

Čas 5: 3D-EM modelovanje dielektričnih struktura.

Definicija domena složenih (dielektrično-metalnih) struktura:

Domen predstavlja skup objekata sačinjenih od istog materijala. Električne osobine ovih materijala karakterišu se sledećim parametrima:

- Kompleksna relativna permitivnost $\underline{\epsilon}_r = \epsilon_{re} + j\epsilon_{im}$.
- Kompleksna relativna permeabilnost $\underline{\mu}_r = \mu_{re} + j\mu_{im}$.
- Električna provodnost σ (izražena u S/m).

Posebno u WIPL-D *software*-u:

- Nulti (0-ti) domen predstavlja skup objekata sačinjenih od savršenog električnog provodnika (PEC-a, $\sigma \rightarrow \infty$).
- Prvi (1-vi) domen predstavlja spoljašnji prostor ispunjen vazduhom (vakuum).
- Granične površi domena definisane su pravo-okrnjenim konusima i bilinearnim površinama.

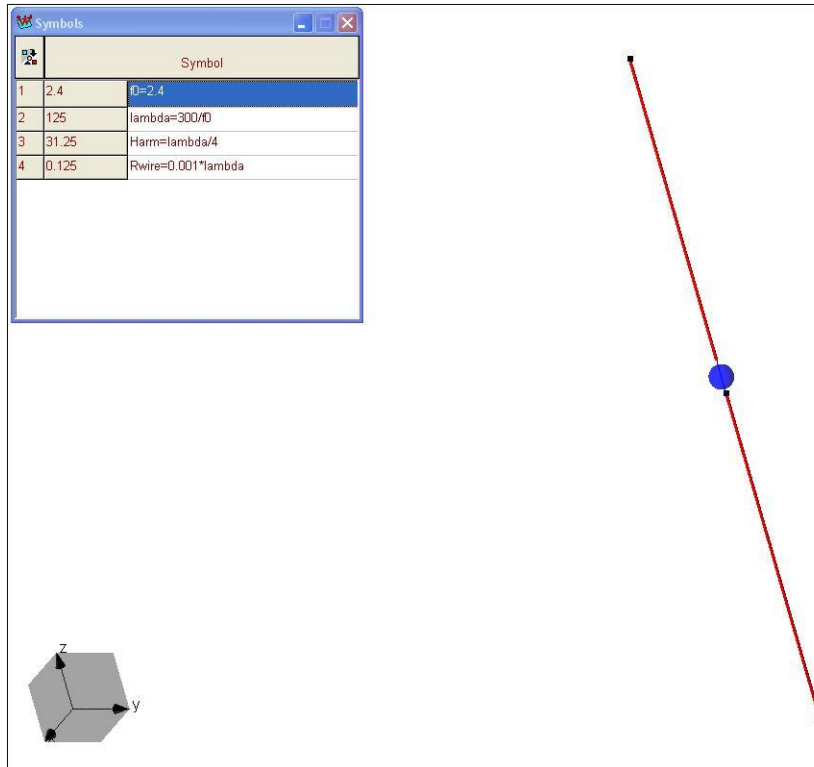
Napomena: Osim u posebnim situacijama, ne preporučuje se menjanje električnih parametara prvog domena.

Žica predstavlja graničnu površ (u obliku pravo-okrnjenog konusa) između proizvoljnog domena (numerisanog sa 1 ili više) i domena 0 (metala). Drugim rečima, žica sadrži domen 0 koji ispunjava njenu unutrašnjost i predstavlja metalnu žicu koja je uronjena u proizvoljni nemetalni domen. **Žica ne može biti postavljena duž dodirne površi dva domena.**

Ploče predstavljaju graničnu površ (u obliku bilinearnih četvorouglova) između dva proizvoljna domena. Predstavimo domensku specifikaciju ploče parom (i, j) , gde su i i j redni brojevi domena:

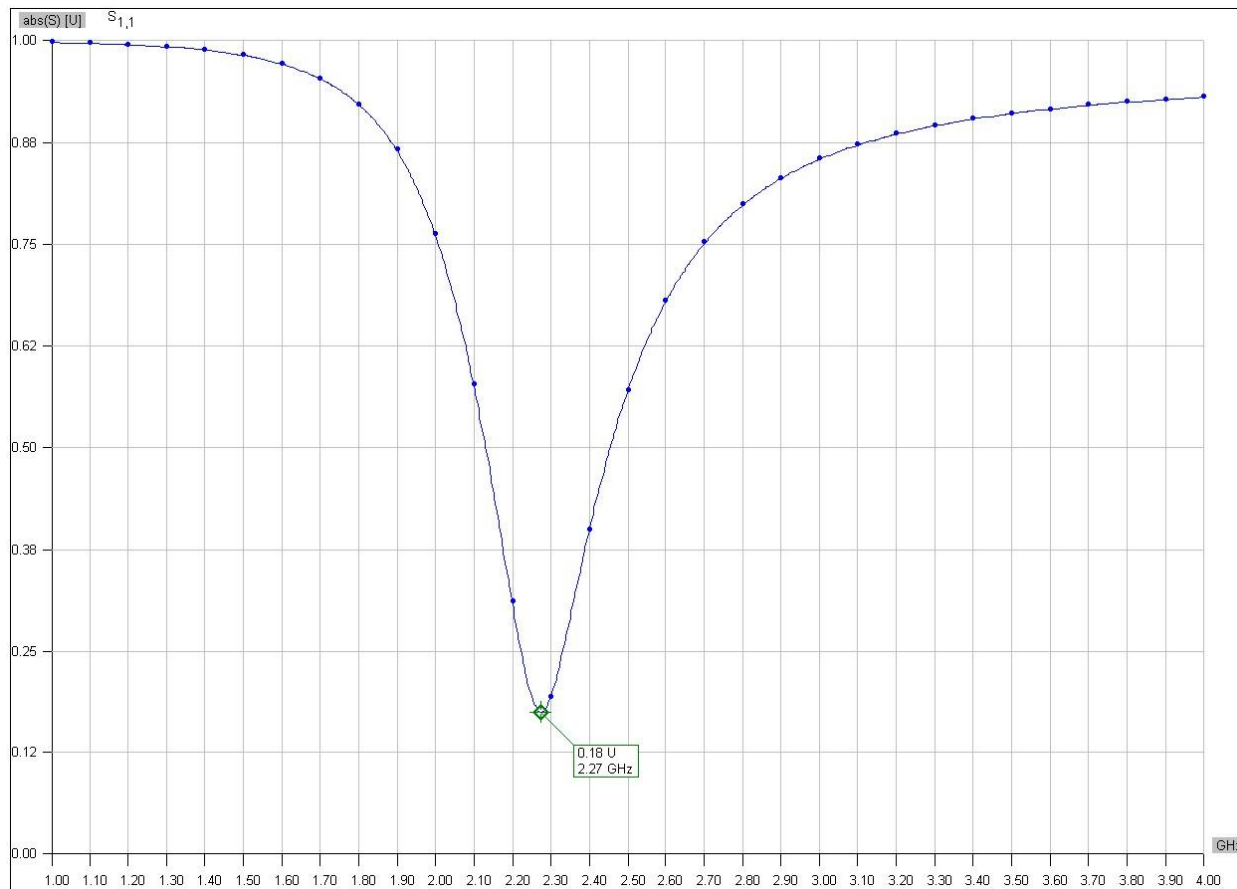
- $(i, 0)$, gde je $i > 0$ – Ploča predstavlja deo granične površi zatvorenog električno savršeno provodnog metalnog tela, ili deo infinitezimalno tanke površi električno savršeno provodnog metalnog otvorenog tela, uronjenog u domen i .
- (i, j) , gde je $i, j > 0$ – Ploča predstavlja deo granične površi između dva dielektrika, tj. između domena i i j .
- $(-i, -j)$, gde je $i, j > 0$ – Ploča predstavlja deo infinitezimalno tanke električno savršeno provodne metalne površi između dva dielektrika, tj. između domena i i j .

P01.(a) Projektovati polutalasni dipol na centralnoj učestanosti $f_0 = 2,4\text{GHz}$. Na centralnoj učestanosti poluprečnik žice je $R_{\text{wire}} = 0,001\lambda_0$, dok je dužina kraka polutalasnog dipola $H_{\text{arm}} = 0,25\lambda_0$, gde λ_0 predstavlja talasnu dužinu u vakuumu. Zatim optimizovati dužinu kraka dipola kako bi antena bila najbolje moguće prilagođena na centralnoj učestanosti f_0 . Rezultat simulacije (parametar s_{11}) prikazati u opsegu učestanosti od 1GHz do 4GHz u 31-oj tački.



Slika 1(a).

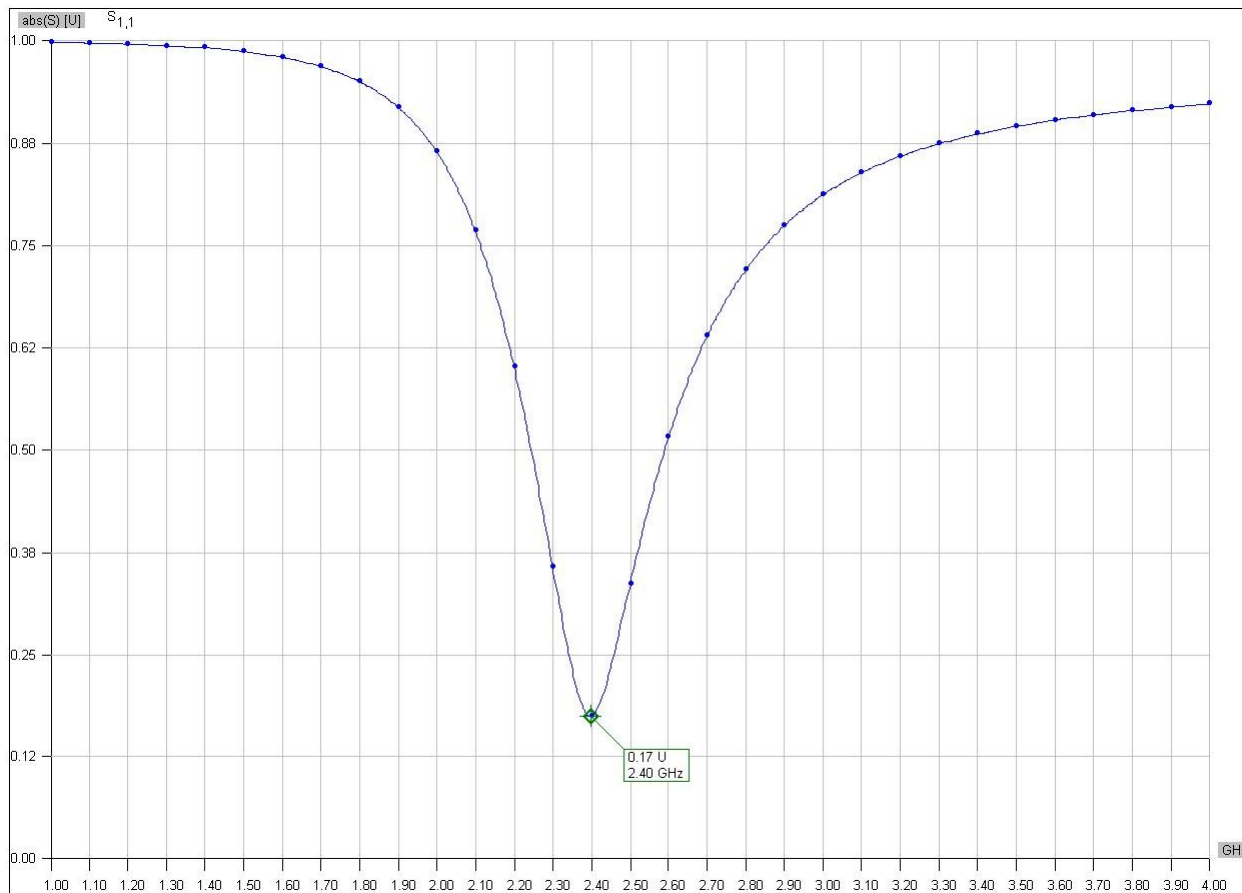
Parametar s_{11} (pre optimizacije dužine kraka) prikazan je na slici 1(b).



Slika 1(b).

Sa slike 1(b) vidi se da je polutalasni dipol najbolje prilagođen na učestanosti 2,27 GHz .

Parametar s_{11} (nakon optimizacije dužine kraka dipola) prikazan je na slici 1(c).

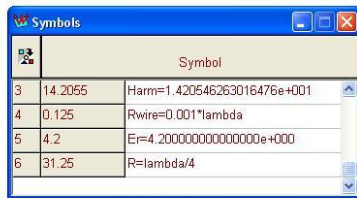


Slika 1(c).

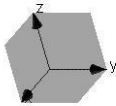
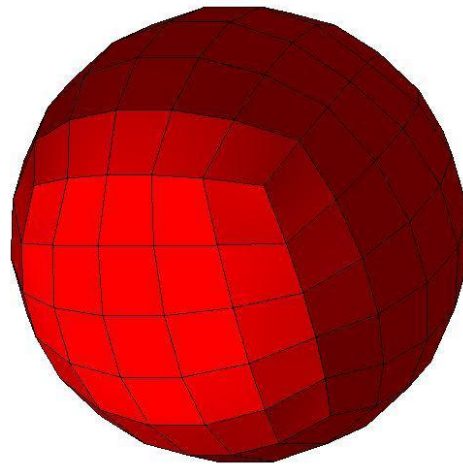
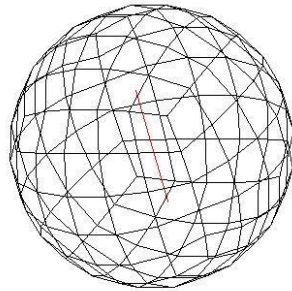
Nakon optimizacije dužina kraka dipola H_{arm} se promenila, sa dužine $H_{\text{arm}} = 0,25\lambda_0 = 31,25 \text{ mm}$, na dužinu $H_{\text{arm}} = 29,63 \text{ mm}$.

(b) Ponoviti prethodni primer sa razlikom što se dipol nalazi u centru sfere poluprečnika $R = \lambda_0 / 4$, koja je sačinjena od dielektrika (bez gubitaka) relativne permitivnosti $\epsilon_r = 4,2$. Geometrijski sfera je modelovana sa 5 segmenata po četvrtini obima. Ponoviti optimizaciju dužine kraka kako bi antena bila najbolje moguće prilagođena na centralnoj učestanosti $f_0 = 2,4\text{GHz}$. Za početnu dužinu kraka uzeti

$$H_{\text{arm}} = \frac{0,25\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}} = 15,25 \text{ mm}, \text{ gde } \lambda_0 \text{ predstavlja talasnu dužinu u vakuumu.}$$

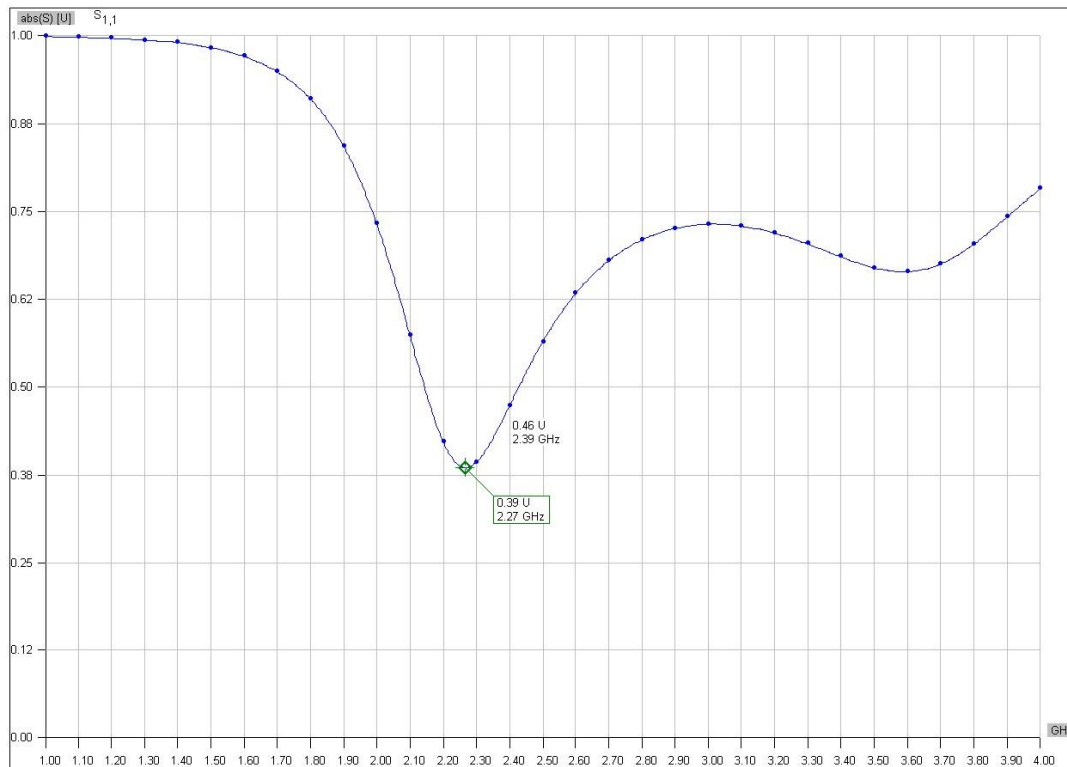


#	Symbol
3	Harm=1.420546263016476e+001
4	Rwire=0.001*lambda
5	Er=4.200000000000000e+000
6	R=lambda/4



Slika 1(d).

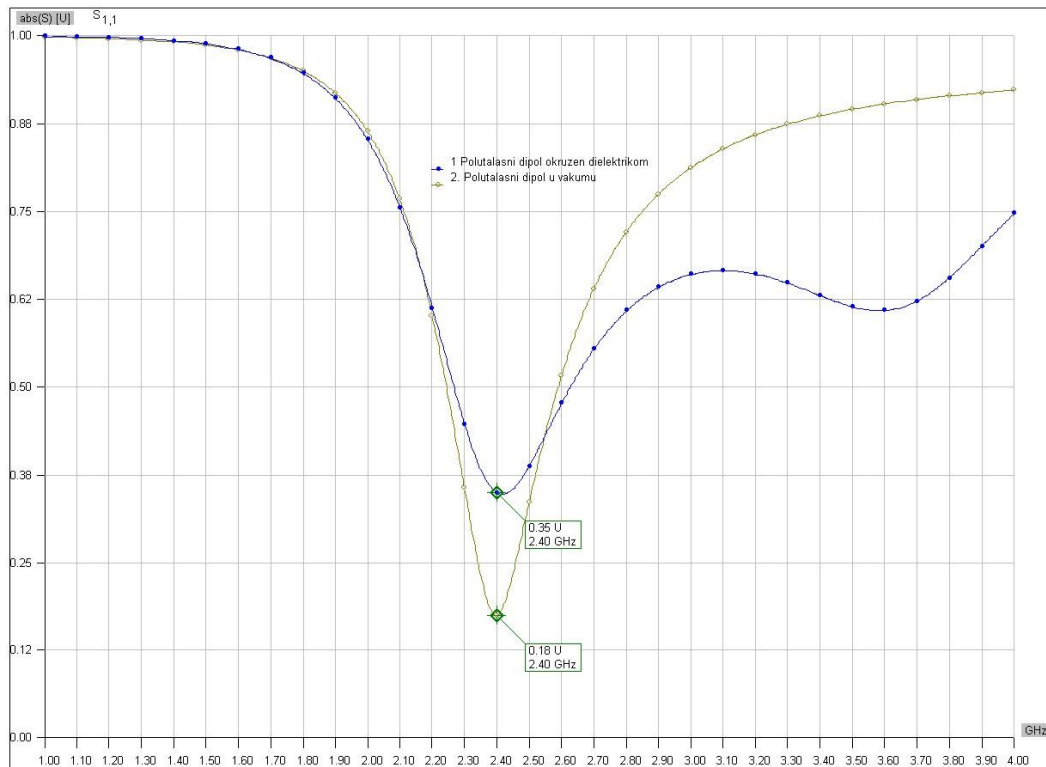
Parametar s_{11} (pre optimizacije dužine kraka) prikazan je na slici 1(e).



Slika 1(e).

Sa slike 1(e) vidi se da je polutalasni dipol u centru dielektrične sfere najbolje prilagođen na učestanosti 2,27GHz .

Nakon optimizacije dužine kraka parametar s_{11} za slučaj sa i bez dielektrične sfere prikazan je na slici 1(f).



Slika 1(f).

Nakon optimizacije dužina kraka dipola H_{arm} se promenila, sa dužine $H_{\text{arm}} = \frac{0,25\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}} = 15,25 \text{ mm}$, na dužinu

$$H_{\text{arm}} = 14,21 \text{ mm}.$$

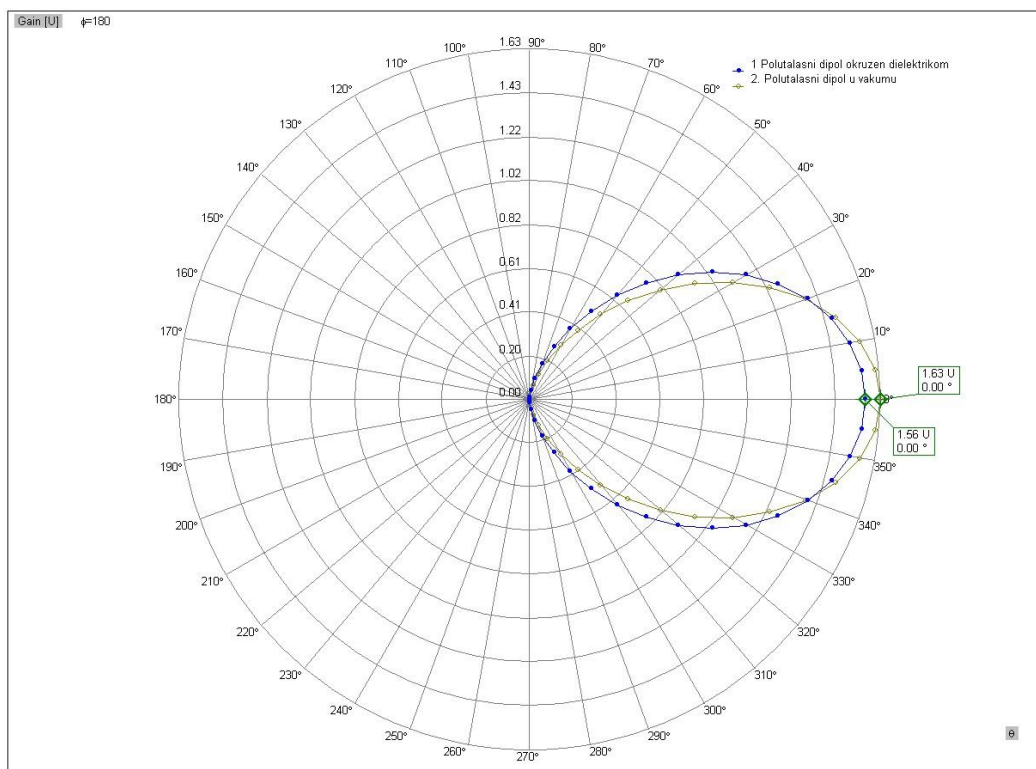
Sa slike 1(f) se vidi da je dipol u vakuumu bolje prilagođen u poređenju sa dipolom u centru dielektrične sfere. Sa druge strane dipol u centru dielektrične sfere ima širokopojasnije prilagođenje u poređenju sa dipolom u vakuumu.

Ono što se ne vidi (direktno) sa ovog grafika, a važno je napomenuti.

Umesno ukupne dužine dipola od $59,26 \text{ mm}$ ($= 2 \cdot 29,63 \text{ mm}$), postavljanjem antene u centar dielektrične sfere ukupnu dužinu antene smanjujemo na $28,42 \text{ mm}$ ($= 2 \cdot 14,21 \text{ mm}$). U eri malih prenosnih uređaja smanjenje ukupne dužine antene je više nego značajno.

Sa grafika za parametar s_{11} dipola u vakuumu (slika 1(f)), jasno se vidi rezonantni karakter dipola. Podešavanjem dužine dipola rezonanciju smo ostvarili na učestanosti $f_0 = 2,4 \text{ GHz}$. Sa druge strane, vidimo da u slučaju dipola u centru dielektrične sfere, imamo dve rezonantne učestanosti. Jedna, optimizacijom dužine kraka dipola podešena na $f_0 = 2,4 \text{ GHz}$, potiče od rezonancije dipola. Druga, na oko $3,6 \text{ GHz}$, potiče od sopstvene rezonancije dielektrične sfere.

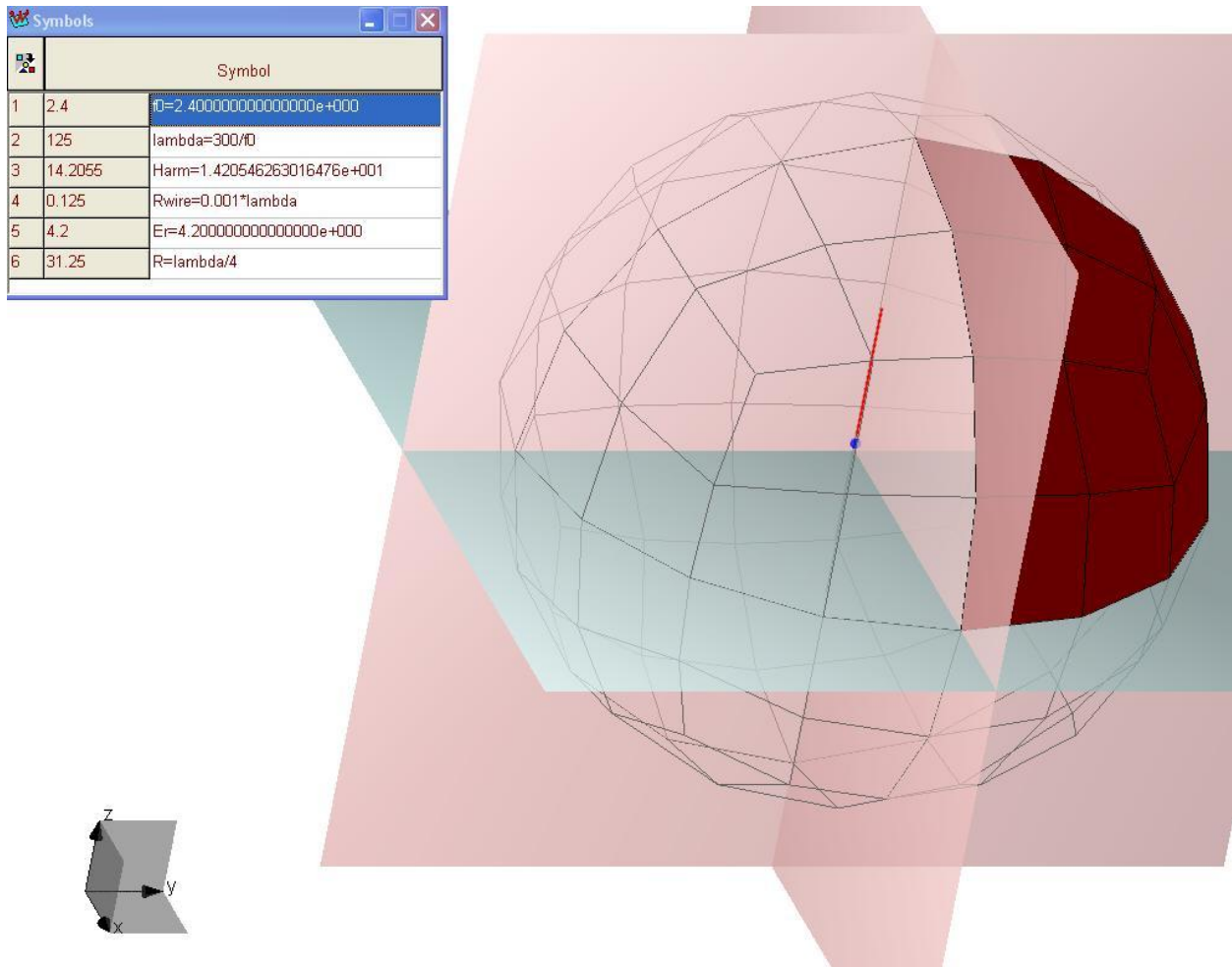
2D dijagram zračenja antena za slučaj polutalasnog dipola u vakuumu i polutalasnog dipola u centru dielektrične sfere prikazan je na slici 1(g).



Slika 1(g).

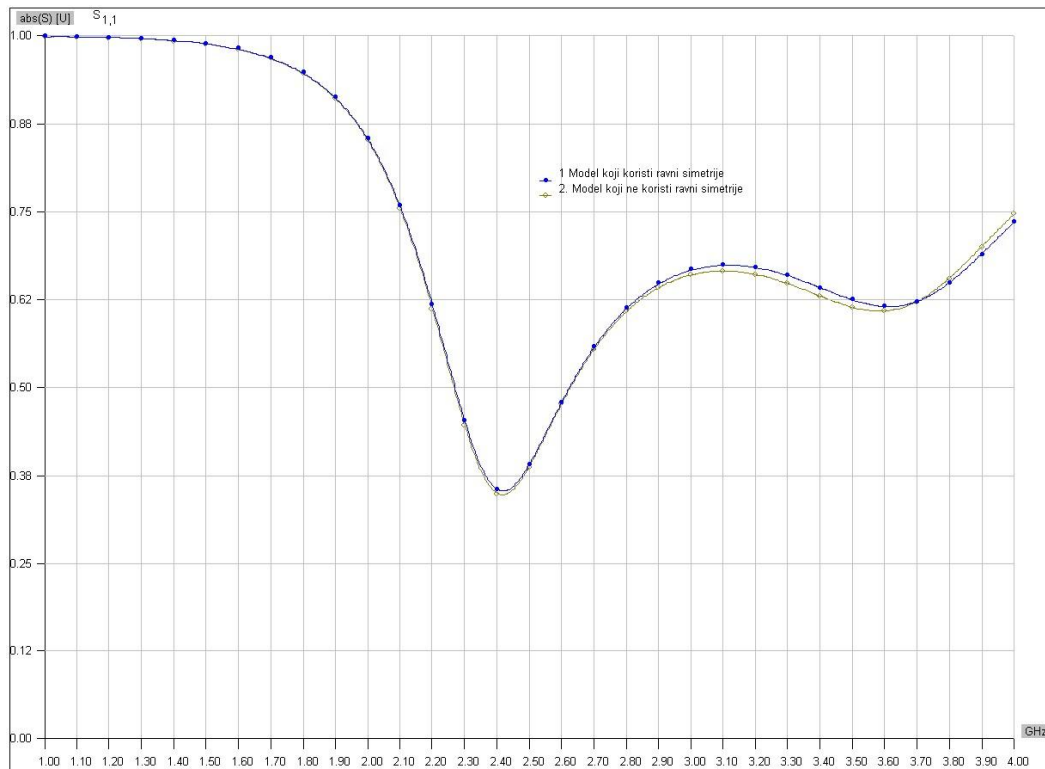
Sa slike 1(g) vidimo da dipol u vakuumu ima neznatno veću usmerenost u poređenju sa dipolom u centru dielektrične sfere.

(c) Za slučaj dipola u centru dielektrične sfere jasno se vide tri ravni (geometrijske) simetrije (preciznije dve ravnj simetrije i jedna ravan antisimetrije). Korišćenjem ravnj simetrije/antisimetrije, problem postaje električno manji. Samim tim ima i manje nepoznatih za proračun i izvršavanje simulacije se ubrzava. Ponoviti primer dipola u centru dielektrične sfere korišćenjem ravnj simetrije/antisimetrije. Ponoviti i optimizaciju. Dati uporedni prikaz parametra s_{11} dipola u centru dielektrične sfere nakon optimizacije, za slučaj korišćenja simetrije/antisimetrije i za slučaj bez ravnj simetrije/antisimetrije.



Slika 1(h).

Na slici 1(i) dat je uporedni prikaz parametra s_{11} , za slučaj modela dipola u centru dielektrične sfere koji ne koristi ravni simetrije/antisimetrije i za slučaj modela dipola u centru dielektrične sfere koji koristi ravni simetrije/antisimetrije.



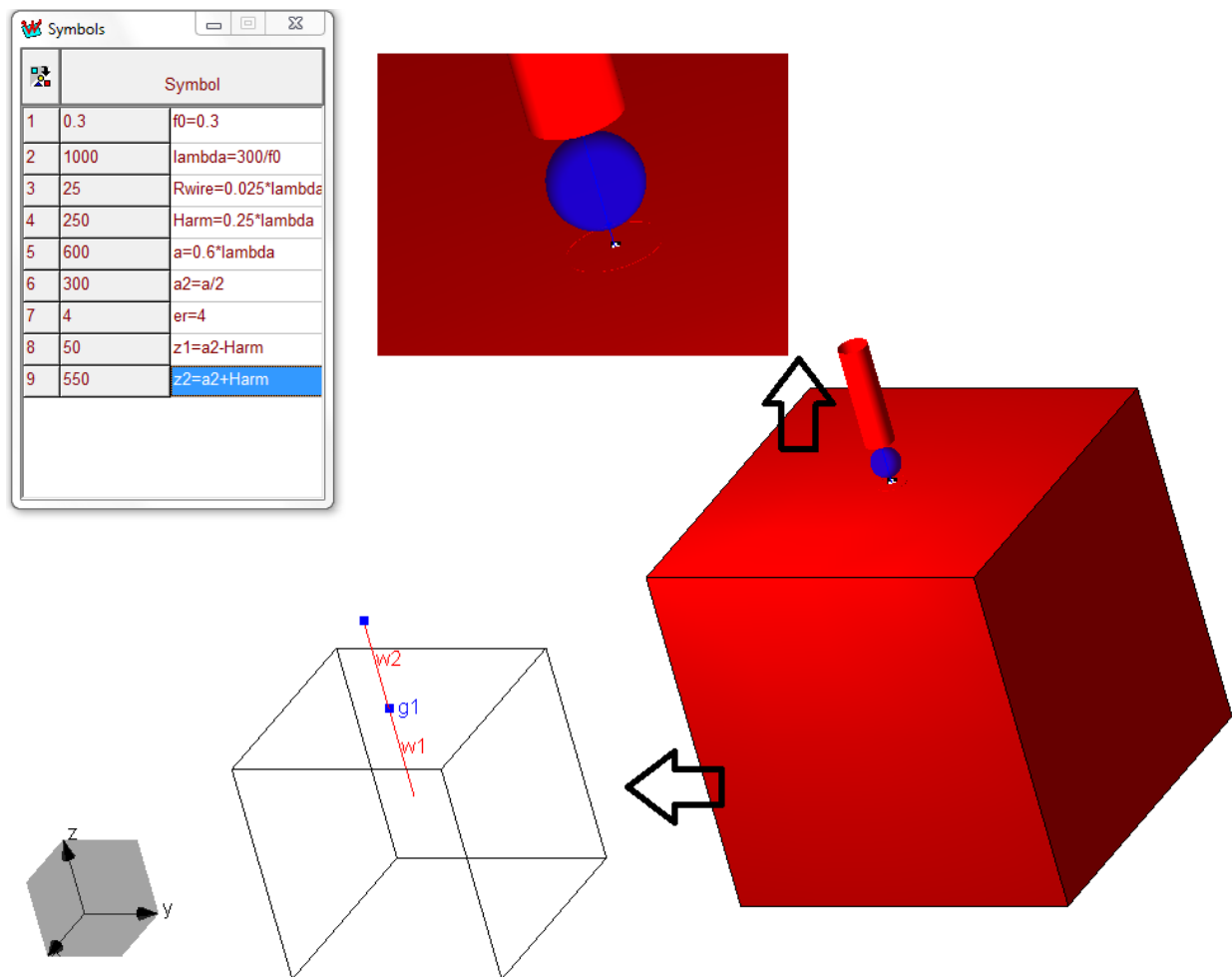
Slika 1(i).

Sa slike 1(i) vidimo da se rešenja dosta dobro poklapaju. Mala neslaganja mogu nastati i zbog činjenice da je sfera u modelu pod (b) geometrijski modelovana sa 5 segmenata po četvrtini obima, dok je u modelu pod (c) sfera geometrijski modelovana sa 4 segmenta po četvrtini obima. **Kako bi se koristile ravni simetrije/antisimetrije sfera mora biti geometrijski aproksimirana parnim brojem segmenata po četvrtini obima.**

Primititi skraćanje vremena izvršavanja simulacije u slučaju pod (c).

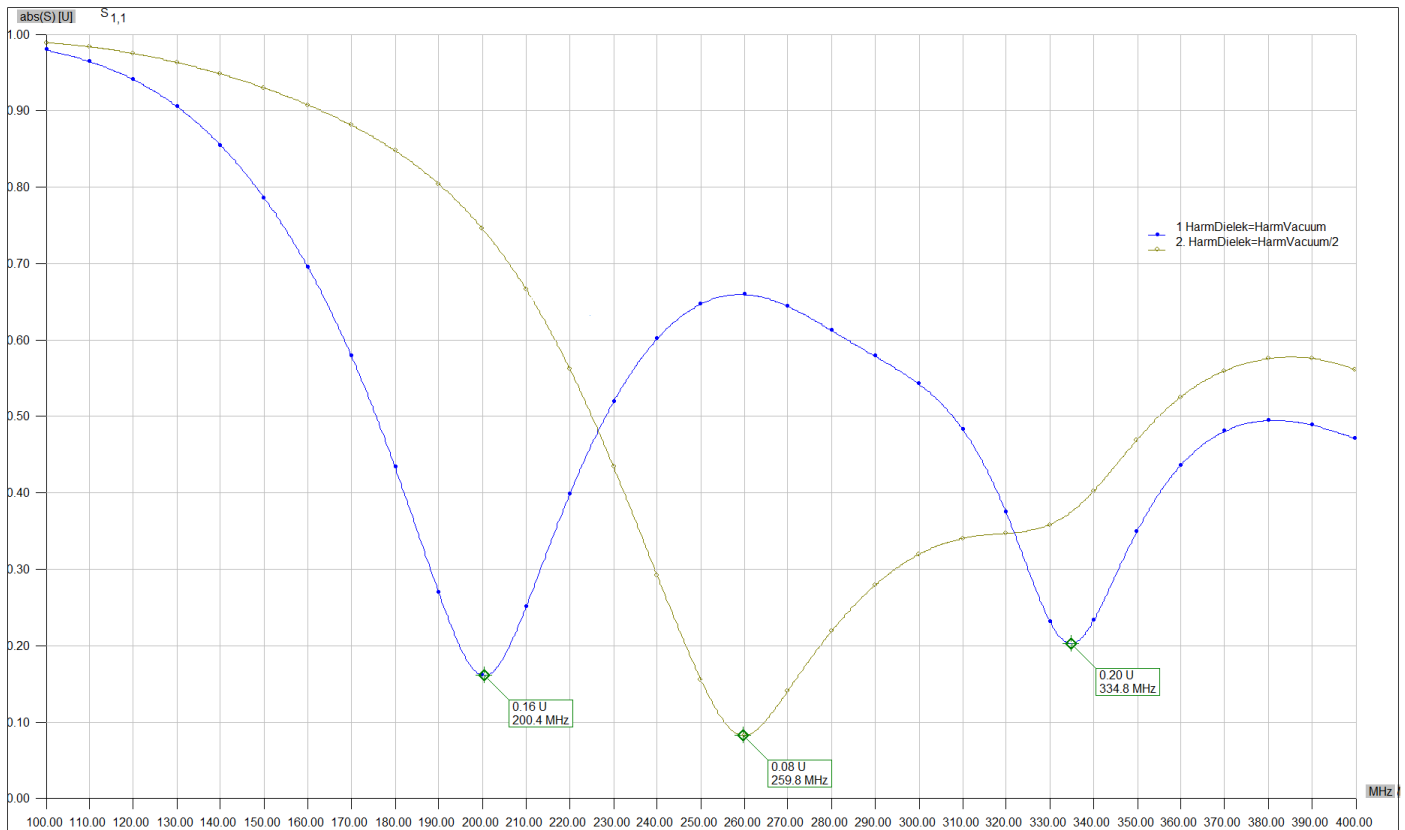
P02. Potrebno je modelovati dipol antenu na centralnoj učestanosti $f_0 = 0,3\text{GHz}$ koja je pod pravim uglom jednom svojom polovinom (jedan krak) uronjena u dielektričnu kocku kroz centar gornje stranice. Na centralnoj učestanosti poluprečnik žice je $R_{\text{wire}} = 0,025\lambda_0$, dok je dužina kraka dipola $H_{\text{arm}} = 0,25\lambda_0$, gde λ_0 predstavlja talasnu dužinu u vakuumu. Dužina ivice dielektrične kocke je $a = 0,6\lambda_0$. Kocka je sačinjena od dielektričnog materijala bez gubitaka, relativne permitivnosti $\epsilon_r = 4$. Rezultat simulacije (parametar s_{11}) prikazati u opsegu učestanosti od $0,1\text{GHz}$ do $0,4\text{GHz}$ u 31-oj tački.

NAPOMENA: Jedna žica može pripadati samo jednom domenu (može biti uronjena samo u jedan domen)! Kada pripadaju različitim domenima dve žice sa zajedničkim čvorom **NISU** automatski električno spojene. Kako bi ih električno povezali, zajednički čvor se mora koristiti za specifikaciju *Juncion*-a.



Slika 2(a).

Na slici 2(b) prikazan je parametar s_{11} u zatom opsegu učestanosti.



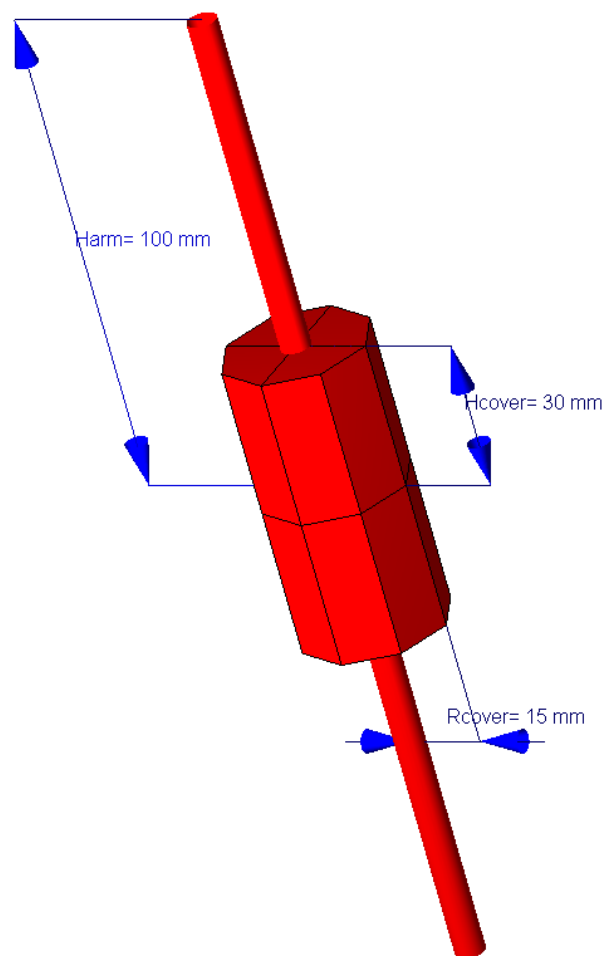
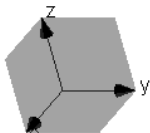
Slika 2(b).

Sa slike 2(b) jasno se vide dve rezonantne učestanosti dipola. Posto se kraci dipola nalaze u sredinama sa različitom dielektričnom konstantom razlikovaće se i talasne dužine duž krakova dipola. Prva rezonantna učestanost na oko 0,2GHz predstavlja rezonantnu učestanost donjeg kraka dipola (koji se nalazi u dielektriku). Druga rezonantna učestanost na oko 0,335GHz predstavlja rezonantnu učestanost gornjeg kraka dipola (koji se nalazi u vakuumu).

Poređenja radi, na slici 2(b) prikazani su i rezultati kada se dužina kraka dipola koji je u dielektriku smanji na polovinu.

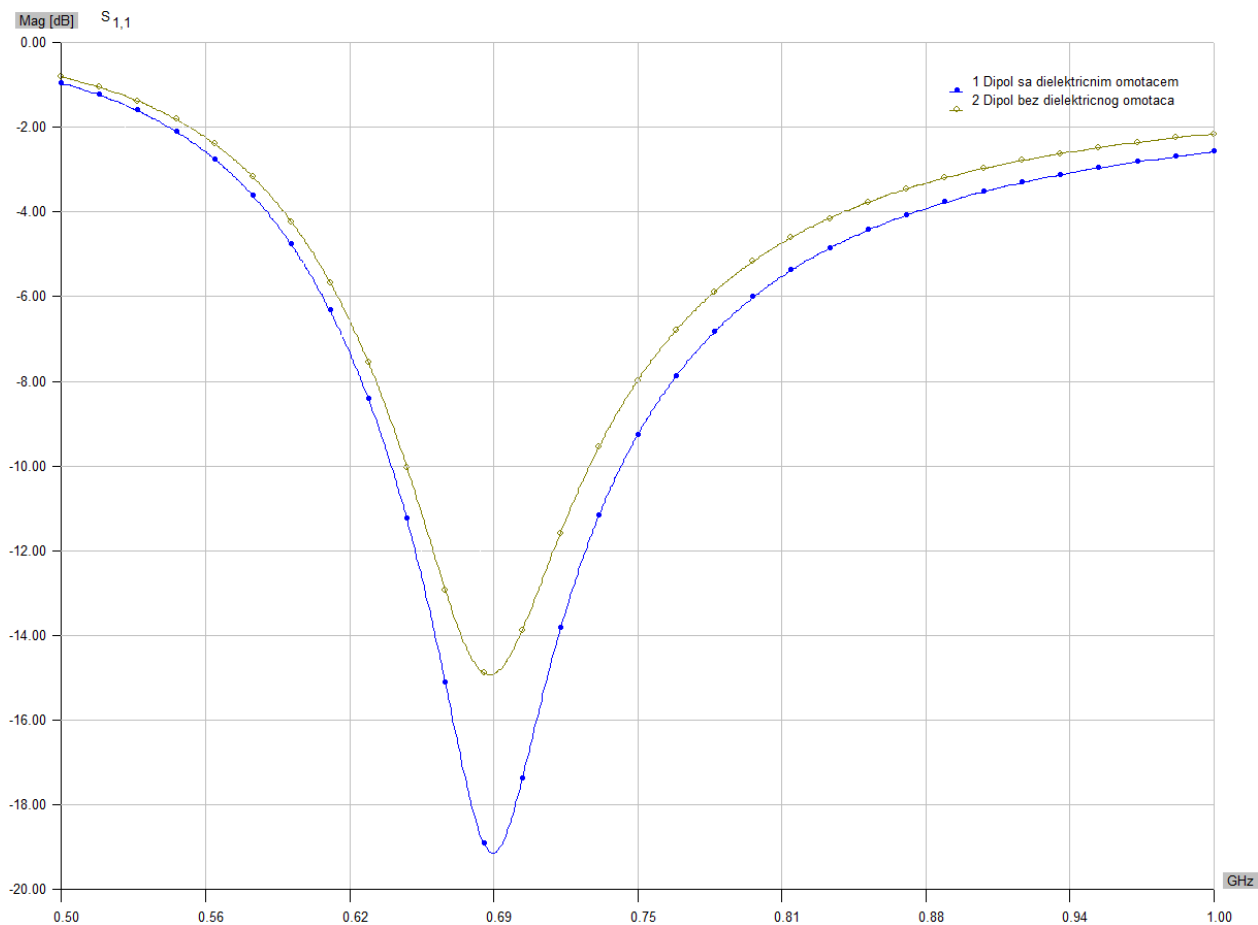
P03. Potrebno je projektovati dipol antenu jednim delom pokrivenu dielektričnim omotačem. Pravilnim izborom dimenzija dielektričnog omotača, koeficijent refleksije se može smanjiti i antena učiniti širokopojasnijom u odnosu na standardni dipol. Dužina kraka dipol antene je $H_{\text{arm}} = 100 \text{ mm}$, dok je poluprečnik žice od koje je načinjen dipol $R_{\text{wire}} = 3 \text{ mm}$. Dielektrični omotač predstavlja valjak čija je polovina visine $H_{\text{cover}} = 30 \text{ mm}$, a poluprečnik je $R_{\text{cover}} = 15 \text{ mm}$. U poprečnom preseku, valjak je geometrijski aproksimiran pravilnim osmouglom. Materijal od koga je načinjen dielektrični omotač je bez gubitaka, relativne permitivnosti $\epsilon_r = 2$. Izgled modela prikazan je na slici 3(a). Rezultat simulacije, parametar $s_{11}[\text{dB}]$, prikazati u opsegu učestanosti od 0,5 GHz do 1 GHz u 31-oj tački. Rezultate uporediti sa rezultatima simulacije dipola bez dielektričnog omotača dužine kraka H_{arm} i poluprečnika žice R_{wire} .

Symbols		
		Symbol
1	100	Harm=100
2	3	Rwire=3
3	30	Hcover=30
4	15	Rcover=15
5	10.6066	c=Rcover/(2^0.5)
6	2	er=2



Slika 3(a).

Na slici 3(b) dat je uporedni prikaz parametra s_{11} [dB] za slučaj dipola sa i bez dielektričnog omotača.



Slika 3(b).

Dipol sa dielektričnim omotačem bolje je prilagođen, i to u širem opsegu učestanosti, u odnosu na dipol bez dielektričnog omotača.

Napomena: Konstruisati omotač dielektričnog valjka i pomoću BOR objekta.