



ΑΣΥΡΜΑΤΕΣ ΖΕΥΞΕΙΣ & ΔΙΑΔΟΣΗ
(8ου εξαμήνου)

Άσκηση με MININEC

Αριθμός Ομάδας: Ομάδα 6

Μέλη της Ομάδας:

Ανδριανόπουλος Ευστάθιος, AM:03114113

Αποστολίδης Παναγιώτης, AM:03114051

Γραφάκος Παναγιώτης, AM:03115045

Λιβιτσάνος Γεώργιος, AM:03115735

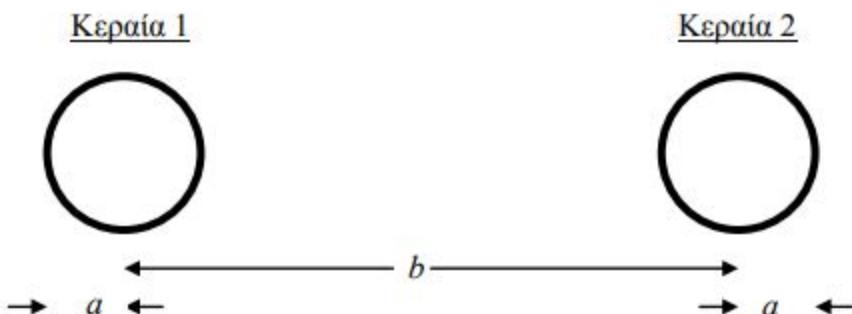
Μπαλλάς Αριστοτέλης, AM:03114925

Τσαμπάζη Μαρία, AM:03115716

ΣΚΟΠΟΣ

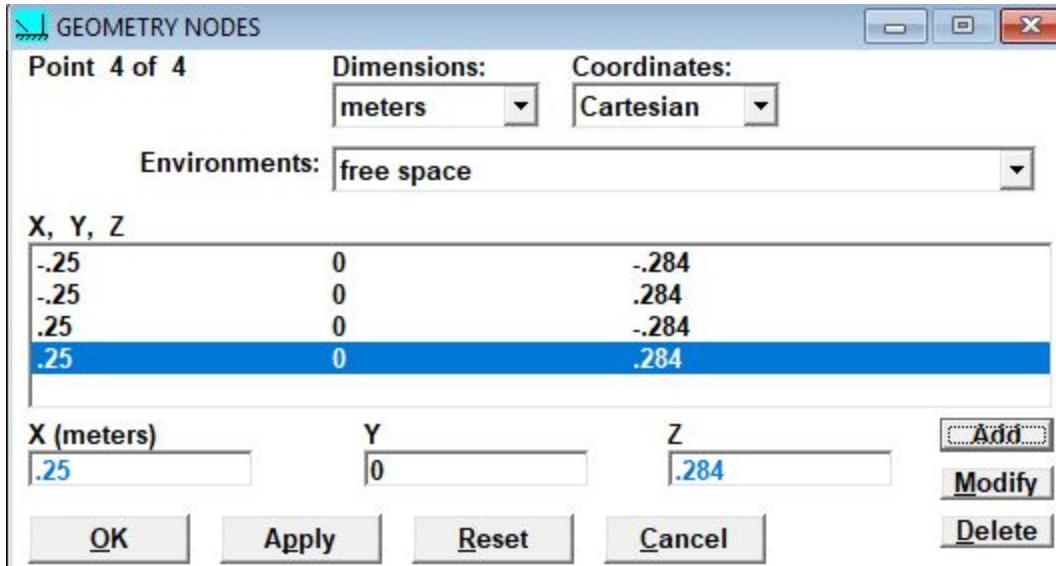
Σκοπός της παρούσας άσκησης είναι η γνωριμία με την εφαρμογή ολοκληρωτικών εξισώσεων για στοιχειοκεραίες, καθώς και η επίλυση τους με χρήση του λογισμικού MININEC για την ανάλυση μιας στοιχειοκεραίας

Για την άσκηση, θεωρούμε μια στοιχειοκεραία που αποτελείται από 2 γραμμικές κεραίες όπως στο σχήμα:

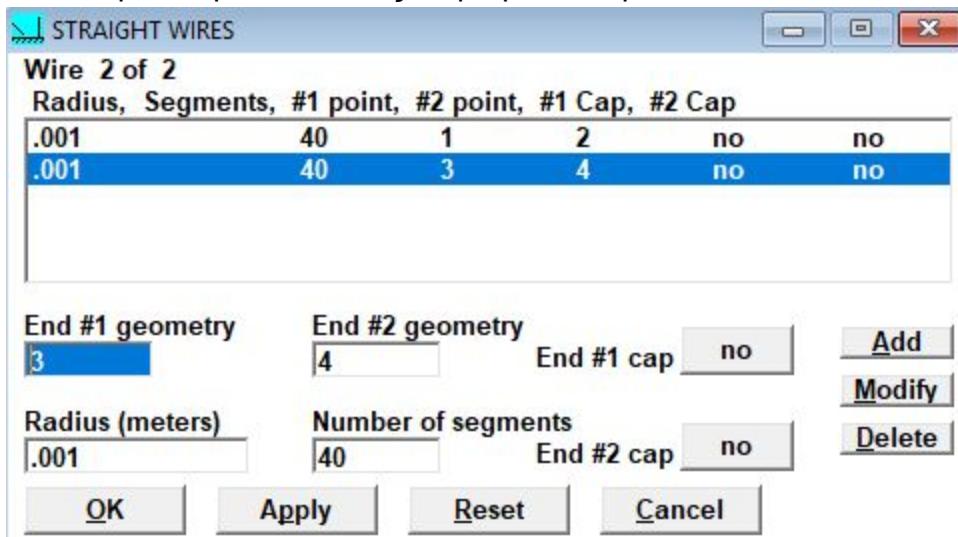


Οι κεραίες είναι παράλληλες στον άξονα z, με ακτίνα $a=0.001\lambda$ και μήκος $L=(\lambda/4)(1+5\Psi_1/\Psi_2)$, όπου στην περίπτωσή μας $\Psi_1=13$ και $\Psi_2=51$ και λαμβάνοντας υπόψη ότι η συχνότητα είναι περίπου ίση με 300 MHz, έχουμε: $\lambda=1$ m, $L=0.569$ m και $a=0.001$ m.

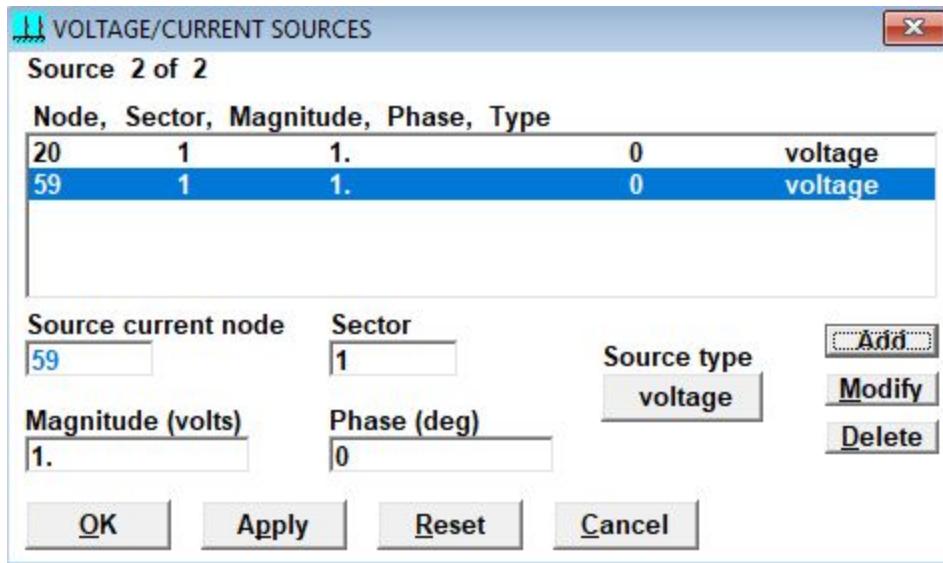
α) Σύμφωνα με την εκφώνηση οι κεραίες απέχουν απόσταση $b=\lambda/2 = 0.5$ m τροφοδοτούνται από τάσεις V1,V2 στα κέντρα τους(z=0) οι οποίες είναι ίσες. Χτίζουμε την διάταξη:



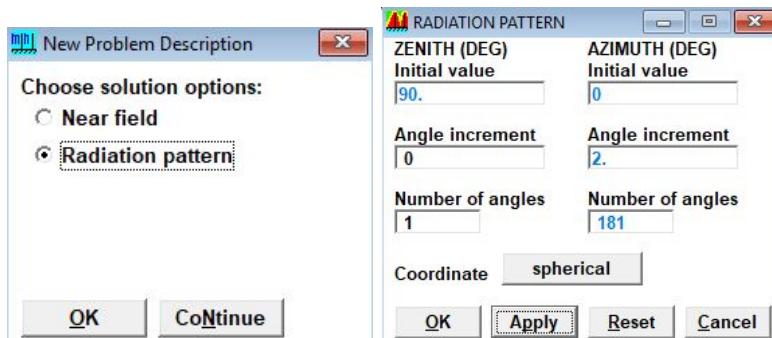
Θέτουμε περιβάλλον free space και εισάγουμε τα σημεία $(x,y,z)=(-0.25,0,-0.284)$ και $(-0.25,0,0.284)$ για το πρώτο δίπολο και τα σημεία $(0.25,0,-0.284)$ και $(0.25,0,0.284)$ για το δεύτερο και με διαστάσεις σε μέτρα. Υστερα:



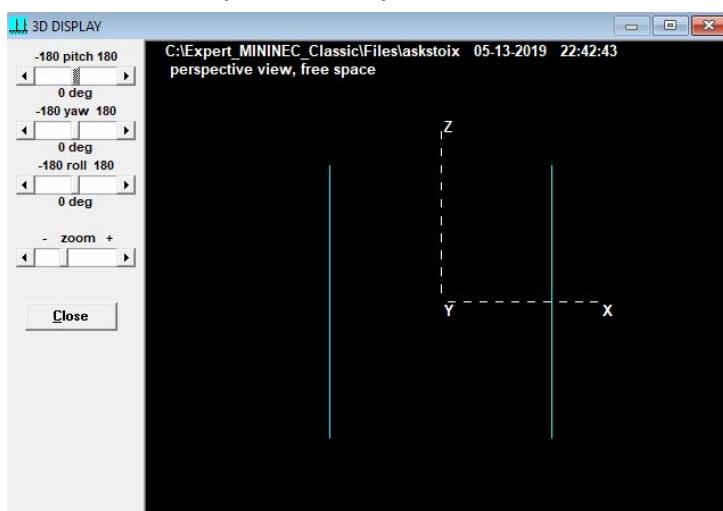
Στη συνέχεια επιλέγουμε Voltage/Current Sources και εισάγουμε πηγή τάσης 1V στο κεντρικό τεμάχιο του καλωδίου (nodes με αριθμό 20 και 59).



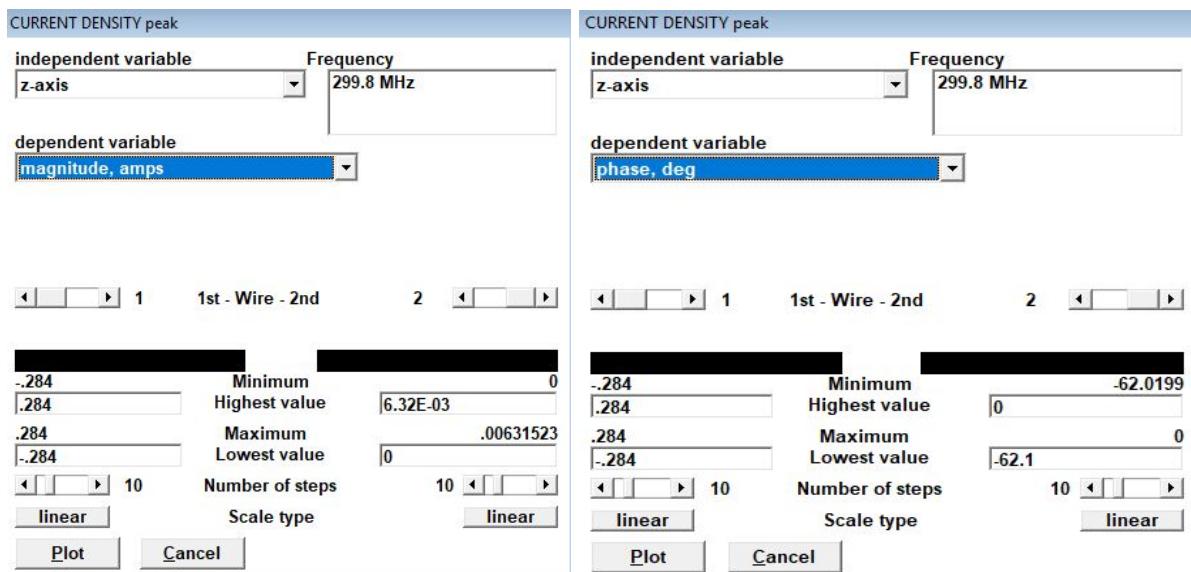
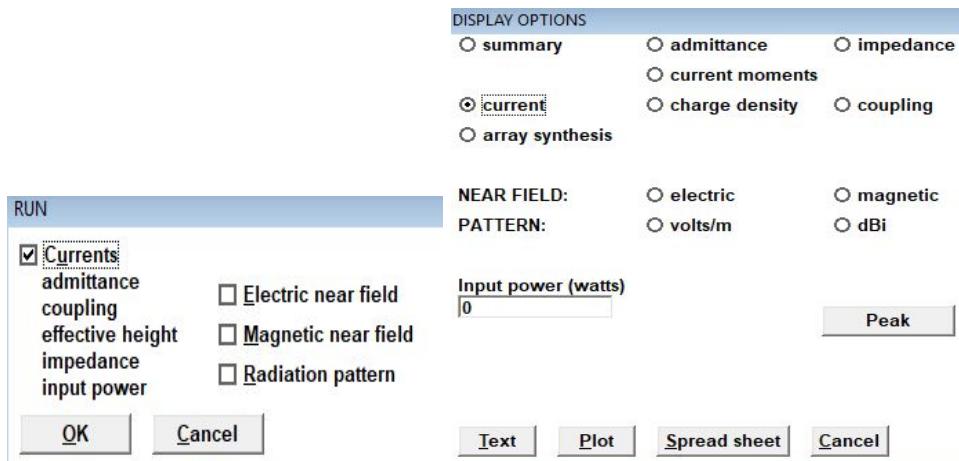
Παρακάτω επιλέγουμε Radiation Pattern και το εύρος γωνιών για το διάγραμμα ακτινοβολίας από 0^0 έως 360^0 με βήμα 2 μετρώντας ουσιαστικά 181 σημεία:



Η στοιχειοκεραία της άσκησης όπως προκύπτει από το μενού Diagnostics-3D display του MININEC φαίνεται παρακάτω:

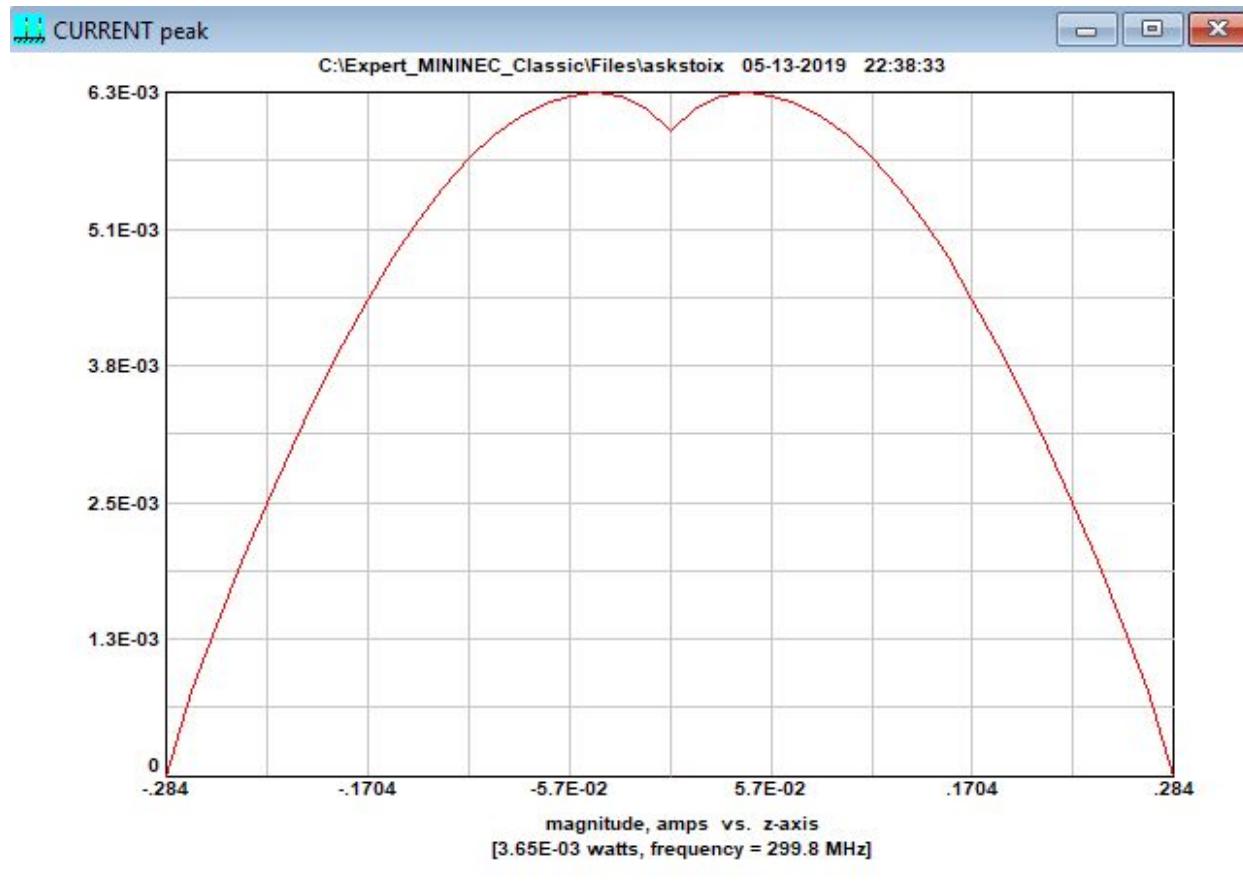


α1) Πιό κάτω βλέπουμε τα βήματα που ακολουθήσαμε:

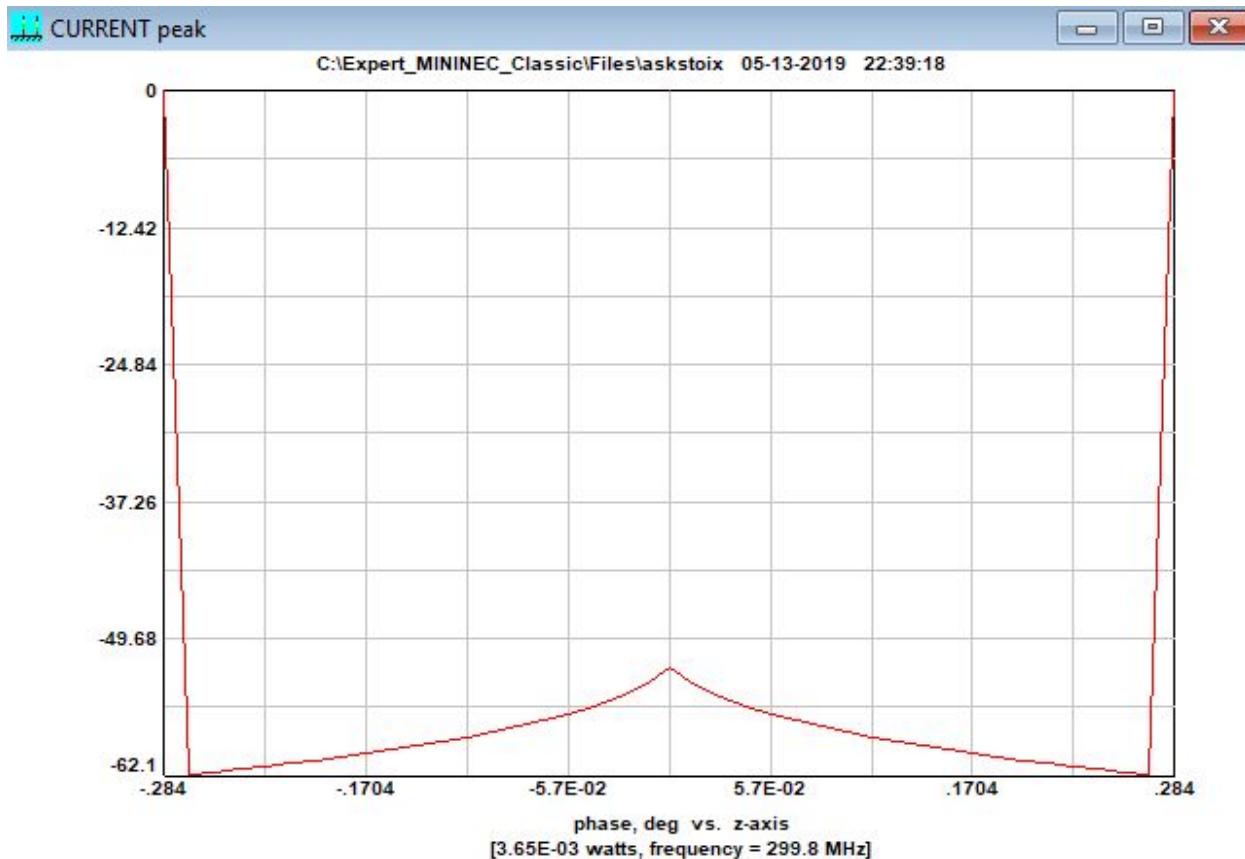


Τελικά:

Κατανομή μέτρου ρεύματος $I_1(z)$



Κατανομή φάσης ρεύματος $I_1(z)$



Ακριβώς ίδια μπορούμε να πούμε πως είναι και η κατανομή του $I_2(z)$! Το περιμέναμε λόγω της ισοδυναμία των δύο διπόλων. Τα δύο δίπολα έχουν ίδιο μήκος και ίδια διέγερση και συνεπώς οι εξισώσεις για τις κατανομές ρεύματος έχουν την ίδια λύση.

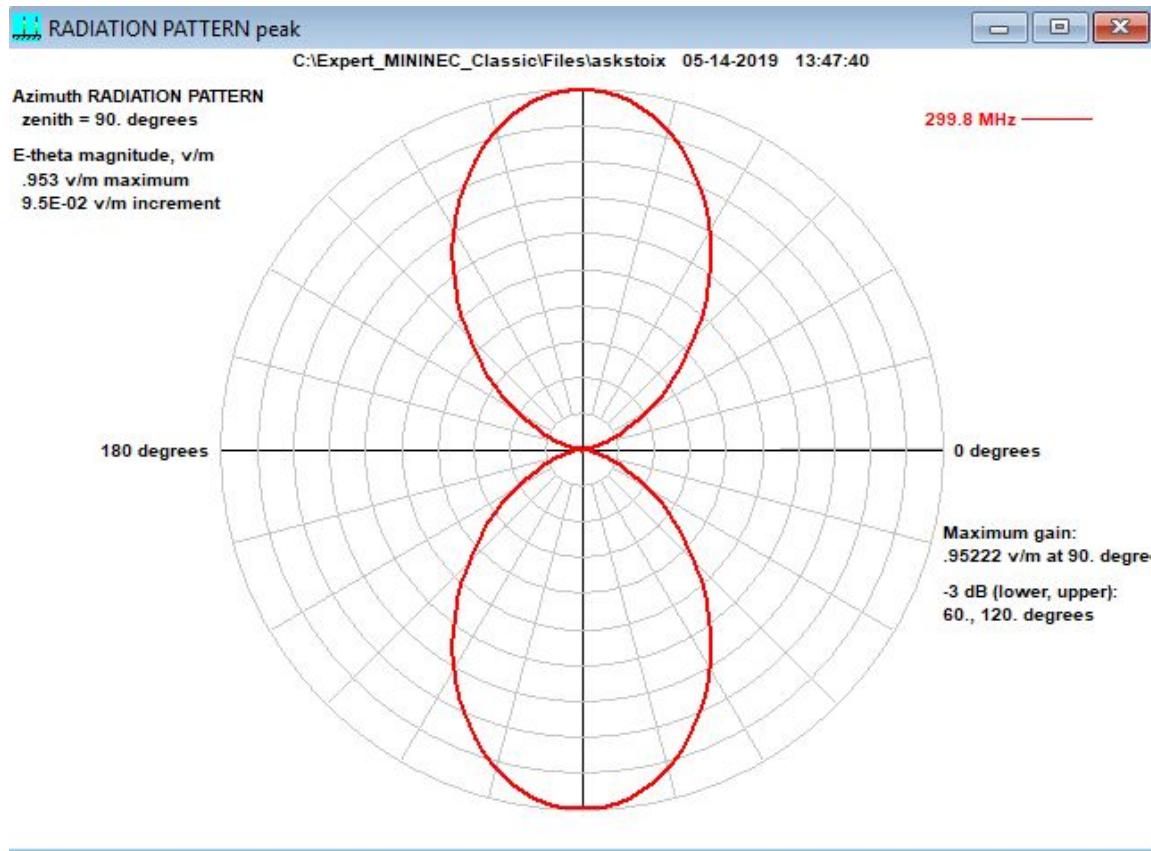
Για την αντίσταση εισόδου επιλέγουμε Output Display-> Display Options->impedance και στη συνέχεια text και εμφανίζονται τα παρακάτω στοιχεία:

```
C:\Expert_MININEC_Classic\Files\askstoix 05-13-2019 22:45:07

IMPEDANCE
normalization = 50.
freq      resist     react     imped     phase      VSWR      S11
S12
(MHz)      (ohms)    (ohms)    (ohms)    (deg)      dB        dB        dB
source = 1; node 20, sector 1
299.8      102.59    132.59    167.64    52.27
5.7938   -3.0287   -10.622
source = 2; node 59, sector 1
299.8      102.59    132.58    167.63    52.27
5.7933   -3.0289   -10.621
```

όπου διαβάζουμε τις αντιστάσεις εισόδου των δύο κεραιών. Για τον λόγο που έχηγήσαμε πριν, οι αντιστάσεις εισόδου είναι σχεδόν όμοιες και για τα δύο δίπολα.

α2)Στο επίπεδο $z=0$, η στοιχειοκεραία έχει το παρακάτω διάγραμμα ακτινοβολίας σε V/m:



Η στοιχειοκεραία είναι μετωπική καθώς δεν υπάρχει διαφορά φάσης στις τροφοδοσίες των διπόλων, κάτι το οποίο επιβεβαιώνεται και από το παραπάνω διάγραμμα.

Με παρατήρηση του διαγράμματος ακτινοβολίας καταλήγουμε στο ότι:

- Το μέγιστο του διαγράμματος εμφανίζεται στις 90° και στις 270°
- Βλέπουμε ότι το ελάχιστο εμφανίζεται στις 0° και 180° .
- Επίσης $\Delta_0 = 180^\circ$.

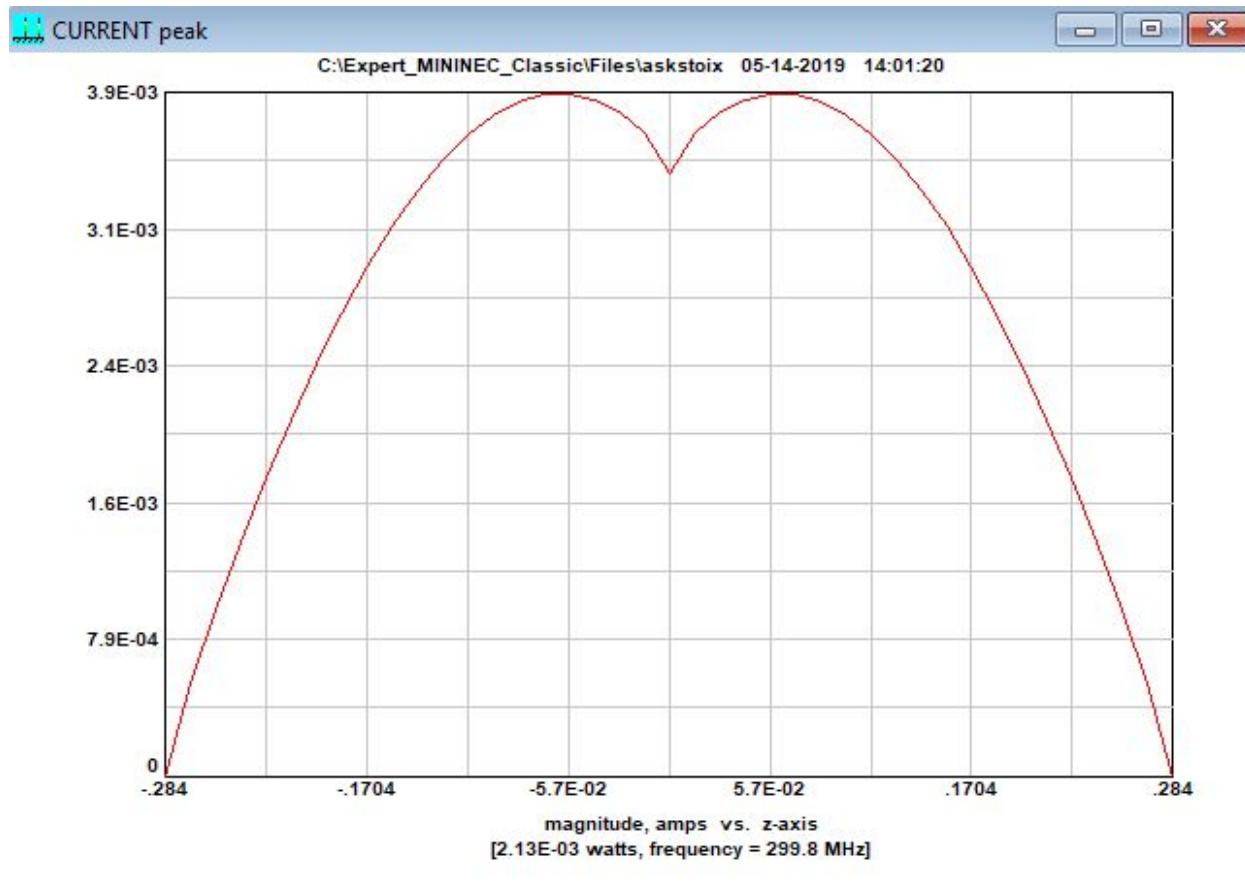
- Και τέλος, $\Delta_{3\text{db}} = 60^\circ$.

β)

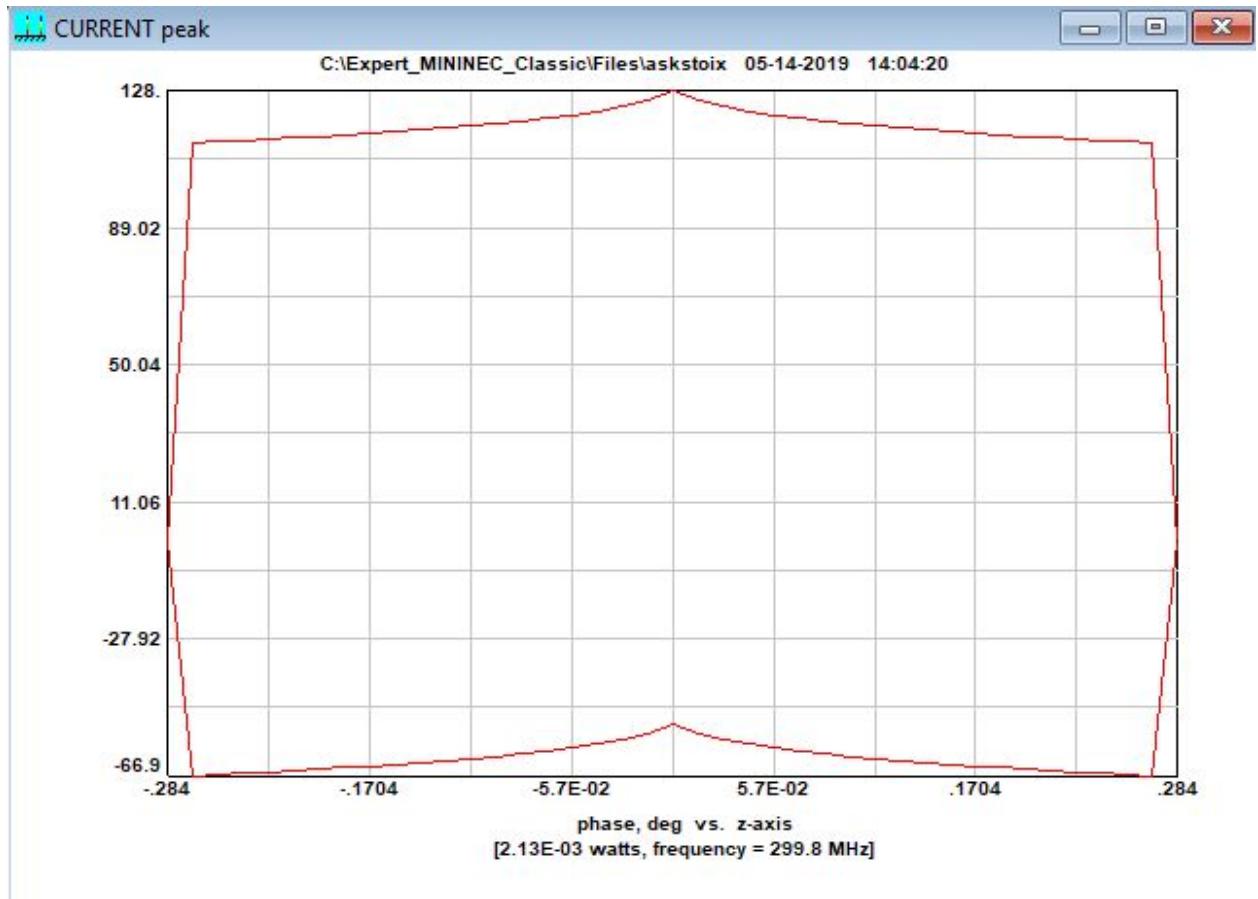
Στη συνέχεια “κατασκευάζουμε” στο MININEC αξονική στοιχειοκεραία δύο στοιχείων(δηλαδή διαφορά φάσης μεταξύ των δύο τάσεων 180 μοίρες) με απόσταση κεραιών = 0.5m.Πραγματοποιούμε όλα τα βήματα όπως και πριν:

Υπολογίζουμε τις δύο κατανομές ρεύματος και (μέτρο και φάση) όπως φαίνονται παρακάτω:

Κατανομή μέτρου ρεύματος $I_1(z)$



Κατανομή ρευμάτων κατά φάση



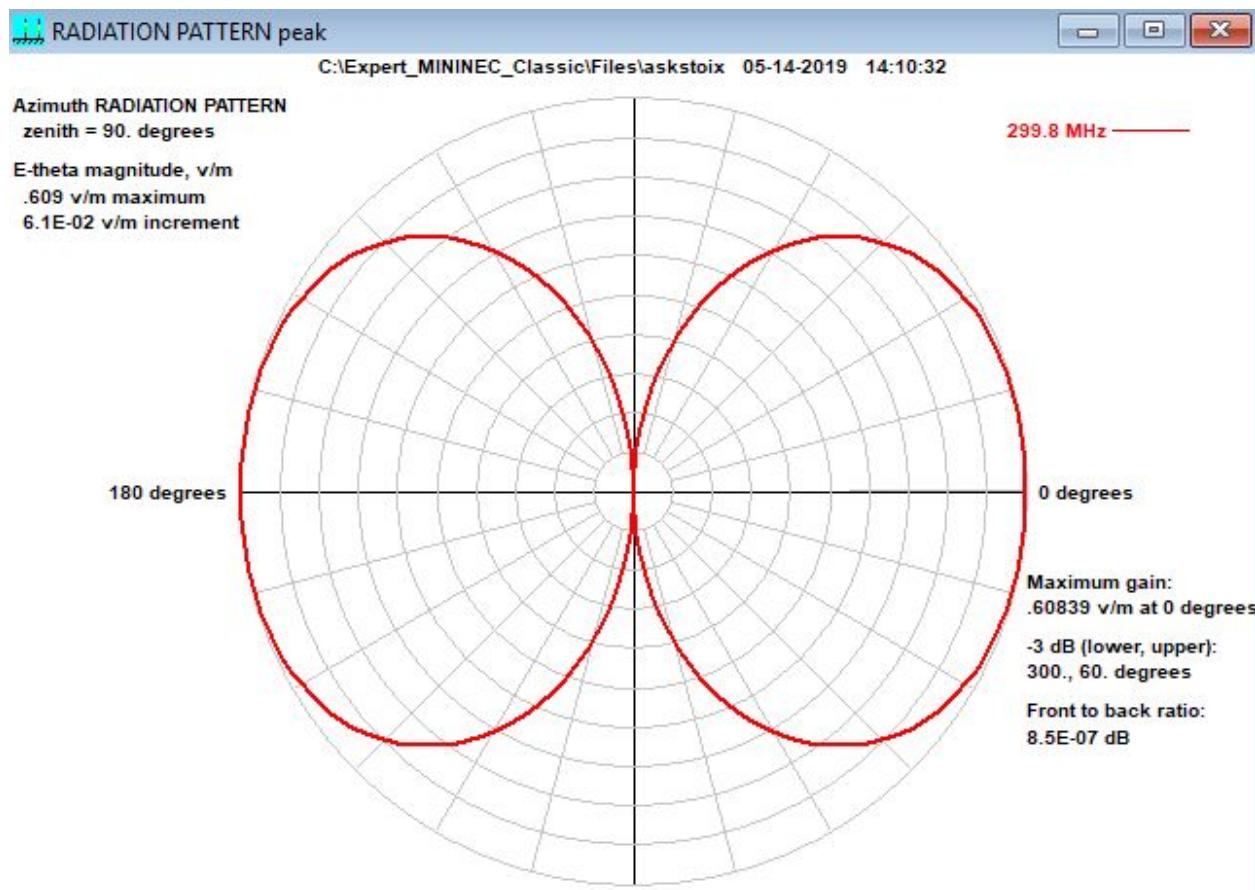
Παρατηρούμε από τα διαγράμματα ότι τα πλάτη των ρευματικών κατανομών των δυο στοιχείων είναι τα ίδια, ενώ οι φάσεις διαφέρουν κατά 180° , όπως αναμενόταν αφού τα δυο στοιχεία της κεραίας τροφοδοτούνται με την ίδια κατά πλάτος τάση αλλά με διαφορά φάσης 180° . Στη συνέχεια:

```
C:\Expert_MININEC_Classic\Files\askstoix 05-14-2019 14:07:23

IMPEDANCE
normalization = 50.
freq      resist     react     imped     phase      VSWR      S11
S12
(MHz)      (ohms)    (ohms)    (ohms)   (deg)      dB        dB        dB
source = 1; node 20, sector 1
299.8     177.25    227.43    288.34    52.07
9.5588   -1.824    -14.452
source = 2; node 59, sector 1
299.8     177.24    227.4     288.32    52.07
9.5575   -1.8243   -14.451
```

όπου διαβάζουμε τις αντιστάσεις εισόδου των δύο κεραιών. Επίσης παρατηρούμε ότι και οι αντιστάσεις εισόδου των δύο κεραιών είναι ίσες, κάτι το οποίο είναι αναμενόμενο,

καθώς το ρεύμα τροφοδοσίας κατά πλάτος στα δύο δίπολα είναι το ίδιο. Στο επίπεδο $z = 0$, η στοιχειοκεραία έχει το παρακάτω διάγραμμα ακτινοβολίας σε V/m:



Παρατηρούμε ότι πρόκειται για αξονική στοιχειοκεραία, κάτι το οποίο ήταν αναμενόμενο από την διαφορά φάσης μεταξύ των ρευμάτων τροφοδοσίας (180°).

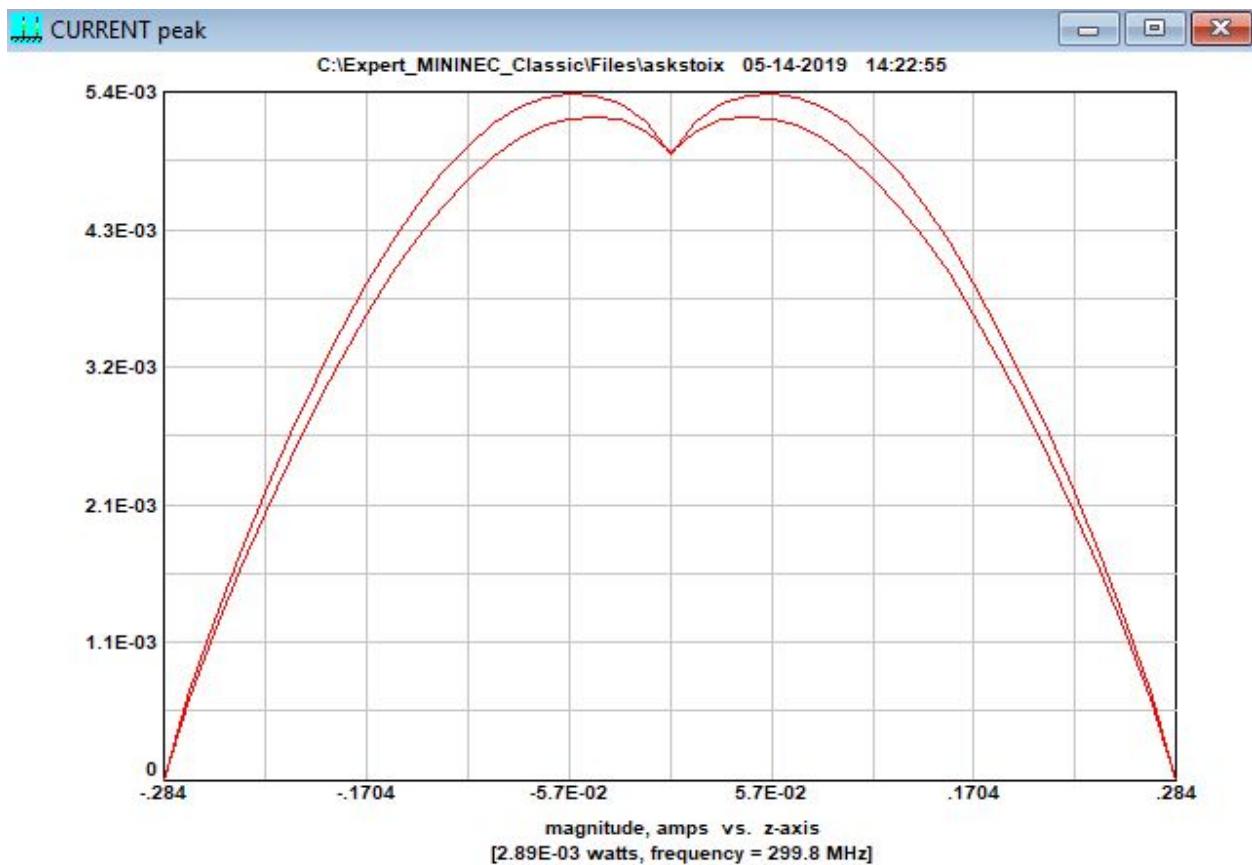
Με παρατήρηση των διαγραμμάτων ακτινοβολίας καταλήγουμε στο ότι:

- Το μέγιστο του διαγράμματος εμφανίζεται στις 0° και στις 180° .
- Βλέπουμε ότι το ελάχιστο εμφανίζεται στις 90° και στις 270° .
- Επίσης $\Delta_0=180^\circ$.
- Και τέλος, $\Delta_{3db}=120^\circ$. περίπου

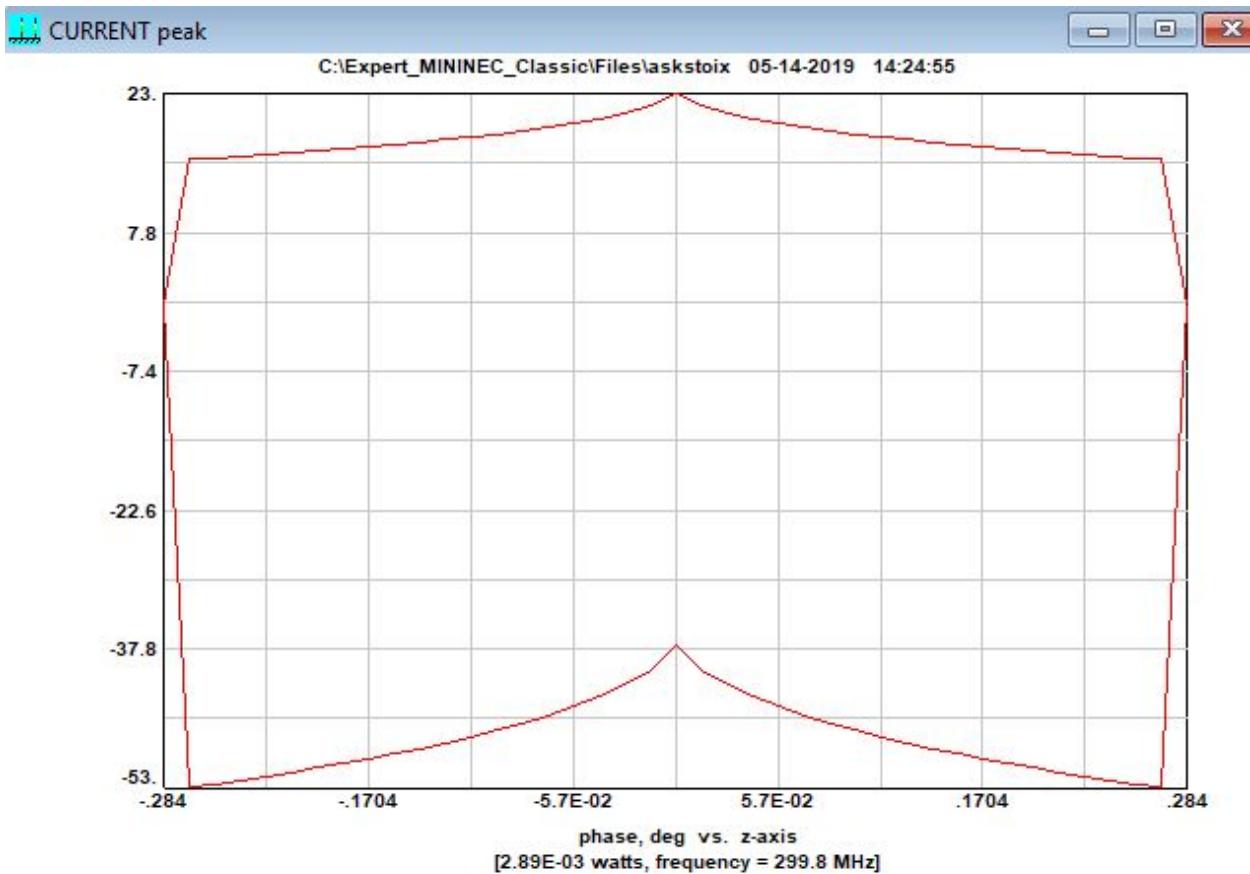
γ)

Στη συνέχεια κάνουμε προσομοίωση στο MININEC στοιχειοκεραία δύο στοιχείων με τάσεις (δηλαδή διαφορά φάσης μεταξύ των δύο τάσεων 90 μοίρες) και απόσταση κεραιών = 0.5m. Έχουμε:

Κατανομή ρευμάτων $I_1(z)$ και $I_2(z)$ κατά μέτρο



Κατανομή ρευμάτων $I_1(z)$ και $I_2(z)$ κατά φάση

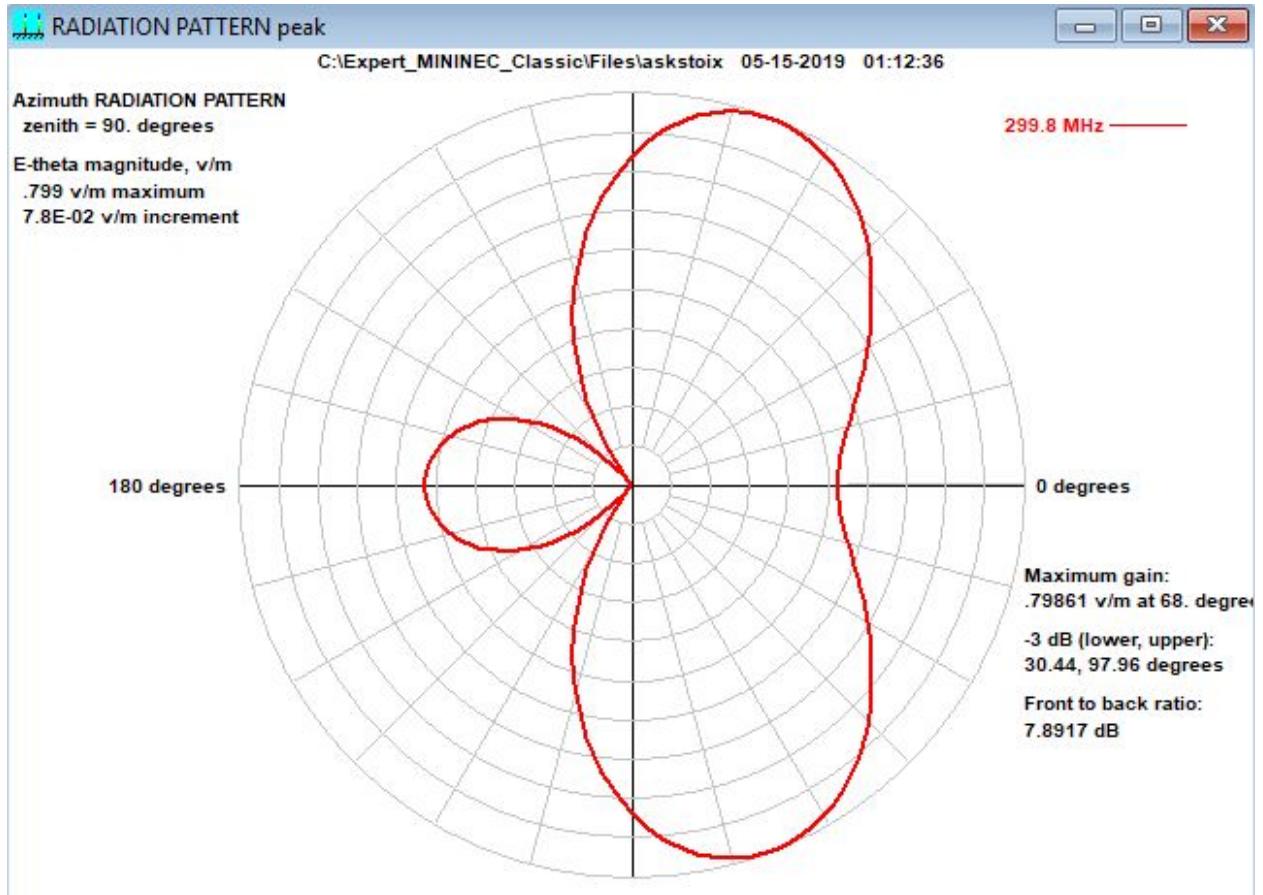


Παρατηρούμε από τα παραπάνω ότι τα πλάτη των ρευματικών κατανομών των δυο στοιχείων δεν είναι πλέον ίσα αφού οι τάσεις διέγερσης δεν είναι πλέον ανάλογες μεταξύ τους, καθώς έχουν διαφορά φάσης 90 μοιρών. Για το λόγο αυτό, και τα ρεύματα έχουν διαφορά φάσης 90 μοιρών, όπως φαίνεται και στο αντίστοιχο διάγραμμα των φάσεων των ρευμάτων. Επίσης:

```
C:\Expert_MININEC_Classic\Files\askstoix 05-14-2019 14:27:11

IMPEDANCE
normalization = 50.
freq      resist     react     imped     phase      VSWR      S11
S12
(MHz)      (ohms)    (ohms)    (ohms)    (deg)      dB        dB        dB
source = 1; node 20, sector 1
299.8      80.058    189.02    205.27    67.04
11.061    -1.5749   -15.607
source = 2; node 59, sector 1
299.8      162.58    124.27    204.63    37.39
5.269    -3.3374   -9.9234
```

όπου διαβάζουμε τις αντιστάσεις εισόδου των δύο κεραιών. Επίσης, παρατηρούμε ότι οι αντιστάσεις εισόδου των δύο κεραιών διαφέρουν αρκετά λόγω της εξάρτησης τους από το πλάτος των ρευματικών κατανομών. Στο επίπεδο $z = 0$, η στοιχειοκεραία έχει το παρακάτω διάγραμμα ακτινοβολίας, σε V/m:



Με παρατήρηση των διαγραμμάτων ακτινοβολίας καταλήγουμε στο ότι:

- Το μέγιστο του διαγράμματος εμφανίζεται στις 68° .
- Βλέπουμε ότι το ελάχιστο εμφανίζεται περί τις 120° και -120° .
- Επίσης $\Delta_0 = 240^\circ$
- Ακόμα $\Delta_{3\text{db}} = 195.92^\circ$. (Πρόχειρα)

δ)

Επαναλαμβάνουμε διαδοχικά τις ενέργειες του ερωτήματος (α) όπου μελετήθηκε μετωπική στοιχειοκεραία για αποστάσεις $b=\lambda/4=0.25m$ έως $b=3\lambda/2=1.5m$ (με βήμα 0.25m) λαμβάνουμε τα παρακάτω αποτελέσματα:

b = 0.25m

```
C:\Expert_MININEC_Classic\Files\askstoix 05-14-2019 20:54:20

IMPEDANCE
normalization = 50.
freq      resist     react     imped     phase     VSWR     S11
S12
(MHz)      (ohms)    (ohms)    (ohms)    (deg)      dB       dB
source = 1; node 20, sector 1
299.8      191.43    111.8     221.68    30.29
5.2034    -3.3806   -9.832
source = 2; node 59, sector 1
299.8      191.44    111.81    221.7     30.29
5.2037    -3.3804   -9.8325
```

b = 0.50m

```
C:\Expert_MININEC_Classic\Files\askstoix 05-14-2019 20:55:39

IMPEDANCE
normalization = 50.
freq      resist     react     imped     phase     VSWR     S11
S12
(MHz)      (ohms)    (ohms)    (ohms)    (deg)      dB       dB
source = 1; node 20, sector 1
299.8      102.59    132.59    167.64    52.27
5.7938    -3.0287   -10.622
source = 2; node 59, sector 1
299.8      102.59    132.58    167.63    52.27
5.7933    -3.0289   -10.621
```

b = 0.75m

```
C:\Expert_MININEC_Classic\Files\askstoix 05-14-2019 20:57:42
```

```
IMPEDANCE
normalization = 50.
freq      resist   react     imped    phase    VSWR    S11
S12
(MHz)      (ohms)   (ohms)   (ohms)   (deg)    dB       dB       dB
source = 1; node 20, sector 1
299.8      97.851   201.51   224.02   64.1
10.674    -1.6322  -15.324
source = 2; node 59, sector 1
299.8      97.849   201.53   224.03   64.1
10.676    -1.632   -15.325
```

b = 1m

```
C:\Expert_MININEC_Classic\Files\askstoix 05-14-2019 21:01:15
```

```
IMPEDANCE
normalization = 50.
freq      resist   react     imped    phase    VSWR    S11
S12
(MHz)      (ohms)   (ohms)   (ohms)   (deg)    dB       dB       dB
source = 1; node 20, sector 1
299.8      154.26   210.1    260.65   53.71
9.0215    -1.9336  -13.998
source = 2; node 59, sector 1
299.8      154.25   210.07   260.62   53.71
9.0198    -1.9339  -13.997
```

b = 1.25m

```
IMPEDANCE
normalization = 50.
freq      resist   react     imped    phase    VSWR    S11
S12
(MHz)      (ohms)   (ohms)   (ohms)   (deg)    dB       dB       dB
source = 1; node 20, sector 1
299.8      161.76   166.02   231.8    45.74
6.8051    -2.5714  -11.827
source = 2; node 59, sector 1
299.8      161.78   166.04   231.82   45.74
6.8058    -2.5711  -11.828
```

b = 1.5m

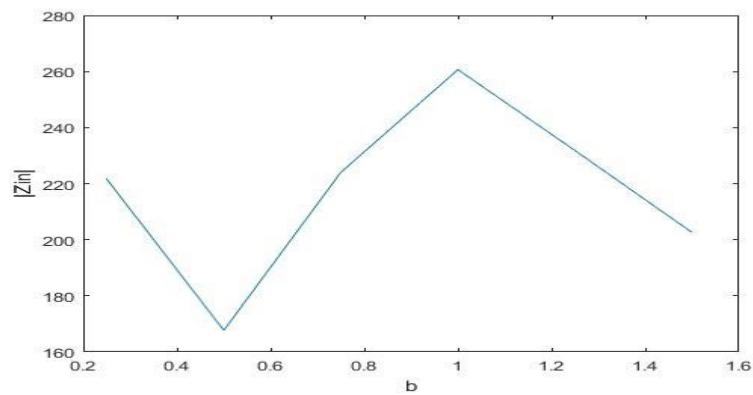
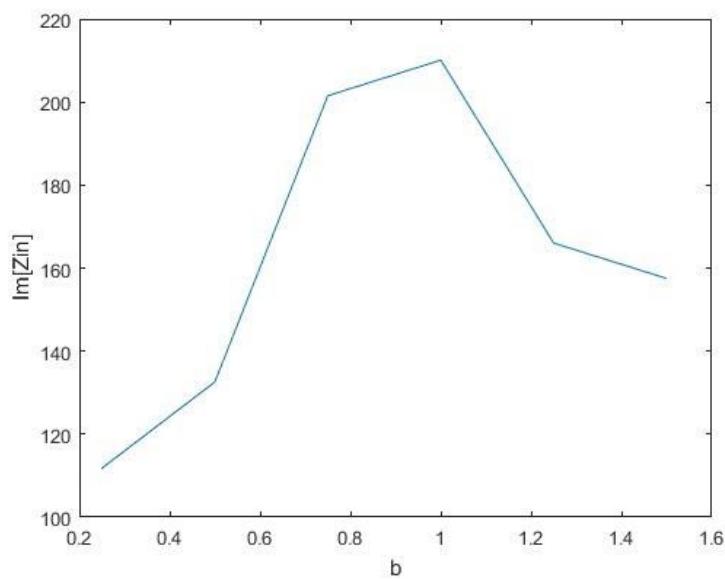
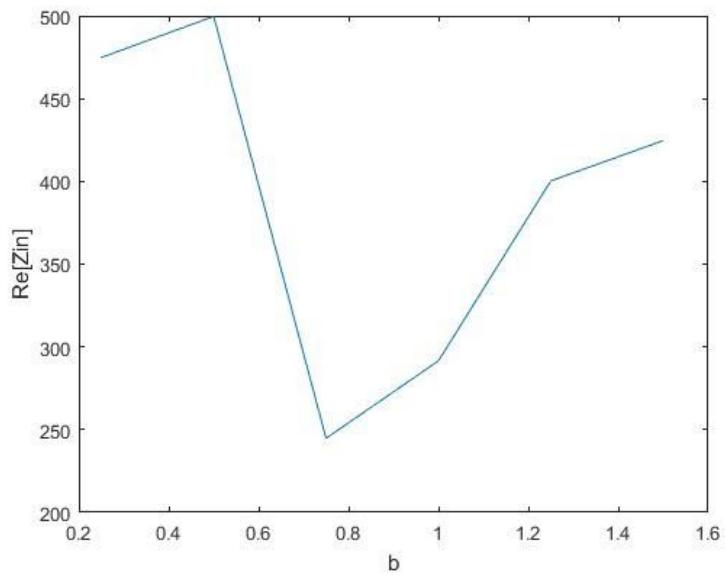
```
C:\Expert_MININEC_Classic\Files\askstoix 05-14-2019 21:04:48

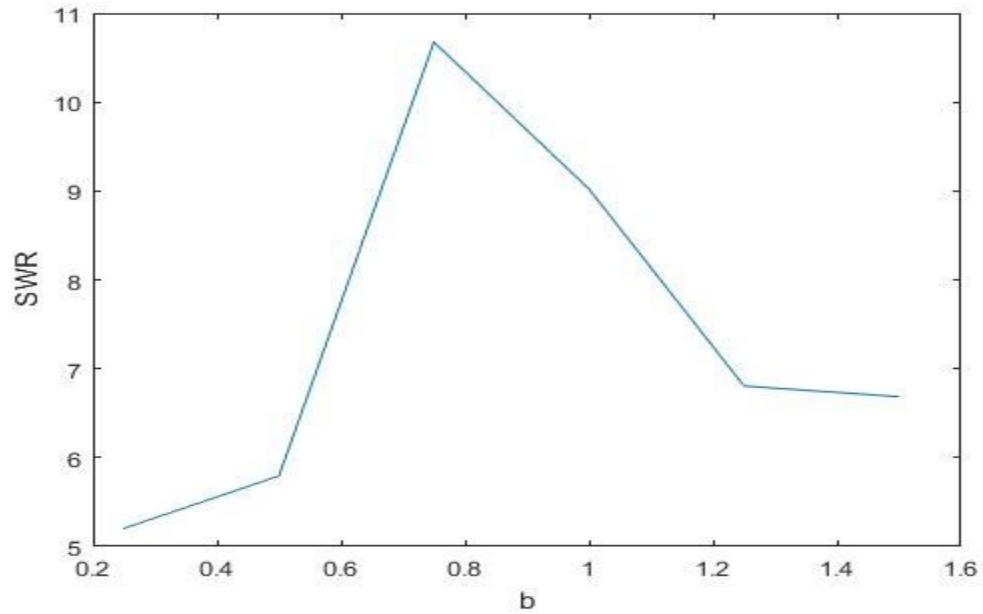
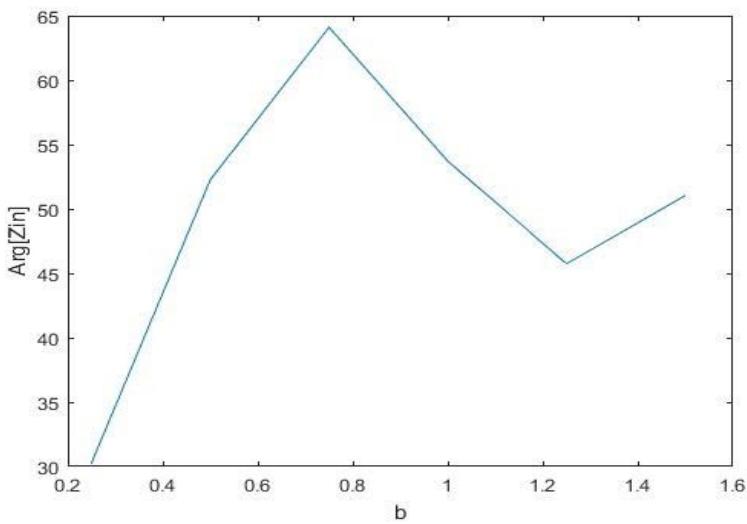
IMPEDANCE
normalization = 50.
freq      resist     react     imped     phase     VSWR     S11
S12
(MHz)      (ohms)    (ohms)    (ohms)    (deg)      dB       dB       dB
source = 1; node 20, sector 1
299.8     127.37    157.5     202.56    51.04
6.6854   -2.6181   -11.693
source = 2; node 59, sector 1
299.8     127.37    157.49    202.54    51.04
6.6848   -2.6183   -11.692
```

Από τα παραπάνω δεδομένα προκύπτουν τα στοιχεία του παρακάτω πίνακα:

b (σε m)	Re{Zin} (σε Ω)	Im{Zin} (σε Ω)	 Zin (σε Ω)	Phase (σε μοίρες)	VSWR(σε dB)
0.25	191.43	111.8	221.68	30.29	5.2034
0.5	102.59	132.59	167.64	52.27	5.7938
0.75	97.851	201.51	224.02	64.1	10.674
1	154.26	210.1	260.65	53.71	9.0215
1.25	161.76	166.02	231.8	45.74	6.8051
1.5	127.37	157.5	202.56	51.04	6.6854

Από τα στοιχεία του παραπάνω πίνακα θα χαράξουμε τα αντίστοιχα διαγράμματα:





Παρατηρούμε ότι το SWR ελαχιστοποιείται για απόσταση διπόλων $b = 0.25\text{m}$. Αν θέλουμε να κάνουμε καλύτερη σχεδιάση, δεδομένου ότι η χαρακτηριστική αντίσταση της γραμμής μεταφοράς είναι 50Ω , θέλουμε να επιτύχουμε προσαρμογή της γραμμής μεταφοράς στο φορτίο, οπότε επιθυμούμε $\text{Re}(Z_{in})$ κοντά στα 50Ω και $\text{Im}(Z_{in})$ κοντά στο 0 (στη συχνότητα συντονισμού ή στην περιοχή της συχνότητας συντονισμού).

