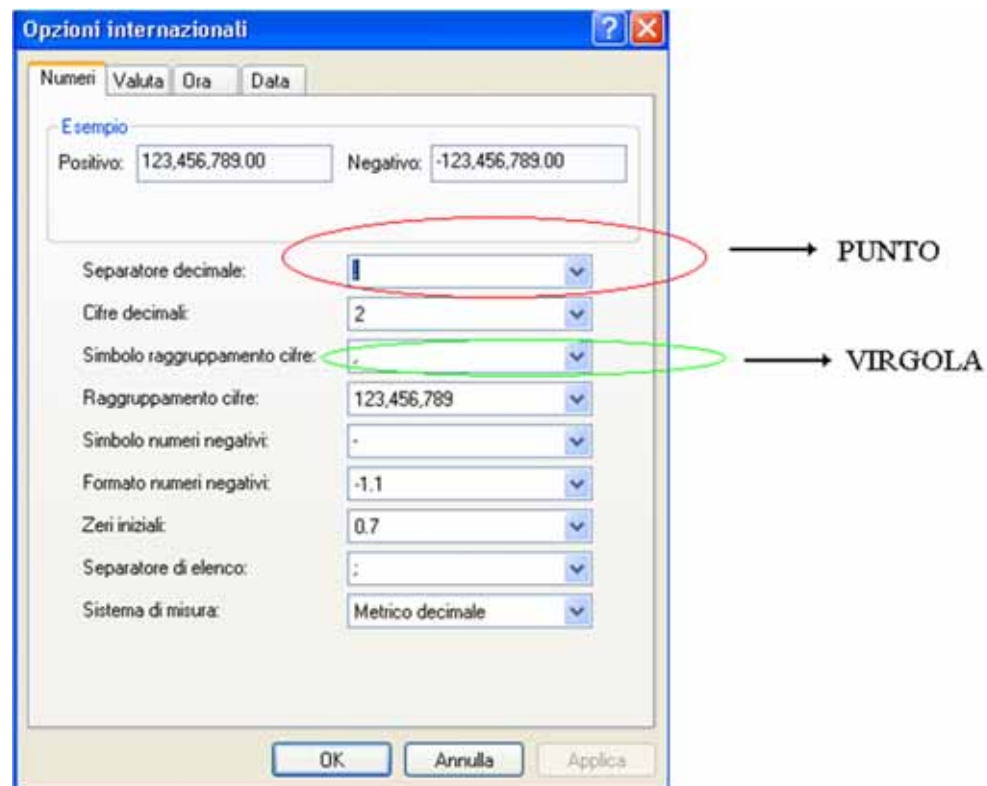


1° Esercitazione

Antenne Filiformi

- ◉ NEC ha un interfaccia molto semplice da usare: è sufficiente fornire le coordinate (x,y,z) dei due punti estremi dell'antenna per poterla visualizzare sia in 2D che in 3D.
- ◉ Una volta che sono stati forniti tutti i parametri che caratterizzano l'antenna effettuare l'analisi è molto semplice

- ◉ Nella prima installazione del programma bisogna ricordarsi di andare su:
pannello di controllo → opzioni internazionali → personalizza e settare in questo modo:



- ◉ Iniziamo subito con le specifiche di una Singola antenna a $\lambda/2$ da portare in risonanza

Dati:

$f=300 \text{ MHz}$

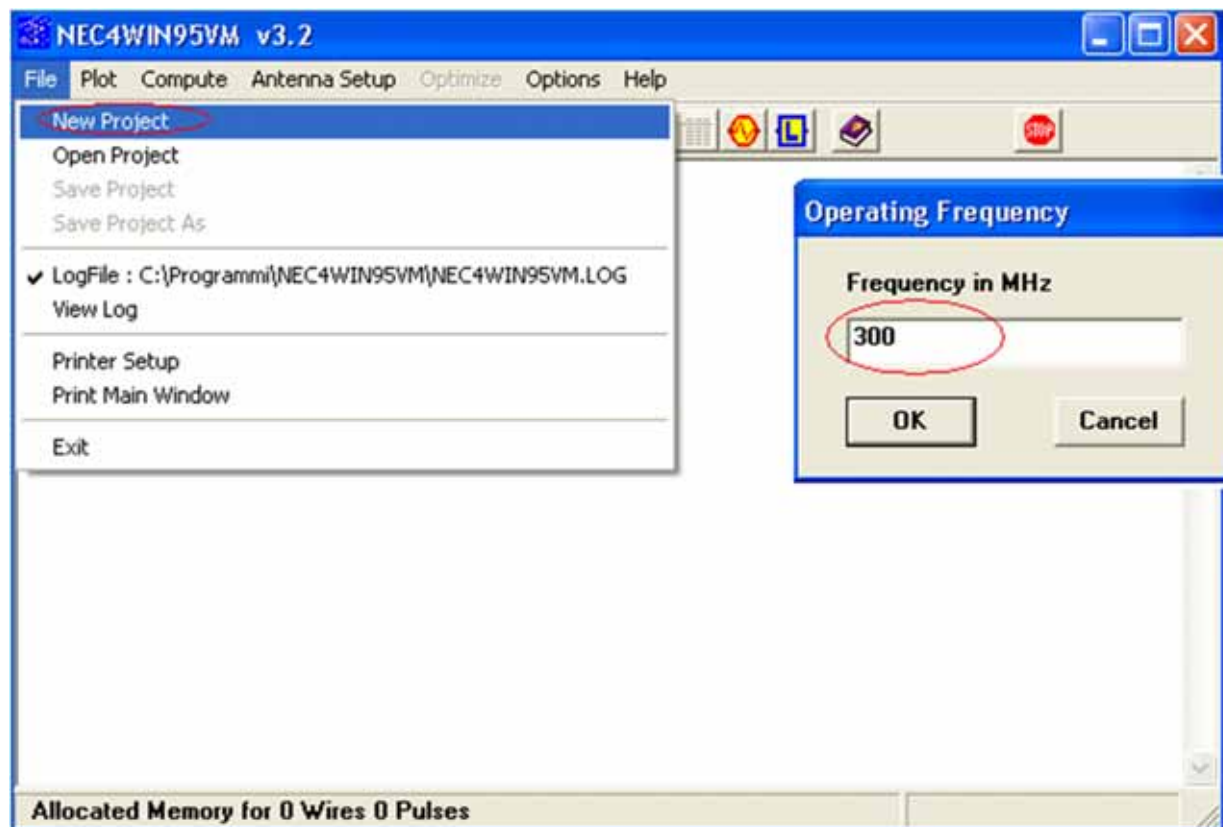
$\lambda=1\text{m}$

$2l=50 \text{ cm}$

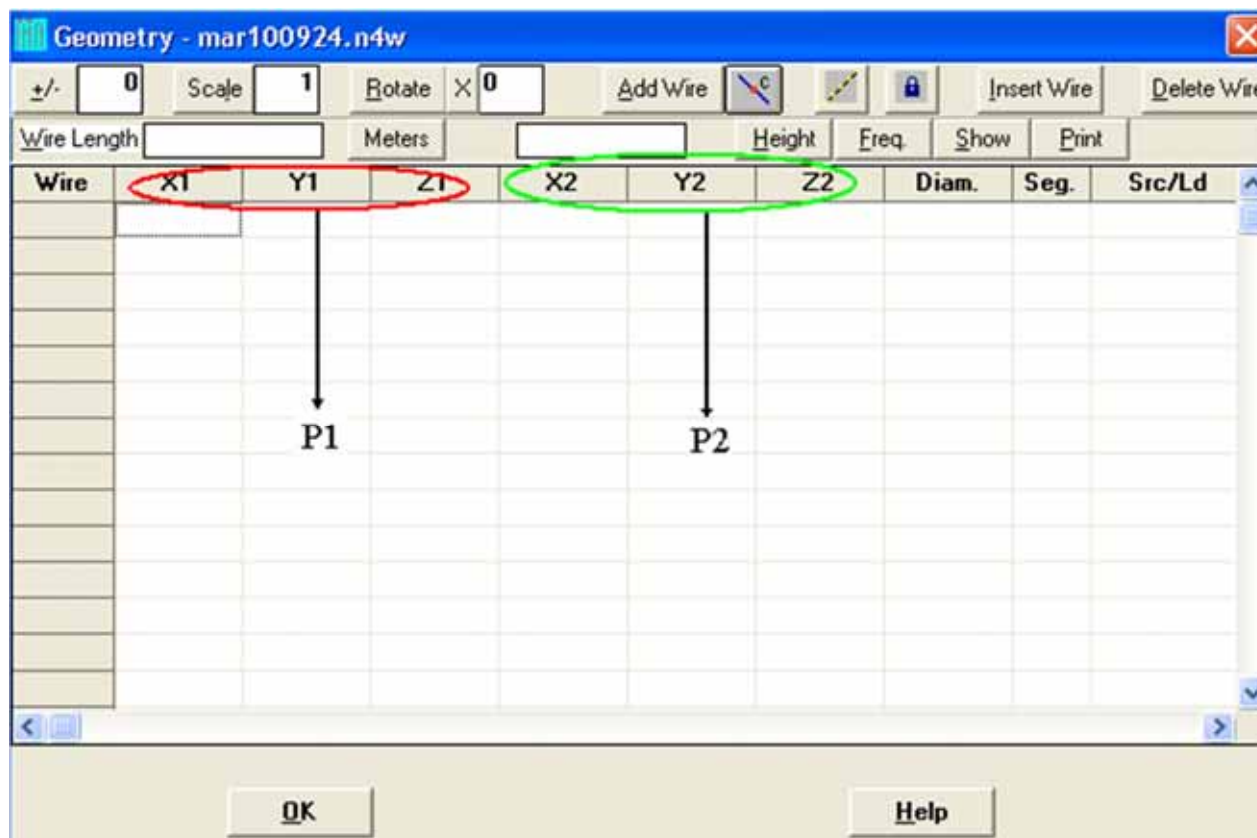
Snellezza:diametro=1mm

in spazio libero

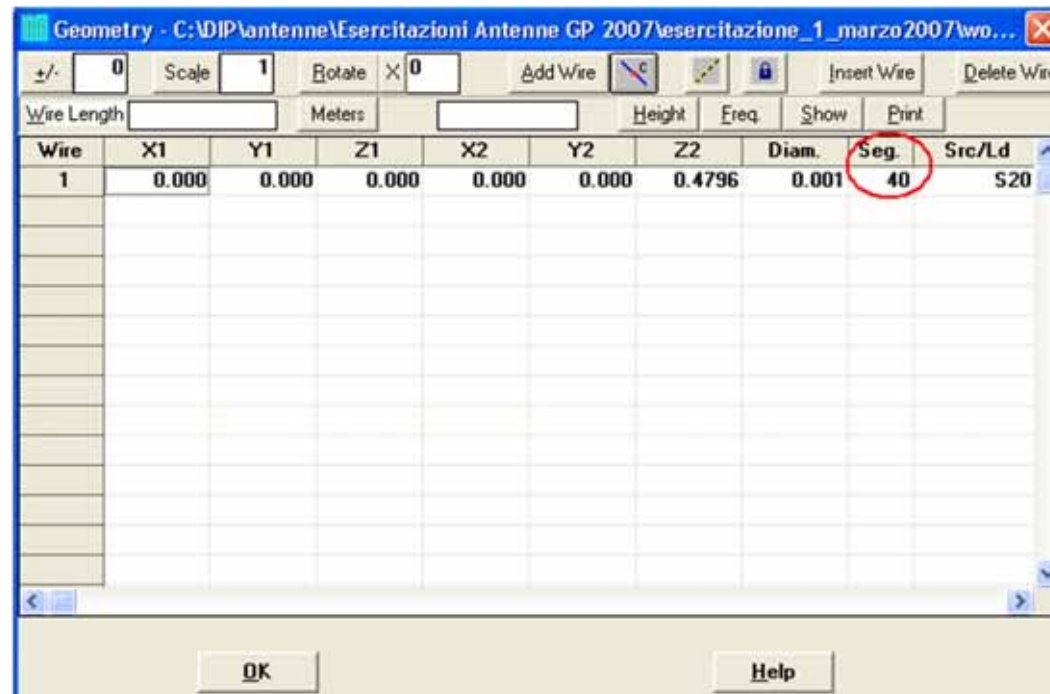
- Clicchiamo su file → New Project
- Comparirà "Operating Frequency"
- Inseriamo 300 Mhz e clicchiamo su ok



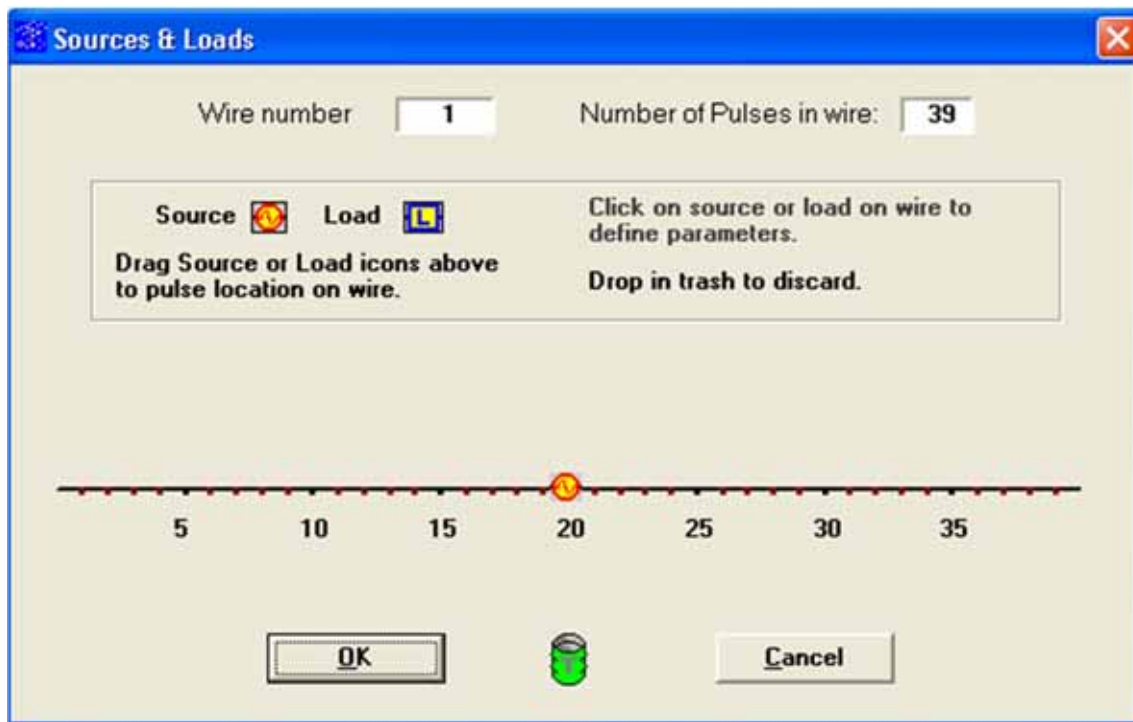
- Comparirà un schermata di questo tipo, dove P1 e P2 sono i punti che identificano gli estremi dell'antenna



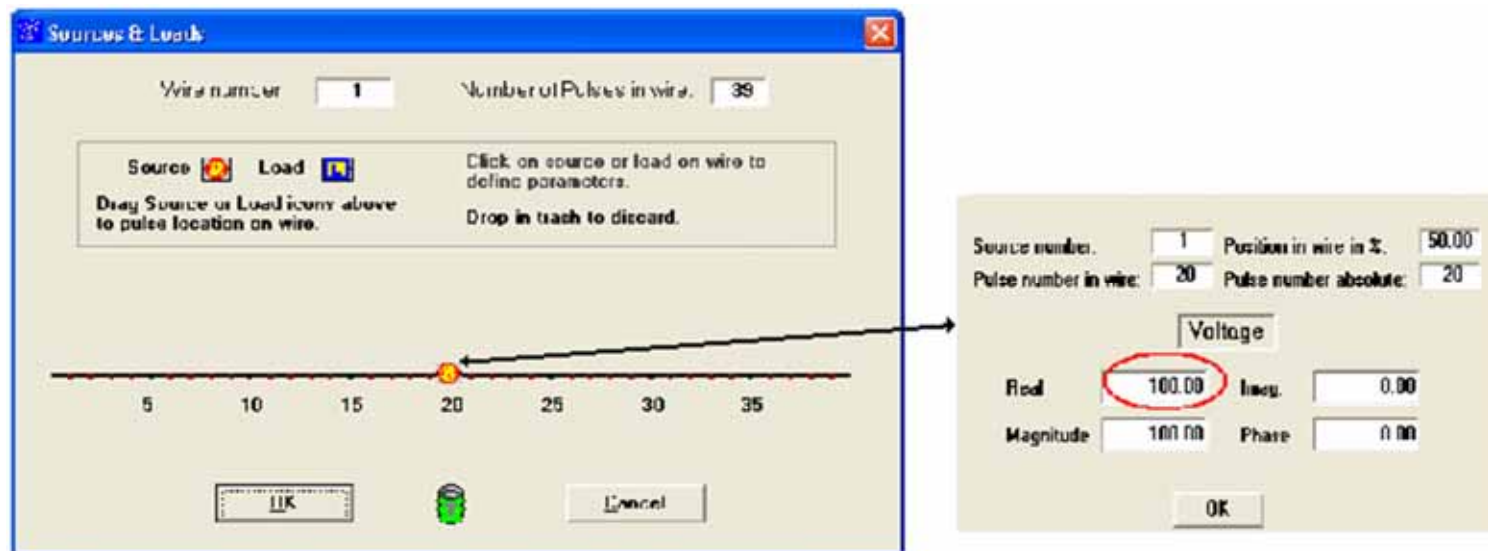
- ◉ Ora inseriamo i parametri di progetto:
- ◉ La scelta del numero di segmenti va fatta in modo tale che la dimensione del singolo segmento sia piccola rispetto alla lunghezza d'onda.
- ◉ In genere si sceglie dell'ordine di $\lambda/20$ -> quindi in questo caso lo poniamo uguale a 40.
- ◉ altezza da terra = 0



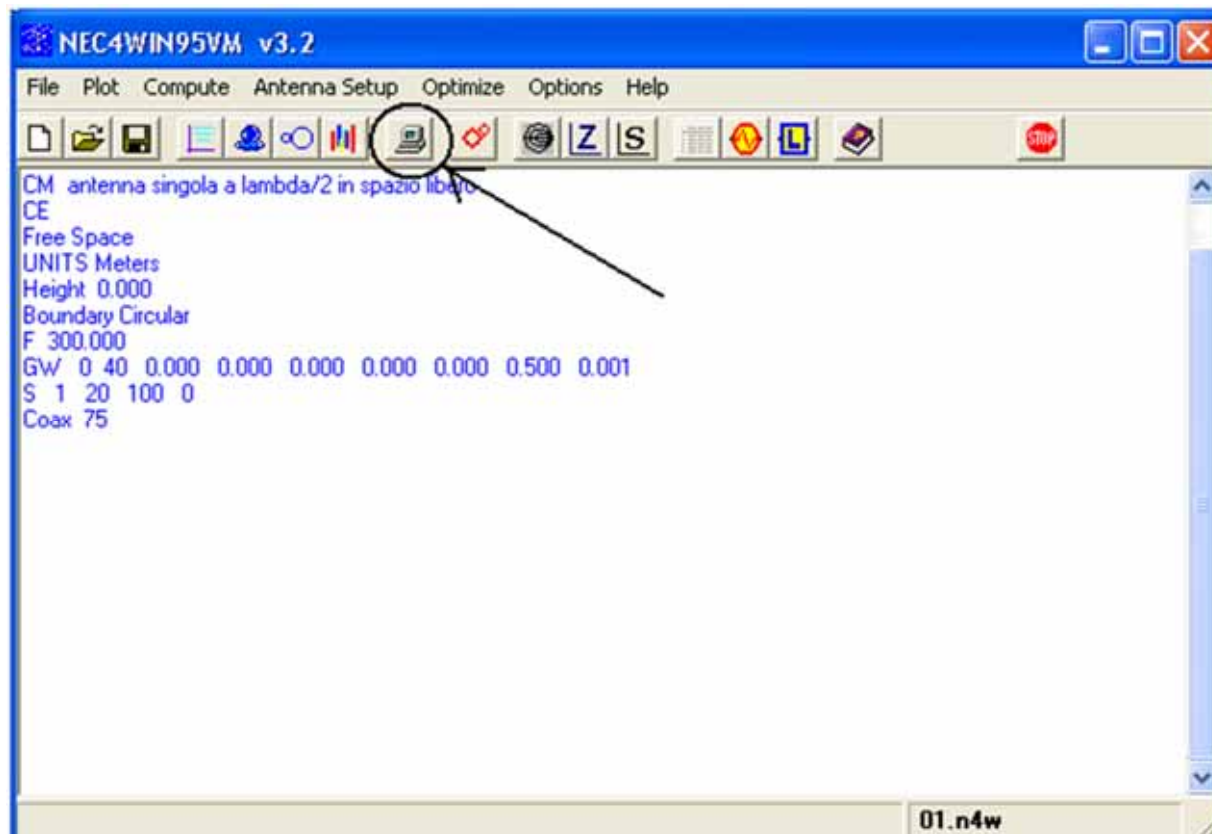
- ◉ Ora inseriamo l'alimentazione cliccando su Src/Ld:
- ◉ Cliccando su source posizioniamo la sorgente al centro dell'antenna in corrispondenza del segmento 20.



- Clicchiamo su source e sulla nuova maschera andiamo a settare il valore dell'alimentazione:



- ◉ Ora per effettuare una prima analisi clicchiamo su:



Prima della risonanza abbiamo:

Antenna in Free Space

Frequency : 300.000 MHz

Wave Length : 0.999 m (3.279 ft)

IMPEDANCE = 82.71 + j 43.77 Ohms at Source 1

SWR = 1.75

Voltage = 100.00 + j 0.00 at Pulse 20

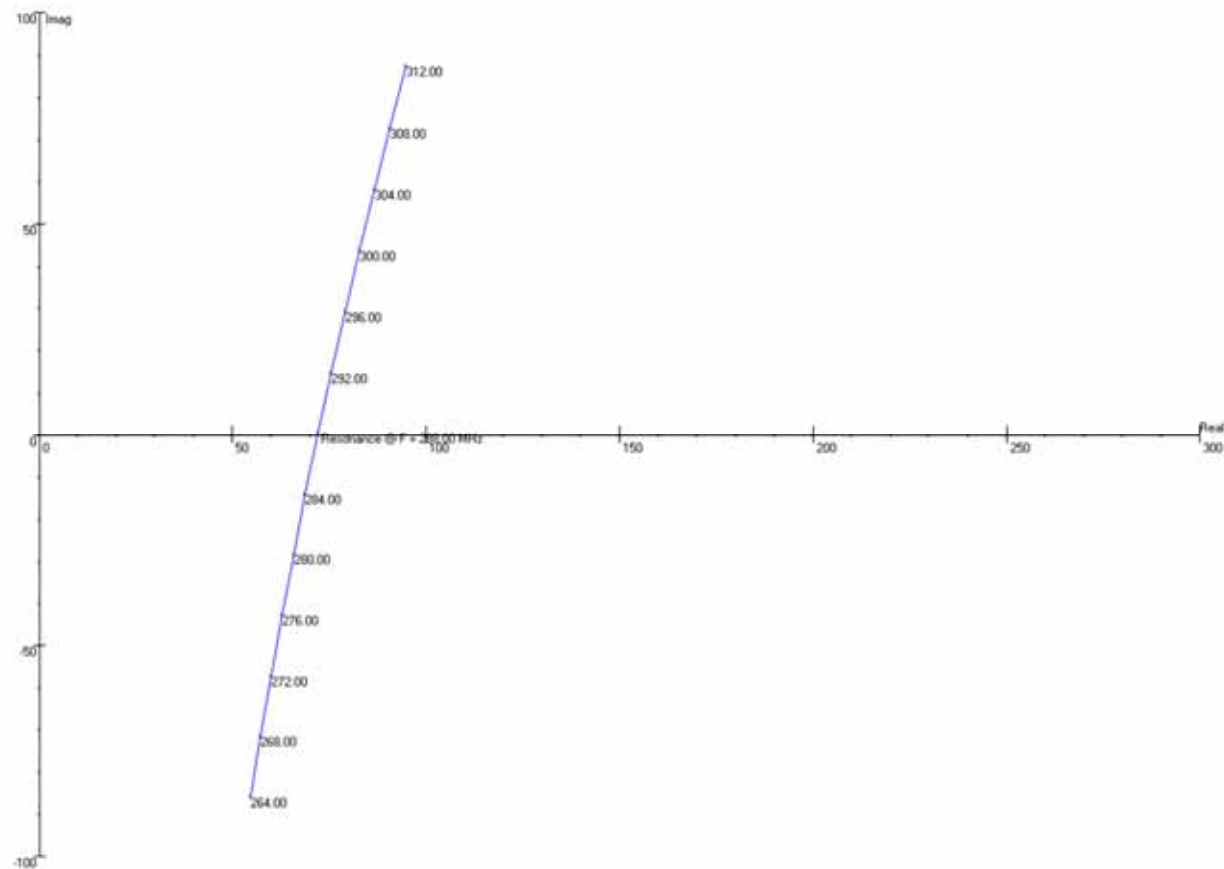
Current = 0.94 - j 0.50 Amps

Power = 47.23 WATTS

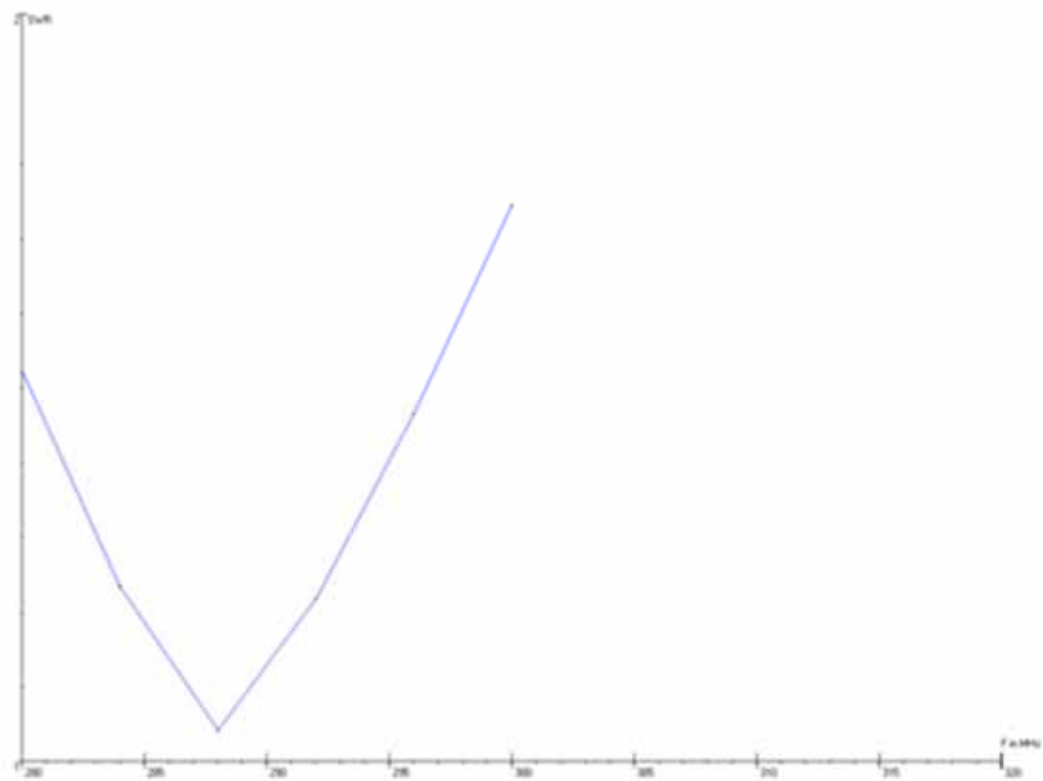
$$ROS = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \quad 0 < |\Gamma| \leq 1 \rightarrow 1 < ROS \leq \infty$$

Andamento in frequenza dell'impedenza fuori risonanza

ma150704.nls



Andamento del ROS fuori risonanza



Per portare l'antenna in risonanza modifichiamo la lunghezza.
Dopo diverse prove si ottiene la risonanza per $2l=0.4796 \text{ m} = 47.96 \text{ cm}$

Antenna in Free Space

Frequency : 300.000 MHz

Wave Length : 0.999 m (3.279 ft)

IMPEDANCE = $71.93 + j 1.25$ Ohms at Source 1

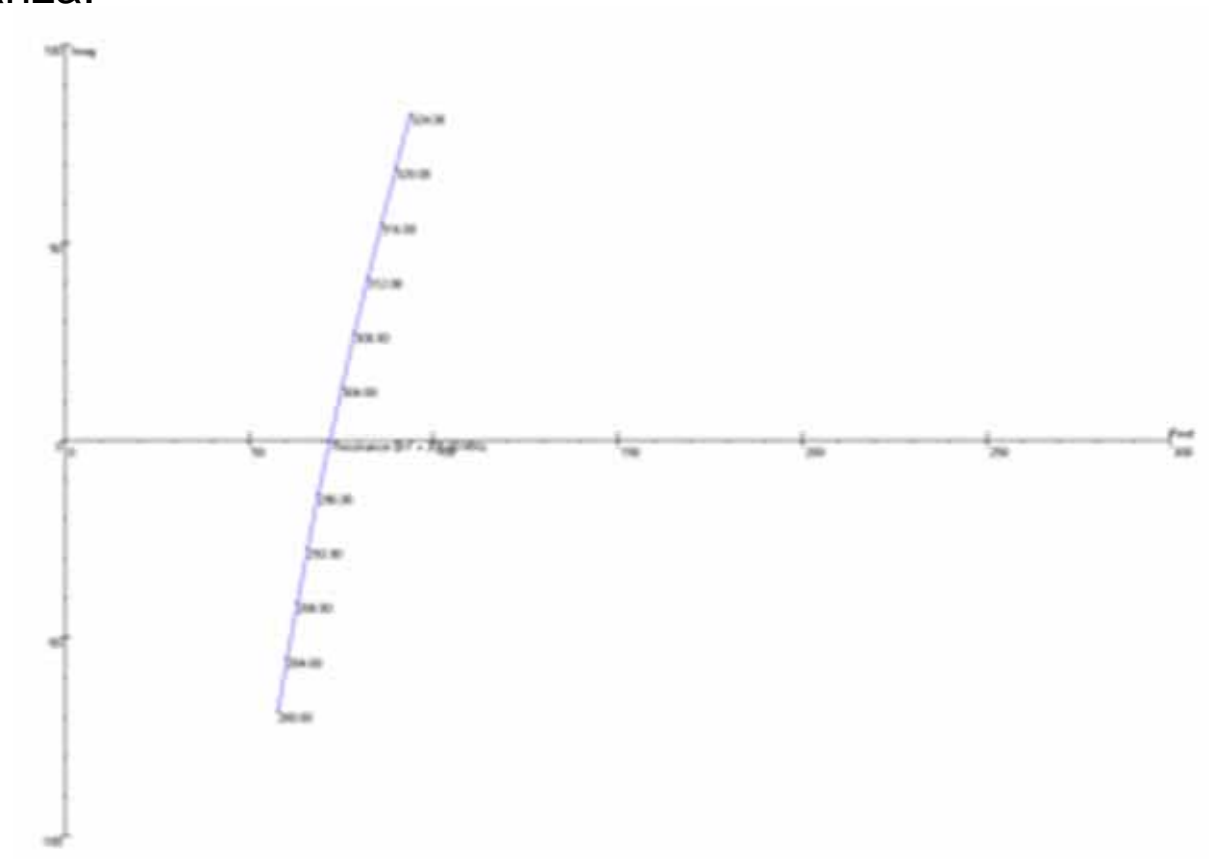
SWR = 1.05

Voltage = $100.00 + j 0.00$ at Pulse 10

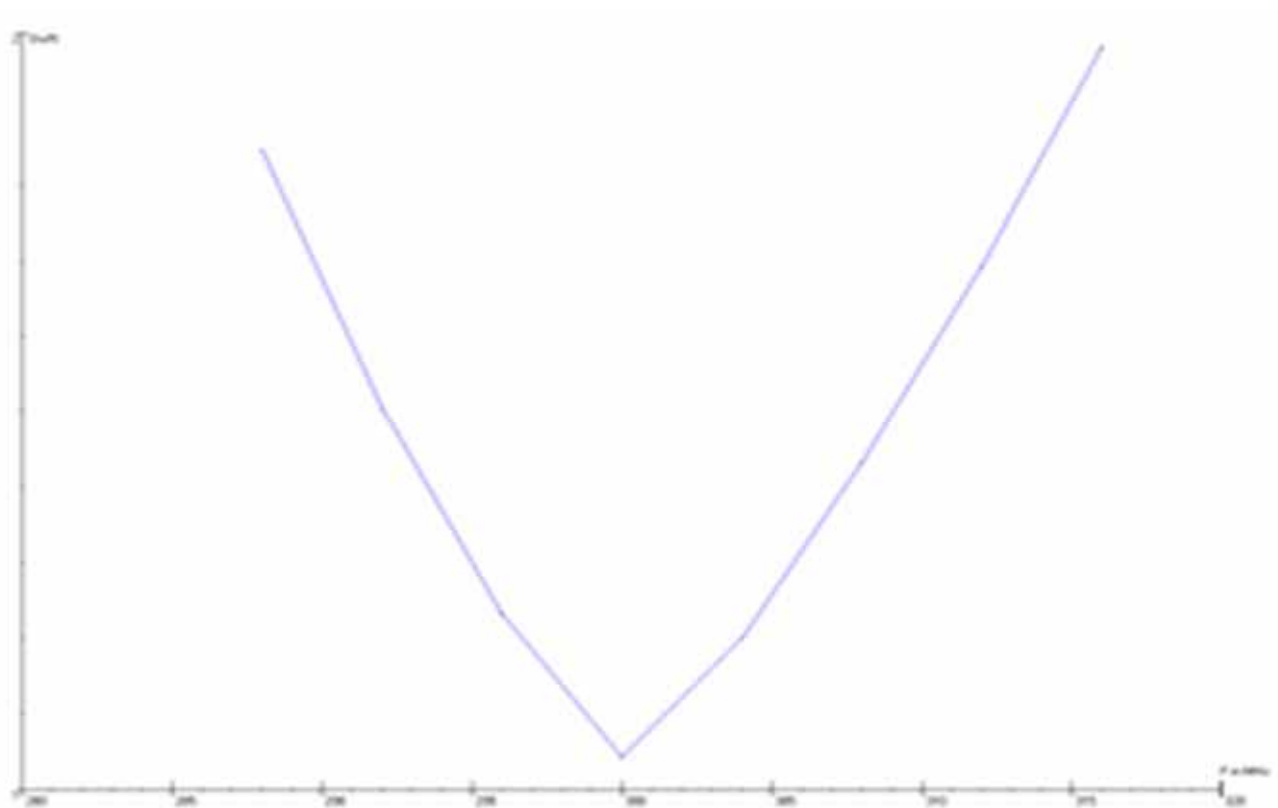
Current = $1.39 - j 0.02$ Amps

Power = 69.49 WATTS

Andamento dell' impedenza di ingresso dell'antenna alla frequenza risonanza:

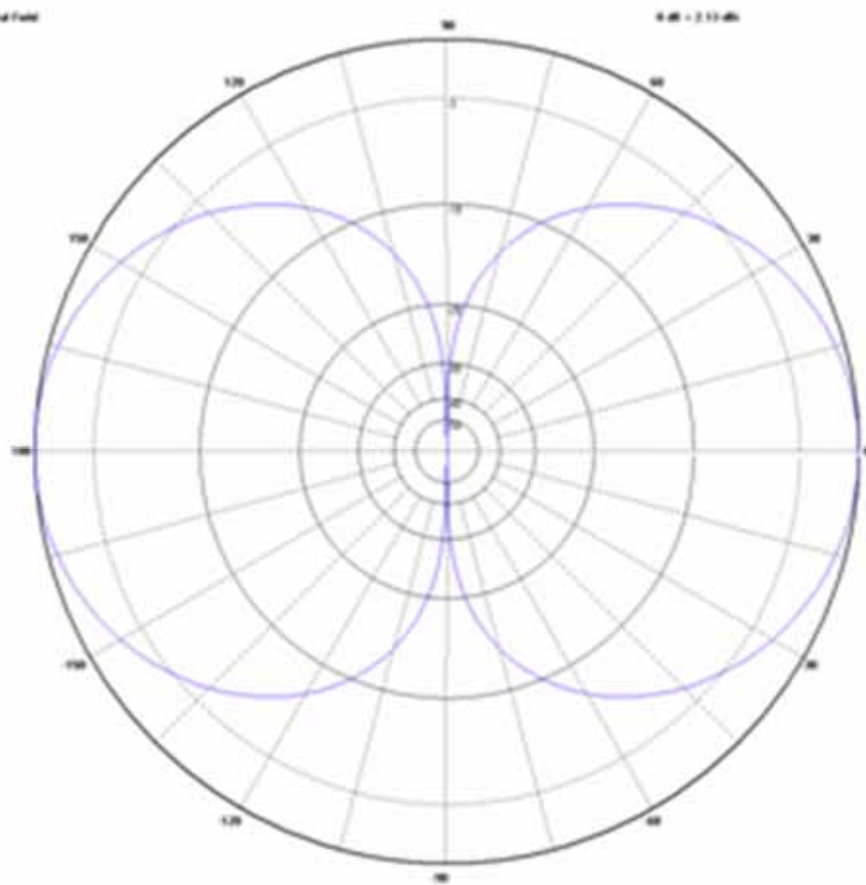


Andamento del rapporto di onda stazionaria alla risonanza:

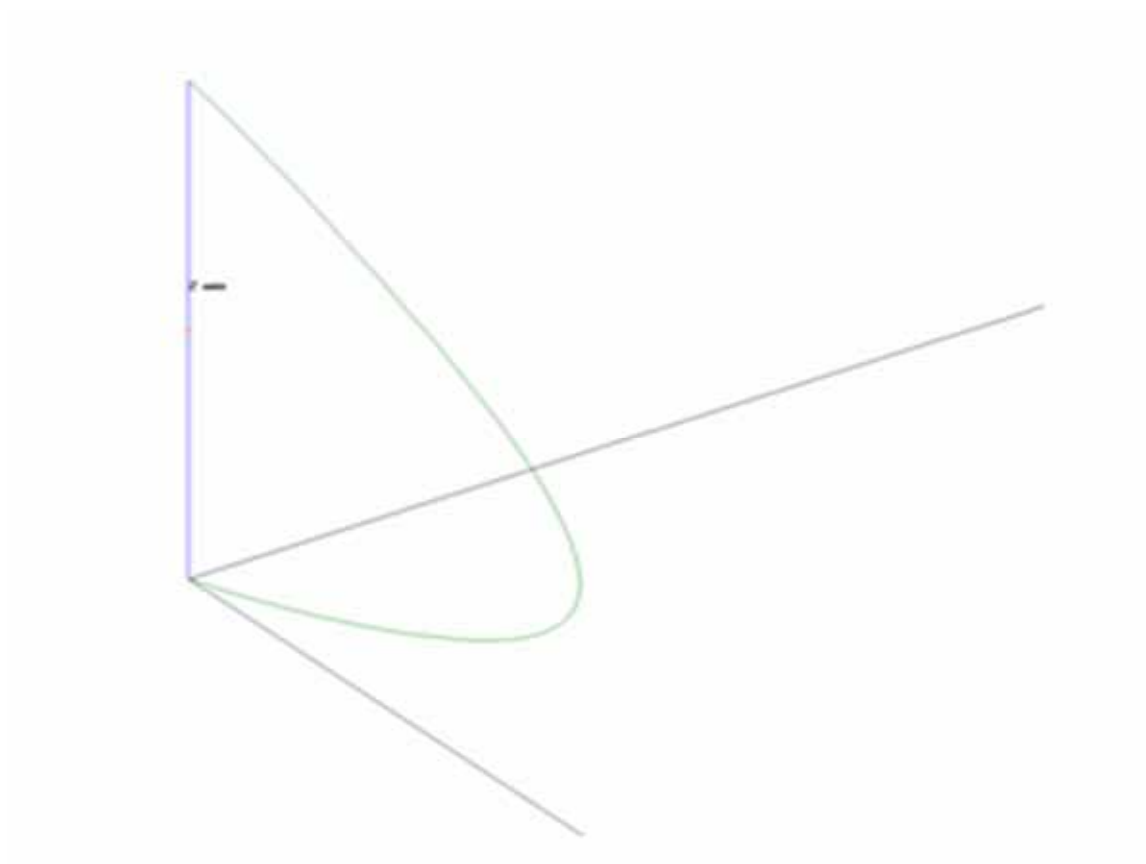


Andamento del pattern irradiato nel piano dello zenit

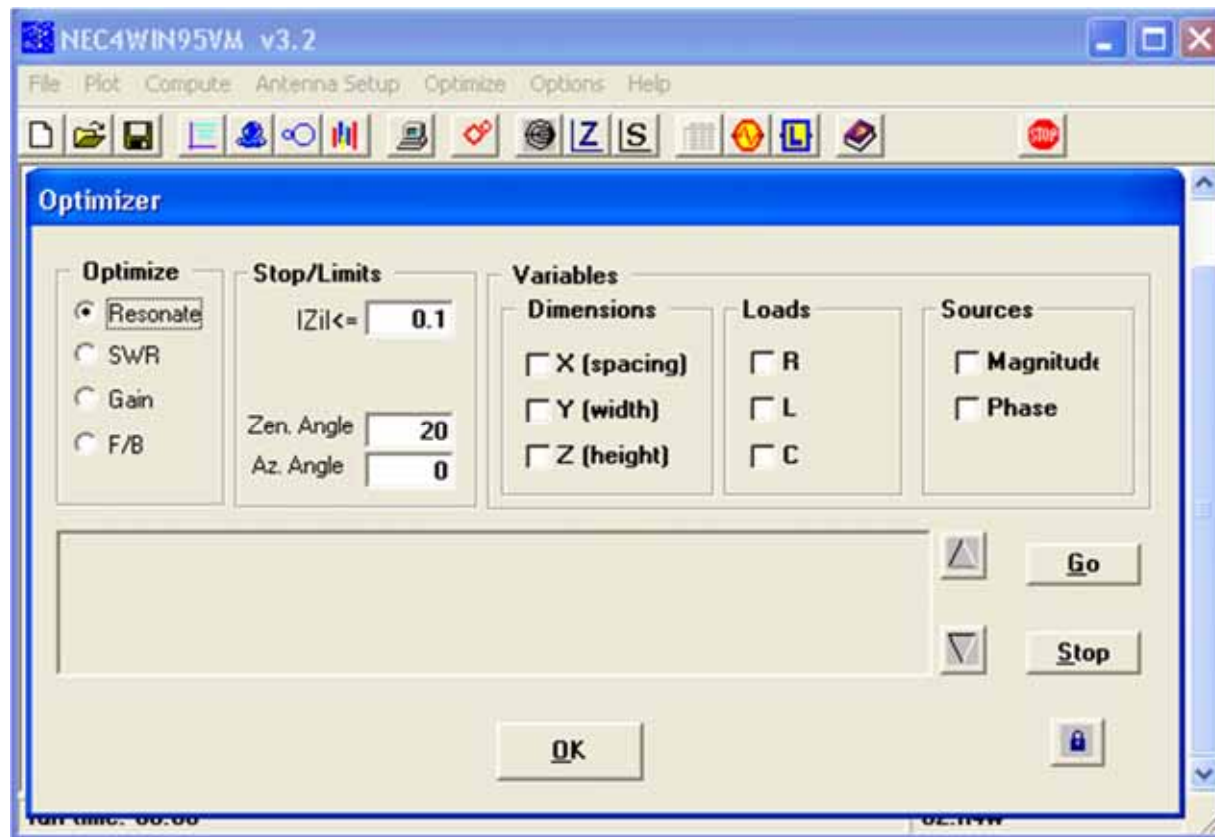
VeriSat-1000 (2015) Antenna (Zenith) Total Field
Frequency = 30.000 MHz
Antenna Gain Type
215 x 75 dB - 20.00 (1.00)
Max = 2.00 dB
Gain = 1.00 dB (0.00)
Gain = 1.00 dB (0.00)



Andamento della corrente alla risonanza



Tool di ottimizzazione



Variamo il diametro dell'antenna : diametro=**5mm**
→ la condizione di snellezza è ancora verificata

Antenna in Free Space

Frequency : 300.000 MHz

Wave Length : 0.999 m (3.279 ft)

IMPEDANCE = $77.01 + j\ 12.50$ Ohms at Source 1

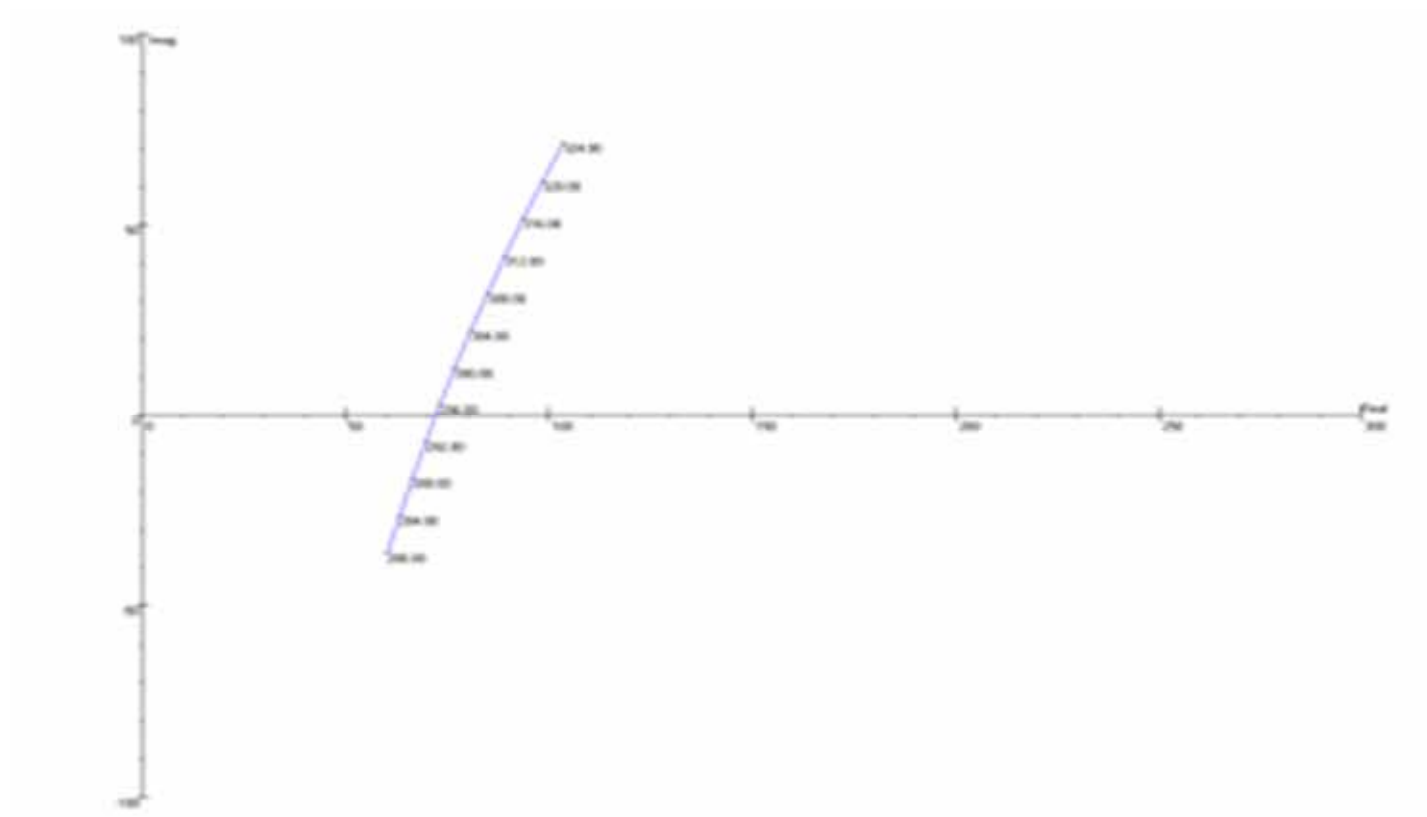
SWR = 1.18

Voltage = $100.00 + j\ 0.00$ at Pulse 20

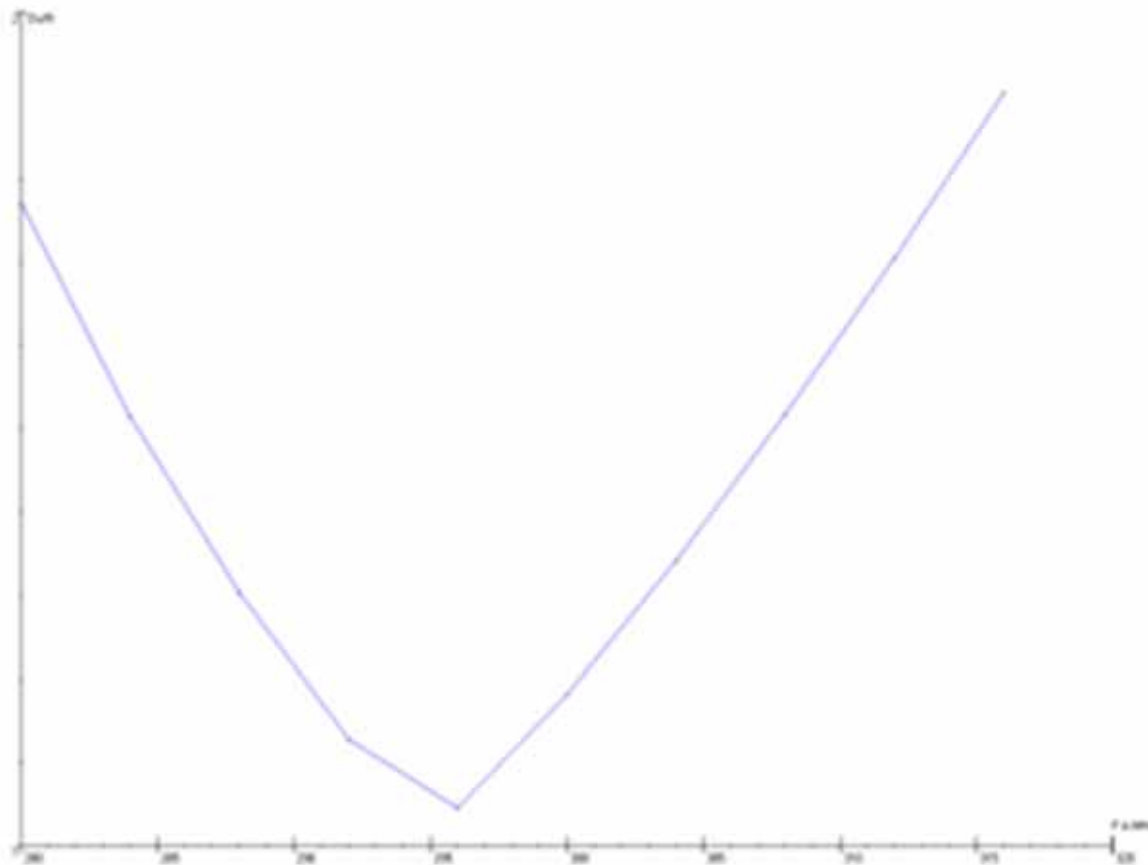
Current = $1.27 - j\ 0.21$ Amps

Power = 63.26 WATTS

Andamento dell' impedenza di ingresso dell'antenna fuori risonanza



Andamento del ROS dell'antenna fuori risonanza



Al variare della dimensione del singolo segmento

- **segmenti = 40** → $50/40 = 1.25 \text{ cm} = \lambda/80$
- **segmenti = 80** → $50/80 = 0.625 \text{ cm} = \lambda/160$
- Tra 40 e 80 aumenta il tempo di calcolo ma i miglioramenti più significativi si vedono solo quando si studiano più antenne.
- **segmenti = 5** → $50/5 = 10 \text{ cm} = \lambda/10$ (risultati poco attendibili)

Monopolo a $\lambda/4$ con piano di massa e risonanza;

Dati:

$f=300$ MHz

$\lambda=1$ m

$2l = 250$ cm

Snellezza: diametro=1 mm

coax 50 Ohm

Prima della risonanza abbiamo:

Antenna Height is : 0 m (0ft)

Perfect Ground

Frequency : 300.000 MHz

Wave Length : 0.999 m (3.279 ft)

IMPEDANCE = $41.38 + j 21.95$ Ohms at Source 1

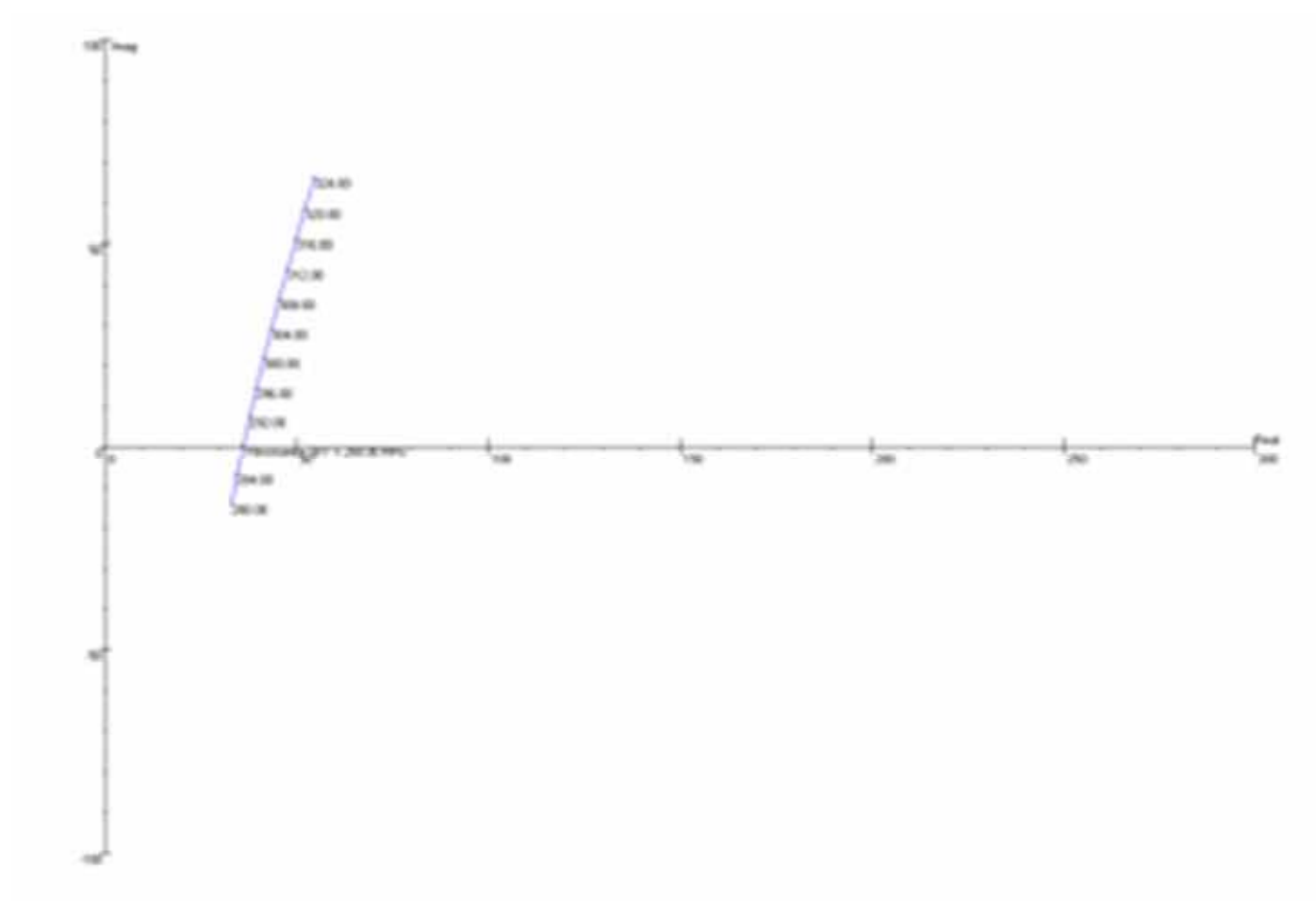
SWR = 1.67

Voltage = $100.00 + j 0.00$ at Pulse 1

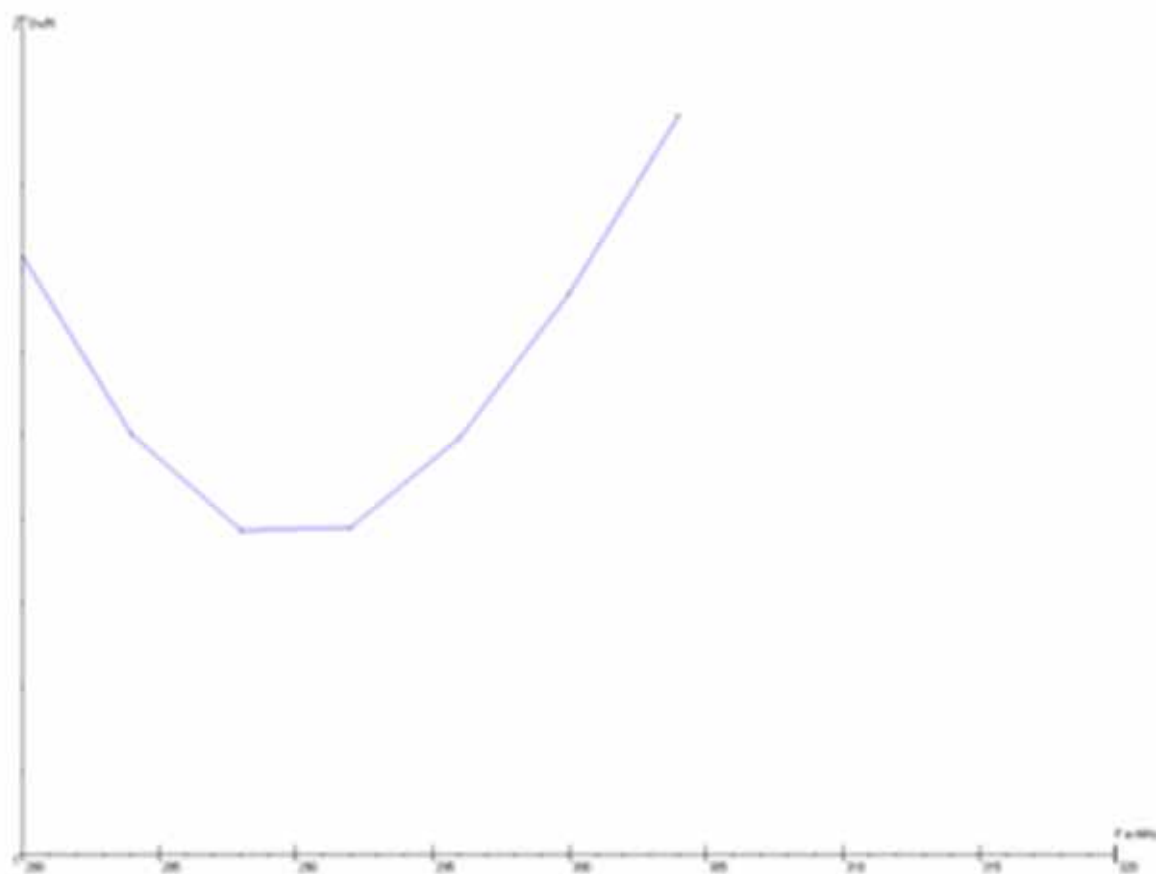
Current = $1.89 - j 1.00$ Amps

Power = 94.29 WATTS

Andamento dell' impedenza di ingresso dell'antenna fuori risonanza



Andamento del ros dell'antenna fuori risonanza



Alla risonanza abbiamo:

Antenna Height is : 0 m (0ft)

Perfect Ground

Frequency : 300.000 MHz

Wave Length : 0.999 m (3.279 ft)

IMPEDANCE = 35.98 - j 0.00 Ohms at Source 1

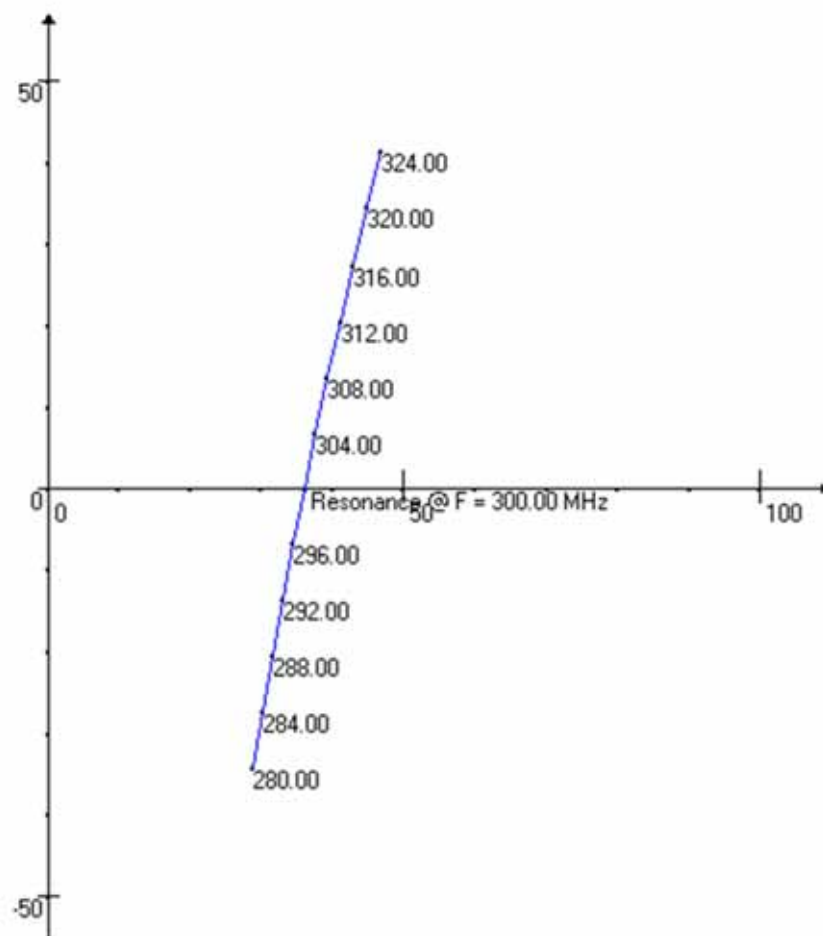
SWR = 1.39

Voltage = 100.00 + j 0.00 at Pulse 1

Current = 2.78 + j 0.00 Amps

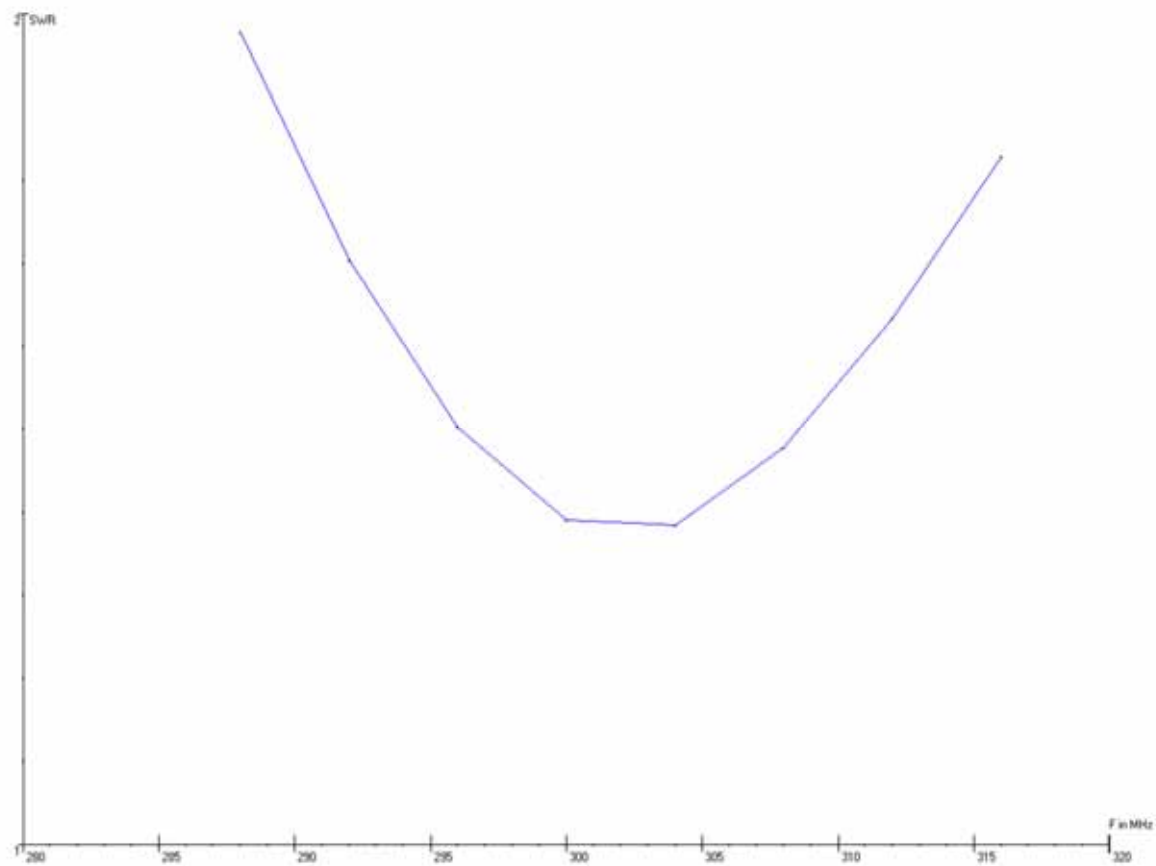
Power = 138.96 WATTS

Andamento dell' impedenza di ingresso dell'antenna alla risonanza



Andamento del ros dell'antenna in risonanza

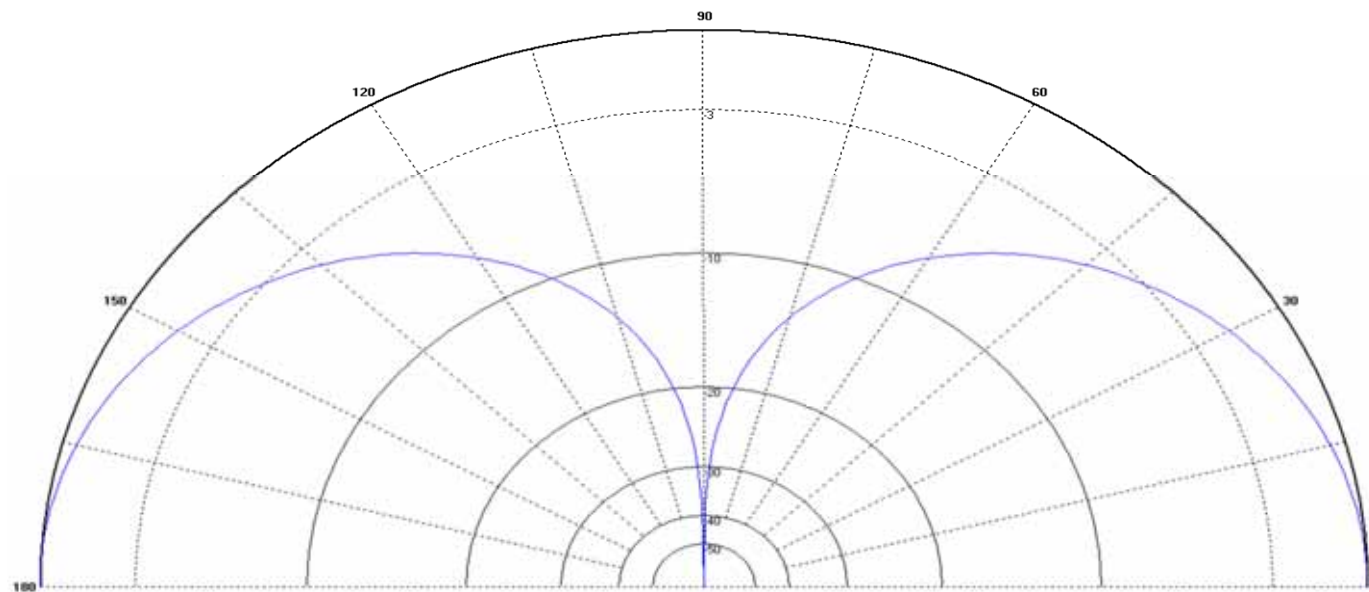
workopt.nlu



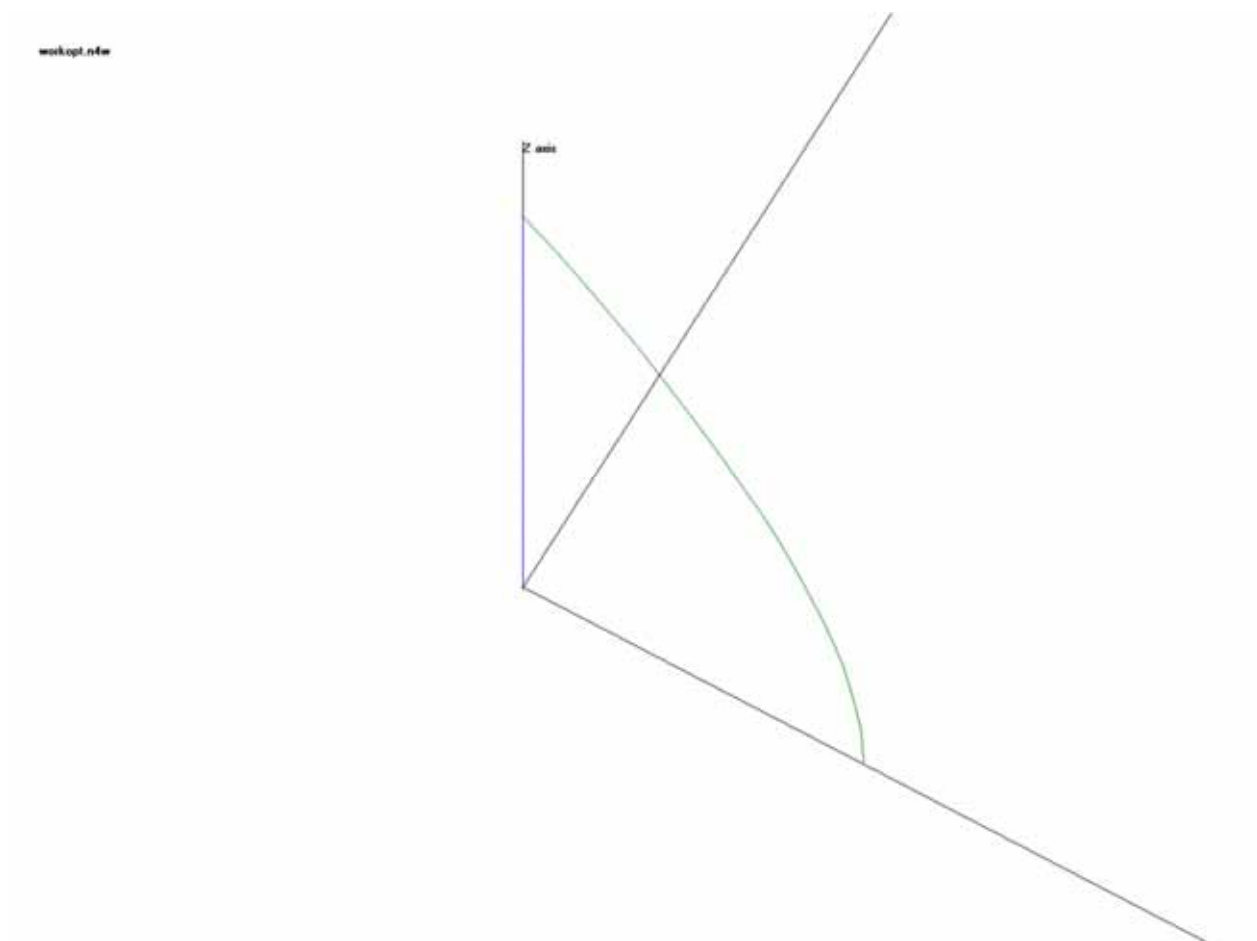
Andamento del pattern irradiato nel piano dello zenit

WORKOPT.N4W Zenith Total Field
Frequency = 300.000 MHz
Antenna Height is : 0 m (0ft)
Azimuth Angle = 0 deg.
Perfect Ground
Z1 = 35.98 + j 0.00 (1.39)
Max = 5.14 dBi
Lobe at : 180° (BW:40°)

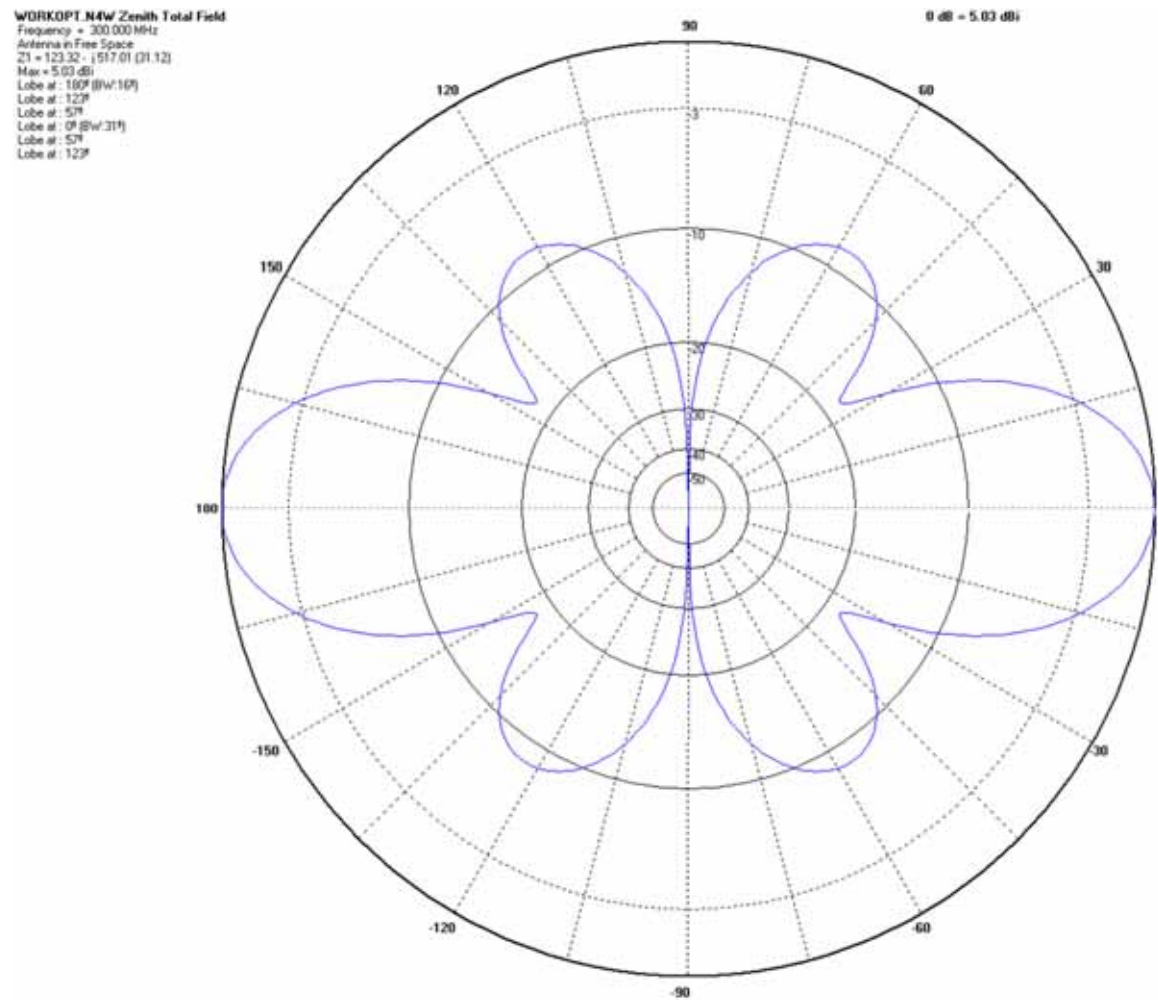
0 dB = 5.14 dBi



Andamento della corrente alla risonanza



Massimo guadagno per antenna bipolo = 1.25 m



Coppia di antenne al variare della distanza

Dati:

f=300 MHz

Lambda=1m

2l=47.96 cm

Snellezza: $\Omega = \ln(2l / r)^2 \succ 10$

diametro=1mm

in spazio libero

numero segmenti=40

coax impedance=75 Ohm

D=2*lambda=2 m spaziatura distanza tra i centri delle antenne

Geometria nec

Free Space

UNITS mm

Height 0.000

Boundary Circular

F 300.000

GW	0	40	0.000	0.000	500.000	0.000	0.000	979.600	1.000
----	---	----	-------	-------	---------	-------	-------	---------	-------

GW	1	40	2000.000	0.000	500.000	2000.000	0.000	979.600	1.000
----	---	----	----------	-------	---------	----------	-------	---------	-------

S	1	20	100	0
---	---	----	-----	---

S	2	59	100	0
---	---	----	-----	---

Coax 75

Antenna in Free Space

Frequency : 300.000 MHz

Wave Length : 0.999 m (3.279 ft)

IMPEDANCE = 74.10 + j 8.58 Ohms at Source 1

SWR = 1.12

Voltage = 100.00 + j 0.00 at Pulse 20

Current = 1.33 - j 0.15 Amps

Power = 66.59 WATTS

Antenna in Free Space

Frequency : 300.000 MHz

Wave Length : 0.999 m (3.279 ft)

IMPEDANCE = $74.10 + j\ 8.56$ Ohms at Source 2

SWR = 1.12

Voltage = $100.00 + j\ 0.00$ at Pulse 59

Current = $1.33 - j\ 0.15$ Amps

Power = 66.59 WATTS

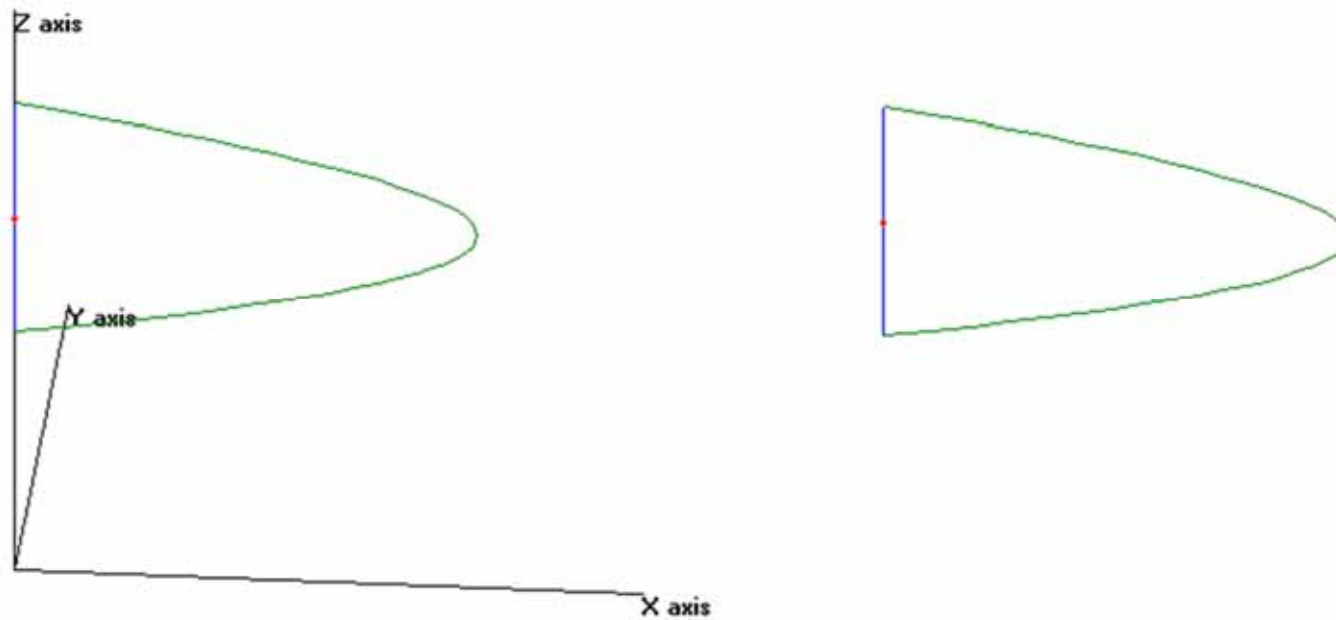
Power : 133.17 Watts

Zen : -90° to 90°

Az : 0° to 360°

Correnti sulle antenne

(mono modali se $d > \lambda/4$, cioè le correnti sulle antenne hanno la stessa forma al variare di d , ma diversa ampiezza)

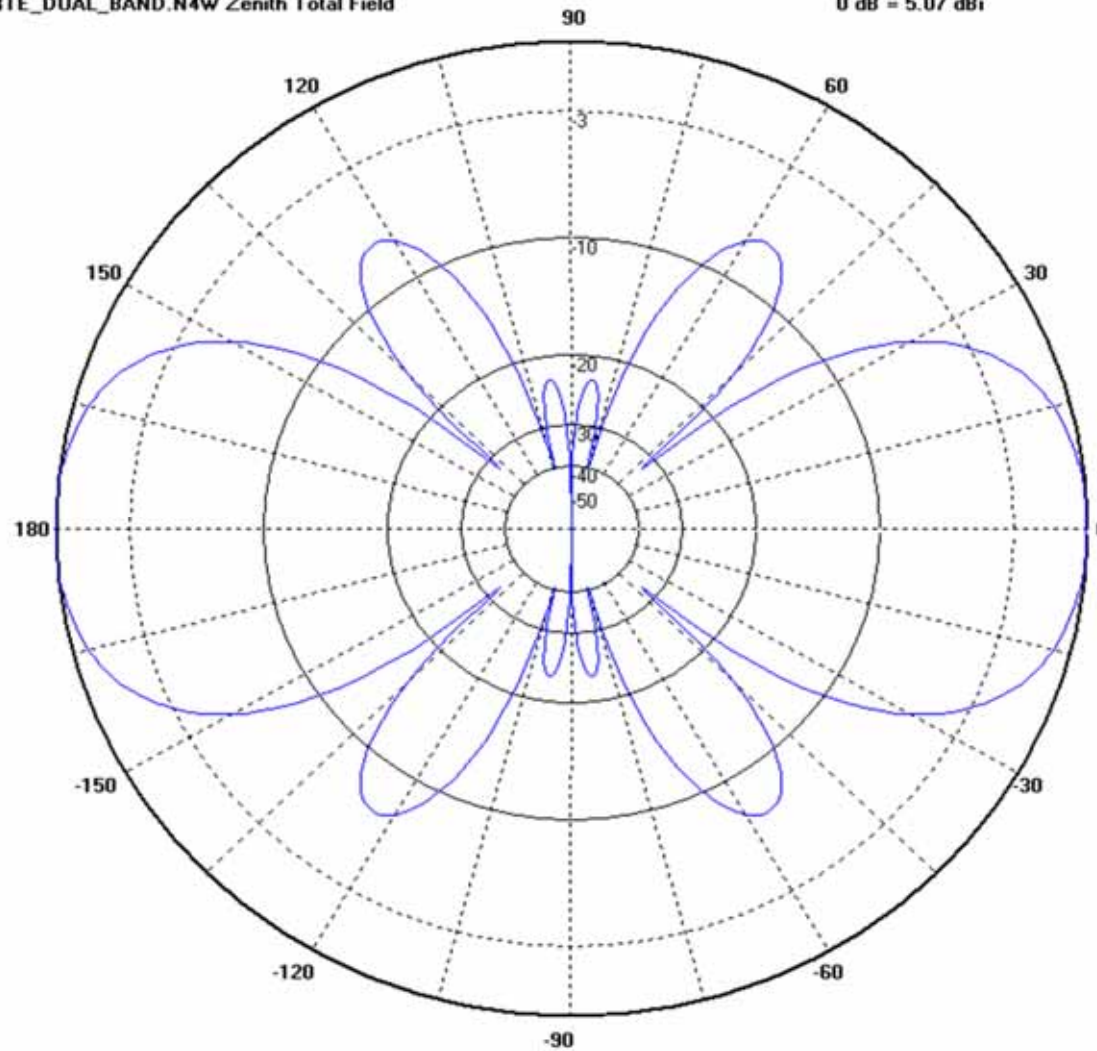


Pattern in FF nel piano dello zenith (parallelo all'asse z e ortogonale al piano xy)

ESERC_2_MUTUA_ANT_CORTE_DUAL_BAND.N4W Zenith Total Field

0 dB = 5.07 dBi

Frequency = 300.000 MHz
Antenna in Free Space
 $Z1 = 74.10 + j8.58$ (1.12)
 $Z2 = 74.10 + j8.56$ (1.12)
Max = 5.07 dBi
Lobe at : 180° (BW:26°)
Lobe at : 123°
Lobe at : 98°
Lobe at : 82°
Lobe at : 57°
Lobe at : 0° (BW:51°)
Lobe at : 57°
Lobe at : 82°
Lobe at : 98°
Lobe at : 123°



Pattern in FF nel piano azimut (parallelo al piano xy e ortogonale all'asse z)

ESERC_2_MUTUA_ANT_CORTE_DUAL_BAND.N4W Azimuth Total Field

0 dB = 5.07 dBi

Frequency = 300.000 MHz

Antenna in Free Space

Z1 = 74.10 + j8.58 (1.12)

Z2 = 74.10 + j8.56 (1.12)

Zenith Angle = 0 deg.

Max = 5.07 dBi

F/B = 0.00 dB

Lobe at : 2° (BW:56°)

Lobe at : 60° (BW:16°)

Lobe at : 90° (BW:16°)

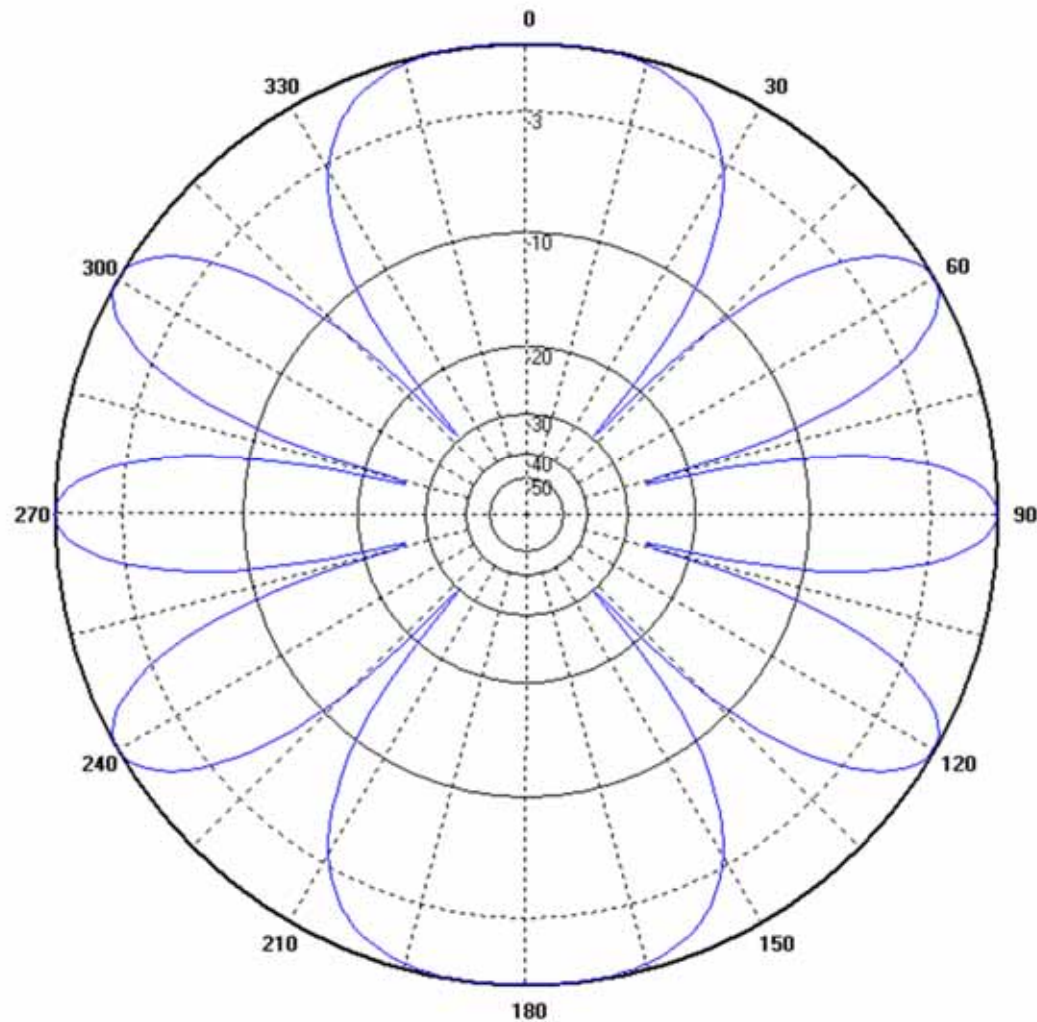
Lobe at : 120° (BW:18°)

Lobe at : 182° (BW:54°)

Lobe at : 240° (BW:16°)

Lobe at : 270° (BW:16°)

Lobe at : 300° (BW:18°)



D= λ =1 m spaziatura distanza tra i centri delle antenne

Free Space

UNITS mm

Height 0.000

Boundary Circular

F 300.000

GW 0 40 0.000 0.000 500.000 0.000 0.000 979.600 1.000

GW 1 40 1000.000 0.000 500.000 1000.000 0.000 979.600 1.000

S 1 20 100 0

S 2 59 100 0

Coax 75

Antenna in Free Space

Frequency : 300.000 MHz

Wave Length : 0.999 m (3.279 ft)

IMPEDANCE = 77.97 + j 16.55 Ohms at Source 1

SWR = 1.25

Voltage = 100.00 + j 0.00 at Pulse 20

Current = 1.23 - j 0.26 Amps

Power = 61.36 WATTS

Antenna in Free Space

Frequency : 300.000 MHz

Wave Length : 0.999 m (3.279 ft)

IMPEDANCE = 77.98 + j 16.54 Ohms at Source 2

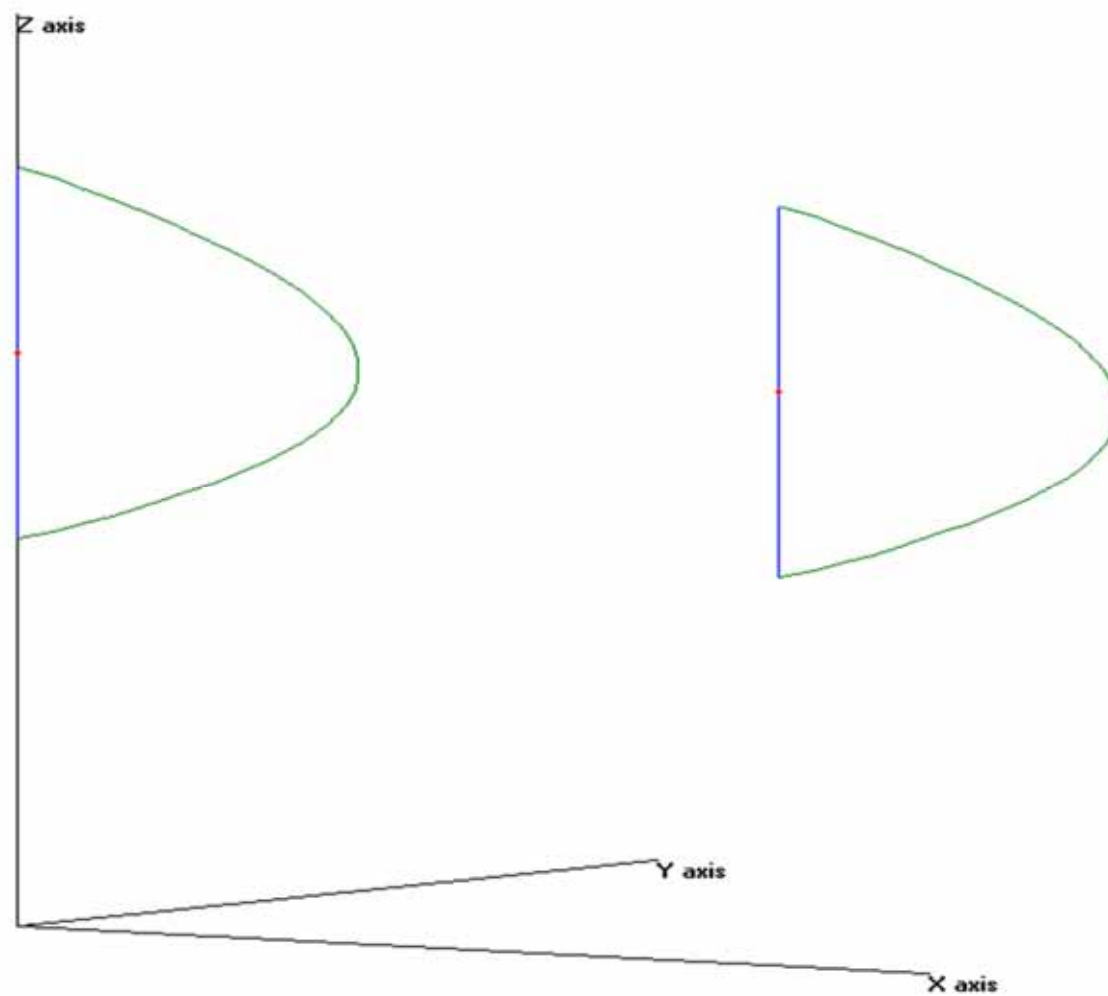
SWR = 1.25

Voltage = 100.00 + j 0.00 at Pulse 59

Current = 1.23 - j 0.26 Amps

Power = 61.36 WATTS

correnti antenne



Pattern in FF nel piano dello zenith (parallelo all'asse z e ortogonale al piano xy)

ESERC_2_MUTUA_ANT_CORTE_DUAL_BAND.N4W Zenith Total Field

0 dB = 4.91 dBi

Frequency = 300.000 MHz

Antenna in Free Space

Z1 = 77.97 + j16.55 (1.25)

Z2 = 77.98 + j16.54 (1.25)

Max = 4.91 dBi

Lobe at: 180° (BW:32°)

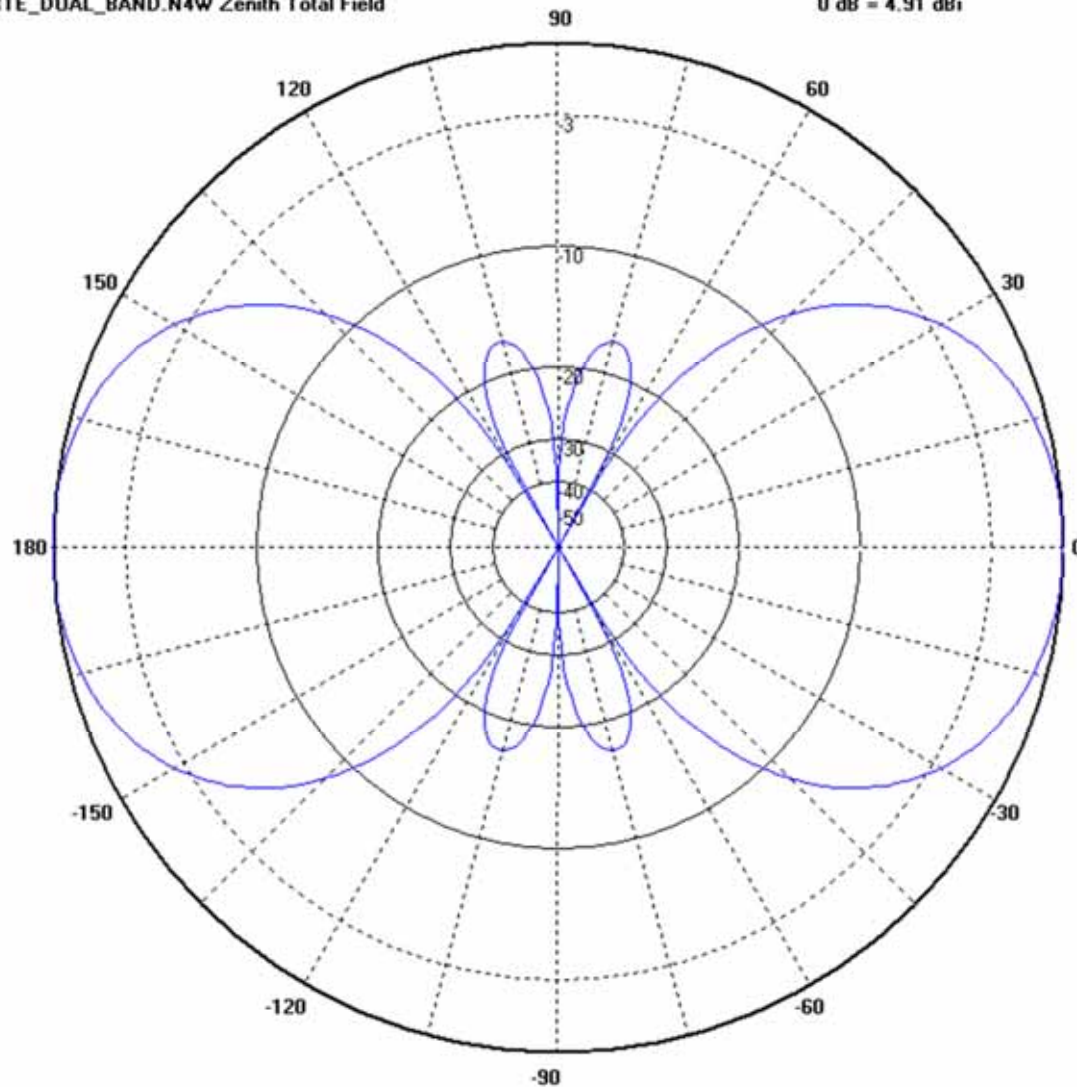
Lobe at: 106°

Lobe at: 74°

Lobe at: 0° (BW:63°)

Lobe at: 74°

Lobe at: 106°

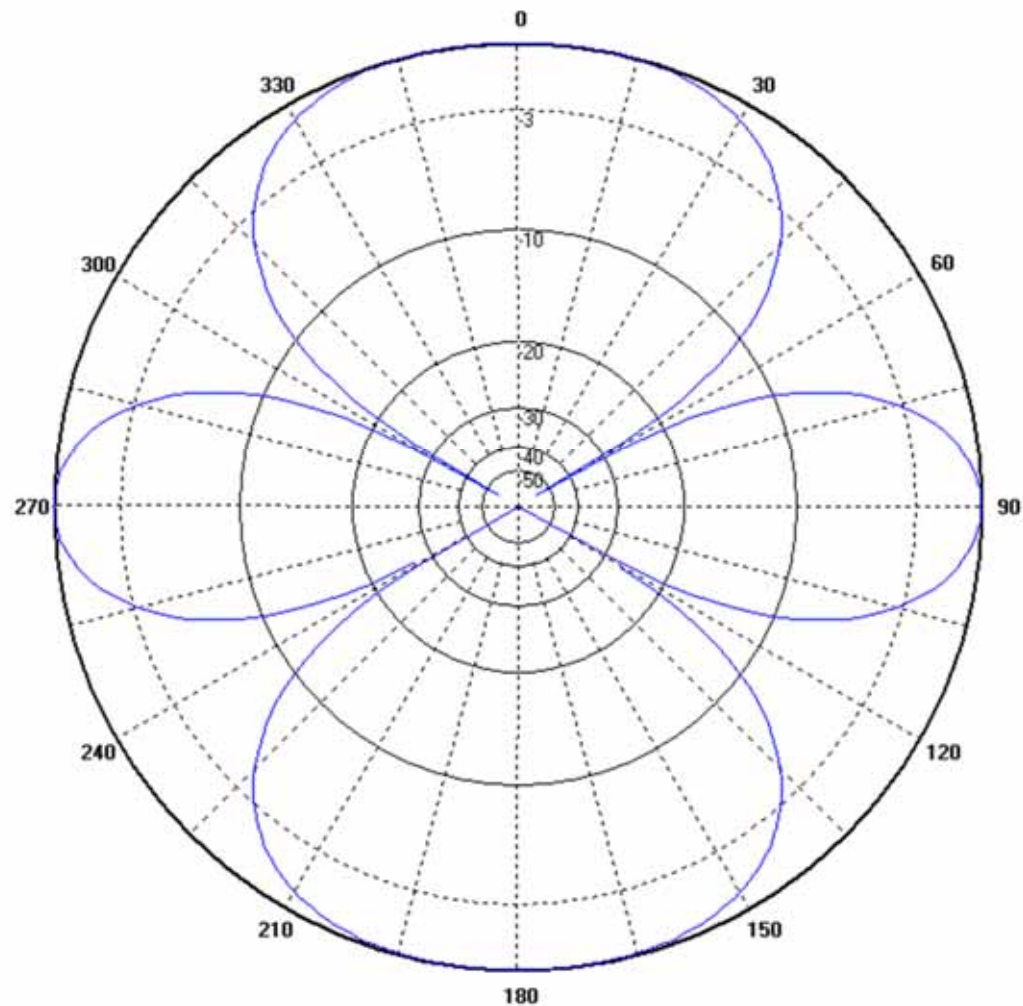


Pattern in FF nel piano azimut (parallelo al piano xy e ortogonale all'asse z)

ESERC_2_MUTUA_ANT_CORTE_DUAL_BAND.N4W Azimuth Total Field

0 dB = 4.91 dBi

Frequency = 300.000 MHz
Antenna in Free Space
Z1 = 77.97 + j16.55 (1.25)
Z2 = 77.98 + j16.54 (1.25)
Zenith Angle = 0 deg
Max = 4.91 dBi
F/B = 0.00 dB
Lobe at : 2° (BW:80°)
Lobe at : 90° (BW:30°)
Lobe at : 182° (BW:80°)
Lobe at : 270° (BW:30°)



Mutua impedenza

Ci proponiamo di ricavare la mutua impedenza delle due antenne

Le equazioni che definiscono la matrice Z delle impedenze del due porte formato dalle due antenne è:

$$V_1 = Z_{11}I_1 + Z_{12}I_2$$

$$V_2 = Z_{21}I_1 + Z_{22}I_2$$

la mutua impedenza è data da :

$$Z_m = Z_{12} = \frac{V_1}{I_2} \Big|_{I_1 = 0}$$

$$Z_m = Z_{21} = \frac{V_2}{I_1} \Big|_{I_2 = 0}$$

Per calcolare la mutua impedenza basta alimentare per esempio l'antenna 1 con una corrente I_1 e andare a misurare la tensione a vuoto sull'antenna 2 (l'antenna 2 sarà un circuito aperto, per cui $I_2=0$).

Viceversa nel caso duale.

Mutua impedenza

Mutua impedenza al variare della distanza D tra le antenne.

Se le antenne fossero in campo lontano, la mutua impedenza sarebbe data dalla formula:

$$Z_m = Z_{21} = \frac{V_2}{I_1} = \frac{E_i \cdot h}{I} = \frac{j\zeta I_1}{2\lambda D} \left(\frac{\lambda}{\pi} \right)^2 e^{-j\beta D}$$

Tale formula prevede i seguenti valori per la Zm:

$$D = \lambda/2 \rightarrow Z_m = -j 38.2 \text{ Ohm} \quad [\text{NEC: } -16 - j 28 \text{ Ohm}]$$

$$D = \lambda \rightarrow Z_m = +j 19.1 \text{ Ohm} \quad [\text{NEC: } 6 + j 17 \text{ Ohm}]$$

$$D = 2\lambda \rightarrow Z_m = -j 9.6 \text{ Ohm} \quad [\text{NEC: } 2 + j 9 \text{ Ohm}]$$

Geometria nec

$D=\lambda/2$

Free Space

UNITS mm

Height 0.000

Boundary Circular

F 300.000

GW 0 40 0.000 0.000 500.000 0.000 0.000 979.600 1.000

GW 1 40 500.000 0.000 500.000 500.000 0.000 979.600

1.000

S 1 20 100 0

S 2 59 0 0

Coax 75

Antenna in Free Space

Frequency : 300.000 MHz

Wave Length : 0.999 m (3.279 ft)

IMPEDANCE = $72.62 - j 0.11$ Ohms at Source 1

SWR = 1.03

Voltage = $100.00 + j 0.00$ at Pulse 20

Current = $1.38 + j 0.00$ Amps

Power = 68.85 WATTS

Antenna in Free Space

Frequency : 300.000 MHz

Wave Length : 0.999 m (3.279 ft)

IMPEDANCE = $-10000.00 + j 0.00$ Ohms at Source 2

SWR = Undefined

Voltage = $-21.18 - j 38.07$ at Pulse 59

Current = $0.00 + j 0.00$ Amps

Power = -0.09 WATTS

$$Z_m = Z_{21} = \frac{V_2}{I_1} \bigg|_{I_2=0} = \frac{-21.18 - j 38.07}{1.38 + j 0.00} =$$

$$= -15.3 - i27.6 \rightarrow abs(-15.3 - i27.631) = 31.6$$

D=lambd

Free Space

UNITS mm

Height 0.000

Boundary Circular

F 300.000

GW 0 40 0.000 0.000 500.000 0.000 0.000 979.600 1.000

GW 1 40 1000.000 0.000 500.000 1000.000 0.000 979.600 1.000

S 1 20 100 0

S 2 59 0 0 I

Coax 75

Antenna in Free Space

Frequency : 300.000 MHz

Wave Length : 0.999 m (3.279 ft)

IMPEDANCE = $72.08 - j 0.27$ Ohms at Source 1

SWR = 1.04

Voltage = $100.00 + j 0.00$ at Pulse 20

Current = $1.39 + j 0.01$ Amps

Power = 69.36 WATTS

Antenna in Free Space

Frequency : 300.000 MHz

Wave Length : 0.999 m (3.279 ft)

IMPEDANCE = $-10000.00 + j 0.00$ Ohms at Source 2

SWR = Undefined

Voltage = $8.06 + j 23.18$ at Pulse 59

Current = $0.00 - j 0.00$ Amps

$$Z_m = Z_{21} = \frac{V_2}{I_1} \bigg|_{I_2=0} = \frac{8.06 + j 23.18}{1.39 + j 0.01} =$$

$$= 5.92 - i16.6 \rightarrow abs(-15.3 - i27.631) = 17.65$$

D=2*lambda

Free Space

UNITS mm

Height 0.000

Boundary Circular

F 300.000

GW 0 40 0.000 0.000 500.000 0.000 0.000 979.600 1.000

GW 1 40 2000.000 0.000 500.000 2000.000 0.000 979.600 1.000

S 1 20 100 0

S 2 59 0 0 I

Coax 75

Antenna in Free Space

Frequency : 300.000 MHz

Wave Length : 0.999 m (3.279 ft)

IMPEDANCE = 71.94 - j 0.40 Ohms at Source 1

SWR = 1.04

Voltage = 100.00 + j 0.00 at Pulse 20

Current = 1.39 + j 0.01 Amps

Power = 69.5 WATTS

Antenna in Free Space

Frequency : 300.000 MHz

Wave Length : 0.999 m (3.279 ft)

IMPEDANCE = -10000.00 + j 0.00 Ohms at Source 2

SWR = Undefined

Voltage = 2.92 + j 12.40 at Pulse 59

Current = 0.00 - j 0.00 Amps

Power = -0.01 WATTS

$$Z_m = Z_{21} = \frac{V_2}{I_1} \bigg|_{I_2=0} = \frac{2.92 + j 12.40}{1.39 + j 0.01} =$$

$$= 2.16 - i8.91 \rightarrow abs(-15.3 - i27.631) = 9.16$$

In effetti i valori della mutua impedenza ottenuti mostrano che

$$Z_m = Z_{21} = \frac{V_2}{I_1} = \frac{E_i \cdot \underline{h}}{I} = \frac{j\zeta I_1}{2\lambda D} \left(\frac{\lambda}{\pi} \right)^2 e^{-j\beta D}$$