

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Porovnání mikrovlnných antén v pásmu 2,4GHz

Vedoucí práce : Ing. et Ing. Petr Kašpar, Ph.D.

Autor: Jan Leisner

2012

Zadání:

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software použitý při řešení této bakalářské práce je legální.

V Horním Slavkově dne 7.6.2012

Jan Leisner

.....

Anotace

Bakalářská práce je zaměřena na měření antén v pásmu 2,4GHz. První část práce je zaměřena na historický vývoj bezdrátové komunikace. Druhá část je zaměřená na druhy antén a jejich parametry. Třetí část obsahuje průzkum trhu antén v pásmu 2,4GHz a jejich porovnání. Poslední část je věnována měření parametrů vybraných antén.

Klíčová slova

Zisk, PSV, vyzářovací diagram, mikrovlnná anténa,

Abstract

This thesis is focused on microwave antenna measurements in 2,4GHz band. In first part thesis is focused on historical development electromagnetic transmission. The second part is focused to types of antennas and their characteristics parameters. The third part contains market on antennas in Czech Republic for 2,4GHz band. Last part is focused on measurement of parameters antennas.

Key words

Gain, VSWR, radiation pattern, microwave antenna

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. et Ing. Petru Kašparovi, Ph.D. za cenné rady, připomínky a metodické vedení práce. Také bych chtěl poděkovat Ing. Janu Mrázovi za cenné rady a pomoc při měření antén.

OBSAH:

Obsah:	8
Úvod	12
1 historický vývoj	13
1.1 Přenos informace bez pomoci elektřiny	13
1.2 Jiskrný vysílač	14
1.3 Guglielmo Marconi.....	14
1.4 Přenos hlasu	15
1.5 Přenos obrazu	15
1.6 Digitální přenosové systémy	15
1.7 Dnešní systémy	15
2 Typy antén a jejich parametry	17
2.1 Vlastnosti udávané výrobcem.....	17
2.1.1 <i>Frekvenční rozsah</i>	17
2.1.2 <i>PSV činitel stojatých vln</i>	17
2.1.3 <i>Zisk</i>	18
2.1.4 <i>Impedance</i>	18
2.1.5 <i>Předozaďní poměr</i>	18
2.1.6 <i>Vyzařovací diagram</i>	18
2.1.7 <i>Polarizace</i>	19
2.2 Druhy antén	19
2.2.1 <i>Panelová anténa</i>	19
2.2.2 <i>Antény typu Yagi</i>	20
2.2.3 <i>Parabolická anténa</i>	21
2.2.4 <i>Sektorová anténa</i>	21
2.2.5 <i>Všesměrová anténa</i>	22
3 Průzkum trhu	23
3.1 Výběr antén na trhu	23
3.1.1 <i>Panelové antény</i>	23
3.1.2 <i>YAGI antény</i>	24
3.1.3 <i>Parabolické antény</i>	25
3.1.4 <i>Sektorové antény</i>	26
3.1.5 <i>Všesměrové antény</i>	27

3.2	Dosažené parametry podle druhů antén.....	28
4	Měření antén.....	30
4.1	Měřicí laboratoř	30
4.2	Měřené antény	30
4.3	Postup měření	31
4.3.1	<i>Měření zisku.....</i>	<i>31</i>
4.3.2	<i>Měření PSV.....</i>	<i>31</i>
4.3.3	<i>Měření vyzařovacího diagramu.....</i>	<i>31</i>
4.4	Získané výsledky	32
4.4.1	<i>Měření zisku.....</i>	<i>32</i>
4.4.2	<i>Měření PSV.....</i>	<i>34</i>
4.4.3	<i>Měření vyzařovacího diagramu.....</i>	<i>36</i>
5	Závěr	39
	Seznam literatury a informačních zdrojů	40
	Seznam příloh	1
	Přílohy	2

Seznam Symbolů a Zkratek

PSV[-]	poměr stojatých vln
F [Hz]	frekvence
G [dBi]	zisk
Ω [Ohm]	impedance
V [bit/s]	přenosová rychlost
α [°]	úhel
T [°C]	teplota
S [m]	vzdálenost
GSM	G lobální S ystém pro M obilní komunikaci
IEEE	I nstitute of E lectrical and E lectronics E ngineers
BBC	B ritish B roadcasting C orporation
WiFi	W ireless F idelity

Seznam obrázků

Obr. 1.1 Komunikační stožár [4]

Obr. 1.2 Detektor elektromagnetických vln [4]

Obr. 2.1 Zisk dipólu [10]

Obr. 2.2 Panelová anténa [7]

Obr. 2.3 Anténa Yagi [7]

Obr. 2.4 Parabolická anténa [6]

Obr. 2.5 Sektorová anténa [7]

Obr. 2.6 Všesměrová anténa [6]

Obr. 4.1 anténa č. 10037

Obr. 4.2 anténa č. 10038

Obr. 4.3 anténa č. 10036

Obr. 4.4 anténa č. 4

Seznam grafů

- Graf 4.5 Zisk antény č. 10038 v závislosti na frekvenci
- Graf 4.6 Zisk antény č. 10038 v závislosti na frekvenci
- Graf 4.7 Zisk antény č. 10036 v závislosti na frekvenci
- Graf 4.8 Zisk antény č. 4 v závislosti na frekvenci
- Graf 4.9 Graf PSV antény č. 10038
- Graf 4.10 Graf PSV antény č. 10037
- Graf 4.11 Graf PSV antény č. 10036
- Graf 4.12 Graf PSV antény č. 4
- Graf 4.13 Vyzařovací diagram antény č. 10038 horizontální rovina
- Graf 4.14 Vyzařovací diagram antény č. 10038 vertikální rovina
- Graf 4.15 Vyzařovací diagram antény č. 10037 horizontální rovina
- Graf 4.16 Vyzařovací diagram antény č. 10037 vertikální rovina
- Graf 4.17 Vyzařovací diagram antény č. 10036 horizontální rovina
- Graf 4.18 Vyzařovací diagram antény č. 10037 vertikální rovina
- Graf 4.19 Vyzařovací diagram antény č. 4 horizontální rovina
- Graf 4.20 Vyzařovací diagram antény č. 4 vertikální rovina

Seznam tabulek

- Tab. 1.1 Přenosové rychlosti podle použitého standardu [5]

- Tab. 3.1 Tabulka srovnání panelových antén
- Tab. 3.2 Tabulka srovnání YAGI antén
- Tab. 3.3 Tabulka srovnání parabolických antén

- Tab. 3.4 Tabulka srovnání sektorových antén
- Tab. 3.5 Tabulka srovnání všesměrových antén

ÚVOD

Bakalářská práce je zaměřená na antény v pásmu 2,4GHz. Tyto antény se často využívají pro budování bezdrátových sítí WiFi pracujících na základě standardu IEEE 802.11b/g/n. Seznámíme se s historií bezdrátové komunikace. Představíme si parametry a jejich vliv na kvalitu antény.

Cílem práce je změřit několik dodaných antén v pásmu 2,4GHz v bezodrazové komoře a porovnat naměřené hodnoty s hodnotami udávanými výrobcem.

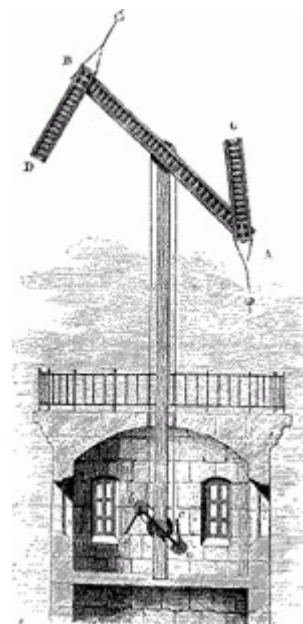
1 HISTORICKÝ VÝVOJ

Rozvoj sdělovací techniky výrazně ovlivnil rozvoj civilizace. Přenos informací se rozvíjí již od dávné minulosti. Od 19. století se začaly informace přenášet pomocí elektrických signálů. První přenos zpráv po elektrickém vedení pomocí elektrického signálu se datuje roku 1809. Dalším krokem bylo přenést informace bezdrátově pomocí elektromagnetických vln. To bylo objeveno roku 1895.

1.1 Přenos informace bez pomoci elektřiny

V dávných dobách byl přenos zprávy zprostředkován poslem, který se pohyboval pěšky nebo na koni. Tento druh přenosu byl velmi pomalý a nebezpečný. Rychlejší přenos informace byl pomocí ohnivých signálů. Tento způsob vysílání informací byl vhodný pro velké vzdálenosti. Pro překlenutí vzdálených míst muselo být na trase více stanic pro retranslaci signálu. Stanice byly od sebe vzdálené desítky km. Stanice byly umístěny na vysokém místě a musely mít výhled na předchozí a následující stanici. Pro spolehlivý přenos bylo nutné příznivé počasí. Výhodou tohoto systému byla v tu dobu rychlost, jakou byla informace přenesena. Nevýhodou bylo, že se dala přenést pouze jedna předem smluvená informace. Toto bylo využito při přenosu zprávy o pádu Tróje na vzdálenost 550 km do Mykén.

V době napoleonských válek byl ve Francii inženýrem Chlaude Chappenem vynalezen optický telegraf. Telegraf byl vybudován roku 1792. Chappe využil již známé vlajkové signály, které byly používány v lodní dopravě. Pro napodobení paží sestavil semafor, na který přidělal velká ramena, aby byly vidět signály na velké vzdálenosti. Hlavní rameno bylo dlouhé 4 m a mělo 4 polohy. Na obou koncích z každé strany byla umístěna menší ramena o délce 2 m. Každé z těchto ramen mohlo zaujímat 8 poloh. Ramena byla ovládána pomocí lan. Celý tento systém měl 196 různých kombinací a pomocí 92 stavů byl sestaven slovník. Každý znak byl vysílán 20 sekund. Telegrafy byly vybudované na vysokých místech a byly od sebe vzdálené 10 km. Pro pozorování signálu byli pozorovatelé vybaveni dalekohledy. Ve Francii byla sestavena trasa Paříž - Štrasburk. Ze začátku byl optický telegraf využit k vojenským operacím a později byl zpřístupněn veřejnosti. [1] [4]



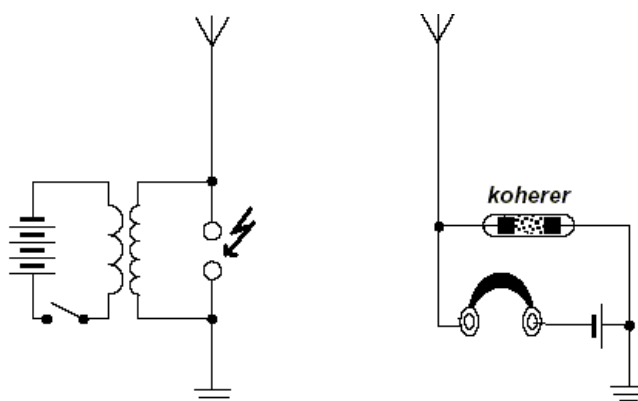
Obr. 1.1 Komunikační stožár [4]

1.2 Jiskrný vysílač

Kolem roku 1880 byl sestaven první vysílač, který fungoval na principu elektromagnetických vln. Princip tohoto vysílače byl velmi jednoduchý. Jak napovídá název, jednalo se o systém dvou elektrod. Mezi elektrodami vznikal elektrický výboj. Tímto výbojem se vytvořilo elektromagnetické pole, které se šířilo prostorem. Ze začátku byla přenášena pouze Morseova abeceda. Později se Reginald Fessender pokusil o přenos hlasu. Použil k tomu vysílač pracující s 10 000 jiskrami za sekundu. Na modulaci použil uhlíkový mikrofon. Bylo velmi složité dosáhnout srozumitelného přenosu. Bylo například nutné použít vodní chlazení, aby nedošlo k přehřátí mikrofonu. V roce 1905 generovali jiskrové vysílače signály o frekvenci 1,2 MHz a frekvence 500 KHz se stala mezinárodní tísňovou frekvencí.

1.3 Guglielmo Marconi

G. Marconi je považován za průkopníka bezdrátové telegrafie. Roku 1895 zdokonalil detektor elektromagnetických vln tzv. koherer schéma vysílače vlevo a přijímače vpravo. Roku 1896 si nechal zařízení patentovat a dále jej zdokonaloval. V roce 1897 dokázal přenést rádiový signál na vzdálenost 30 km. Roku 1899 zahájil komerční vysílání mezi Francií a Anglií. Roku 1901 bylo možné přenést signál na vzdálenost 322 km. A ten samý rok přenesl písmeno S přes Atlantik. Mezi jeho další objevy patří například to, že rádiový signál se šíří pomocí odrazů a přenosové podmínky jsou v noci lepší než ve dne. [2] [4]



Obr. 1.2 Detektor elektromagnetických vln [4]

1.4 Přenos hlasu

Od roku 1900 se pokoušel Reginald Aubrey Fessend přenášet bezdrátově hlas. Přišel s myšlenkou modulovat amplitudu zvukových vln do vln rádiových. Roku 1906 na Štědrý den odvysílal první rozhlasový pořad. Signál, který vysílal, bylo možné zachytit i obyčejným přijímačem, který v té době uměl přijímat pouze šum a pípání. Toho se přesvědčili lidé plavící se ten den ve vodách Atlantiku. Místo pípání a šumu uslyšeli mužský hlas. Fessender vysílal z Braut Rocku ze státu Massachusetts. Další objev, který výrazně pomohl rozvoji bezdrátového přenosu, bylo objevení elektronky, kterou v roce 1883 vynalezl T. A. Edison. A roku 1921 začala firma Marconi Osram vyrábět elektronky použitelné pro různé aplikace.

1.5 Přenos obrazu

Roku 1924 předvedl John Logie Baird bezdrátový přenos obrysů a o rok později přenesl bezdrátově lidskou tvář. V roce 1929 zahájilo BBC pokusné televizní vysílání. Obraz se skládal pouze ze třiceti řádků, ale byl jasně rozpoznatelný.

1.6 Digitální přenosové systémy

Na počátku 80. let 20. století se začaly objevovat první digitální radiotelefonní systémy. Nejznámější byl systém GSM, který koncem 20. století vytlačil systémy analogové. Tento systém využívá buňky pro pokrytí území signálem. První pokusy pro přenos dat patří Havajské Univerzitě, která roku 1971 pomocí spoje ALOHNET propojila sedm počítačů rozmístěných na pěti Havajských ostrovech. Komerční využití bezdrátového přenosu dat začalo počátkem 80. let minulého století. Firmy IBM a Motorola se začali angažovat do technologie bezdrátového přenosu dat. Firmy vyvinuly různá řešení pro přenos dat rychlostí několik kbit/s koncem devadesátých let 20. století. S rozvojem techniky začaly vznikat systémy pracující nad frekvencí 1 GHz.

1.7 Dnešní systémy

Dnes se pro přenos využívají frekvence řádově až desítky GHz. Většinou se jedná o systémy pro přenos dat od rychlosti 100 Mbit/s až po rychlosti 1 Gbit/s. Tyto systémy jsou určeny pro páteřní spoje s vysokou spolehlivostí. Vybudování takového spoje je velice nákladné a provozování takového spoje je možné jenom v licencovaném pásmu. Zařízení,

která jsou, dostupná běžnému uživateli, pracují v pásmu nelicencovaném. Nejdostupnějším je systém GSM, který dnes slouží nejen pro přenos hlasu. Při použití vylepšeného systému GSM se lze připojit k internetu přenášet fotografie, nebo například využívat video hovory. Rychlost dat je řádově od desítek kb/s až po několik Mb/s v závislosti na použité technologii. Pro vytváření bezdrátových sítí v nelicencovaném pásmu slouží dvě frekvence 2,4 Ghz a 5 Ghz. U těchto zařízení je omezen vyhláškou pouze vysílací výkon a frekvenční rozsah. Tento systém je vhodný pro připojení uživatelů k internetu v oblastech bez kabelových rozvodů. Také je vhodný pro bezdrátové pokrytí internetem menších oblastí, jako jsou obytné domy a veřejná místa. Rychlost těchto systémů můžeme vidět v tabulce 1.1. Uvedené hodnoty jsou v praxi nedosažitelné. Záleží hodně na kvalitě antén, vodičů a použitého zařízení a na okolním rušení.

[5]

Standart	Rychlost	Pásmo
802.11 b	11Mb/s	2,4GHz
802.11 g	54Mb/s	2,4GHz
802.11 a	54Mb/s	5GHz
802.11 n	300Mb/s	2,4/5 GHz

Tab. 1.1 Přenosové rychlosti podle použitého standardu [5]

2 TYPY ANTÉN A JEJICH PARAMETRY

V dnešní době je dostupnost antén v pásmu 2,4 GHz výrazně nižší, než tomu bylo v roce 2005. Na snížení prodejnosti a tím i dostupnosti mohlo snížení cen zařízení pracujících v pásmu 5 GHz. Zařízení na frekvenci 5 GHz mají lepší výsledky, co se týče přenosové rychlosti a lepší funkci v rušném prostředí. Po průzkumu v internetových obchodech i4wifi [6] je vidět že zde mají čtyřikrát menší nabídku antén pro pásmo 2,4 GHz než pro pásmo 5 GHz. Z těchto informací je patrné, že prodejnost antén 2,4 GHz značně klesla. Nicméně je tato technologie vhodná pro pokrytí míst, která nejsou mikrovlnnými signály rušena.

2.1 Vlastnosti udávané výrobcem

- Frekvenční rozsah
- PSV činitel stojatých vln
- Zisk
- Impedance
- Předozadní poměr
- Vyzařovací diagram
- Polarizace

2.1.1 Frekvenční rozsah

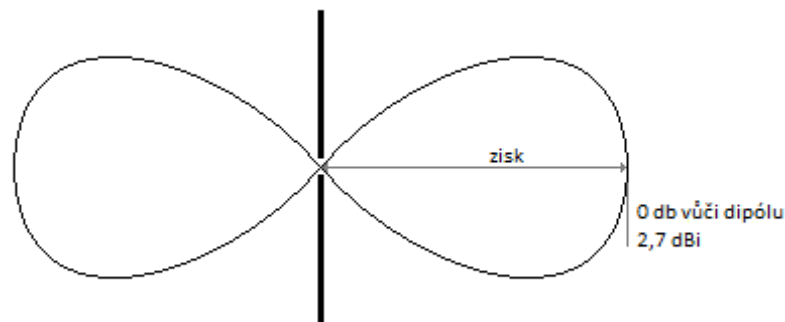
Frekvenční rozsah je rozsah na jakém má anténa udávané vlastnosti výrobcem. Pokud nebudeme anténu provozovat v tomto kmitočtu, není možné počítat s vlastnostmi, které jsou dány výrobcem, ovšem neznamená to, že anténa nebude fungovat. Šířka pásma je závislá na konstrukčním provedení a také na typu antény.

2.1.2 PSV činitel stojatých vln

PSV je hlavní ukazatel kvality antény. PSV představuje poměr kolik nevyzářeného signálu se odrazí zpět do vysílače. Ideální hodnota PSV je 1 v celém frekvenčním rozsahu tato hodnota je nedosažitelná. Pokud je PSV menší než 1,5 jedná se o výbornou anténu do 2,0 jde o anténu vyhovující a při PSV větší než 3 mluvíme o anténě nevyhovující. [9]

2.1.3 Zisk

Každá anténa, která má kladný zisk, je vždy směrová. To znamená, že má svojí vysílací a přijímací schopnost jen v určitém směru. Zatímco jiné směry jsou v tzv. "mrtvém úhlu". Zisk je tedy poměr, kolikrát je zvýhodněn určitý směr oproti situaci, kdyby se anténa chovala, tak že by její vyzařovací diagram byl ideální koule.



Obr. 2.1 Zisk dipólu [10]

2.1.4 Impedance

Vlastní impedance antény je reálná hodnota. Tato hodnota je důležitá pro použití vhodného přívodního kabelu. Při použití nevhodného kabelu by mohlo dojít k odrazům a k nárůstu odraženého výkonu.

2.1.5 Předozadní poměr

Každá anténa vyzařuje do svého okolí signál i ve směrech, ve kterých by neměla. Poměr signálu vyzářeného v hlavním směru oproti signálu vyzářeného do ostatních směrů se nazývá předozadní poměr. Veličina tohoto poměru je decibelech.

2.1.6 Vyzařovací diagram

Grafické znázornění intenzity elektromagnetického pole v konstantní vzdálenosti od antény. Měří se ve dvou rovinách a to vertikální a horizontální. Z diagramu lze vyčíst vyzařovací úhel antény v obou rovinách. Úhel je výšeč udávaná ve stupních, která protíná body, kdy signál poklesne o 3 dB.

2.1.7 Polarizace

Polarizace udává, ve které rovině se šíří rádiové vlny. Roviny máme vertikální a horizontální a stejně tak jsou pojmenovány polarizace. Ne vždy musí být polarizace v jednom směru, existuje také polarizace eliptická, smíšená nebo cirkulární. Pro větší přenosové rychlosti byly vyvinuty tzv. dvoupolarizační antény. Anténa je konstrukčně řešena tak že má dva zářiče v každém směru jeden. Směr polarizace je vždy výhradně dán konstrukčním řešením antény.

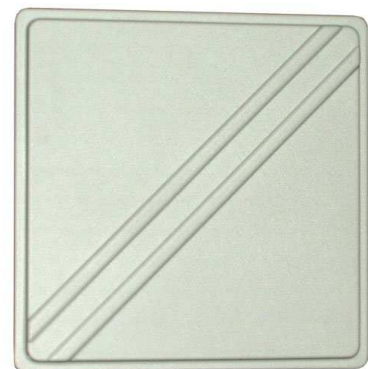
2.2 Druhy antén

- Směrové
 - Panelové
 - YAGI
 - Parabolické
 - Sektorové
- Všesměrové

2.2.1 Panelová anténa

Obecné vlastnosti těchto antén

Frekvenční rozsah:	2400 – 2500 MHz
Zisk :	10-18 dBi
Polarizace:	V/H dle polohy
Vyzař. úhel - H.:	20-60 °
Vyzař. úhel - V.:	20-60 °
Impedance :	50 Ohm



Obr. 2.2 Panelová anténa [7]

Panelové antény jsou nejlevnější antény pro venkovní použití. Antény jsou typické svým tvarem, jedná se nejčastěji o antény tvaru čtverce nebo obdélníku. Anténa je tvořena

velkým kusem plechu, který má tvar antény a je umístěn na zadní straně. Na tomto plechu je umístěn konektor pro připojení nejčastěji N/F-emale a mechanismus pro připevnění antény na stožár. Před plechem je vždy umístěn zářič, který je tvořen PCB deskou, na které je z mědi vyleptán vyzařovací prvek. Mechanismus připojení antény na stožár je univerzální a umožňuje natočení jak na obě polarizace V/H tak také umožňuje elevaci antény ve směru vertikálním. Tyto antény jsou vhodné pro instalaci klienta do dosahu 800-1600m. Pro klientské instalace se většinou využívají antény se ziskem 10-14 dBi. Výhodou je, že jsou antény při těchto hodnotách zisku malých rozměrů. Antény 18 dBi se využívají na levné P2P (point to point) spoje.

2.2.2 Antény typu Yagi

Frekvenční rozsah:	2400 – 2500 MHz
Zisk :	14-17 dBi
Polarizace:	V/H dle polohy
Vyzař. úhel - H.:	20-25 °
Vyzař. úhel - V.:	20-25 °
Impedance :	50 Ohm



Obr. 2.3 Anténa Yagi [7]

Antény typu yagi mají velmi dobrý poměr cena výkon. Anténa se skládá z prvků naskládaných za sebou, jedná se o tzv. direktory, které určují směrovost antény. V zadní části je umístěn tzv. reflektor který zabraňuje aby anténa zářila do zadního směru a také z tohoto směru i přijímala rušivý signál. Před reflektorem je umístěn dipól, který se stará o vysílání a příjem a je koaxiálním kabelem připojen k aktivnímu prvku. Na obrázku je vidět antény která má PVC obal ve tvaru válce. Tento obal slouží k ochraně prvků proti povětrnostním podmínkám. Lze najít i antény, které nemají tento ochranný obal, anténa je proto sestavena z prvků které nepotřebují další ochranu. Tato anténa je vhodná pro instalaci klienta do dosahu 3 km. Vhodné jsou také pro P2P spoje. Anténa má velmi úzkou charakteristiku tím dochází k nízkému rušení prostoru.

2.2.3 Parabolická anténa

Frekvenční rozsah:	2400 – 2500 MHz
Zisk :	14-24 dBi
Polarizace:	V/H dle polohy
Vyzař. úhel - H.:	8-20 °
Vyzař. úhel - V.:	8-20 °
Impedance :	50 Ohm



Obr. 2.4 Parabolická anténa [6]

Tento typ antény je neúčinnějším druhem antény. Anténa má velký předozadní poměr a velmi ostrý vyzařovací úhel. Výhodou jsou také velmi malé postranní laloky. Tím se tato anténa hodí do signálem rušených oblastí. Parabolické antény se vyrábí s pevnou parabolou odlitou z jednoho kusu nebo sítem tvořeného pruty. Antény s pevnou parabolou mají lepší parametry a lze na ně umístit plastový kryt (radom). Tento kryt chrání reflektor a parabolu převážně v zimě proti nánosům sněhu. Reflektor je umístěn v ohnisku paraboly. Tyto antény jsou vhodné pro připojení klientů do vzdálenosti 8 km. Tento druh je nejpoužívanější na P2P spoje.

2.2.4 Sektorová anténa

Frekvenční rozsah:	2400 – 2500 MHz
Zisk :	9-18 dBi
Polarizace:	V/H
Vyzař. úhel - H.:	60-180 °
Vyzař. úhel - V.:	4-32°
Impedance :	50 Ohm



Obr. 2.5 Sektorová anténa [7]

Sektorové antény se vyrábějí jak v polarizaci vertikální tak polarizaci horizontální. U antény nelze změnit polarizaci, stejně jako u antény všesměrové. U levnějších antén bývá vyzařovací úhel antény kolem 60°. Dražší antény mají vyzařovací úhel 180°. Některé typy antén bývají osazeny třemi anténami v jednom pouzdře a pokrývají oblast v 360°. Výhodou sektorových antén je větší zisk než u antén všesměrových. Další výhodou je pokrytí jen oblastí, které opravdu je potřeba pokrýt popřípadě rozdělení oblasti na 3 a více sektorů. Každý sektor pak může pracovat na jiné frekvenci s jiným počtem klientů. Dosah těchto antén je do 5 km.

2.2.5 Všesměrová anténa

Frekvenční rozsah:	2400 – 2500 MHz
Zisk :	9-16 dBi
Polarizace:	V
Vyzař. úhel - H.:	360 °
Vyzař. úhel - V.:	5-15°
Impedance :	50 Ohm



Obr. 2.6 Všesměrová anténa [6]

Všesměrové antény mají většinou vertikální polarizaci, ale lze najít i antény typu horizontální. Výhodou horizontálně polarizované antény je její nízká rozšířenost a při použití je větší šance že najdeme volný kanál v horizontální polarizaci. Anténa je vhodná pro pokrytí oblasti 360°. Anténu lze nainstalovat jenom v jednom směru, nelze tedy měnit polarizaci změnou uchycení. Nevýhodou této antény je velmi malý vyzařovací úhel ve vertikálním směru. Tím dochází k nepokrytí oblasti pod vysílačem v závislosti na výšce umístění antény. Dosah této antény je přibližně 3 km.

Výrobce	Název	Frekvence	Teplota	Zisk	Polarizace	PVS	Vyzař. Úhel		Konektor	Impedance	Cena
-	-	Mhz	°C	dBi	-	-	H°	V°	-	Ohm	Kč
-	Yagi směrová anténa 12dB	2400	-	12	H/V	<1,4	50	50	RP-SMA male	50	389,-
-	Yagi směrová anténa 16dB	2400	-	16	H/V	<1,4	25	25	N female	50	404,-
-	Anténa datová směrová	2400-2500	-	16	H/V	<1,4	20	18	N-male	50	257,-

Tab. 3.2 Tabulka srovnání YAGI antén

Nejlepší volbou u antén YAGI je anténa č. 3. Má nejlepší poměr cena/zisk. Hodnota PVS je stejná jako u konkurence. Pokud se zaměříme na vyzařovací úhel má tato anténa větší směrovost než antény č.1 a č.2.

3.1.3 Parabolické antény

- MaxLink 19dBi název: Anténa parabola MaxLink 19dBi
 PSV: <1,2 Vyzařovací úhel: 12 ° /12 °
 Cena: 730 Kč [7]
- N/A 18dBi název: Parabolická anténa 2,4Ghz 18dBi
 PSV: <1,1 Vyzařovací úhel: 23 ° /23 °
 Cena: 1139 Kč [7]
- SANO 12,37dBi název: SANO Direct 15
 PSV: N/A Vyzařovací úhel: 21 ° /21 °
 Cena: 1220 Kč [7]
- CSAT 23dBi název: IDM24
 PSV: N/A Vyzařovací úhel: 9,5 ° /9,5 °

Cena: 1222 Kč

[7]

Výrobce	Název	Frekvence	Teplota	Zisk	Polarizace	PVS	Vyzař. Úhel		Konektor	Impedance	Cena
-	-	Mhz	°C	dBi	-	-	H°	V°	-	Ohm	Kč
MaxLink	Anténa parabola MaxLink 19 dBi	2400-2500	-	19	H/V	1,2	12	12	N female	50	730,-
-	Parabolická anténa 2,4GHz 18dBi	2400-2483	-	18	H/V	1,1	23	23	N-female	50	1139
SANO	SANO Direct 15	2400-2475	-	12,37	H/V	-	21	21	SMA reverse polarity	50	1220
CSAT	ISM24	2400-2500	-	23	H/V	-	9,5	9,5	N-Male	50	1222

Tab. 3.3 Tabulka srovnání parabolických antén

Anténa MaxLink č.1 je v kategorii parabolických antén jasným výhercem. Poměr cena/zisk je u této antény nejlepší. Anténa má parabolu vytvořenou jedním kusem plechu. Má velice dobré vyzařovací úhly

Nejhorší poměr cena/zisk má anténa SANO direkt 15 č.3. Anténa má velice nízký zisk a velice vysokou cenu. U antény č.3 a č.4 nebyla uvedena hodnota PVS.

3.1.4 Sektorové antény

- Ubiquiti 15dBi název: AM-2G15-120
PSV: 1,5 Vyzařovací úhel: 123 ° /9 °
Cena: 2765 Kč [7]
- Cyberbajt 15dBi název: V-Line 15dBi
PSV: 1-1,4 Vyzařovací úhel: 180 ° /17 °
Cena: 818 Kč [7]
- Interline 14dBi název: Maxi 14dBi
PSV: 1,5 Vyzařovací úhel: 120 ° /6 °
Cena: 1440 Kč [7]
- Interline 15dBi název: Midi 15dBi
PSV: 1,4 Vyzařovací úhel: 88 ° /8 °

Cena: 1260 Kč

[7]

Výrobce	Název	Frekvence	Teplota	Zisk	Polarizace	PVS	Vyzař. Úhel		Konektor	Impedance	Cena
-	-	Mhz	°C	dBi	-	-	H°	V°	-	Ohm	Kč
Ubiquiti	AM-2G15-120	2300 - 2700	-	15	H/V	<= 1,5	123 / 118	9	-	50	2765,-
Cyberbajt	V-Line 15dBi	2400-2500	-	15	V	1-1,4	180	17	N female	50	818,-
Interline	Maxi 14dBi	2400-2500	-	14	V	1.5	120	6	N female	50	1440
Interline	Midi 15dBi	2400 - 2500	-	15	V	1,4	88	8	N female	50	1260

Tab. 3.4 Tabulka srovnání sektorových antén

Anténa od firmy Ubiquiti č.1 je duální pro použití technologie MIMO a proto je její cena výrazně vyšší, ale pro pokrytí sektoru touto technologií je jedinou možnou volbou.

Nejlepší poměr cena/zisk dosáhla anténa od firmy Cyberbajt č. 2. Anténa má nejmenší hodnotu PVS a velice dobré vyzařovací úhly.

3.1.5 Všesměrové antény

- WaveRF 11,5dBi název: 12 dBi všesm. anténa na stožár
PSV: <2 Vyzařovací úhel: 360 ° /9 °
Cena: 731 Kč [6]
- Alfa 10dBi název: 12 Alfa 10dBi 2,4GHz
PSV: <1,5 Vyzařovací úhel: 360 ° /10 °
Cena: 731 Kč [7]
- Alfa 12dBi název: Alfa 12dBi 2,4GHz
PSV: <1,5 Vyzařovací úhel: 360 ° /8 °
Cena: 731 Kč [7]
- Interline 12dBi název: maxi 2,4GHz/12dBi
PSV: <2 Vyzařovací úhel: 360 ° /8 °

Cena: 731 Kč

[7]

Výrobce	Název	Frekvence	Teplota	Zisk	Polarizace	PVS	Vyzař. Úhel		Konektor	Impedance	Cena
							H°	V°			
-	-	Mhz	°C	dBi	-	-			-	Ohm	Kč
WaveRF	12 dBi všesm. anténa na stožár	2400-2485	-20 až +50	11,5	V	<2	360	9	N/Female	50	731
Alfa	Alfa 10dBi 2,4GHz	2400-2500	-	10	V	≤ 1.5	360	10	N female	50	525
Alfa	Alfa 12dBi 2,4GHz	2400-2500	-	12	V	≤ 1.5	360	8	N female	50	577
Interline	maxi 2,4GHz/12dBi	2400-2500	-	12	V	<2	360	6	N female	50	714

Tab. 3.5 Tabulka srovnání všesměrových antén

Všesměrové antény mají velice podobné parametry, co se týče vyzařovacího úhlu, hodnot a zisku. Hodnota PVS je značně odlišná. Výrobci Alfa se podařilo dosáhnout velice dobré hodnoty PVS u antény č.2 a č.3.

3.2 Dosažené parametry podle druhů antén

Pro každý typ antén je možné zakoupit několik antén, které jsou rozdílné jak cenou tak parametry. Nejlevnější anténa pro pásmo 2,4 Ghz je anténa typu YAGI neznámého výrobce za cenu 257,- Kč . V tabulce 3.6 je srovnání jednotlivých antén a rozsah parametrů, kterých antény dosahovaly

Druh	Zisk	PVS	Vyzař. Úhel		Impedance
-	dBi	-	H°	V°	Ohm
Panelové	9-14	1,6-2	32-65	32-65	50
YAGI	12-16	1,4	20-50	18-50	50
Parabolické	12,37-23	1,1-1,2	9,5-23	9,5-23	50
Sektorové	14-15	1-1,5	88-180	6-17	50
Všesměrové	10-12	1,5-2	360	6-10	50

Tab. 3.6 Tabulka srovnání antén

4 MĚŘENÍ ANTÉN

4.1 Měřicí laboratoř

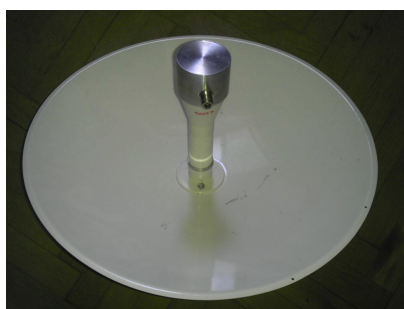
Pro měření antén je potřeba zajistit ideální prostředí a to prostředí takové, ve kterém nedochází k odrazům mikrovlnného signálu. Takové podmínky je velice obtížné dosáhnout. Pro měření se proto používá bezodrazová komora. Komora je sestavena ze speciálního materiálu, který pohlcuje a minimalizuje odraz mikrovlnného signálu.

Měření jsem prováděl v bezodrazové komoře, která je vybavena točnou a referenční anténou. Měřicí pracoviště je vybaveno spektrálním analyzátozem, kamerovým systémem a počítačem. Pomocí počítače byl spuštěn skript, který otáčel točnou a zaznamenával hodnoty spektrálního analyzátoru.

4.2 Měřené antény

2 x WA19-24P 19 dBi parab. anténa (2,4 GHz) (Obr. 4.1 a 4.2)

2 x WA14-24P 14 dBi parab. Anténa (2,4 GHz) (Obr. 4.3 a 4.4)



Obr. 4.1 anténa č. 10037



Obr. 4.2 anténa č. 10038



Obr. 4.3 anténa č. 10036



Obr. 4.4 anténa č. 4

Antény jsou měřeny v párech. Anténa číslo 10037 a 10038 jsou 19 dBi antény o průměru 50 cm. Antény číslo 10036 a 4 jsou antény 14dBi. Výhodou měření antén v páru je možnost ověření stálosti parametrů při výrobě.

4.3 Postup měření

4.3.1 Měření zisku

Při měření zisku byla použita metoda tří různých antén. Vždy se měřily dvě antény naproti sobě, než se antény prostřídaly. Pomocí rovnice o třech neznámých se z naměřených hodnot vypočítal zisk každé antény zvlášť.

4.3.2 Měření PSV

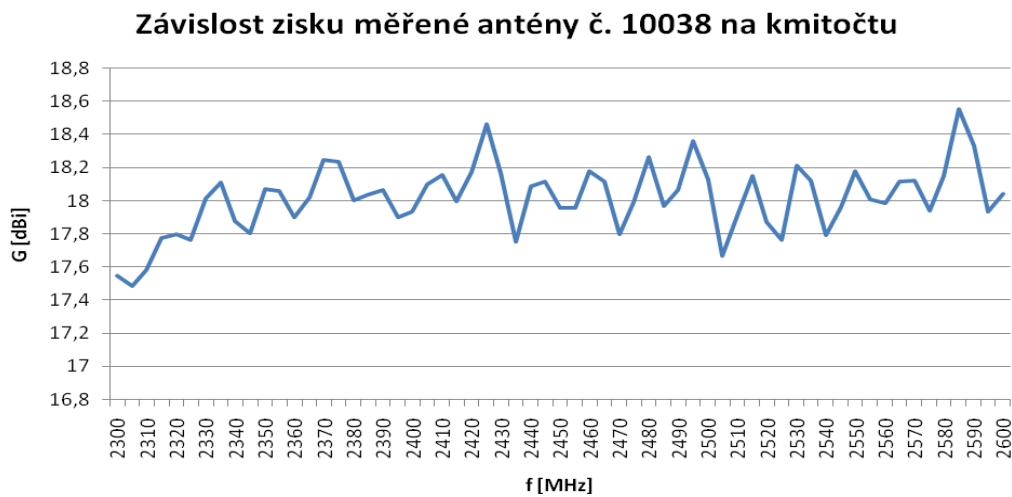
Poměr stojatých vln neboli činitel stojatých vln je jeden z důležitých ukazatelů kvality antény. Pomocí kalibračních prvků byl nejdříve kalibrován spektrální analyzátor s připojeným vedením. Po kalibraci byla na konec vedení připojena měřená anténa, která byla umístěna v bezodrazové komoře namířená proti stěně s absorpčními jehlany. Natačením antény byla nalezena taková křivka, která vykazovala minimální zvlnění. Následně byla tato křivka uložena. [9]

4.3.3 Měření vyzařovacího diagramu

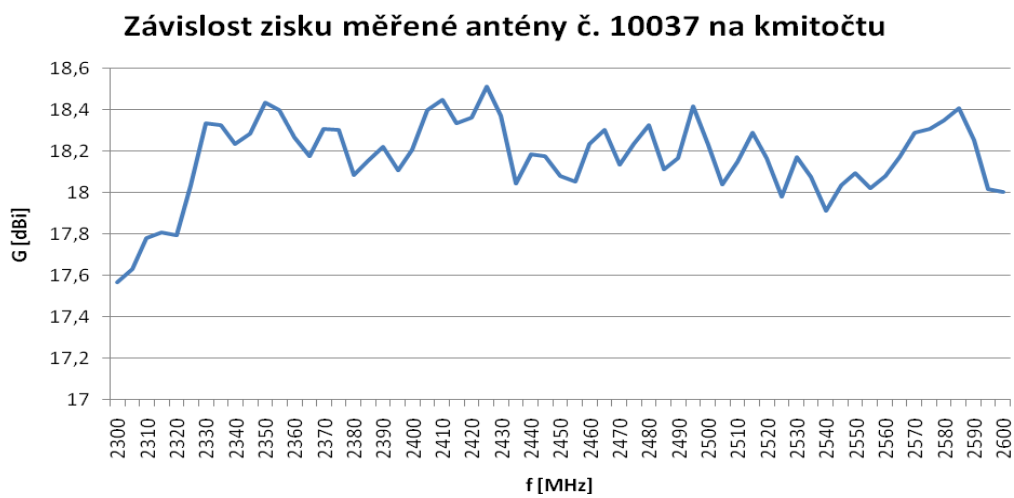
Před měřením bylo nutné provést kalibraci měřícího přístroje. Dále byla nastavena točna v měřící místnosti do výchozí pozice. Měřená anténa byla umístěna na pomocný držák umístěný ve středu točny. Podle výšky umístění měřené antény byla nastavena výška referenční antény. Po nastavení odpovídající výšky nad zemí byla u obou antén nastavena shodná polarizace. Po uzavření místnosti bylo možné spustit skript, který provedl měření antény. V počítači byly nastaveny parametry, podle kterých má měření probíhat: Výška antény nad zemí, frekvenční rozsah, začátek a konec časového okna. Skript pak řídil otáčení točny a na každé zastavení provedl měření antény v námi zadaném frekvenčním rozsahu. Po ukončení měření bylo možné do skriptu zadat frekvenci, pro kterou požadujeme vykreslení vyzařovacího diagramu.

4.4 Získané výsledky

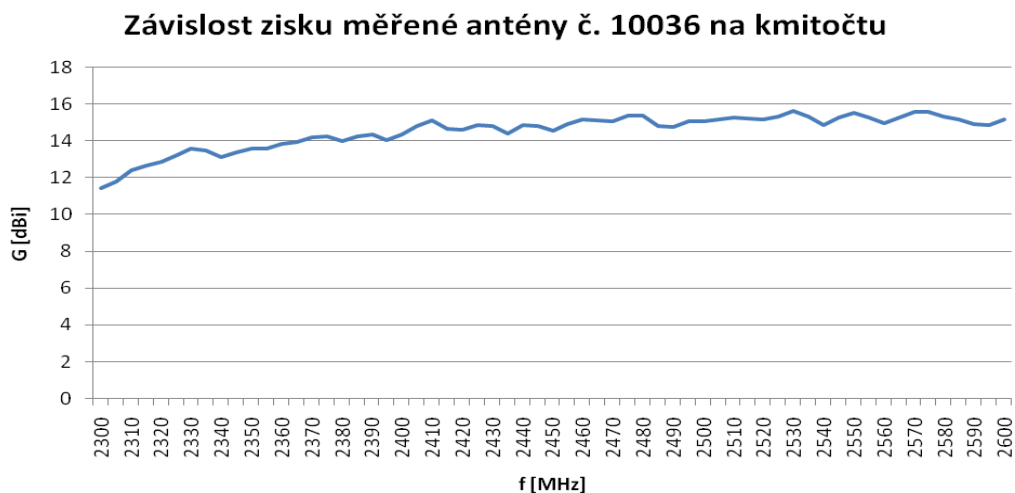
4.4.1 Měření zisku



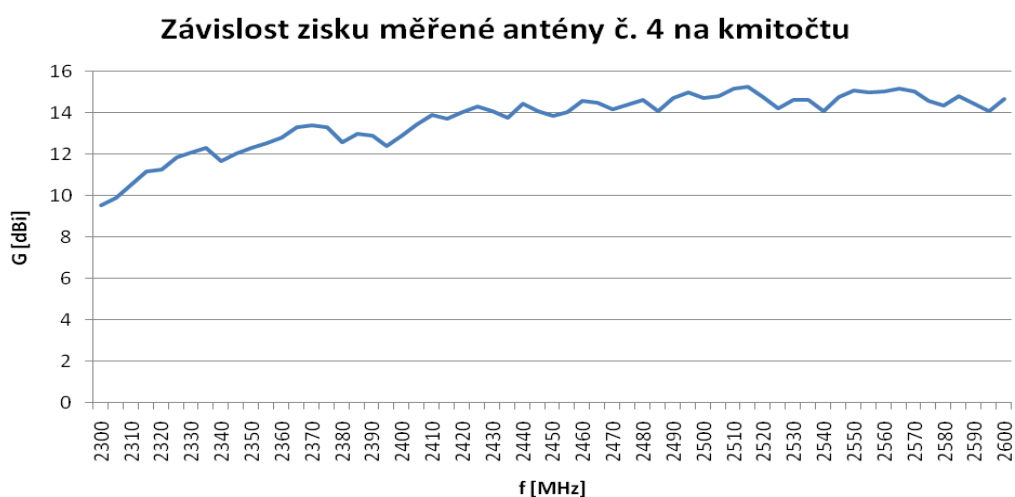
Graf 4.5 Zisk antény č. 10038 v závislosti na frekvenci



Graf 4.6 Zisk antény č. 10038 v závislosti na frekvenci



Graf 4.7 Zisk antény č. 10036 v závislosti na frekvenci



Graf 4.8 Zisk antény č. 4 v závislosti na frekvenci

Pro antény 10038 a 10037 udává výrobce hodnotu zisku 19 dBi \pm 1 dBi pro pásmo 2,4-2,5 GHz. Při vlastním měření byla naměřeny hodnoty zisku 18,08 dBi pro anténu 10038 a 18,25 dBi pro anténu 10037. Tato anténa splňuje hodnotu zisku udávanou výrobcem. Odchylka 0,17 dBi je tak malá, že jí můžeme zanedbat.

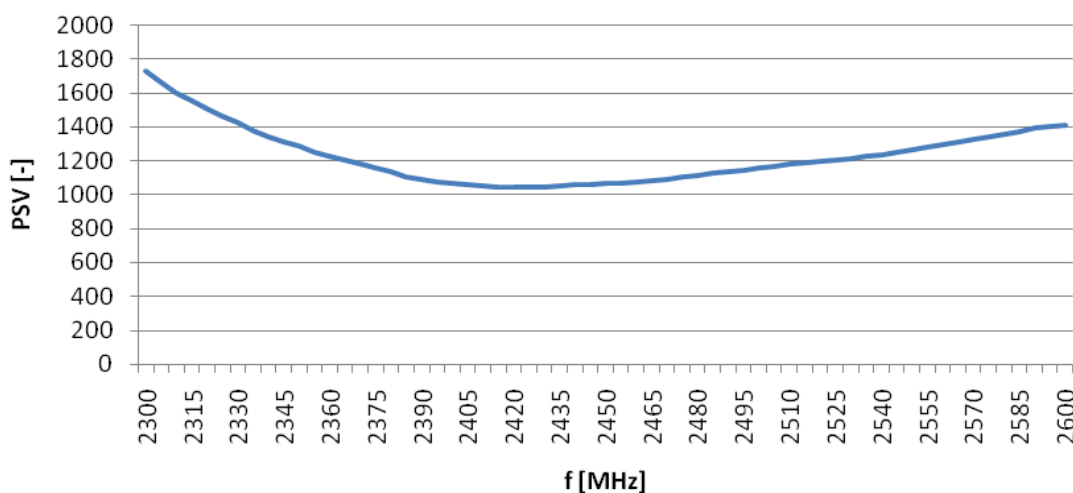
Pro antény 10036 a 4 byla naměřena hodnota zisku mezi 14,89 dBi pro anténu 10036 a 14,14 dBi pro anténu 4. Výrobce u této antény udává zisk 14 dBi \pm 1 dBi. Anténa tedy

dosahuje výrobcem stanovenou hodnotu zisku. Odchylka 0.75 dBi je pravděpodobně zapříčiněna nedokonalým nasměrováním antén proti sobě.

Oba páry mají velice podobný průběh zisku v závislosti na frekvenci, což dokazuje stabilitu výrobního procesu.

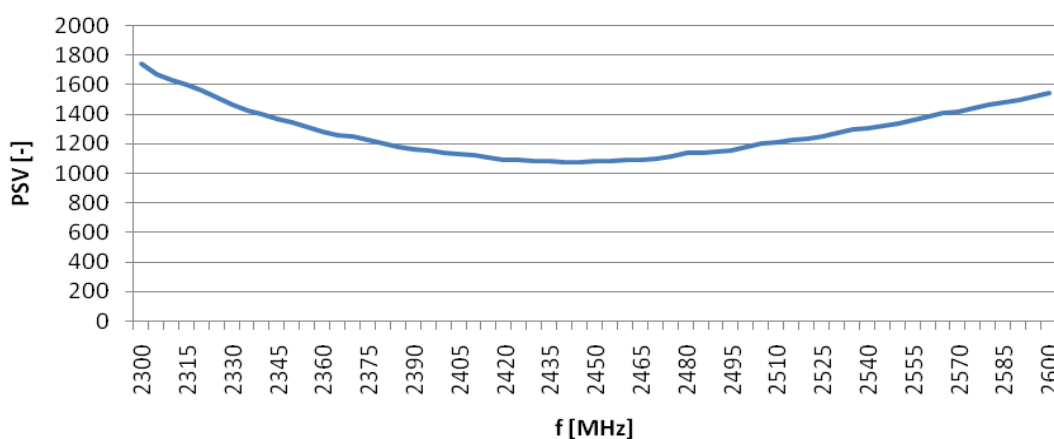
4.4.2 Měření PSV

Závislost PSV měřené antény č. 1038 na kmitočtu

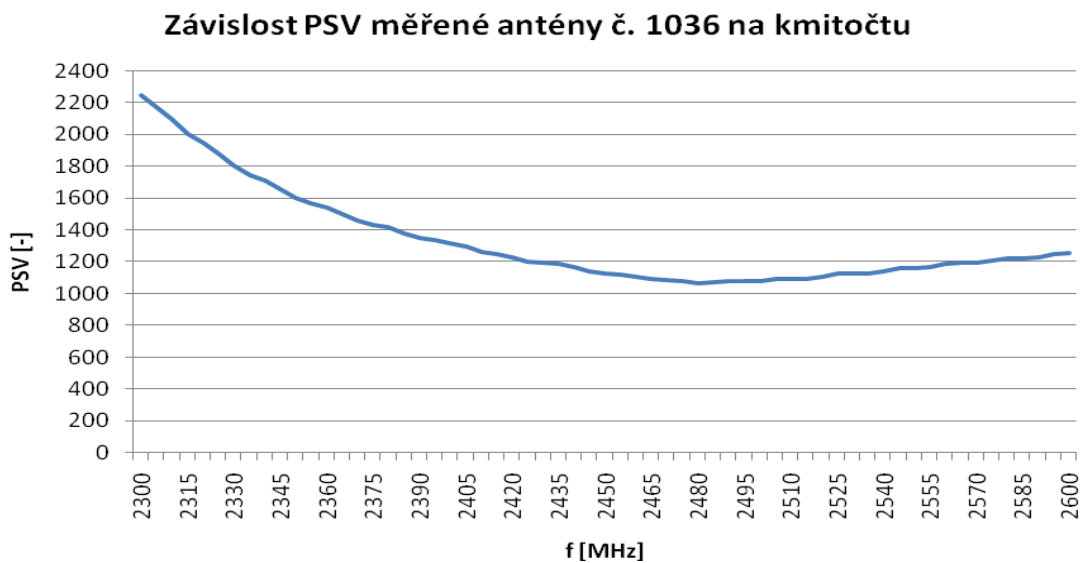


Graf 4.9 Graf PSV antény č. 10038

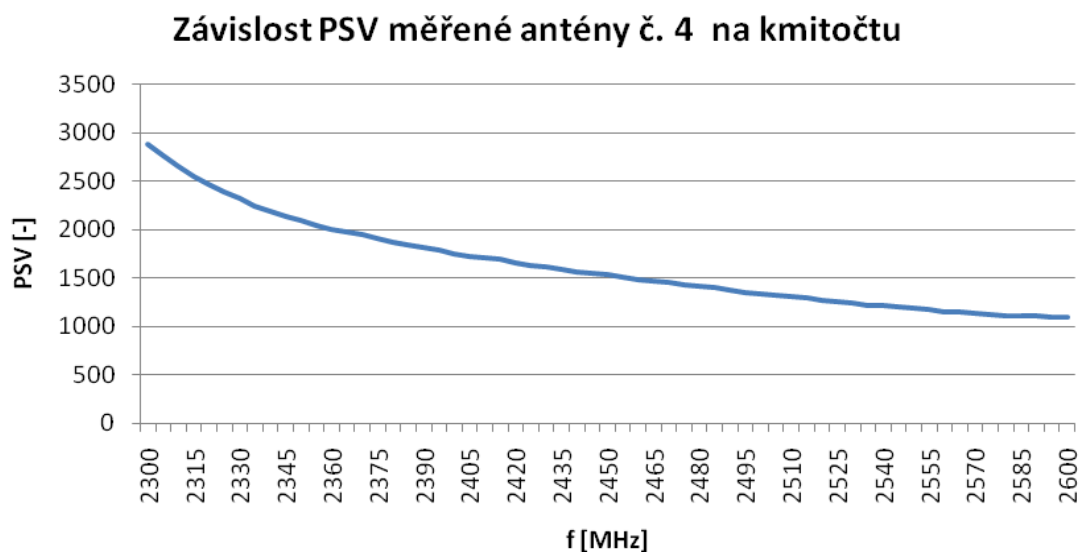
Závislost PSV měřené antény č. 1037 na kmitočtu



Graf 4.10 Graf PSV antény č. 10037



Graf 4.11 Graf PSV antény č. 10036



Graf 4.12 Graf PSV antény č. 4

Měření PSV jsem prováděl pro frekvence 2 – 3 GHz. Výrobce udávané pracovní pásmo je 2,4 – 2,5 GHz. Pokud se zaměříme pouze na pásmo udávané výrobcem, je možné odečíst hodnoty PSV.

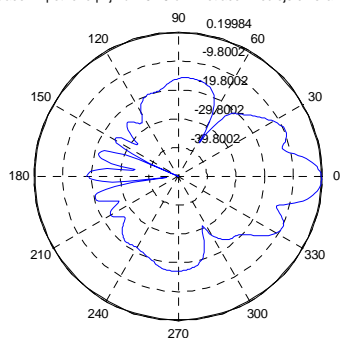
Pro anténu 10038 je naměřená hodnota PSV 1,07 – 1,18. Pro anténu 10037 je naměřená hodnota PSV 1,15 – 1,18. Výrobce udává u antén hodnotu 1,5. Antény mají výrazně lepší parametr PSV, než je udáván výrobcem. Oba grafy jsou velice podobné, z čehož vyplývá stálost výrobního procesu.

Pro antény 10036 je naměřená hodnota PSV 1,1 – 1,3. Pro anténu 4 je naměřená hodnota PSV 1,3 – 1,7. Výrobce u antén udává hodnotu 1,5. Anténa 10036 vyhovuje hodnotou PSV udávanou výrobcem. U antény 4 překročila hodnota PSV hranici 1,5. Tato anténa proto nevyhovuje.

Vidíme, že antény od firmy WAVEANT jsou velice kvalitní. Dosahují hodnot PSV pod výrobcem udávanou hodnotu. U antény 4 byla změřena extrémní hodnota PSV přesahující hodnotu udávanou výrobcem. Tato odchylka je pravděpodobně dána nedokonalostí měření, kdy bylo nutné anténu nasměrovat tak, aby žádný signál neodrazil zpět do antény.

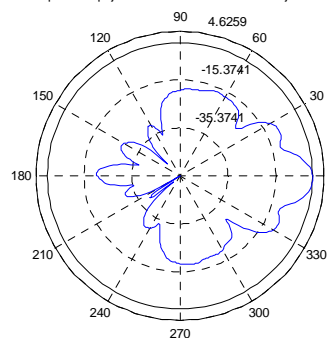
4.4.3 Měření vyzařovacího diagramu

Diagram pro $f = 2450$ MHz. Vyzařovací uhel je 16 stupňů.
Cíntel potlacení zpětneho příjmu: 18.15 dB. Potlacení vedlejších svazku: 9.37 dB.



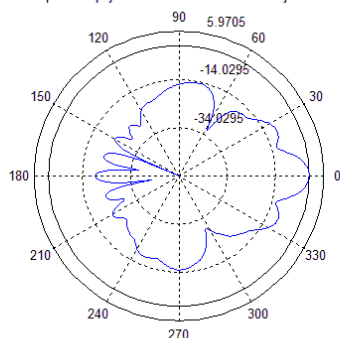
Graf 4.13 Vyzařovací diagram antény č. 10038 horizontální rovina

Diagram pro $f = 2450$ MHz. Vyzařovací uhel je 17 stupňů.
Cíntel potlacení zpětneho příjmu: 20.61 dB. Potlacení vedlejších svazku: 9.71 dB.



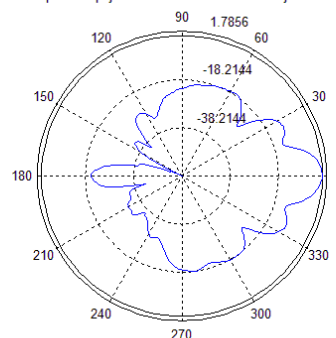
Graf 4.14 Vyzařovací diagram antény č. 10038 vertikální rovina

Diagram pro $f = 2450$ MHz. Vyzarovací uhel je 16 stupnu.
Cinitel potlacení zpetneho prijmu: 19.44 dB. Potlacení vedlejsich svazku: 9.04 dB.



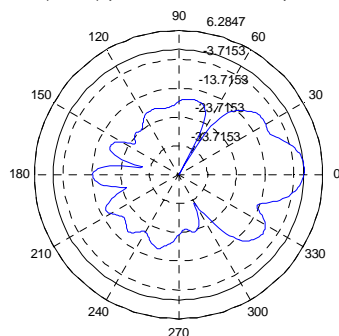
Graf 4.15 Vyzarovací diagram antény č. 10037 horizontální rovina

Diagram pro $f = 2450$ MHz. Vyzarovací uhel je 17 stupnu.
Cinitel potlacení zpetneho prijmu: 20.66 dB. Potlacení vedlejsich svazku: 10.34 dB.



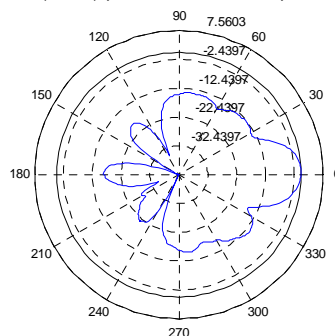
Graf 4.16 Vyzarovací diagram antény č. 10037 vertikální rovina

Diagram pro $f = 2450$ MHz. Vyzarovací uhel je 24 stupnu.
Cinitel potlacení zpetneho prijmu: 14.08 dB. Potlacení vedlejsich svazku: 8.08 dB.



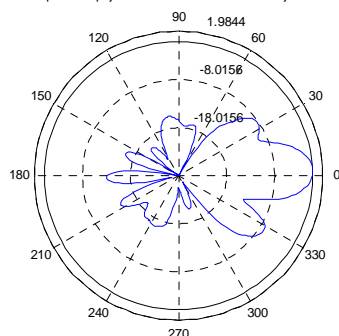
Graf 4.17 Vyzarovací diagram antény č. 10036 horizontální rovina

Diagram pro $f = 2450$ MHz. Vyzarovací uhel je 25 stupnu.
Cinitel potlacení zpetneho prijmu: 16.68 dB. Potlacení vedlejsich svazku: 11.00 dB.



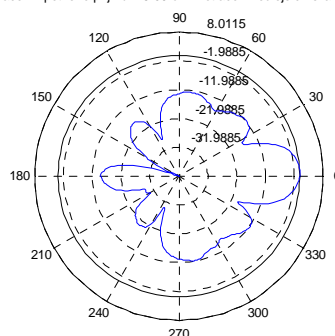
Graf 4.18 Vyzarovací diagram antény č. 10037 vertikální rovina

Diagram pro $f = 2450$ MHz. Vyzarovací uhel je 23 stupnu.
Cinitel potlacení zpetneho prijmu: 13.06 dB. Potlacení vedlejsich svazku: 6.91 dB.



Graf 4.19 Vyzarovací diagram antény č. 4 horizontální rovina

Diagram pro $f = 2450$ MHz. Vyzarovací uhel je 24 stupnu.
Cinitel potlacení zpetneho prijmu: 15.09 dB. Potlacení vedlejsich svazku: 11.64 dB.



Graf 4.20 Vyzarovací diagram antény č. 4 vertikální rovina

Výše uvedené vyzařovací diagramy obr. 4.13 až 4.20 jsou měřené při frekvenci 2,45GHz.

Při měření antén 10037 a 10038 byla naměřena hodnota vyzařovacího úhlu 16° pro horizontální a 17° pro vertikální rovinu. Výrobce antén WA19-24P udává hodnotu vyzařovacího úhlu 18° pro vertikální a horizontální rovinu. Naměřené hodnoty jsou menší o 2° pro horizontální rovinu a o 1° pro rovinu vertikální. Výrobce dosáhl lepších parametrů, než je uvedeno v dokumentaci a je schopen je dodržet při výrobním procesu.

U antén 10036 a 4 udává výrobce hodnotu vyzařovacího úhlu 23° . Při měření antén WA14-24P jsme dosáhli rozdílných výsledků. Výsledky pro vyzařovací úhel se rozcházel o 1° pro každou z rovin. Rozsah naměřených hodnot byl od 23° - 25° . Naměřené hodnoty přesáhly v jednom případě hodnotu 2° . Nepřesnosti měření mohou být dány nedokonalostí bezodrazové místnosti, kde dochází k nepatrným odrazům od absorpčních jehlanů.

Při srovnání vyzařovacích diagramů stejných antén je vidět podobnost. Je možné konstatovat, že výrobce je schopen vyrábět antény s velice shodnými parametry.

5 ZÁVĚR

V první kapitole bakalářské práce jsem přiblížil historický vývoj přenosu informace. Přenos informace byl postupně vylepšován, až do podob jak ho známe dnes.

V druhé kapitole jsem rozdělil a popsal antény podle využití v praxi a představil jsem hlavní parametry antén.

Třetí kapitola pojednává o současné analýze trhu s anténami v ČR pro pásmo 2,4 GHz. Pomocí obchodů i4wifi [6], wifi.aspa [7], dxt [8] jsem zjistil parametry antény a jejich cenu. Nemohl jsem si nevšimnout, že nabídka antén pro pásmo 2,4GHz je velice nízká. To je způsobeno zastaralostí technologie 2,4 GHz pro vysokorychlostní přenos dat. Jejich místo nahrazují systémy pracující v pásmu 5 GHz.

V poslední části bakalářské práce je měření hlavních parametrů antén. Antény byly poskytnuty výrobcem WAVEANT[11]. Při měření zisku antén 10038 a 10037 byly naměřeny hodnoty, které odpovídají výrobcem uvedeným hodnotám 19dBi \pm 1 dBi .U antény 10036 a 4 byla naměřena hodnota zisku, která spadá do výrobcem udávaných hodnot 14dBi \pm 1 dBi. U všech antén byly naměřeny hodnoty zisku odpovídající hodnotám od výrobce. Při měření PSV bylo prokázáno u antén 10038 a 10037, že výrobce je schopen dodržet hodnotu PSV pod úroveň 1,5. U antény 10036 byla také naměřena hodnota PSV pod úroveň 1,5, ale anténa 4 překročila výrobcem udávanou hodnotu. Naměřené vyzařovací diagramy pro antény 10038 a 10037 jsou velice podobné a hodnota vyzařovacího úhlu je 1°-2° menší než udává výrobce. Vyzařovací diagramy antén 10036 a 4 jsou si podobné, ale odečtené hodnoty vyzařovacího úhlu u antény 10036 překročily výrobcem udávanou hodnotu o 1°-2°. U antény 4 pouze 1° v rovině vertikální.

Závěrem lze říci, že antény výrobce WAEWANT[11] jsou kvalitní. Při měření došlo k menším odchylkám, které bych přisoudil nedokonalostem měřící komory a toleranci měřících přístrojů.

SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ

- [1] Mayer, Daniel. Pohledy do minulosti elektrotechniky: objevy, myšlenky, vynálezy, osobnosti. 2., dopl. vyd. České Budějovice: Kopp, 2004. ISBN 80-7232-219-2.
- [2] Historie [online] 2011 [cit. 2012-04-12] . Dostupné z WWW:
<<http://bezdratovetechnologie.webnode.cz/historie/>>.
- [3] WAVEANT [online]. 2006 [cit. 2012-02-07]. Dostupné z WWW:
<<http://www.waveant.cz>>.
- [4] Historie [online] 2011 [cit. 2012-04-15] . Dostupné z WWW:
<<http://ok1ike.c-a-v.com/soubory/bezdrat/bezdrat.html>>.
- [5] Dnešní technologie [online] 2012 [cit. 2012-04-15] . Dostupné z WWW:
<http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=28818>.
- [6] I4wifi [online] 2012 [cit. 2012-04-15] . Dostupné z WWW:
<www.i4wifi.cz>.
- [7] Wifiaspa [online] 2012 [cit. 2012-04-15] . Dostupné z WWW:
<www.wifi.aspa.cz>.
- [8] Dxt [online] 2012 [cit. 2012-04-15] . Dostupné z WWW:
<www.dxt.cz>.
- [9] PSV [online] 2012 [cit. 2012-03-12] . Dostupné z WWW:
<<http://www.volny.cz/cb16/psv.htm>>.
- [10] Zisk [online] 2012 [cit. 2012-03-12] . Dostupné z WWW:
<<http://www.radio-foto.net>>.

SEZNAM PŘÍLOH

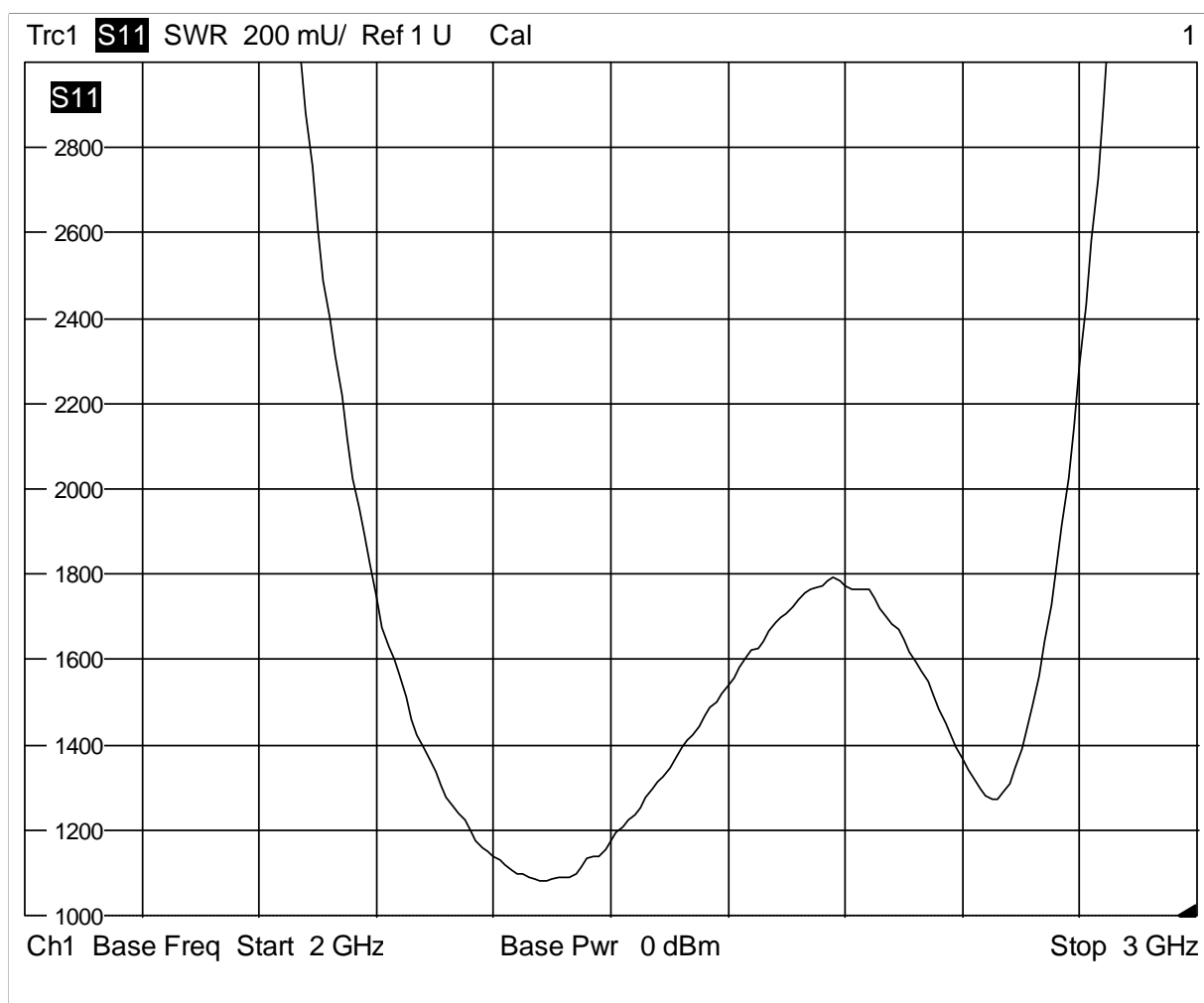
A Anténa č. 10037	2
A.1 PSV	2
A.2 Horizontální vyzařovací diagram pro $f=2,413$ GHz	3
A.3 Horizontální vyzařovací diagram pro $f=2,450$ GHz	3
A.4 Horizontální vyzařovací diagram pro $f=2,488$ GHz	4
A.5 Vertikální vyzařovací diagram pro $f=2,413$ GHz	4
A.6 Vertikální vyzařovací diagram pro $f=2,450$ GHz	5
A.7 Vertikální vyzařovací diagram pro $f=2,488$ GHz	5
B Anténa č. 10038	6
B.1 PSV	6
B.2 Horizontální vyzařovací diagram pro $f=2,413$ GHz	7
B.3 Horizontální vyzařovací diagram pro $f=2,450$ GHz	7
B.4 Horizontální vyzařovací diagram pro $f=2,488$ GHz	8
B.5 Vertikální vyzařovací diagram pro $f=2,413$ GHz	8
B.6 Vertikální vyzařovací diagram pro $f=2,450$ GHz	9
B.7 Vertikální vyzařovací diagram pro $f=2,488$ GHz	9
C Anténa č. 10036	10
C.1 PSV	10
C.2 Horizontální vyzařovací diagram pro $f=2,413$ GHz	11
C.3 Horizontální vyzařovací diagram pro $f=2,450$ GHz	11
C.4 Horizontální vyzařovací diagram pro $f=2,488$ GHz	12
C.5 Vertikální vyzařovací diagram pro $f=2,413$ GHz	12
C.6 Vertikální vyzařovací diagram pro $f=2,450$ GHz	13
C.7 Vertikální vyzařovací diagram pro $f=2,488$ GHz	13
D Anténa č. 4	14
D.1 PSV	14
D.2 Horizontální vyzařovací diagram pro $f=2,413$ GHz	15

D.3 Horizontální vyzařovací diagram pro $f=2,450$ GHz	15
D.4 Horizontální vyzařovací diagram pro $f=2,488$ GHz	16
D.5 Vertikální vyzařovací diagram pro $f=2,413$ GHz	16
D.6 Vertikální vyzařovací diagram pro $f=2,450$ GHz	17
D.7 Vertikální vyzařovací diagram pro $f=2,488$ GHz	17

PŘÍLOHY

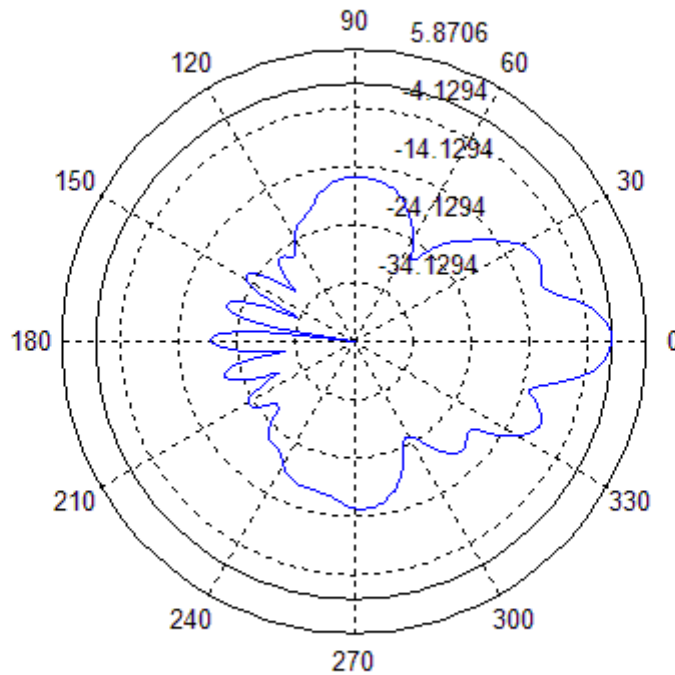
A Anténa č. 10037

A.1 PSV



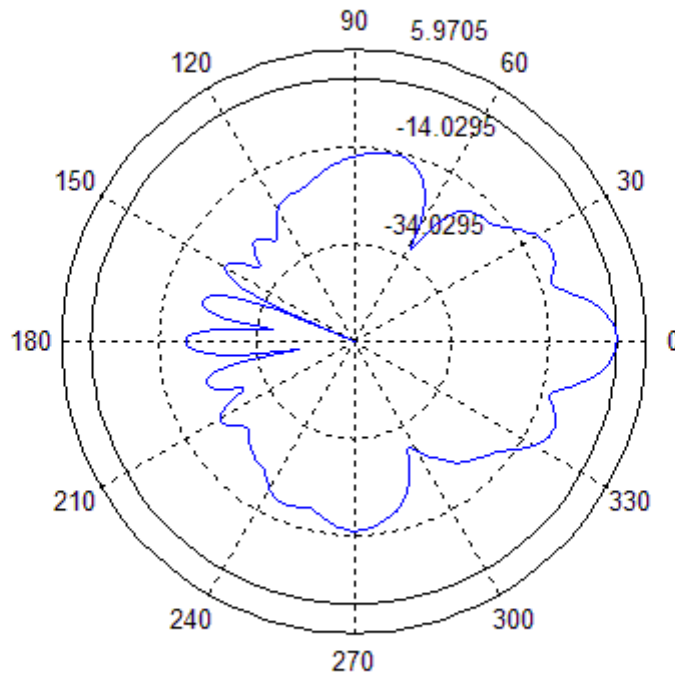
A.2 Horizontální vyzářovací diagram pro $f=2,413$ GHz

Diagram pro $f = 2414$ MHz. Vyzářovací uhel je 16 stupnu.
Činitel potlacení zpětného příjmu: 19.49 dB. Potlacení vedlejších svazků: 9.12 dB.



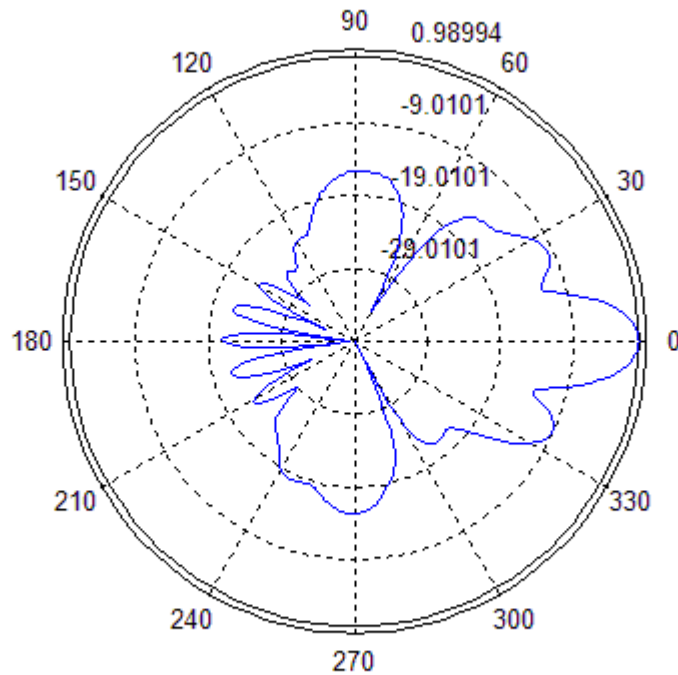
A.3 Horizontální vyzářovací diagram pro $f=2,450$ GHz

Diagram pro $f = 2450$ MHz. Vyzářovací uhel je 16 stupnu.
Činitel potlacení zpětného příjmu: 19.44 dB. Potlacení vedlejších svazků: 9.04 dB.



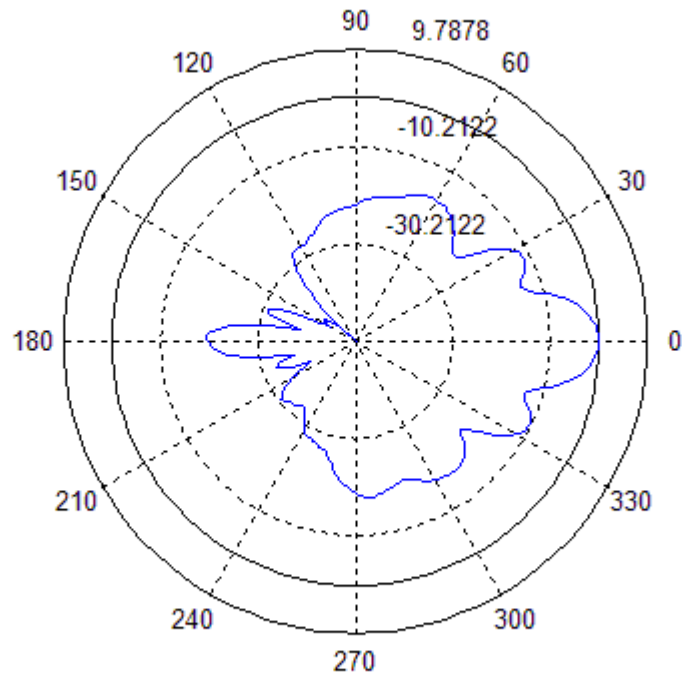
A.4 Horizontální vyzařovací diagram pro $f=2,488$ GHz

Diagram pro $f = 2488$ MHz. Vyzařovací uhel je 16 stupnu.
Cinitel potlacení zpetneho prijmu: 21.09 dB. Potlacení vedlejsich svazku: 9.12 dB.



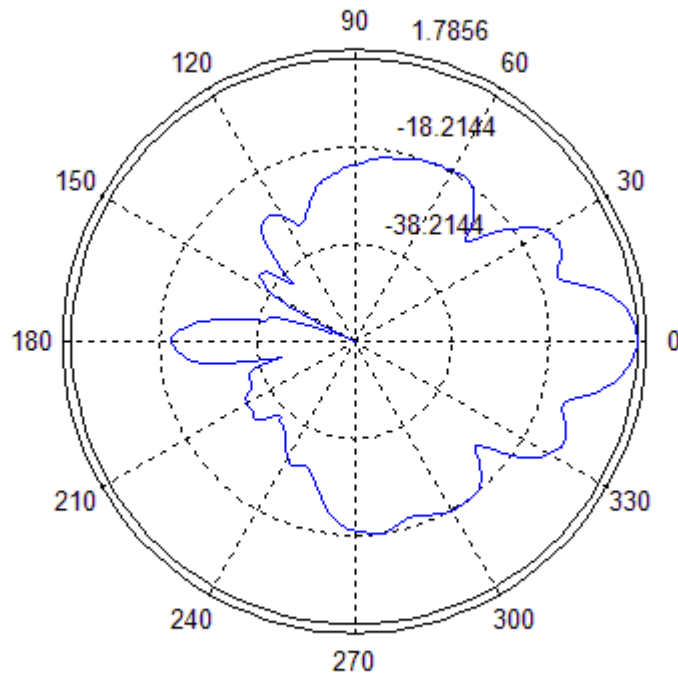
A.5 Vertikální vyzařovací diagram pro $f=2,413$ GHz

Diagram pro $f = 2414$ MHz. Vyzařovací uhel je 17 stupnu.
Cinitel potlacení zpetneho prijmu: 19.90 dB. Potlacení vedlejsich svazku: 10.60 dB.



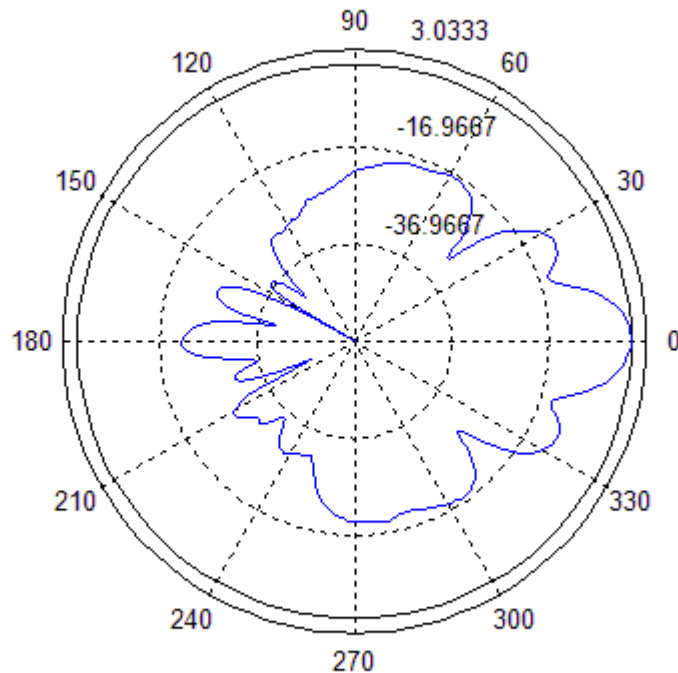
A.6 Vertikální vyzařovací diagram pro $f=2,450$ GHz

Diagram pro $f = 2450$ MHz. Vyzarovaci uhel je 17 stupnu.
Cinitel potlaceni zpetneho prijmu: 20.66 dB. Potlaceni vedlejsich svazku: 10.34 dB.



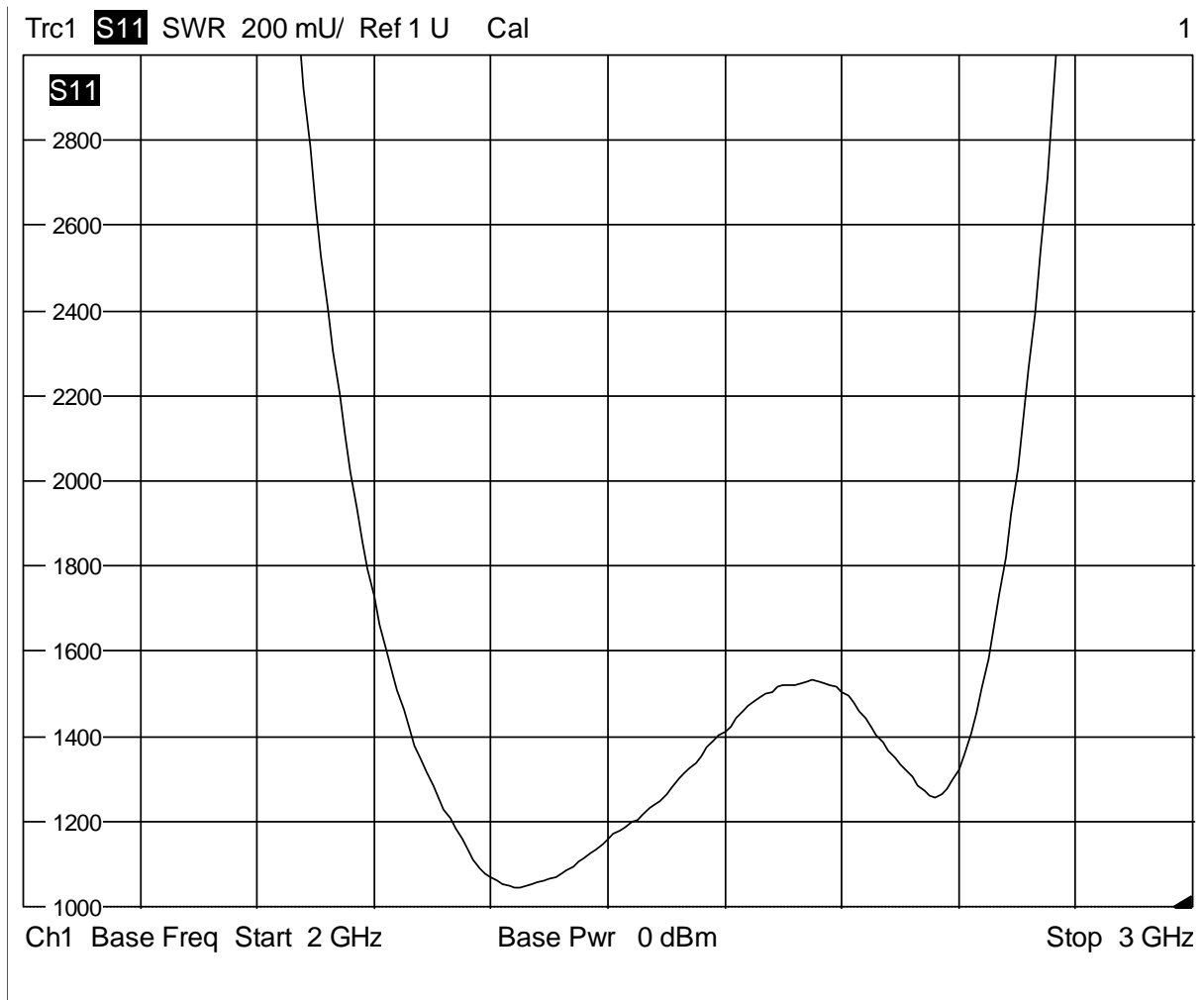
A.7 Vertikální vyzařovací diagram pro $f=2,488$ GHz

Diagram pro $f = 2488$ MHz. Vyzarovaci uhel je 17 stupnu.
Cinitel potlaceni zpetneho prijmu: 21.50 dB. Potlaceni vedlejsich svazku: 10.66 dB.



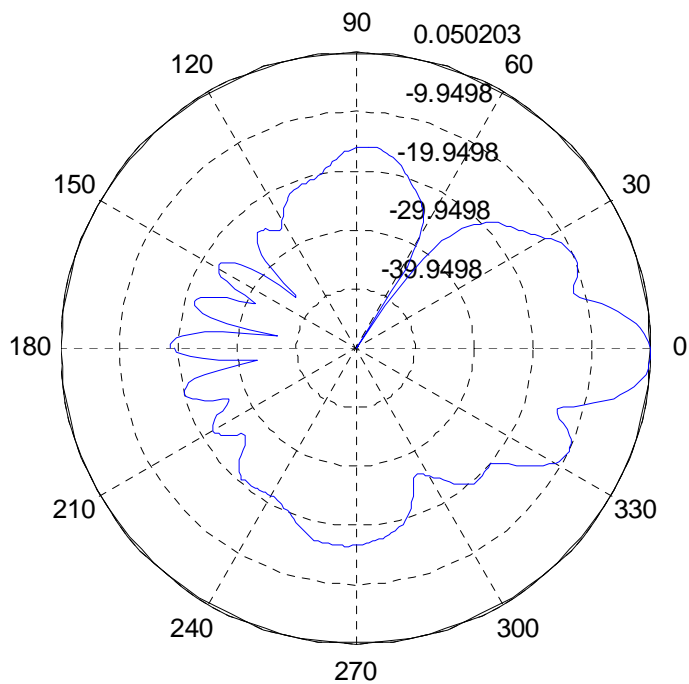
B Anténa č. 10038

B.1 PSV



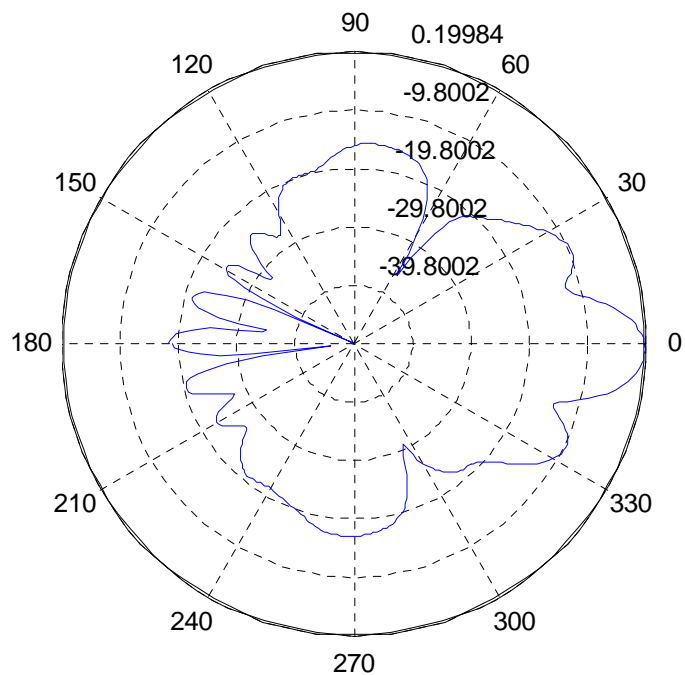
B.2 Horizontální vyzářovací diagram pro $f=2,413$ GHz

Diagram pro $f = 2414$ MHz. Vyzarovaci uhel je 15 stupnu.
Cinitel potlacení zpetneho prijmu: 18.57 dB. Potlacení vedlejsich svazku: 9.61 dB.



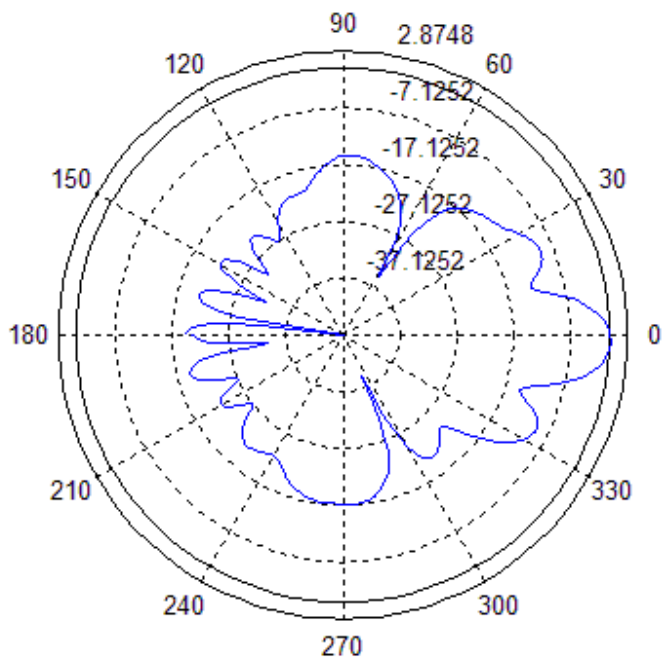
B.3 Horizontální vyzářovací diagram pro $f=2,450$ GHz

Diagram pro $f = 2450$ MHz. Vyzarovaci uhel je 16 stupnu.
Cinitel potlacení zpetneho prijmu: 18.15 dB. Potlacení vedlejsich svazku: 9.37 dB.



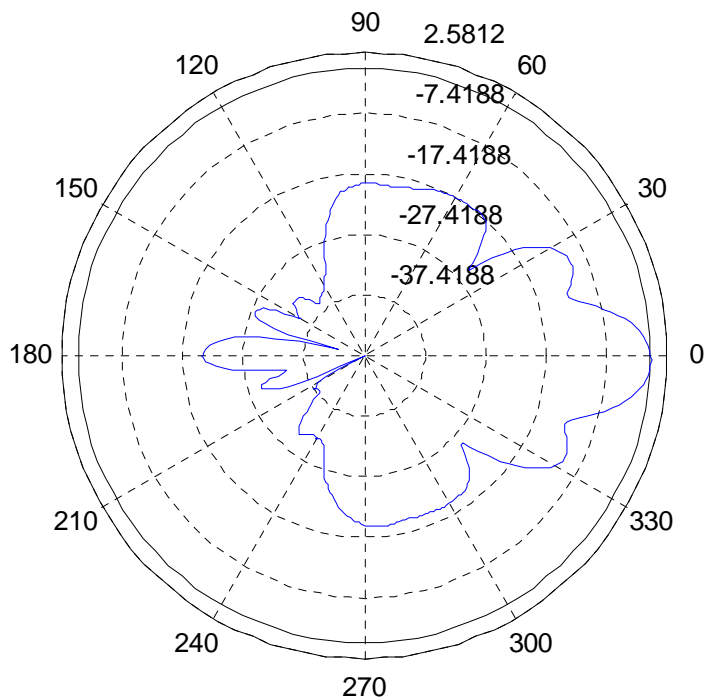
B.4 Horizontální vyzařovací diagram pro $f=2,488$ GHz

Diagram pro $f = 2488$ MHz. Vyzařovací uhel je 15 stupnu.
Cíntel potlacení zpetneho prijmu: 19.53 dB. Potlacení vedlejsich svazku: 9.24 dB.



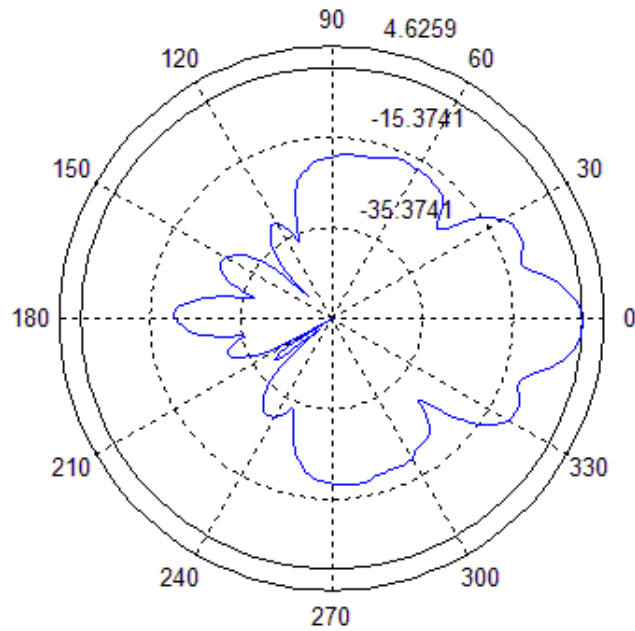
A.5 Vertikální vyzařovací diagram pro $f=2,413$ GHz

Diagram pro $f = 2414$ MHz. Vyzařovací uhel je 17 stupnu.
Cíntel potlacení zpetneho prijmu: 20.92 dB. Potlacení vedlejsich svazku: 9.95 dB.



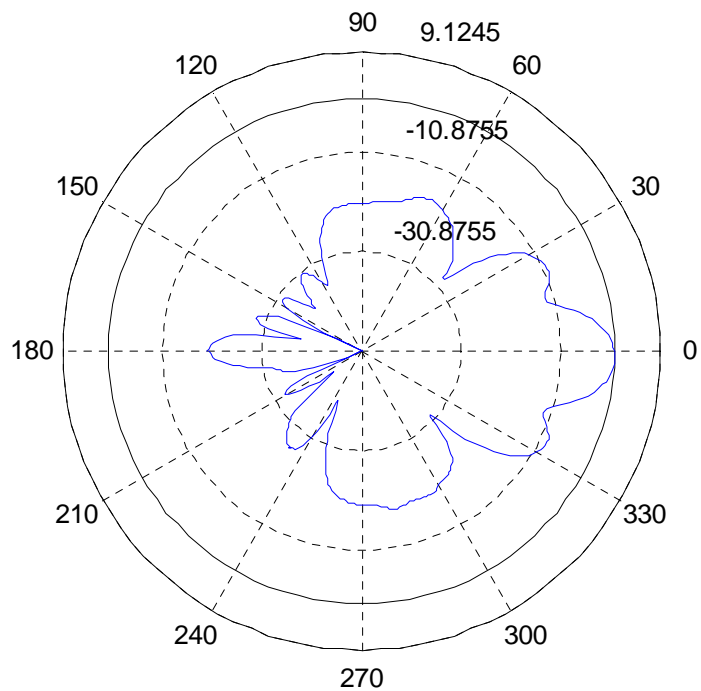
A.6 Vertikální vyzařovací diagram pro $f=2,450$ GHz

Diagram pro $f = 2450$ MHz. Vyzařovací uhel je 17 stupnu.
Činitel potlacení zpetneho prijmu: 20.61 dB. Potlacení vedlejších svazku: 9.71 dB.



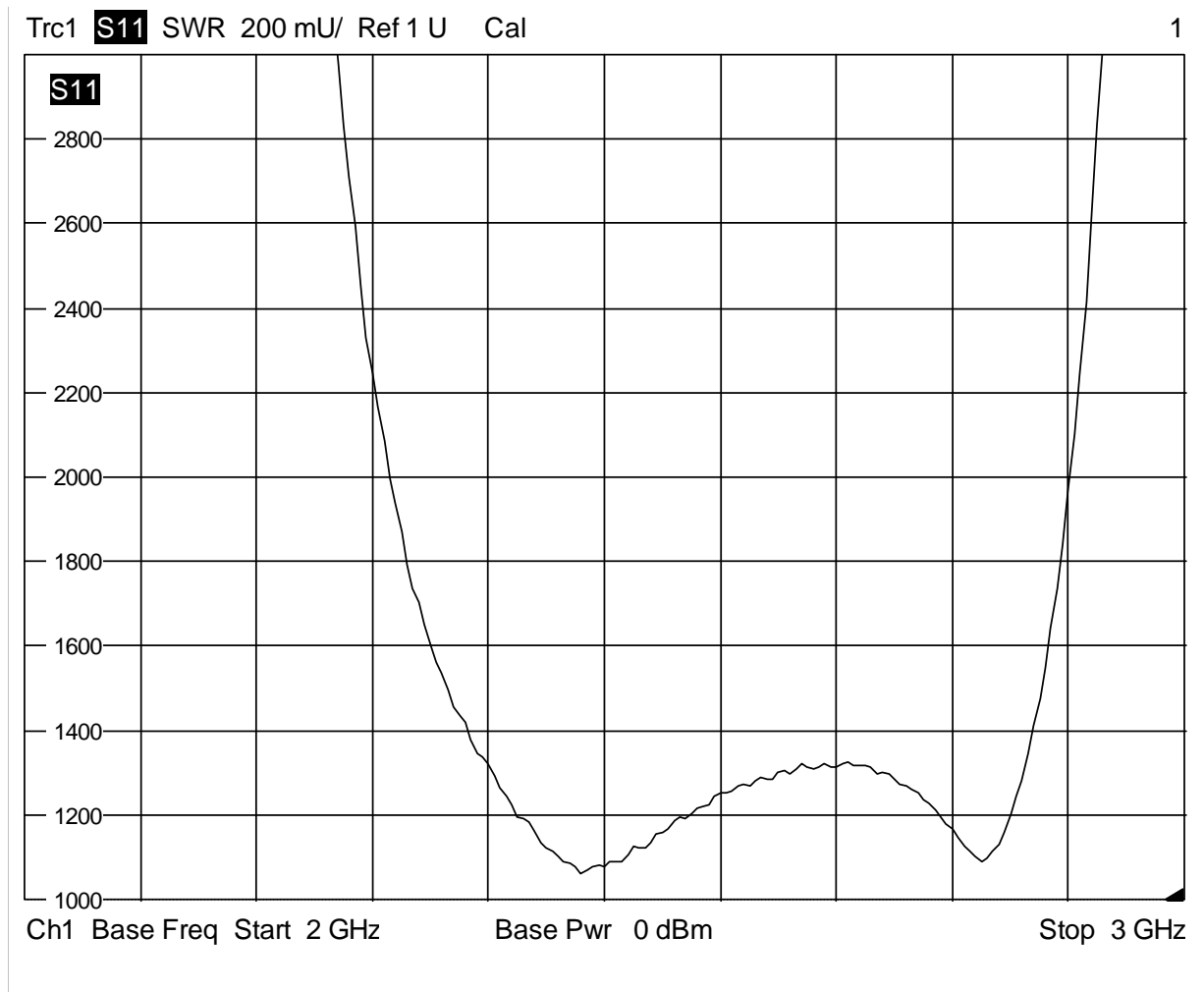
A.7 Vertikální vyzařovací diagram pro $f=2,488$ GHz

Diagram pro $f = 2488$ MHz. Vyzařovací uhel je 17 stupnu.
Činitel potlacení zpetneho prijmu: 19.91 dB. Potlacení vedlejších svazku: 9.33 dB.



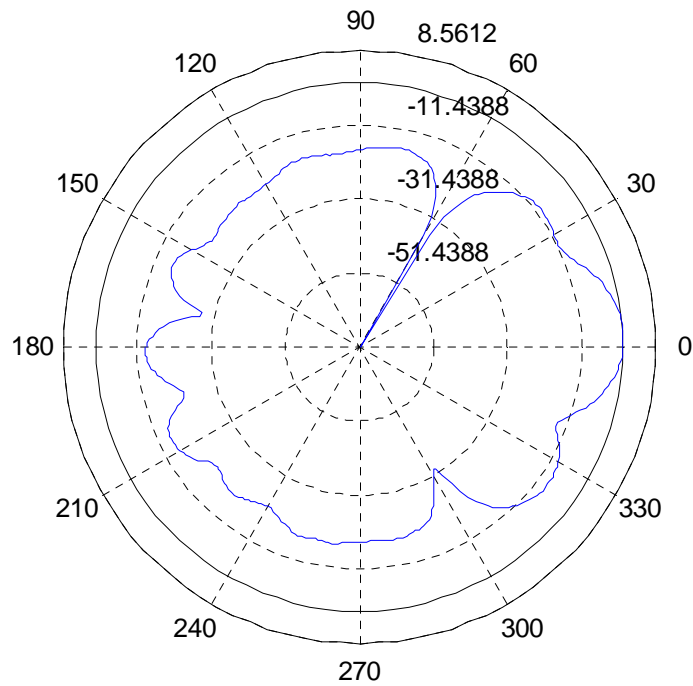
C Anténa č. 10033

C.1 PSV



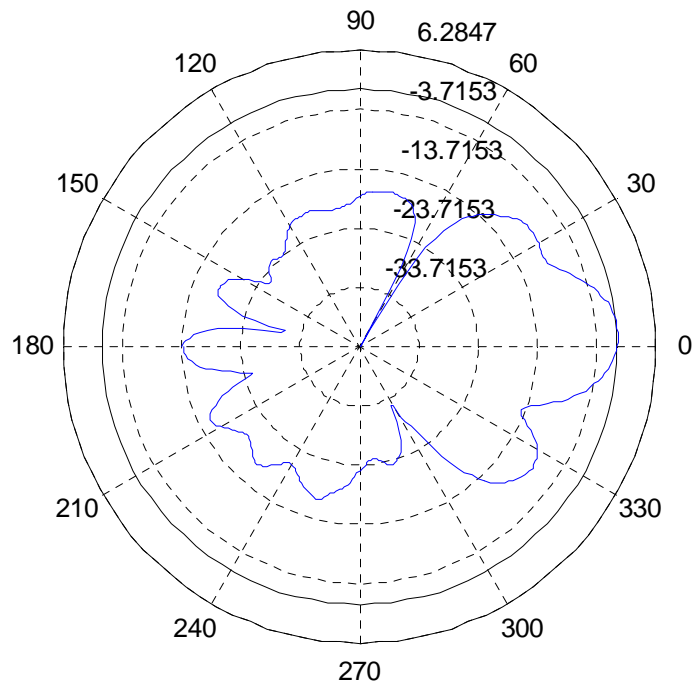
C.2 Horizontální vyzářovací diagram pro $f=2,413$ GHz

Diagram pro $f = 2414$ MHz. Vyzářovací uhel je 23 stupnu.
Cíntel potlacení zpětného příjmu: 13.56 dB. Potlacení vedlejších svazků: 8.39 dB.



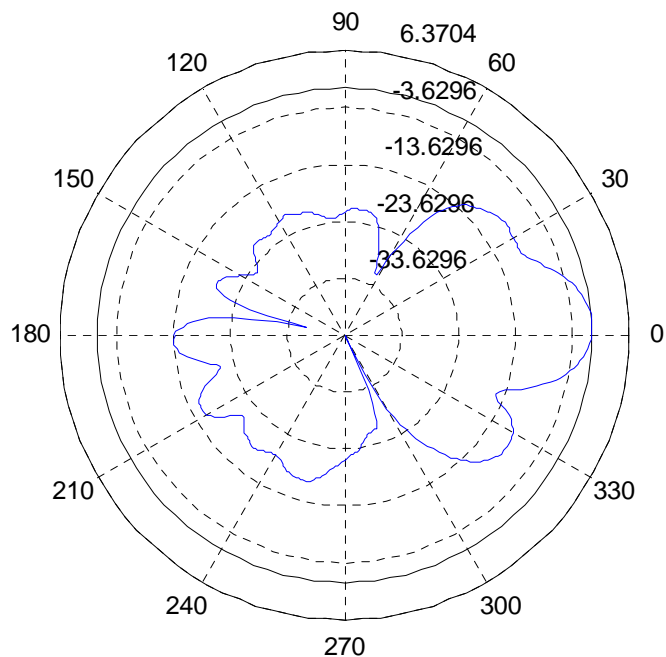
C.3 Horizontální vyzářovací diagram pro $f=2,450$ GHz

Diagram pro $f = 2450$ MHz. Vyzářovací uhel je 24 stupnu.
Cíntel potlacení zpětného příjmu: 14.08 dB. Potlacení vedlejších svazků: 8.08 dB.



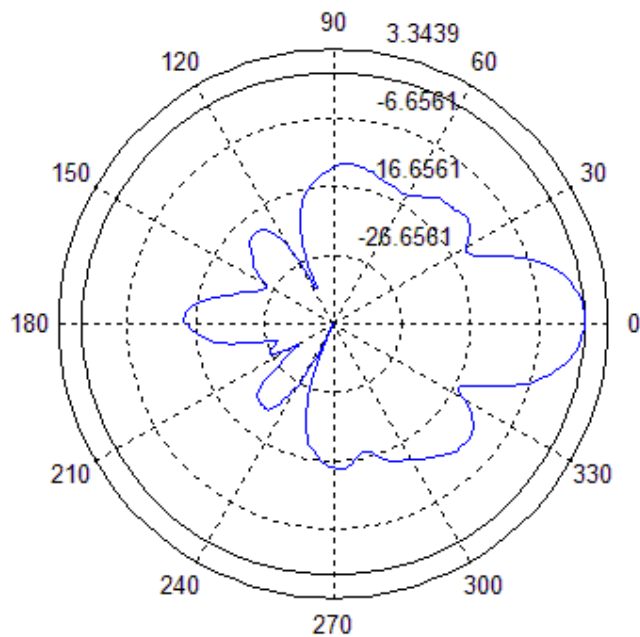
C.4 Horizontální vyzařovací diagram pro $f=2,488$ GHz

Diagram pro $f = 2488$ MHz. Vyzařovací uhel je 23 stupnu.
Cinitel potlacení zpetneho prijmu: 13.64 dB. Potlacení vedlejších svazku: 8.88 dB.



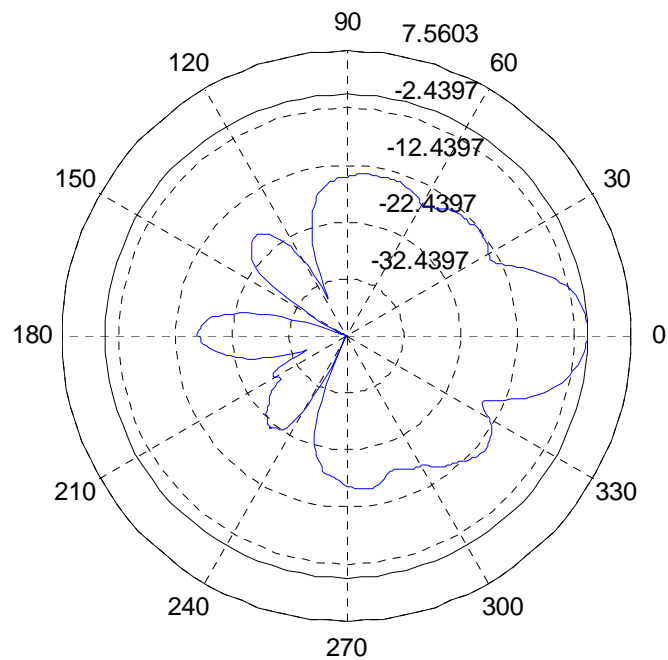
C.5 Vertikální vyzařovací diagram pro $f=2,413$ GHz

Diagram pro $f = 2414$ MHz. Vyzařovací uhel je 25 stupnu.
Cinitel potlacení zpetneho prijmu: 15.45 dB. Potlacení vedlejších svazku: 10.66 dB.



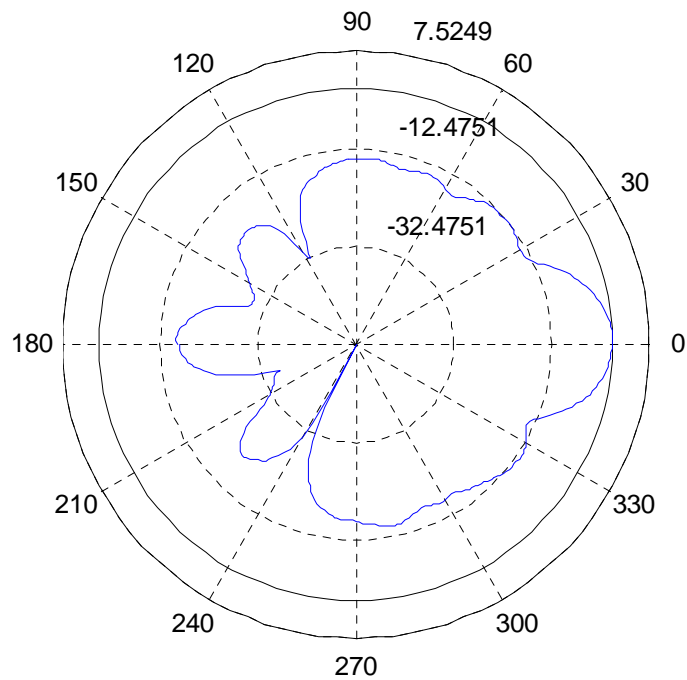
C.6 Vertikální vyzařovací diagram pro $f=2,450$ GHz

Diagram pro $f = 2450$ MHz. Vyzařovací uhel je 25 stupnu.
Cíntel potlacení zpetneho prijmu: 16.68 dB. Potlacení vedlejsich svazku: 11.00 dB.



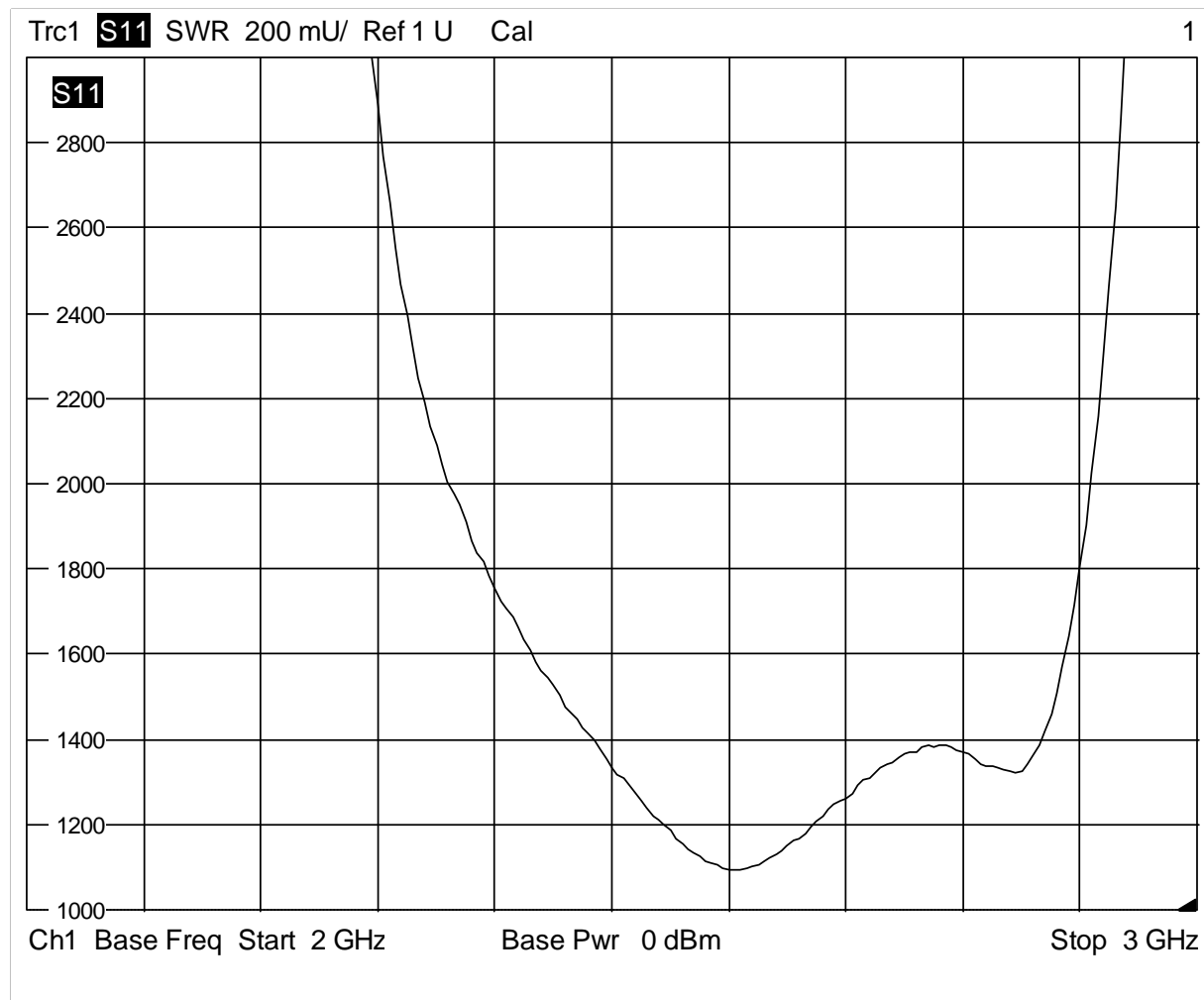
C.7 Vertikální vyzařovací diagram pro $f=2,488$ GHz

Diagram pro $f = 2488$ MHz. Vyzařovací uhel je 24 stupnu.
Cíntel potlacení zpetneho prijmu: 16.24 dB. Potlacení vedlejsich svazku: 11.69 dB.



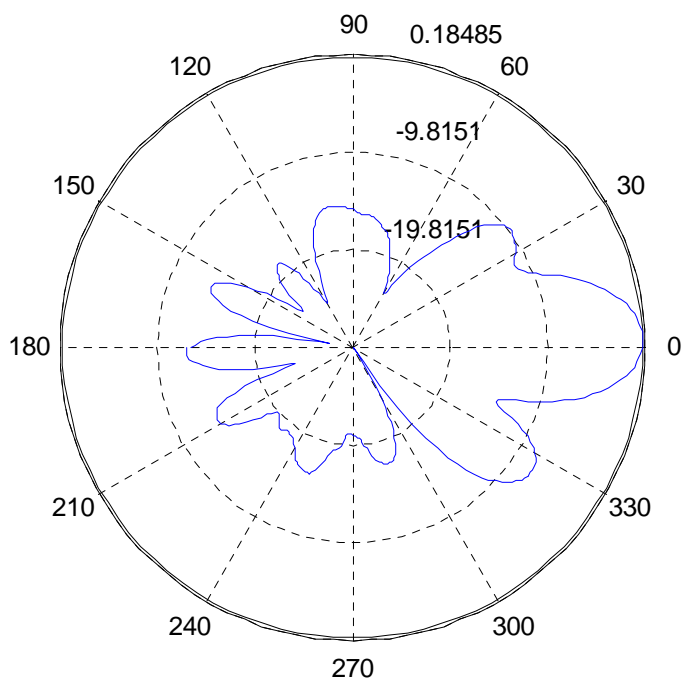
D Anténa č. 4

D.1 PSV



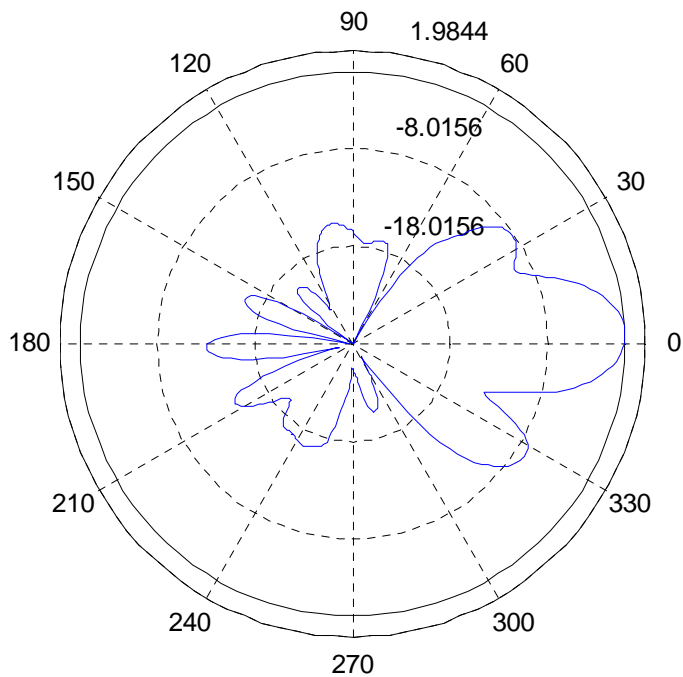
D.2 Horizontální vyzářovací diagram pro $f=2,413$ GHz

Diagram pro $f = 2414$ MHz. Vyzářovací uhel je 22 stupnu.
Cíntel potlacení zpetneho prijmu: 12.73 dB. Potlacení vedlejších svazku: 7.49 dB.



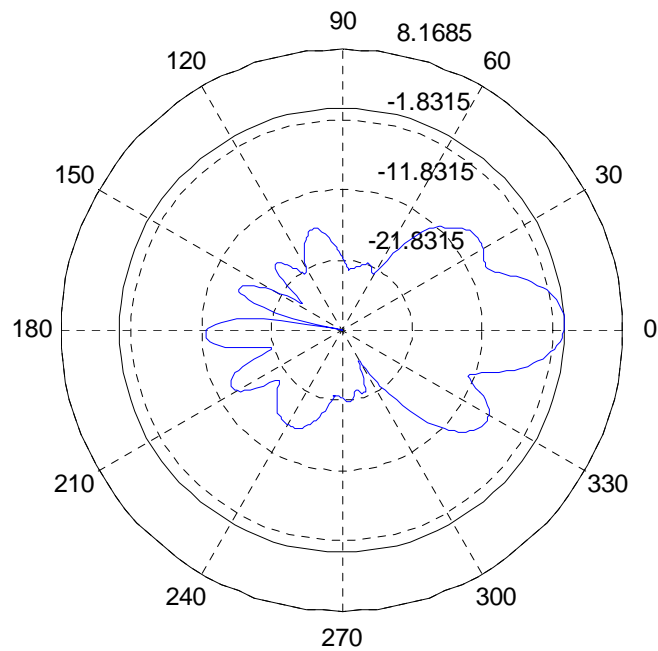
D.3 Horizontální vyzářovací diagram pro $f=2,450$ GHz

Diagram pro $f = 2450$ MHz. Vyzářovací uhel je 23 stupnu.
Cíntel potlacení zpetneho prijmu: 13.06 dB. Potlacení vedlejších svazku: 6.91 dB.



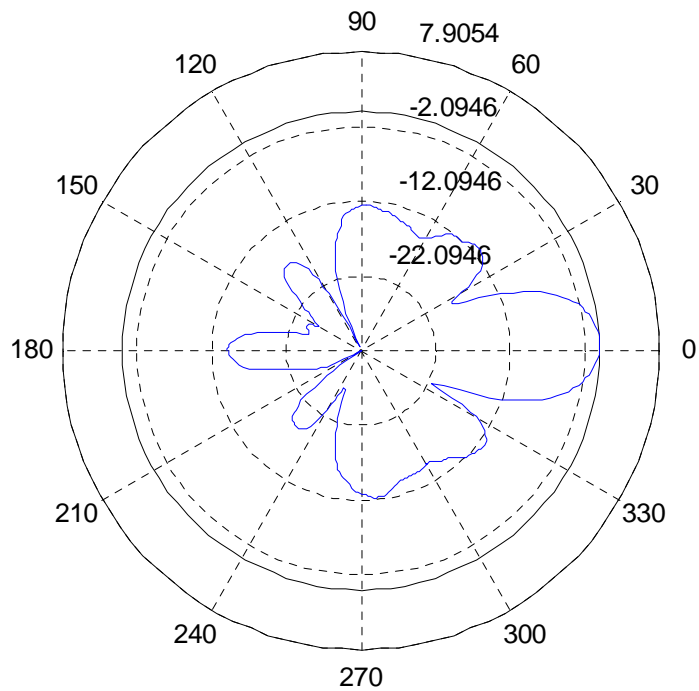
D.4 Horizontální vyzářovací diagram pro $f=2,488$ GHz

Diagram pro $f = 2488$ MHz. Vyzářovací uhel je 22 stupnu.
Cíntel potlacení zpetneho prijmu: 12.43 dB. Potlacení vedlejších svazku: 7.53 dB.



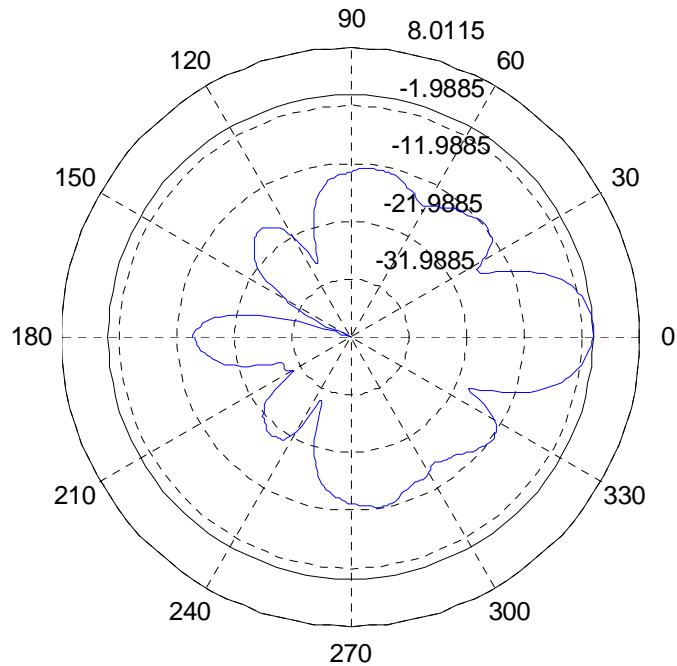
D.5 Vertikální vyzářovací diagram pro $f=2,413$ GHz

Diagram pro $f = 2414$ MHz. Vyzářovací uhel je 24 stupnu.
Cíntel potlacení zpetneho prijmu: 14.34 dB. Potlacení vedlejších svazku: 11.21 dB.



D.6 Vertikální vyzařovací diagram pro $f=2,450$ GHz

Diagram pro $f = 2450$ MHz. Vyzarovaci uhel je 24 stupnu.
Cinitel potlacení zpetneho prijmu: 15.09 dB. Potlacení vedlejsich svazku: 11.64 dB.



D.7 Vertikální vyzařovací diagram pro $f=2,488$ GHz

Diagram pro $f = 2488$ MHz. Vyzarovaci uhel je 23 stupnu.
Cinitel potlacení zpetneho prijmu: 14.97 dB. Potlacení vedlejsich svazku: 11.78 dB.

