlasitost		7	5,5	5	5,5	6	6
4		330°	98,9	62,3	84,0	103,2	90,6	
		300°	101,3	84,0	74,9	106,4	61,3	
		270°	100,1	96,6	57,9	100,5	52,2	
		240°	100,0	96,5	81,4	87,4	55,0	
		210°	101,4	94,1	65,4	64,4	58,1	
		180°	97,2	72,9	58,4	70,1	57,1	
		150°	74,4	90,0	63,0	75,4	56,0	
		120°	73,1	99,3	93,7	77,7	54,1	
		90°	91,9	102,3	96	86,9	61,2	
		60°	99,5	100,1	95,6	84,3	86,2	
		30°	98,8	72,2	87,6	83,3	98,7	
		0°	95,4	66,2	77,0	94,4	100,2	
	hlasitost		7	5,5	5,5	5	5,5	
5		330°		78,2	92,4	87,4	100,7	103,2
		300°		84,1	93,3	88,8	99,1	95,4
		270°		92,3		69,7	81,2	88,2
		240°		80,5		78,3	60,0	82,3
		210°		86,5		77,6	56,9	59,3
		180°		69,0		83,9	86,3	81,2
		150°		60,6	76,2	91,1	90,6	76,4
		120°		74,5	64,2	88,6	77,4	62,2
		90°		88,7	82,4	69,3	59,3	58,7
		60°		100,1	94,5	75,2	63,2	97,3
		30°		102,7	95,2	73,5	86,5	100,3
		0°		99,3	91,3	68,3	100	102,1
	hlasitost			6,5	6,5	6	6	5,5

Tabulka 7 Výsledky Točná 1. a 2. kontrola

kontrola	poznámky	směr	místo 5 (db)	místo 6 (db)	místo 7 (db)
1		330°	92,5	82,3	52,5
		300°	102,8	75,5	66,5
		270°	106	81,5	47,3
		240°	105,1	83,2	70,1
		210°	100,1	86,5	100
		180°	104	91,2	109,9
		150°	107,6	98,3	108,6
		120°	105	100,3	105,9
		90°	103	97,2	102,7
		60°	98,5	96,1	43,5
		30°	87,2	94,1	80
		0°	90,4	88,7	84
		hlasitost		5	6
2		330°	94,9	91,6	87,1
		300°	100	88,2	92,1
		270°	103,1	79,6	107,5
		240°	88,5	73,2	108,7
		210°	101,9	65,3	103,1
		180°	107,4	69,8	105,9
		150°	106,3	75,6	104,8
		120°	103,4	98,4	96,9
		90°	98,1	94,6	94,3
		60°	99	75,2	92,8
		30°	86,2	76,3	90,7
		0°	75,1	83,7	88,9
		hlasitost		7	6

Tabulka 8 Výsledky Točná 3. a 4. kontrola

kontrola	poznámky	směr	místo 1 (db)	místo 2 (db)	místo 3 (db)	místo 4 (db)	místo 5 (db)
3		330°	70,1	91,7	98,6	98,8	104,6
		300°	60,5	95,6	98,7	82,3	107,8
		270°	45,1	109,1	94,8	83,7	108,7
		240°	67,5	104,4	85,5	89,2	107,5
		210°	78,7	95,2	91,2	98,1	106,2
		180°	72,5	79,2	89,9	99,4	102,1
		150°	56,8	78,4	70,6	93,1	84,2
		120°	52,4	84,5	81,5	87,3	81,2
		90°	53,9	82	75,9	83,5	93
		60°	76,4	77,8	76,9	84,7	70,1
		30°	82,6	76,3	81,6	107,2	87,1
		0°	80,8	78,2	97,4	108	88
		hlasitost		6	7	5	5
5		330°	97,1	106,4	80	105,3	97,3
		300°	100	102,3	100,3	99,4	99,1
		270°	95,6	109,2	104,8	115,1	107,3
		240°	84,5	112,7	102,5	112	108,9
		210°	92,9	102,9	96,1	114,7	96,9
		180°	86,2	74,7	83,3	110,5	93,7
		150°	66,6	90	77,5	115,1	102,9
		120°	80,6	90	77,4	113,6	94,7
		90°	99,7	98,3	72,5	114,4	95,2
		60°	103,7	89,4	72,6	113,8	71,2
		30°	99,6	91,7	69,1	112	80,7
		0°	97,3	103,7	62,4	108,1	91,6
		hlasitost		6	7	5	5

Tabulka 9 Výsledky Kamýk

	poznámky	směr	místo 1 (db)	místo 2 (db)	místo 3 (db)	místo 4 (db)	místo 5 (db)	místo 6 (db)	místo 7 (db)	místo 8 (db)
3		330°	88,3			70,6	61,1	60	62,6	65,4
		300°	84,6			62,6	58,5	62,6	73,1	67,3
		270°	78,3			60	60	71,1	77,2	84,3
		240°	65,9			60,3	66,5	73	74,8	87,3
		210°	67,9			60	60,7	64,5	60	89,7
		180°	70,2			60,3	56,1	60,5	57,6	81,2
		150°	66,3			62	55,1	57,6	60,5	70
		120°	62,7			58	55	60	64,5	72,2
		90°	62,4			67,2	55,4	74,8	73	72,3
		60°	69,5			83,4	55,7	77,2	71,1	74,2
		30°	76,4			84,5	56,4	73,1	62,6	62,6
		0°	83,7			79,6	63,2	62,6	60	53,3
		hlasitost	5	5	5	5	5	5	5	5
4		330°	62,6	45,1	56,9	84,2	90	57,1	61	77,7
		300°	62,3	57,3	61,7	86,5	90	57,7	59,3	80,7
		270°	63,2	67,6	69,3	81,2	84,6	58,2	58	85,2
		240°	63,4	74,4	72,8	77,3	75	61,6	59,4	90,2
		210°	62,5	67,5	64,2	80,7	70	71	61,3	95,2
		180°	62,7	50	49,1	90	93,3	77,9	68,3	105,2
		150°	60,9	43,3	48,4	95,7	97,2	68	75,2	109,5
		120°	60,8	45,1	45,4	96,6	96,8	66,2	70	90,4
		90°	63,7	44,9	47,1	67,5	94,6	60,4	66,6	71,7
		60°	59,3	46,8	49,7	63,2	85,9	61	62,2	68,5
		30°	62,9	43,1	47,8	62,6	82,8	64,1	59	63
		0°	61,5	42,9	49,8	74,6	80,6	65,5	58	65,8
		hlasitost	5	5	5	5	5	5	5	5
5		0°	61,2	42,3	65,3	80	81,3	58	65,5	65,7
		300°	64	48,3	70,2	79,3	87,9	59	64,1	68
		270°	64,2	57,5	71,4	82,6	96	62,2	61	83,5
		240°	63,5	61,8	60,9	96,3	90	66,6	60,4	90
		210°	64,5	60	48,5	99	82,2	70	66,2	99
		180°	62,4	52,3	48,3	87	60	75,2	68	97
		150°	60,5	42,1	45,2	58,6	80,5	68,3	77,9	89,6
		120°	57,8	40,5	42,1	83,6	89	61,3	71	95,8
		90°	57,4	48,4	43,6	99,5	81,5	59,4	61,6	102,7
		60°	58,7	45,2	46,5	100,8	61,1	58	58,2	100
		30°	60,3	41	44,4	90,9	73,9	59,3	57,7	94,5
		0°	59,3	40,1	53,1	76,3	63,6	61	57,1	87,1
		hlasitost	5	5	5	5	5	5	5	5