

# Mjerenje koeficijenta refleksije S11 otvor antene sa konusnim i valjkastim plaštem na otvoru

---

Markulić, Noa

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:447282>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-28**

*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**Obrazac Z1P - Obrazac za ocjenu završnog rada na preddiplomskom sveučilišnom studiju**

Osijek, 20.09.2023.

Odboru za završne i diplomske ispite

**Prijedlog ocjene završnog rada na preddiplomskom sveučilišnom studiju**

<b>Ime i prezime Pristupnika:</b>	Noa Markulić
<b>Studij, smjer:</b>	Sveučilišni prijediplomski studij Računarstvo
<b>Mat. br. Pristupnika, godina upisa:</b>	R4243, 26.07.2018.
<b>OIB Pristupnika:</b>	70391785948
<b>Mentor:</b>	prof. dr. sc. Slavko Rupčić
<b>Sumentor:</b>	,
<b>Sumentor iz tvrtke:</b>	
<b>Naslov završnog rada:</b>	Mjerenje koeficijenta refleksije S11 otvor antene sa konusnim i valjkastim plaštem na otvoru
<b>Znanstvena grana rada:</b>	<b>Radiokomunikacije (zn. polje elektrotehnika)</b>
<b>Zadatak završnog rad:</b>	Zadatak završnog rada je načiniti mjerenja koeficijenta refleksije S11 otvor antene sa konusnim i valjkastim plaštem na otvoru. Prethodno je potrebno načiniti plašteve konusnog i valjkastog oblika od dielektričnog materijala niske relativne dielektrične konstante (npr. drveni materijal sa relativnom dielektričnom konstantom od 2). Polumjere osnovice neka su u tri veličine 60. 90 i 120 mm, a visina stožaca i debljina valjaka u rasponu od 24 mm do 94 mm. Mjerenja koeficijenta refleksije provesti za otvor antenu unutarnjeg promjera 120 mm pobuđenu za rad u TE modu u frekvenciji 140 MHz. Antena je prikazana na slici.
<b>Prijedlog ocjene završnog rada:</b>	Vrlo dobar (4)
<b>Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:</b>	Primjena znanja stečenih na fakultetu: 2 bod/bodaPostignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 2 bod/bodaJasnoća pismenog izražavanja: 2 bod/bodaRazina samostalnosti: 2 razina
<b>Datum prijedloga ocjene od strane mentora:</b>	20.09.2023.
<b>Datum potvrde ocjene od strane Odbora:</b>	24.09.2023.
<b>Potvrda mentora o predaji konačne verzije rada:</b>	Mentor elektronički potpisao predaju konačne verzije.
	Datum:



# FERIT

FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

## IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA

Osijek, 26.09.2023.

Ime i prezime studenta:

Noa Markulić

Studij:

Sveučilišni prijediplomski studij Računarstvo

Mat. br. studenta, godina upisa:

R4243, 26.07.2018.

Turnitin podudaranje [%]:

15

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **Mjerenje koeficijenta refleksije S11 otvor antene sa konusnim i valjkastim plaštem na otvoru**

izrađen pod vodstvom mentora prof. dr. sc. Slavko Rupčić

i sumentora ,

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija.

Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis studenta:

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U  
OSIJEKU ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET**

**Sveučilišni studij**

**MJERENJE KOEFICIJENTA  
REFLEKSIJE  $S_{11}$  OTVOR  
ANTENE SA KONUSNIM I  
VALJKASTIM PLAŠTEM NA  
OTVORU**

**Završni rad**

**Noa Markulić  
Osijek, 2023**

# SADRŽAJ

1 UVOD.....	1
1.1 Zadatak završnog rada.....	2
2 REFLEKSIJA ELEKTROMAGNETSKOG VALA.....	3
2.1 Refleksija vala.....	3
2.2 Koeficijent refleksije.....	4
2.3 $S_{11}$ parametar.....	4
3 IZVEDBA MODELA.....	6
4 REZULTATI MJERENJA.....	7
4.1 Mjerenje $S_{11}$ parametara otvor antene prekrivene dielektrikom u obliku stošca.....	7
4.2 Mjerenje $S_{11}$ parametara otvor antene prekrivene dielektrikom u obliku stošca.....	10
5 ANALIZA REZULTATA.....	14
6 ZAKLJUČAK.....	16
LITERATURA.....	17
SAŽETAK.....	18
ŽIVOTOPIS.....	19

# 1. UVOD

U suvremenom dobu gdje je sve veća povezanost s cijelim svijetom pomoću bežičnog slanja informacija, dizajniranje, razvoj, optimizacija i izvedba antena i antenskih sustava je nezaobilazna. Rad antena najjasnije opisuju parametri antena, a jedan od najvažnijih uz uzlaznu impedanciju i dijagram zračenja jest parametar refleksije  $S_{11}$  koji odražava sposobnost antene da prenosi i prima elektromagnetske signale, a njegovo podešavanje je od velike važnosti za kalibraciju i ispravan rad antene.

U ovom radu promatrat će se otvor antena za različite veličine plašteva (konusnih i valjkastih) na njezinom otvoru. Primjena ovakvih antena je višenamjenska od radara do komunikacijskih satelita.

Kroz provođenje eksperimenta s vezanih uz otvor antene s različitih oblika plašteva, gdje se mjeri parametar  $S_{11}$ , te s analizom dobivenih rezultata povećat će se znanje o odnosu između oblika plašta antene i parametra  $S_{11}$  te dati poticaj za daljnja oblikovanja plašta antena u budućem radu na ovom području.

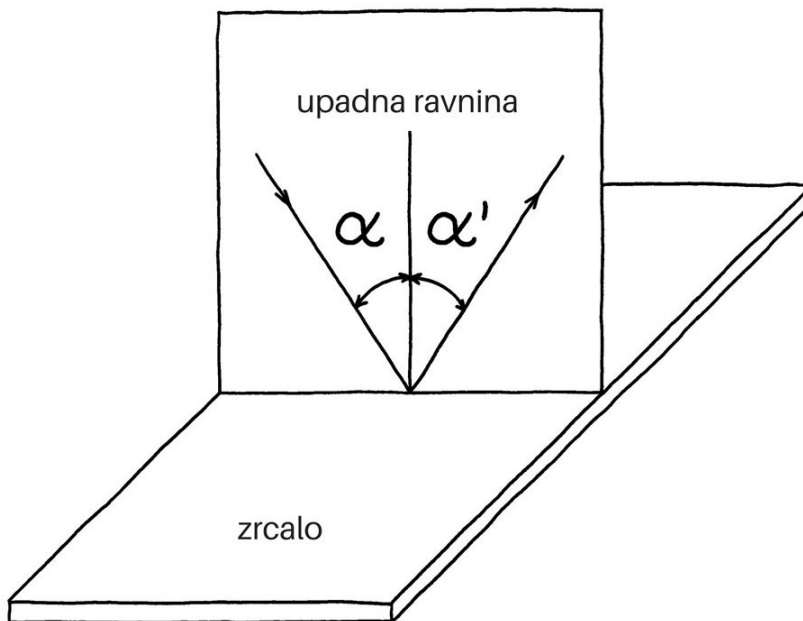
## 1.1 Zadatak završnog rada

Zadatak završnog rada je načiniti mjerenja koeficijenta refleksije  $S_{11}$  otvor antene s konusnim i valjkastim plaštem na otvoru. Prethodno je potrebno načiniti plaštevne konusnog i valjkastog oblika od dielektričnog materijala niske relativne dielektrične konstante (npr. drveni materijal s relativnom dielektričnom konstantom od 2). Polumjere osnovice neka su u tri veličine 60, 90 i 120 mm, a visina stožaca i debljina valjaka u rasponu od 24 mm do 94 mm. Mjerenja koeficijenta refleksije provesti za otvor antenu unutarnjeg promjera 120 mm pobuđenu za rad u TE modu u frekvencijskom opsegu od 1,2 do 2,4 GHz. Analiza treba obuhvatiti određivanje parametara refleksije ( $S_{11}$ ) otvor antene zaštićene svakim od izvedenih stožastih i valjkastih plašteva. Posebnu pažnju obratiti na minimalne vrijednosti koeficijenta refleksije te frekvencije na kojima se minimumi pojavljuju.

## 2. REFLEKSIJA ELEKTROMAGNETSKOG VALA

### 2.1 Refleksija vala

Refleksija vala je odbijanje valova kada nailaze na granicu između dva sredstva s različitim svojstvima. Na primjer, refleksija će se dogoditi kada svjetlost prelazi iz zraka u vodu zbog njihovih različitih svojstava. Kut refleksije opisuje zakonom o refleksiji koji govori kako će reflektirani upadni EM vala na prijelazu između sredstava biti jednak upadnom kutu. Dio EM vala se translacija, a kut transliranog vala u drugom sredstvu opisuje Snellov zakon. Pri nailasku EM vala na granicu dva sredstva te primjenom i razumijevanjem refleksije i transmisije očuvana je energija vala. Ta primjena je važna za rad antena i zadatak ovoga rada.



Slika 2.1 Refleksija vala

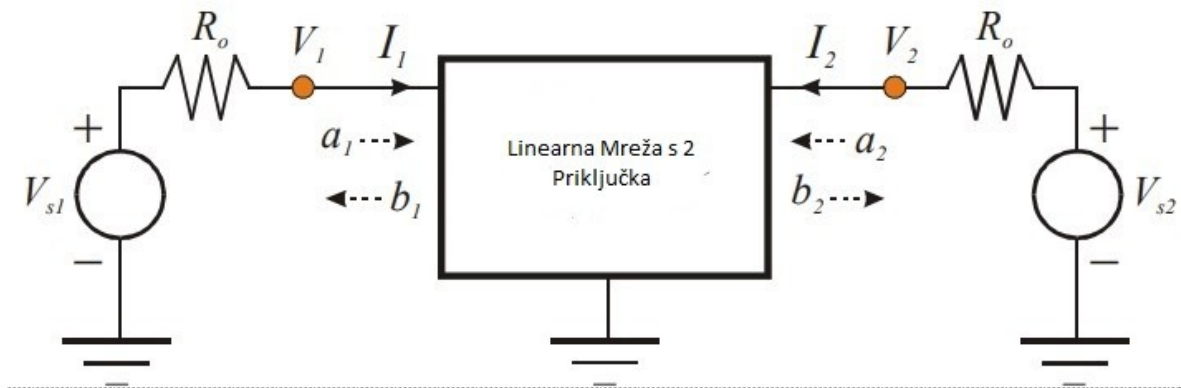


## 2.2 Koeficijent refleksije

Koeficijent refleksije je fizikalna veličina koja opisuje odnos energija pri reflektiranju vala. To je omjer reflektirane energije i pobudne energije vala pri prijelazu iz jednog sredstva u drugo. U slučaju da je njegova vrijednost 0 refleksije nema, te ako je njegova vrijednost 1 refleksija je potpuna. U stvarnim slučajevima većinom nalazimo djelomičnu refleksiju, a koeficijent refleksije je između 0 i 1. Potrebno je spomenuti kako na koeficijent refleksije te i na samu refleksiju utječe i frekvencija danog vala.

### 2.2.1 $S_{11}$ parametar

Koeficijent refleksije je parametar linearne mreže s jednim priključkom, te služi kao početna točka za analiziranje linearnih mreža s 2 priključka. Za primjer razmotrite sliku 2.2.1 koja prikazuje linearnu mrežu s 2 priključka na koju su spojeni ispitni sinusoidalni naponi  $V_{s1}$  i  $V_{s2}$  na ulaz i izlaz. Važno je spomenuti da su serijske impedancije ova 2 napona jednake. Otpori  $R_o$  su referentni otpori za koje provodimo analizu mreže.



Slika 2.2.1 Apstrakcija linearne mreže s 2 priključka.

Spomenuti naponi  $V_1$  i  $V_2$  mogu se promatrati kao superpozicija upadne ( $V_i$ ) i reflektirane ( $V_r$ ) komponente te dobivamo jednadžbu (2-1 i 2-2).

$$V_1 = V_{1i} + V_{1r} \quad (2-1)$$

$$V_2 = V_{2i} + V_{2r} \quad (2-2)$$

Jedna od učinaka testnog signala  $V_{s1}$  je dovođenje energije na ulaz mreže. Kada impedancija na tom mrežnom ulazu postane usklađena s referentnom impedancijom  $R_o$  dolazi do maksimalnog prijenosa energije od  $V_{s1}$  do ulaza. Ta maksimalna energija je simbolizirana kao upadni val  $a_1$ . Stvarna prenesena energija je manja od  $a_1$ , te tu razliku energije označujemo s  $b_1$ . Analogno se dolazi do vrijednosti za električne signale  $a_2$  i  $b_2$  koji su na izlazu.

Sada se može uvesti parametar  $S_{11}$ .

$$a_1 = V_{1i}/\sqrt{R_o} = \sqrt{R_o} I_{1i}, a_2 = V_{2i}/\sqrt{R_o} = \sqrt{R_o} I_{2i}, b_1 = V_{1r}/\sqrt{R_o} = \sqrt{R_o} I_{1r}, b_2 = V_{2r}/\sqrt{R_o} = \sqrt{R_o} I_{2r} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} \quad (2-3)$$

$$\sqrt{R_o} I_{2r} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} \quad S_{11} = \left. \frac{b_1}{a_1} \right|_{a_2=0} \quad S_{21} = \left. \frac{b_2}{a_1} \right|_{a_2=0}$$

Uzme li se da je  $a_2=0$ . Budući da električni signal  $a_2$  pokreće ispitni signal  $V_{s2}$ , koji je postavljen u seriju s referentnom impedancijom  $R_o$ , on će biti jednak  $a_2$  odnosno  $a_2=V_{s2}=0$ . Ta tvrdnja dolazi iz činjenice da energija pobude mreže dolazi iz 2 izvora, od kojih je jedan napon  $V_{s2}$  koji je u ovom slučaju 0, a drugi je signal refleksije od opteretne impedancije. Ali takva je refleksija kada je impedancija opterećenja jednaka referentnoj impedanciji je jednaka 0, te s time  $a_2$  će biti nula baš zato što je  $V_{s2}$  jednak nuli.

$S_{11}$  je koeficijent refleksije ulaza pri uvjetima da je izlaz prekinut u karakternoj vrijednosti referentne impedancije  $R_o$ . Kaže se da je  $Z_{in}$  ta karakteristična referentna impedancija  $R_o$  te se dobiva:

$$S_{11} = \left. \frac{b_1}{a_1} \right|_{a_2=0} = \left. \frac{V}{a_1} \right|_{a_2=0} \quad S_{11} = \frac{Z_{in}(R_o) - R_o}{Z_{in}(R_o) + R_o} = \frac{Z_{in}(R_o)/R_o - 1}{Z_{in}(R_o)/R_o + 1} \quad (2-4)$$

### 3. IZVEDBA MODELA

Za izvedbu projekta potrebno je napraviti valjke i stošce različitih veličina te se određuje koeficijente refleksije otvora antene s i bez dielektrika na njoj, te uspoređujemo vrijednosti  $S_{11}$  parametra. Valjci i stošci su točno određenih dimenzija te su napravljeni od istog materijala kako bi mjerenja bila mjerodavna. Antena je izvedena kao kružna otvor antena promjera 120 mm na ravnoj ploči dimenzija 500x500 mm pobuđena valovodom kružnog poprečnog presjeka. Pobuda valovoda je koaksijalna proba duljine 48 mm.

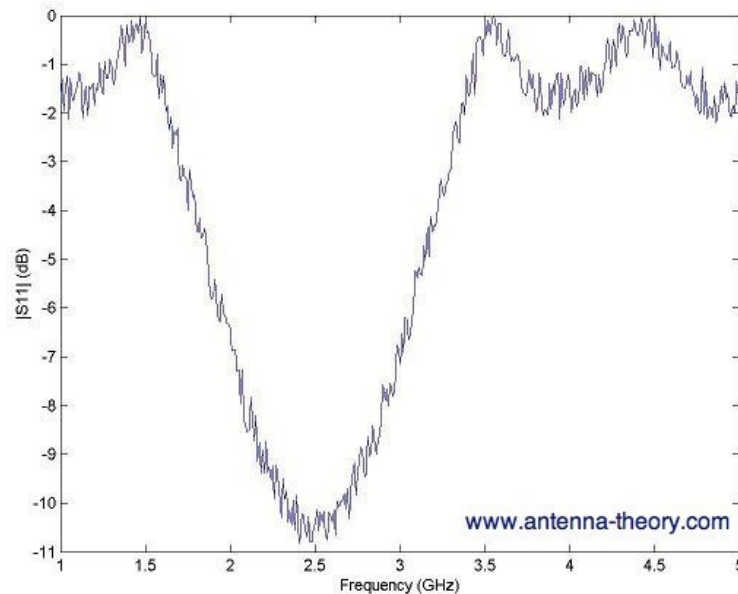
**Tablica 3.1** Dimenzije izvedenih plašteva oblika stošca

Visina	24 mm	24 mm	24 mm	88 mm	52 mm
Polumjer	61 mm	90 mm	120 mm	90 mm	120 mm

**Tablica 3.2** Dimenzije izvedenih plašteva oblika valjka

Visina	54 mm	94 mm	54 mm	26 mm	54 mm	34 mm
Polumjer	61 mm	61 mm	90 mm	90 mm	120 mm	120 mm

Materijal od kojeg su izrađeni valjci i stošci je drvo. Mjerenja su izvedena korištenjem analizatora mreža. Provedena mjerenja obuhvatila su mjerenja parametar  $S_{11}$  za svaki od izvedenih plašteva na otvor anteni kao i mjerenje parametra refleksije same antene (bez plašta). Za potrebe ovog rada mjerenja parametra refleksije su provedena u frekvencijskom opsegu od 1,2 do 2,4 GHz te je provedena analiza rezultata mjerenja.



**Slika 3.1** Primjer mjerenog parametra refleksije ( $S_{11}$ ) korištenjem analizatora mreža

## 4. REZULTATI MJERENJA

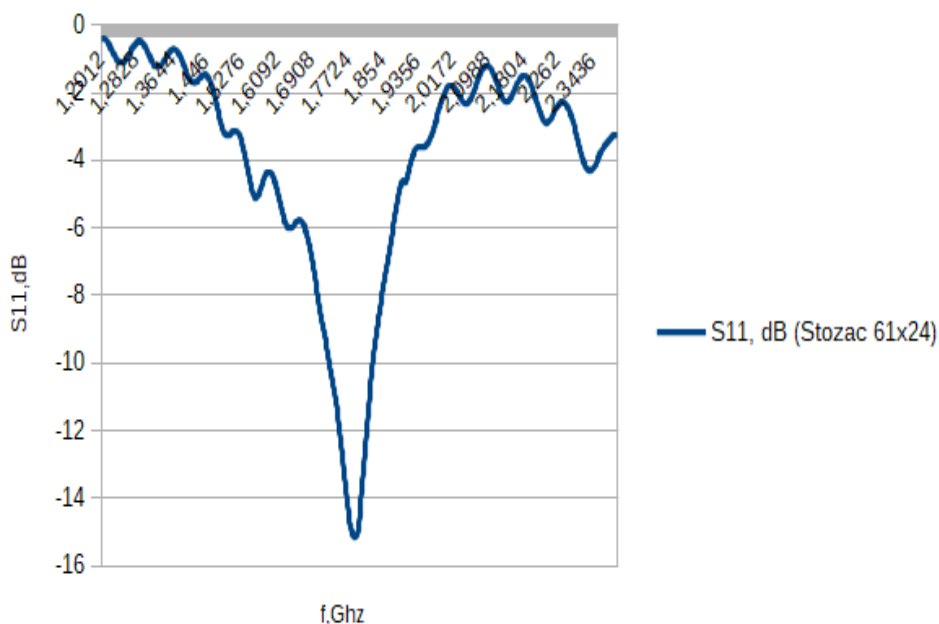
Mjerni rezultati parametra  $S_{11}$  iskazani su u [dB] te, budući da je energija reflektiranog vala uvijek manja od energije upadnog vala, rezultat mjerenja je uvijek negativan (uz uvjet da je kalibracija uređaja pravilno izvedena). Frekvencija pri kojoj  $S_{11}$  poprima minimalnu vrijednost (ili vrijednosti) jest rezonantna frekvencija. Rezonantnih frekvencija može, za istu antenu i plašt na njoj, biti više.

**Tablica 4.1** Rezultati mjerenja parametra  $S_{11}$  otvoru antene bez plašta

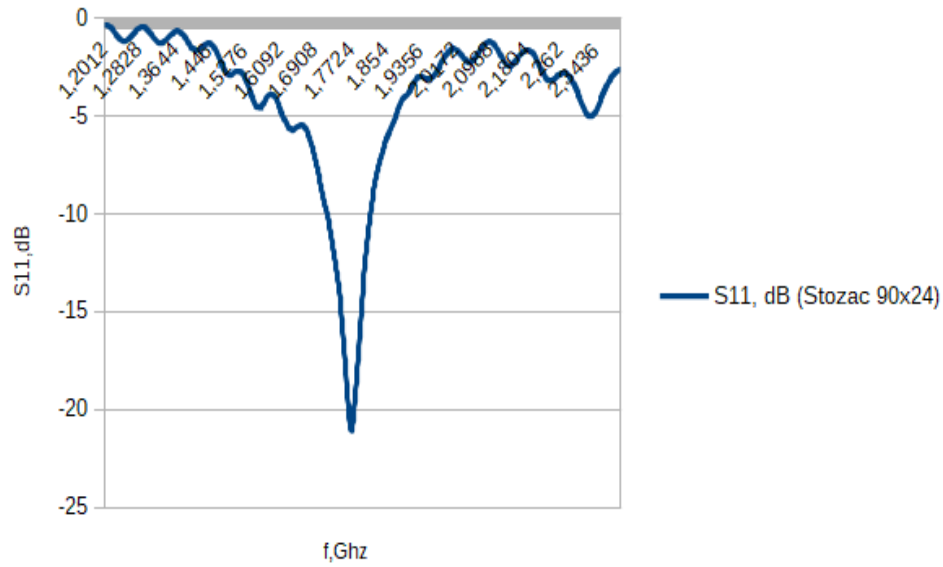
Frekvencija [GHz]	1.639
Parametar $S_{11}$ [dB]	-10.76

### 4.1 Mjerenje $S_{11}$ parametara otvor antene prekrivene dielektrikom u obliku stošca

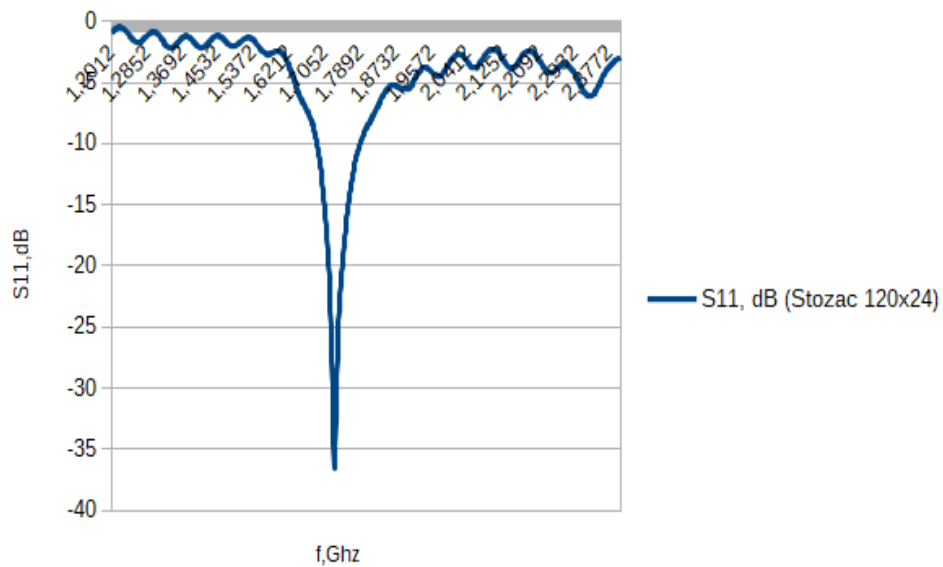
Napravljeni stošci imaju korelacije u visini i polumjeru kao što se vidi u tablici 3.1, prema čemu uspoređujemo kako visina i polumjer stošca utječu na njegov koeficijent refleksije.



**Slika 4.1.1** Rezultati mjerenja parametra  $S_{11}$  otvor antene sa plaštom oblika stošca dimenzija 61x24 mm



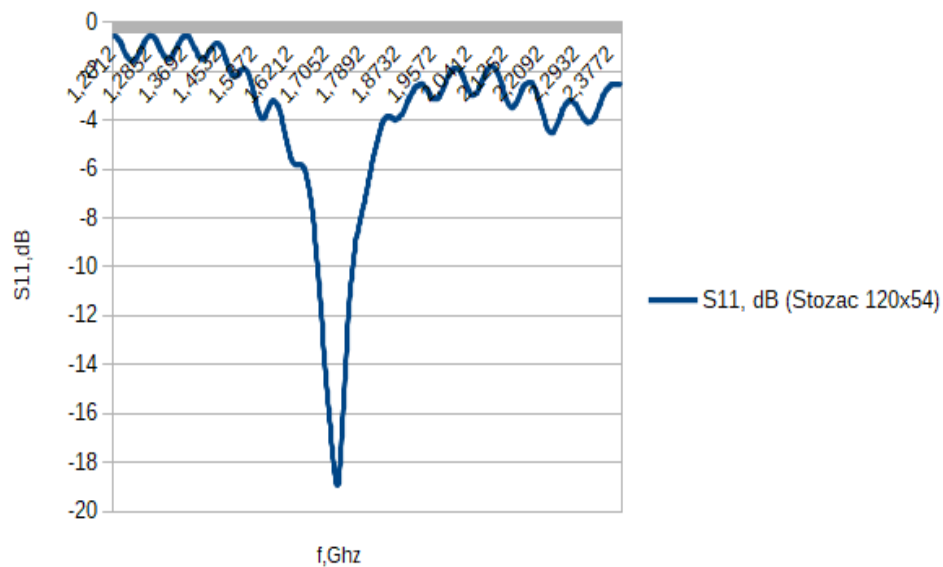
**Slika 4.1.2** Rezultati mjerenja  $S_{11}$  otvor antene sa plaštom oblika stošca dimenzija 90x24mm



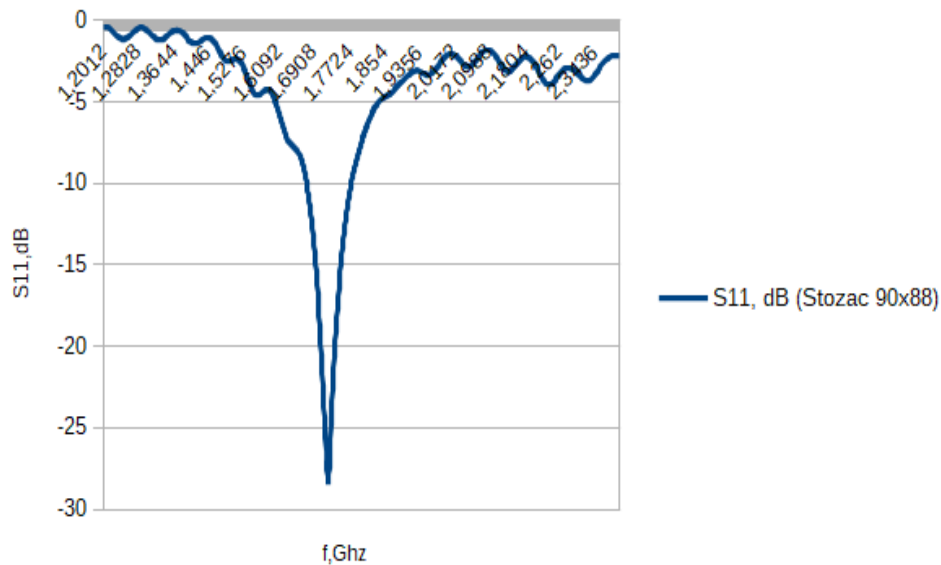
**Slika 4.1.3** Rezultati mjerenja parametra  $S_{11}$  otvor antene sa plaštom oblika stošca dimenzija 120x24mm

Poveznica između tri prethodno izmjerena stošca (slike 4.1.1,4.1.2,4.1.3) jest njihova je visina koja iznosi 24 milimetra, dok se polumjer stožaca mijenja. Povećanjem polumjera stožastog plašta smanjuje se parametar  $S_{11}$ , dakle refleksija se smanjuje od vrijednosti -16 dB za promjerom 61 mm do -32 dB za promjer od 90 mm. Daljnje povećanje promjera parametra 120 mm rezultira smanjenjem nivoa parametra refleksije  $S_{11}$ . Važno je napomenuti da se rezonantna frekvencija promjenom radijusa stošca (plašta) neznatno mijenja od 1,79 GHz za promjer od 61 mm do 1,72 GHz za promjer od 120 mm.

Sljedeće što se promatra je utjecaj visine stošca utječe na parametar  $S_{11}$ . Od izmjerenih parametara refleksije plašta u obliku stošca najbolji (po kriteriju niže vrijednosti parametra  $S_{11}$  na rezonantnoj frekvenciji) je onaj promjera 90 mm, ali vrlo blizak plaštu promjera osnovice plašta od 120 mm. Ako se usporede ova dva plašta uz različite visine (90x88 mm i 120x54 mm; Slike 4.1.4 i 4.1.5) vidljivo je dodatno snižavanje refleksije (parametra  $S_{11}$ ) uz konstantnu rezonantnu frekvenciju od 1,72 GHz.



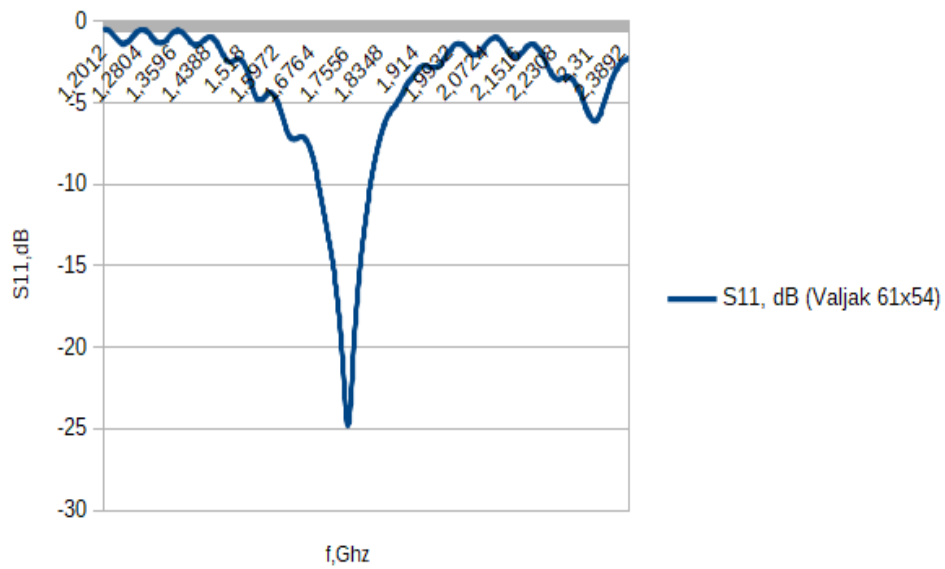
**Slika 4.1.4** Rezultati mjerenja parametra  $S_{11}$  otvor antene sa plaštom oblika stošca dimenzije 120x54mm



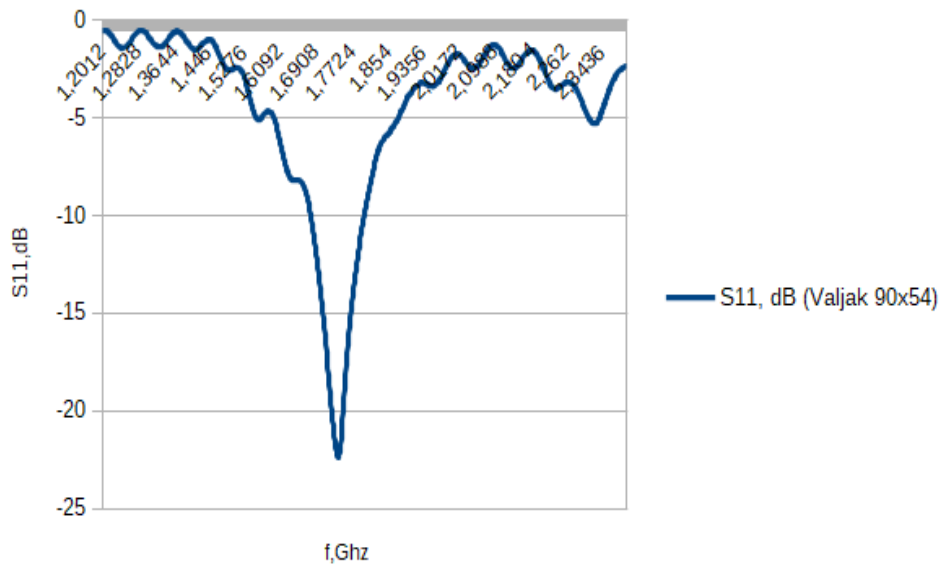
**Slika 4.1.5** Rezultati mjerenja parametra  $S_{11}$  otvor antene sa plaštom oblika stošca dimenzije 90x88mm

## 4.2 Mjerenje $S_{11}$ parametara otvor antene prekrivene dielektrikom u obliku valjka

Usporedba koeficijenta refleksije otvor antena s plaštevima oblika valjka započinje s valjcima konstantne visine, a različitog promjera. Ovi rezultati mjerenja prikazani su na slikama od 4.2.1 do 4.2.3.

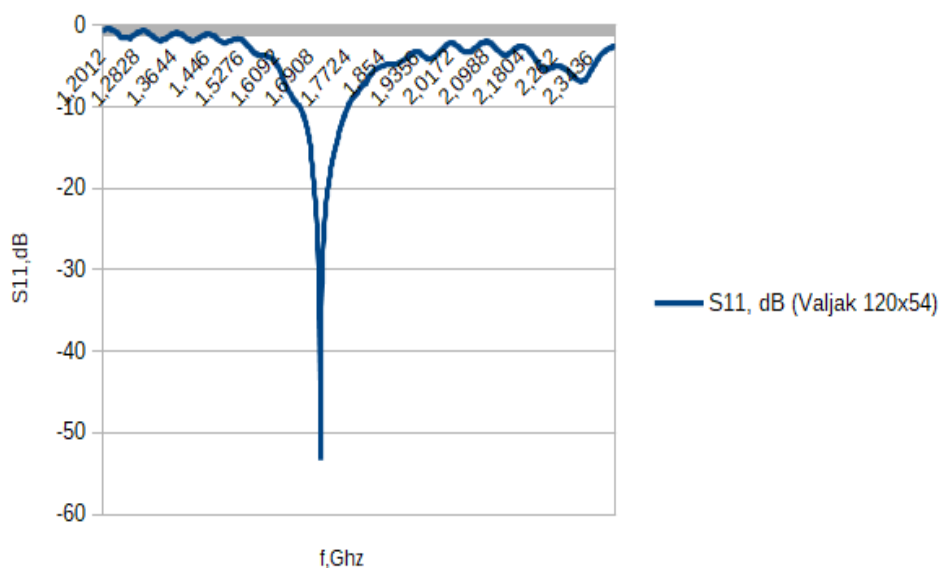


**Slika 4.2.1** Rezultati mjerenja parametra  $S_{11}$  otvor antene sa plaštom oblika valjka dimenzije 61x54mm



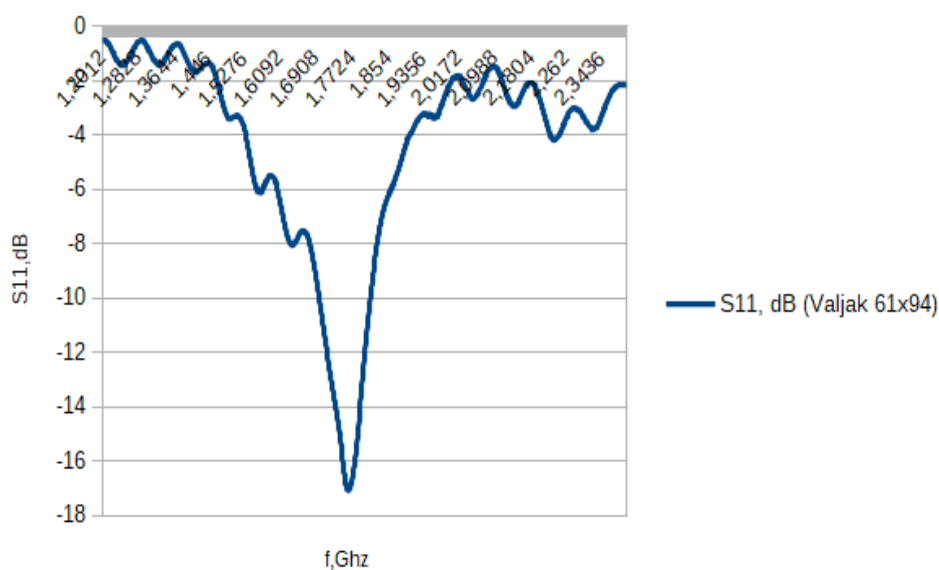
**Slika 4.2.2** Rezultati mjerenja parametra  $S_{11}$  otvor antene sa plaštom oblika valjka dimenzije 90x54mm



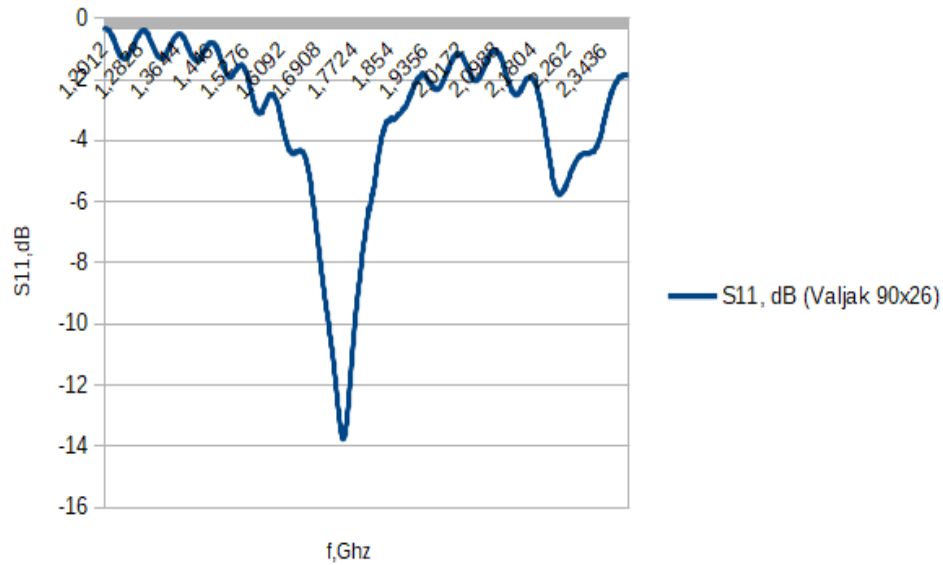


**Slika 4.2.3** Rezultati mjerenja parametra  $S_{11}$  otvor antene sa plaštom oblika valjka dimenzije 120x54mm

Poveznica između prethodno izmjerenih plaševa otvor antene u obliku valjka (slike 4.2.1 - 4.2.3) njihova je visina koja iznosi 54 milimetra, dok se polumjer valjaka mijenja. Povećanjem polumjera plašta parametar  $S_{11}$  ima varirajuće vrijednosti pa tako za promjer od 61 mm ima vrijednost od -32,5 dB, za 90 mm vrijednost od -23 dB dok za promjer od 120 mm ima vrijednost od -42,5 dB. dakle refleksija se smanjuje od vrijednosti -16 dB za promjer od 61 mm do -32 dB za promjer od 90 mm. Rezonantna frekvencija se promjenom radijusa valjaka nešto mijenja od 1,76 GHz za promjer od 61 mm do 1,71 GHz za promjer od 120 mm.



**Slika 4.2.4** Rezultati mjerenja parametra  $S_{11}$  otvor antene sa plaštom oblika valjka dimenzije 61x94mm



**Slika 4.2.5** Rezultati mjerenja parametra  $S_{11}$  otvor antene sa plaštom oblika valjka dimenzije 90x26mm

Odmah je uočen pad parametra  $S_{11}$  nakon povećanja visine i s time volumena. Te je primijećen drugi vrh koji samo govori da za tu drugu rezonanciju parametar  $S_{11}$ , što je zanemarivo ako imamo bolju vrijednost parametra  $S_{11}$  za drugu frekvenciju. Ovo je jedina devijacije što se tiče hipoteze kako volumen znatno utječe na parametar  $S_{11}$ . Uočeno je na slikama 4.2.3 i 4.2.4 da povećanjem volumena nije strogo povezan s povećanjem parametra  $S_{11}$ .

## 5. ANALIZA REZULTATA

U prijašnjem poglavlju utvrđeno je kod stožaca da s povećanjem radijusa stošca dolazi do smanjivanja koeficijenta refleksije (Tablica 5.1). Nadalje, usporede li se stošci radijusa osnovice od 120 mm različitih visina (Tablica 5.1) vidljivo je da se povećanjem visine stošca povećava refleksija. Ipak, za očekivati je da to smanjenje nije linearno i permanentno već postoji optimalna visina kod koje dolazi do minimalne refleksije. Kod stošca radijusa 90 mm i različitih visina (24 mm i 88 mm) povećanjem visine smanjuje se refleksija. U ovome poglavlju navedene su brojčane vrijednosti koje pokazuju rezultate mjerenja koeficijenta refleksije u rezonantnim točkama.

**Tablica 5.1** Usporedba dimenzija, volumena i parametra  $S_{11}$  valjaka.

Dimenzije	61x24 mm	90x24 mm	120x24 mm	120x54 mm	90x88 mm
Parametar $S_{11}$	- 15.148656[dB]	- 21.082838[dB]	-36.582855[dB]	- 18.962786[dB]	-28.239256[dB]
Volumen	93.518 cm <sup>3</sup>	203.575 cm <sup>3</sup>	361.911 cm <sup>3</sup>	814.3 cm <sup>3</sup>	746.442 cm <sup>3</sup>
Frekvencija	1791600000 [Hz]	1773600000 [Hz]	1724400000 [Hz]	1728000000 [Hz]	1723200000 [Hz]

Promatranjem slika 4.2.1 do 4.2.6 primijećeno je da za razliku od stožaca, imamo puno veću fluktuaciju parametra  $S_{11}$  koja ne ovisi toliko o volumenu valjka, što se konkretnije uočava u tablici 5.2.

**Tablica 5.2** Usporedba dimenzija, volumena i parametra  $S_{11}$  valjaka.

Visina	54 mm	94 mm	26 mm	54 mm	34 mm	54 mm
Polumjer	61 mm	61 mm	90 mm	90 mm	120 mm	120 mm
Parametar $S_{11}$	-24.798[dB]	-17,081[dB]	-13.729[dB]	-22.386[dB]	-16.043[dB]	-52.902[dB]
Frekvencija	1756800000 [Hz]	1764000000 [Hz]	1747200000 [Hz]	1740000000 [Hz]	1737600000 [Hz]	1710000000 [Hz]
Volumen	631.252 cm <sup>3</sup>	1098.847 cm <sup>3</sup>	661.619 cm <sup>3</sup>	1374.132 cm <sup>3</sup>	1538.123 cm <sup>3</sup>	2442.902 cm <sup>3</sup>

Prema izmjerenim rezultatima (Tablica 5.2) usporedbom valjkastih plašteva visine 54mm vidljivo je da koeficijent refleksije otvor antene s ovim plaštevima najveći za najveći radijus (120 mm).Nadalje, kod otvor antena s valjkastim plaštevima radijusa 90 mm i 120 mm povećanjem visine valjka dolazi do smanjenja vrijednosti parametra refleksije dok je kod plašta radijusa 61 mm taj zaključak obrnut. Daleko najniža vrijednost parametra refleksije izmjerena je za plašt dimenzija 120x54 mm koji iznosi -52.90[dB]. Te nakon ponovnog promatranja tablice 5.3 uočeno je da su valjci grupirani po 2 s istim polumjerom ali s različitim visinama. Te zaključujemo kako visina, za razliku od valjka gdje volumen ima najvažniji utjecaj na parametar  $S_{11}$ , ovdje diktira ponašanje parametra  $S_{11}$ . Kod svakog para najbolji rezultat postizemo pri visini od 54mm.

## 6. ZAKLJUČAK

Tema ovoga rada bila je odrediti utjecaj oblika dielektrika, visine i polumjera baze dielektrika na koeficijent refleksije iste antene (parametra  $S_{11}$ ). U svrhu toga napravljeni su plaštevima oblika valjka i stošca od dielektričnog materijala (drvo) te provedena su mjerenja parametara  $S_{11}$  otvor antena s ovim plaštevima. Valjkasti plaštevima su izrađeni u tri radijusa osnovice: 61 mm, 90 mm te 120 mm visine 24 mm. Osim toga načinjeni su i dodatna dva modela: prvi radijusa 90 mm i visine 88 mm te drugi radijusa 120 mm i visine 52 mm. Stožasti plaštevima su izvedeni s jednom visinom od 54 mm i tri radijusa: 61 mm, 90 mm te 120 mm. Osim toga izrađena su i tri dodatna stožasta plašta: prvi radijusa 61 mm visine 94 mm; drugi radijusa 90 i visine 26 mm te treći radijusa 120 mm i visine 34 mm.

Dobiveni rezultati nam govore o ovisnosti vrijednosti koeficijenta refleksije o dimenzijama i obliku plašta otvor antene koju taj plašt štiti. Rezonantna frekvencija (frekvencija minimuma) se s promjenom oblika i dimenzija plašta neznatno mijenja. Kod stožastog plašta s povećanjem radijusa osnovice uz visinu od 24 mm dolazi do smanjivanja koeficijenta refleksije pri čemu je minimalna za dimenzije stošca 24x120mm iznosi -36,58 dB na frekvenciji 1,72 GHz. Visina stošca ima ovisno o radijusu različit utjecaj na koeficijent refleksije. Naime, kod plašta oblika stošca radijusa osnovice od 120 mm povećanjem visine stošca povećava refleksija, a kod stošca radijusa osnovice od 90 mm je obrnuto. To je povezano s odnosom valne duljine EM vala i visine stošca te time i različite refleksije na unutarnjem plaštu stošca te konstruktivnoj i destruktivnoj interferenciji na ulazu EM vala u stožac(osnovicu).

Kod valjaka je vidljiva povezanost između parametra  $S_{11}$  i dimenzijama valjkastog plašta (visina i radijus). Ako se usporede rezultati za konstantnu visinu (54 mm) vidljivo je da porastom radijusa valjka pada vrijednost parametra refleksije. Kod otvor antena s valjkastim plaštevima radijusa 90 mm i 120 mm povećanjem visine valjka dolazi do smanjenja vrijednosti parametra refleksije dok je kod plašta radijusa 61 mm taj zaključak obrnut. Najbolji rezultat (najniža vrijednost parametra refleksije) dobiven za radijus od 120 mm pri visini od 54mm koji glasi -52.902[dB] pri 1.71 GHz.

Ovaj rad pokazuje da plašt otvor antena može služiti, osim za zaštitu od vlage i drugih vanjskih utjecaja i za optimiranje rada otvor antena te da se oblikom i dimenzijama plašta znatno može smanjiti koeficijent refleksije antene.

## LITERATURA

- [1]. Kogelnik, Herwig. "Reflection of Electromagnetic Radiation." *AccessScience*, McGraw-Hill Education, 2019.
- [2]. V. Mandrić Radivojević, S. Rupčić "Reflection Coefficient of Circular Waveguide Opening Mounted on Dielectric-Covered Grounded Surface", (pristupljeno lis. 2020.)
- [3]. "Refleksija", dostupno na: <https://hr.wikipedia.org/wiki/Refleksija> (pristupljeno pro. 19. 2021) slika 2.1
- [4]. "S-parameters", dostupno na: <https://www.antenna-theory.com/definitions/sparameters.php> (pristupljeno 2008-2015)
- [5]. Dr. John Choma "Scattering Parameters: Concept, Theory, and Applications" (pristupljeno kol. 2006), Slika 2.2.1

## SAŽETAK

Globalizacijom dolazimo do sve veće povezanosti između kontinenata, zemalja, ljudi. Ono što nas povezuje sve više i više je prijenos informacija koji svijet sve više i više smanjuje, te približava. Za prijenos informacija već godinama koristimo antene, od otkrića elektromagnetskih valova te do interneta, antene nam pomažu u prijenosu tih informacija

U ovom završnom radu analizira se utjecaj oblika antene na parametar  $S_{11}$  koji nam govori efikasnost antene na način na da nam ilustrira odnos između reflektirane i apsorbirane energije.

Unastavku prikazani su rezultati mjerenja parametra  $S_{11}$  za različite valjke i stošce pomoću analizatora mreža te zaključci doneseni rezultatima tih mjerenja.

Ključne riječi: parametar  $S_{11}$ , valjak, stožac, antena.

## SUMMARY

Globalisation is connecting the world more and more. What connects us is the transfer of information which is connecting everybody. We can thank antennas for that.

In this paper we will be analysing the effect of the shape of the antenna on the parameter  $S_{11}$  which describes the relationship of reflected and absorbed power in the antenna.

Next in the thesis are presented results of measurements taken with network analyser and with that the conclusions made by those measurements.

Keywords: parameter  $S_{11}$ , cilindar, cone, antenna.

## **ŽIVOTOPIS**

Noa Markulić rođen je 17. lipnja 1999. godine u Našicama, a živi u Đakovu. Završio je opću gimanziju A.G. Matoša u Đakovu koju je završio 2018. godine, te iste godine upisuje Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek, smjer Računarstva. Bio je član društva Crvenog križa Đakovo.