

6° Esercitazione

- Array stampato con puntamento generico
- Array stampato con distribuzione di apertura non uniforme
- Antenne a Riflettore

Progettazione di un Array stampato con puntamento del fascio non broadside

Progettare un' allineamento di quattro antenne stampate su un substrato dielettrico di altezza $h=1.8$ mm e costante dielettrica $\epsilon=3$, alla frequenza di 2 GHz.

⊙ Specifiche:

- Alimentazione da 100 Ohm
- Distanza dai centro pari a 80 mm
- Progressione di fase ψ fra le antenne tale da avere un massimo per $\theta=20^\circ$

- ◉ Voglio avere un massimo per $\theta=20^\circ$. Dalla teoria sul fattore di array, so che ciò equivale ad imporre sull'allineamento una progressione di fase pari a:

$$\Psi = \beta_0 d \sin \theta.$$

Da cui:

$$\Psi = \beta_0 d \sin \theta = 42 * 80 * \sin 20^\circ = 65.65^\circ = 1.15 \text{ rad}$$

essendo la costante di propagazione in aria, a 2 GHz, pari a

$$\beta_0 = 2\pi / \lambda_0 = 2\pi / (c / f) = 42 \text{ m}^{-1}$$

e la distanza (ossia la spaziatura) fra le antenne d è fissata ad 80 mm.

- ◉ Dato che le antenne sono poste su di un substrato, lo sfasamento corrispondente nella linea con dielettrico dovrà dunque corrispondere ad una differenza di cammino fra le antenne pari a:

$$\beta_r d = \Psi \rightarrow d = \Psi / \beta_r = 1.15 \text{rad} / 62.64 \text{m}^{-1} = 18.36 \text{mm}$$

essendo la costante di propagazione nella linea col dielettrico pari a (da Prelude) 62.64 m^{-1} .

- Come ricavato nella Esercitazione 4, in cui i dati di substrato e frequenza erano gli stessi, la antenna singola alimentata con linea da 100 Ohm risuona per $L=41.9815$ mm con una resistenza dell'antenna prossima ai 200 Ohm se la sua larghezza è $W=60$ mm.
- Scegliamo quindi queste dimensioni per ciascuna delle 4 antenne dell'array.

=====

Freq: 2.00000 (GHz)

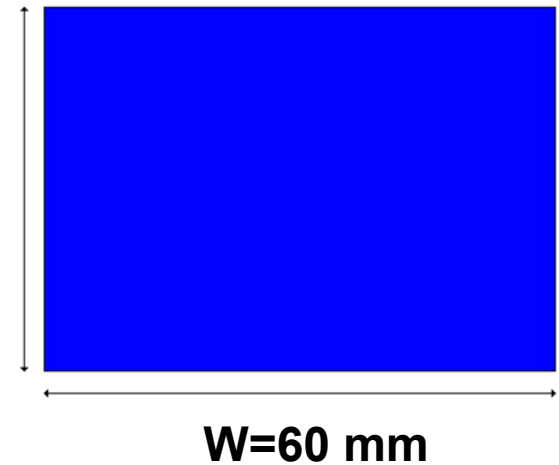
=====

	Eff.Perm.	Propagation Constant	Port Impedance (ohms)
Port 1:	2.24690	(-.16656E+00+j0.6264E+02)	100.0025

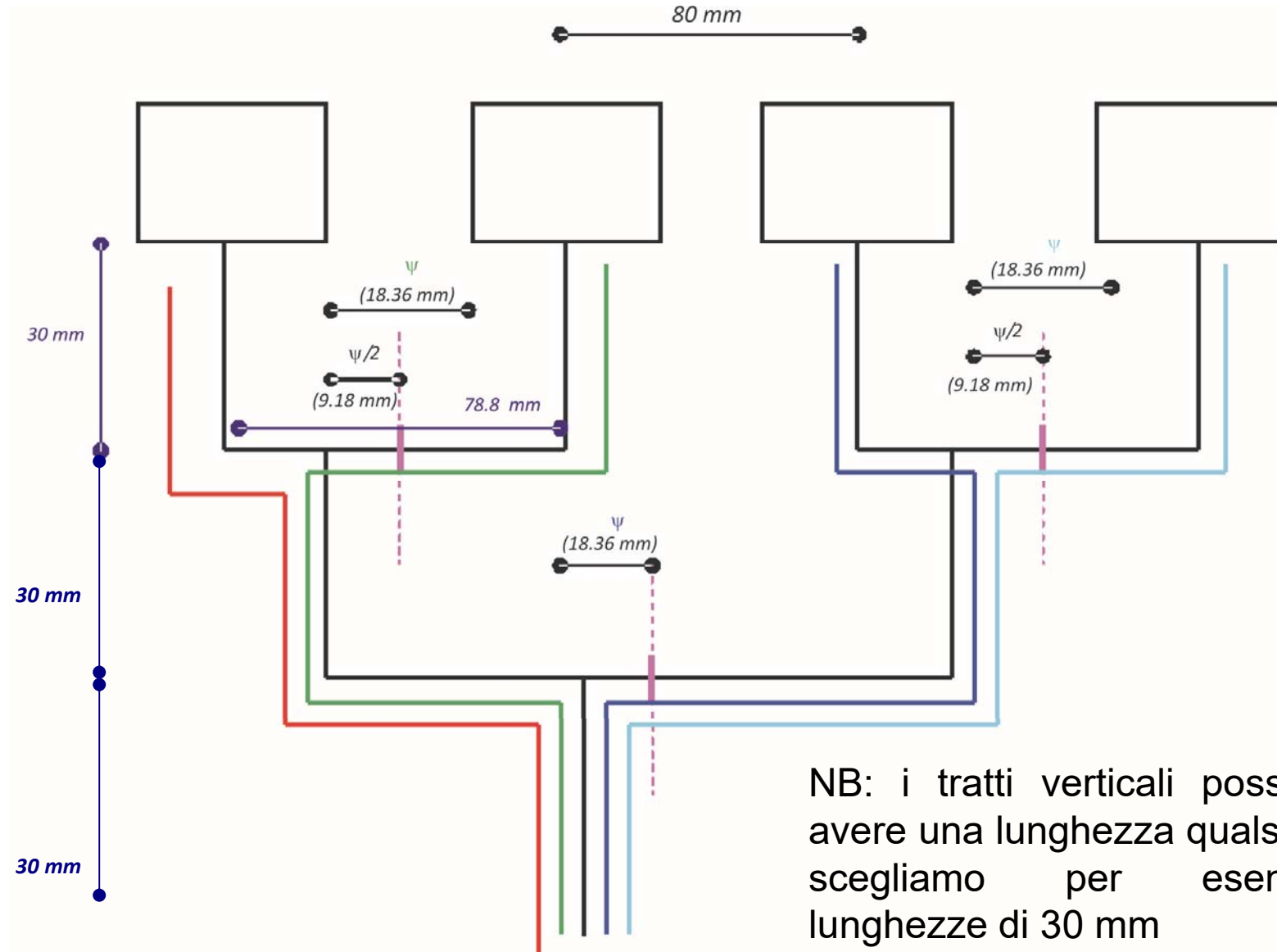
[Z] matrix:

i	j	Re(Z _{ij})	Im(Z _{ij})
1	1	2.0863	-0.15764E-02

$L=41.9815$ mm

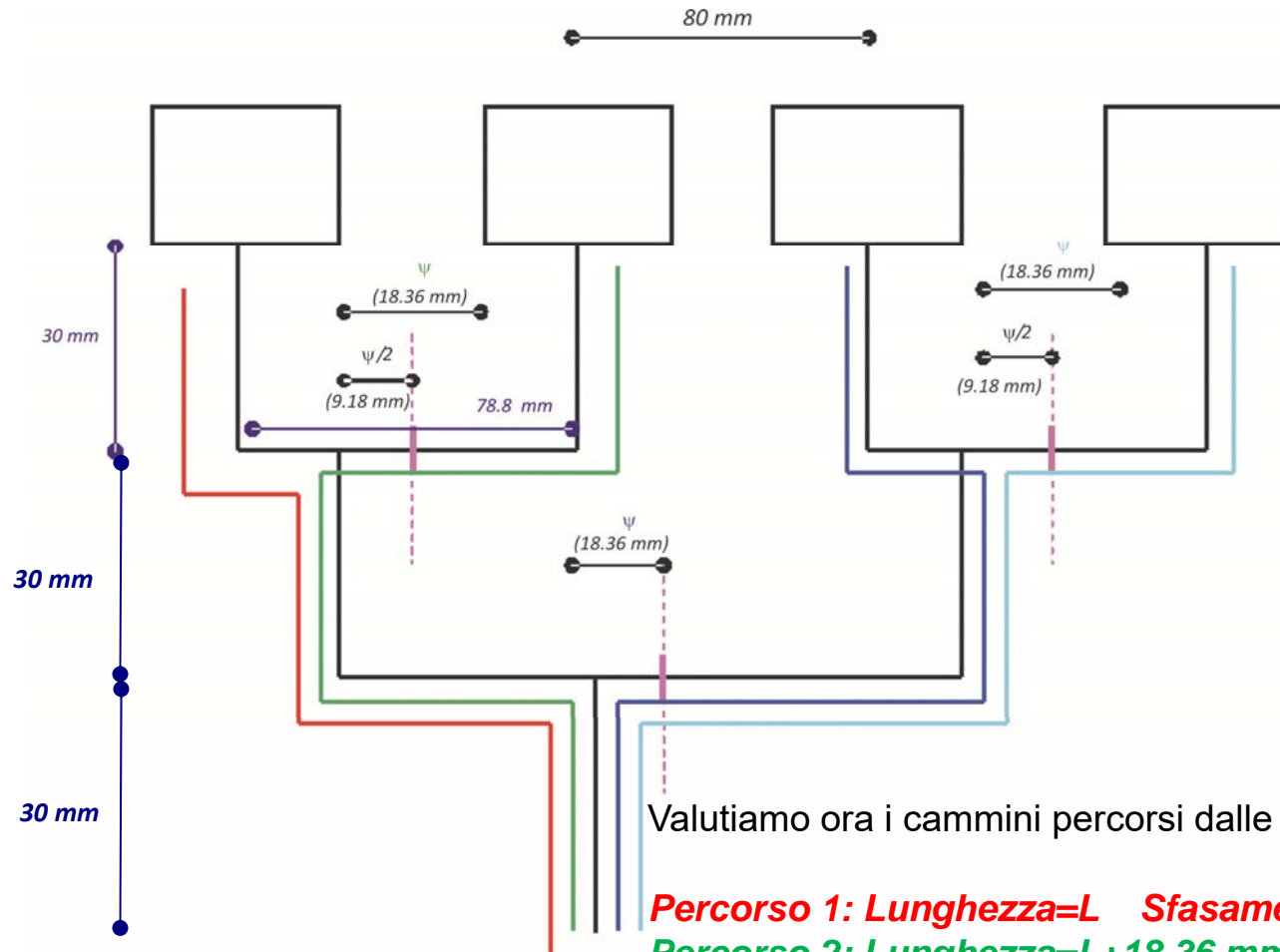


- Quindi il sistema di alimentazione dovrà essere fatto nel seguente modo:



NB: i tratti verticali possono avere una lunghezza qualsiasi, scegliamo per esempio lunghezze di 30 mm

- Quindi il sistema di alimentazione dovrà essere fatto nel seguente modo:



Valutiamo ora i cammini percorsi dalle varie linee di alimentazione:

Percorso 1: Lunghezza= L Sfasamento 0°

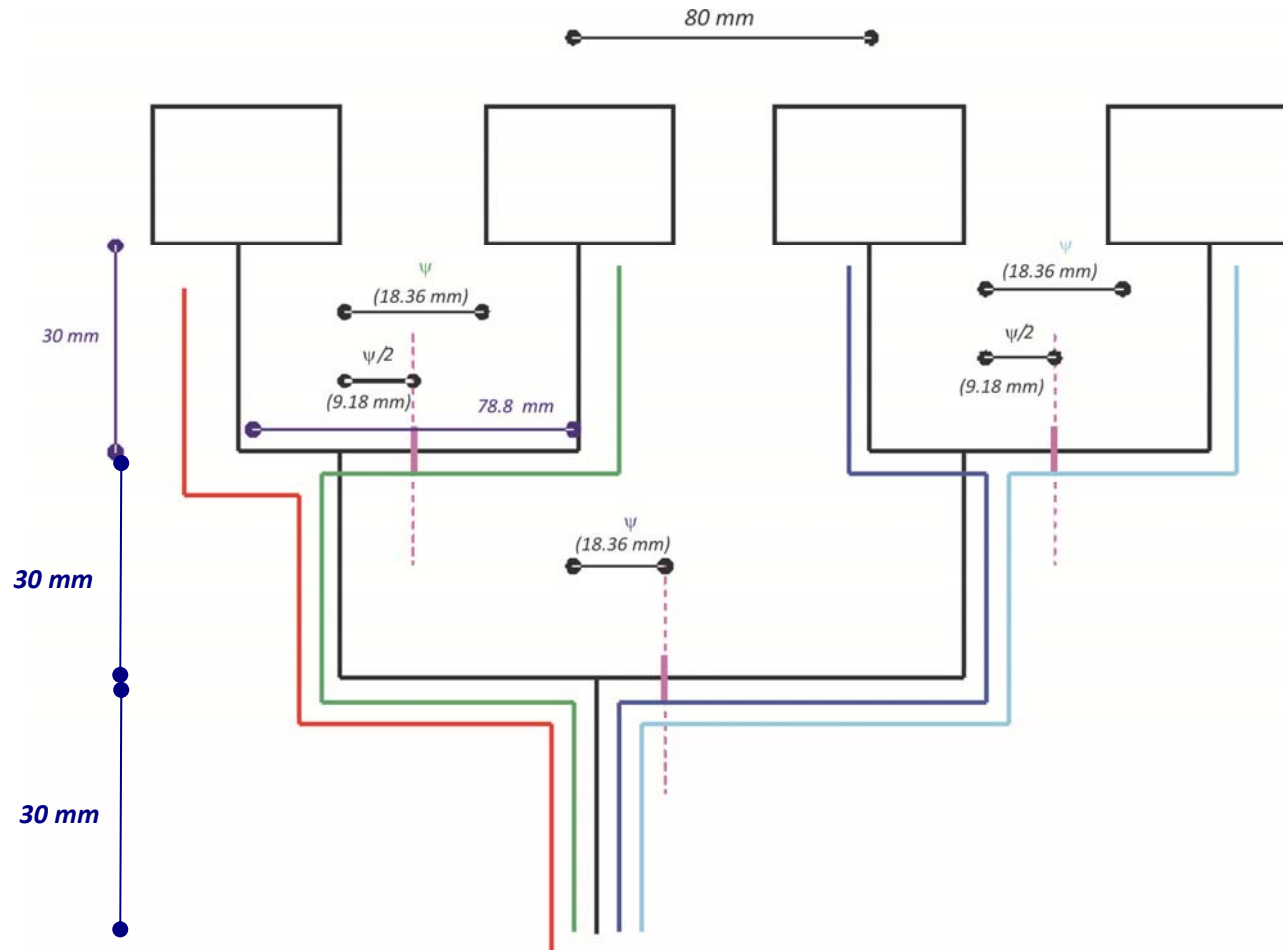
Percorso 2: Lunghezza= $L+18.36 \text{ mm}$ Sfasamento $0^\circ+\psi$

Percorso 3: Lunghezza= $L+18.36 \text{ mm}+18.36 \text{ mm}$ Sfasamento $0^\circ+2*\psi$

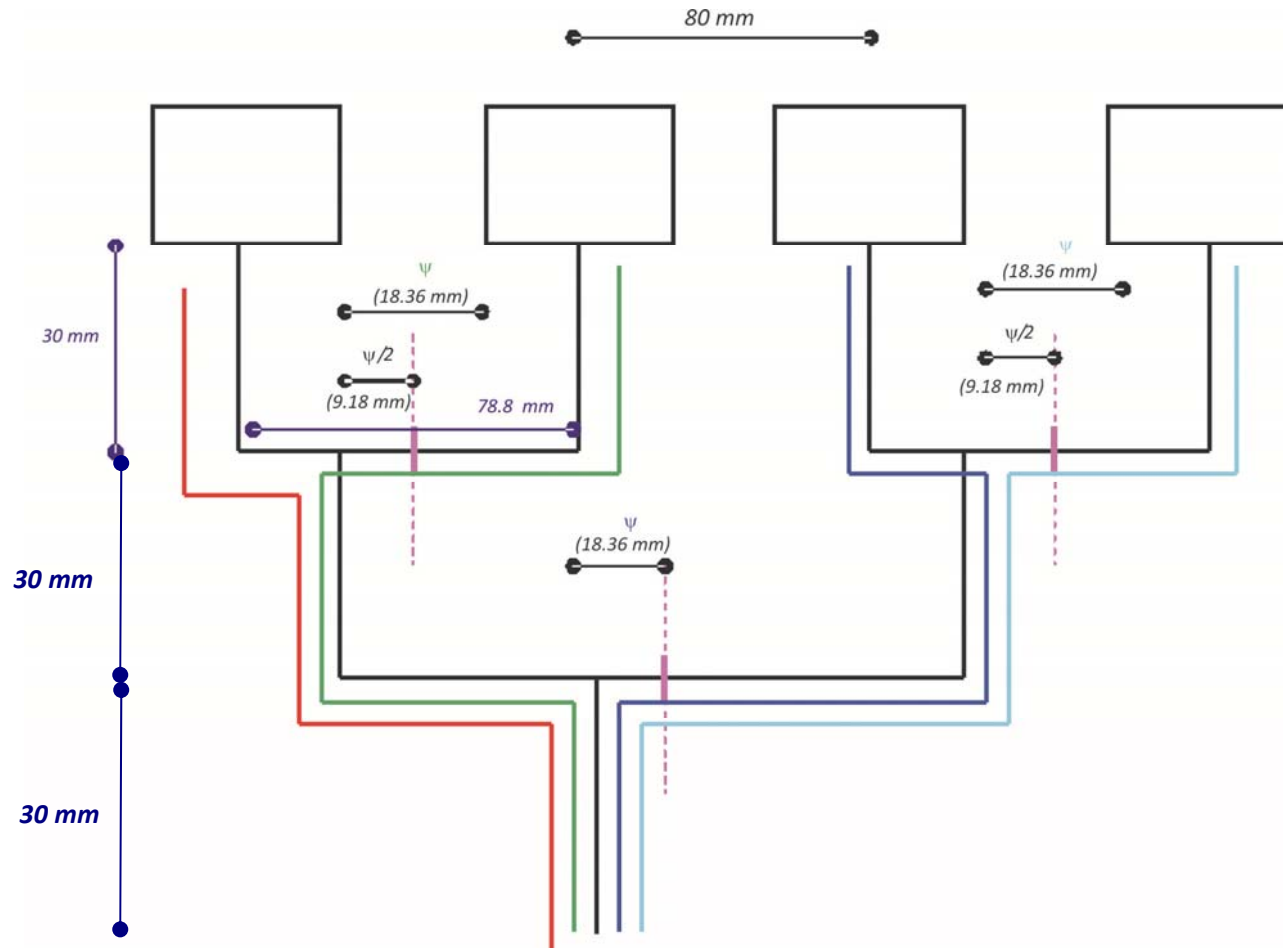
Percorso 4: Lunghezza= $L+18.36 \text{ mm}+18.36 \text{ mm}+18.36 \text{ mm}$

Sfasamento $0^\circ+2*\psi+\psi$

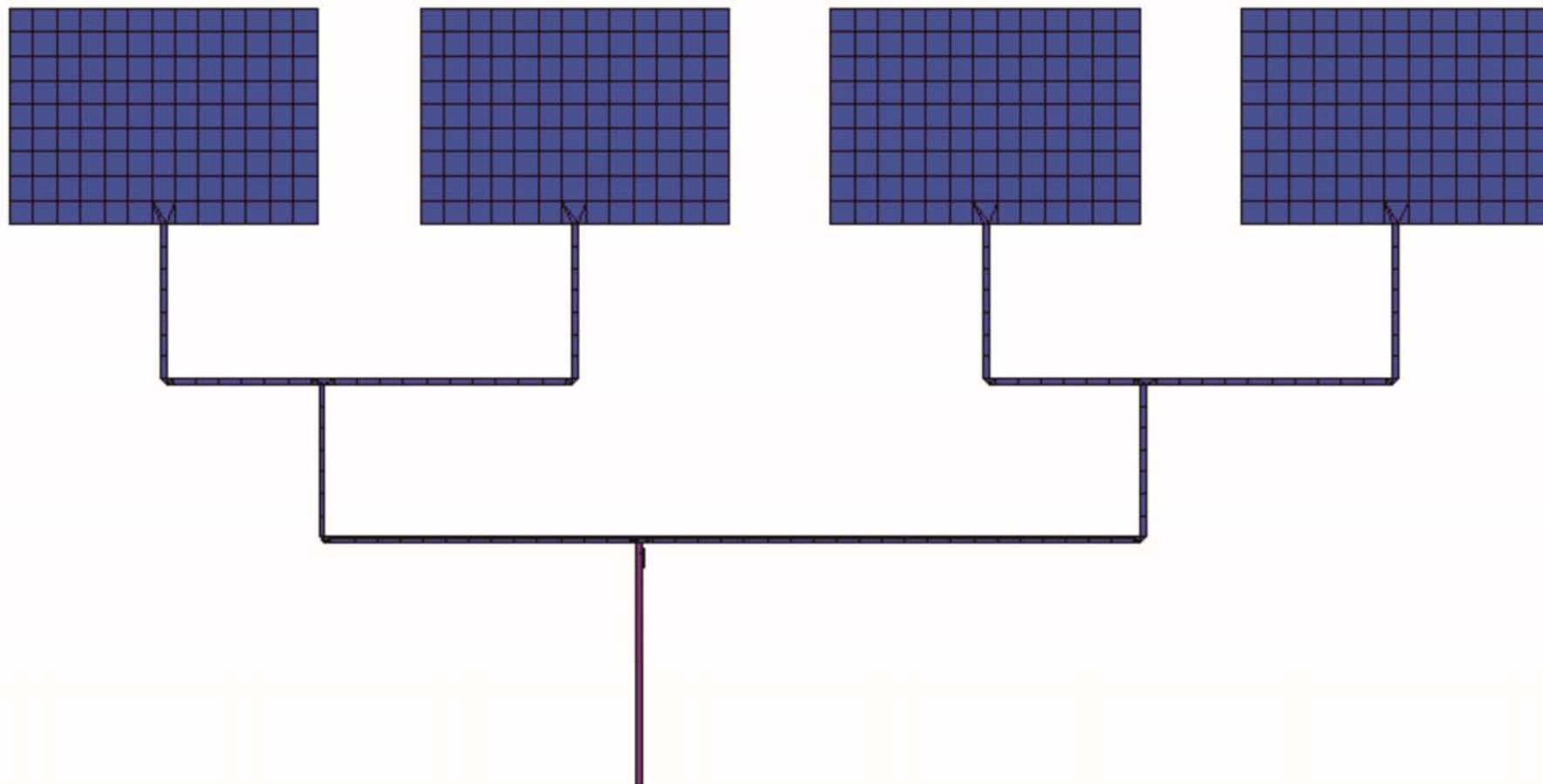
- Quindi l'array è esattamente quello voluto, con una progressione di fase (nel dielettrico) pari ad 1.15 radianti, ed avrà quindi un massimo di irradiazione in 20° .
- Le linee di alimentazione sono tutte a 100 Ohm ($W=1.2$ mm) come richiesto.



- I bracci orizzontali superiori che collegano le due antenne a due a due sono lunghi 81.2 mm ($1.2+1.2+78.8$), il braccio orizzontale principale che collega tutte le antenne è invece lungo 161.2 mm ($1.2+1.2+158.8$).



- Il layout di Prelude corrispondente è il seguente:



Come si può vedere aprendo il file .s ed il file .z, l'array non è ovviamente adattato, ma questo non mi interessa dato che nelle specifiche non c'è riferimento ad un adattamento.

```
=====
Freq: 2.00000 (GHz)
=====
```

	Eff.Perm.	Propagation Constant	Port Impedance (ohms)
Port 1:	2.25325	(0.11289E+00+j0.62924E+02)	99.8615

[S] matrix:

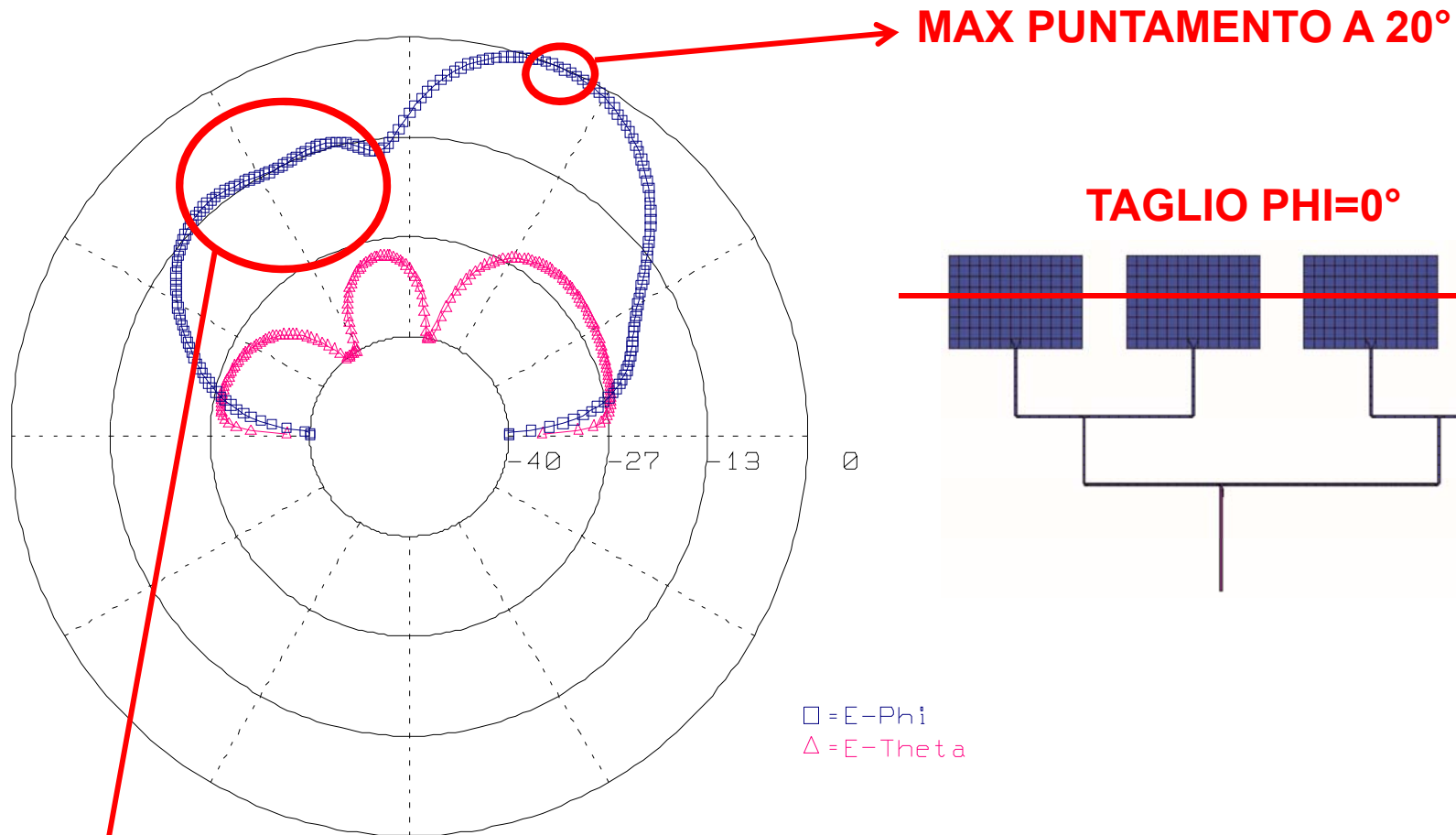
i	j	Re(S _{ij})	Im(S _{ij})	Magnitude	Phase	Mag. in dB
1	1	-0.34066	-0.28904	0.44676	-139.6859(deg.)	-6.9985

[Z] matrix:

i	j	Re(Z _{ij})	Im(Z _{ij})
1	1	0.42554	-0.30734

Verifichiamo invece che il puntamento del campo sia a 20° come richiesto:

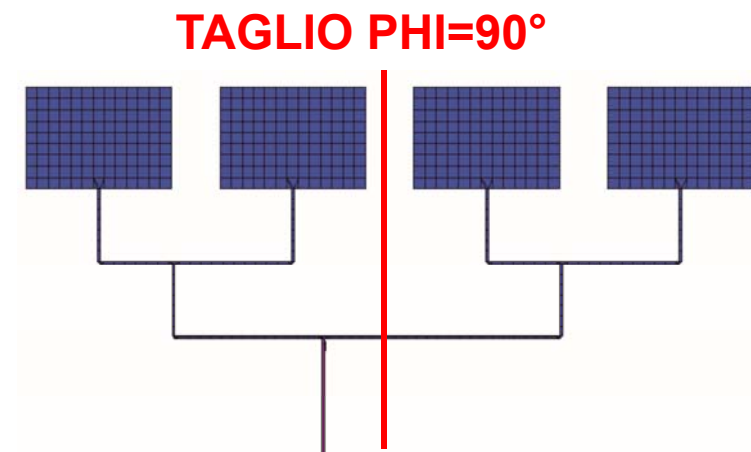
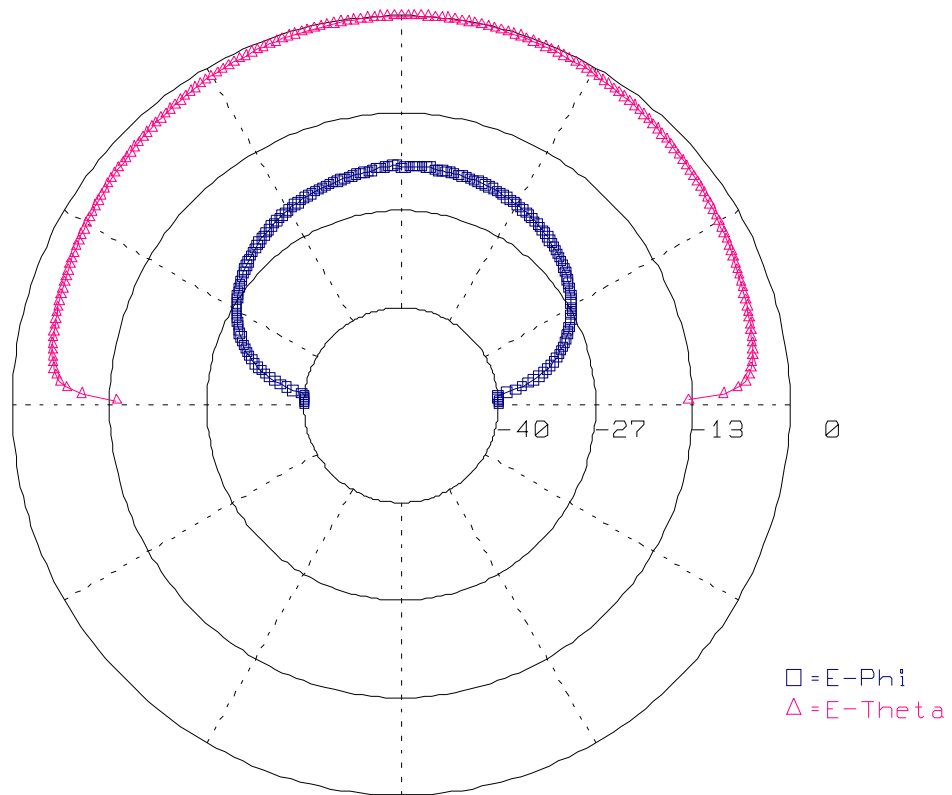
Far-Field Pattern
Freq = 2.00000 GHz, Scan Angle = 0.000



NOTA: il SLL è circa a -13 dB, come ci si aspetta dato che l'array è uniforme

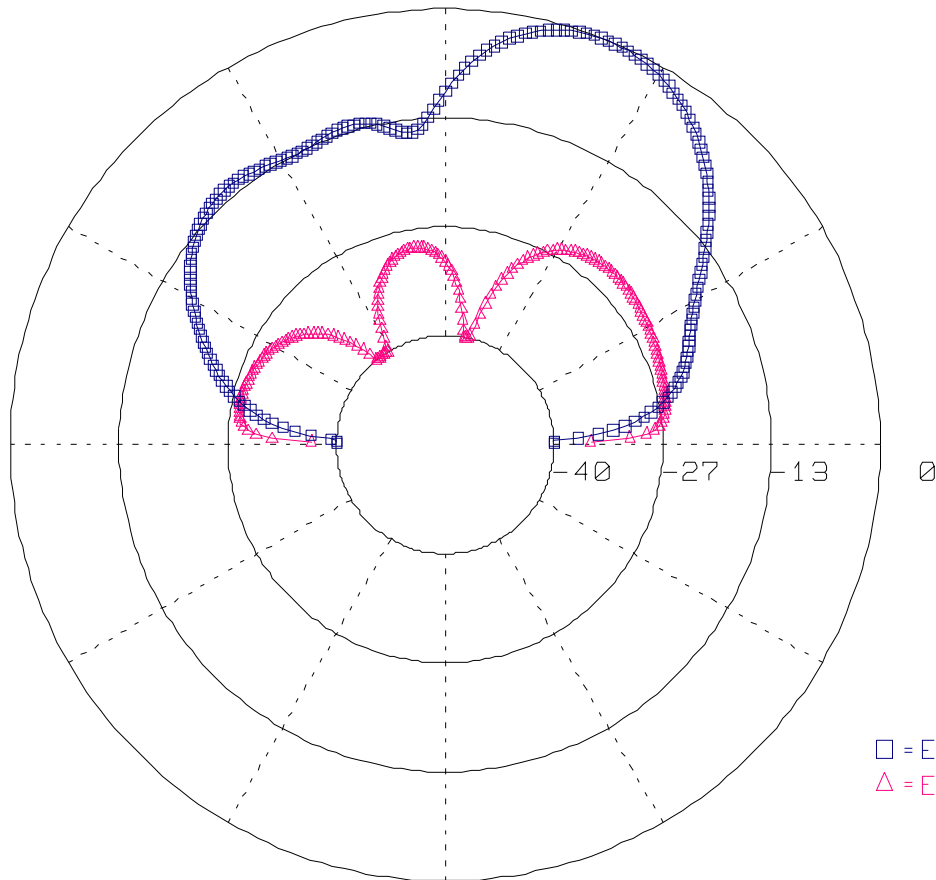
Verifichiamo invece che il puntamento del campo sia a 20° come richiesto:

Far-Field Pattern
Freq = 2.00000 GHz, Scan Angle = 90.000

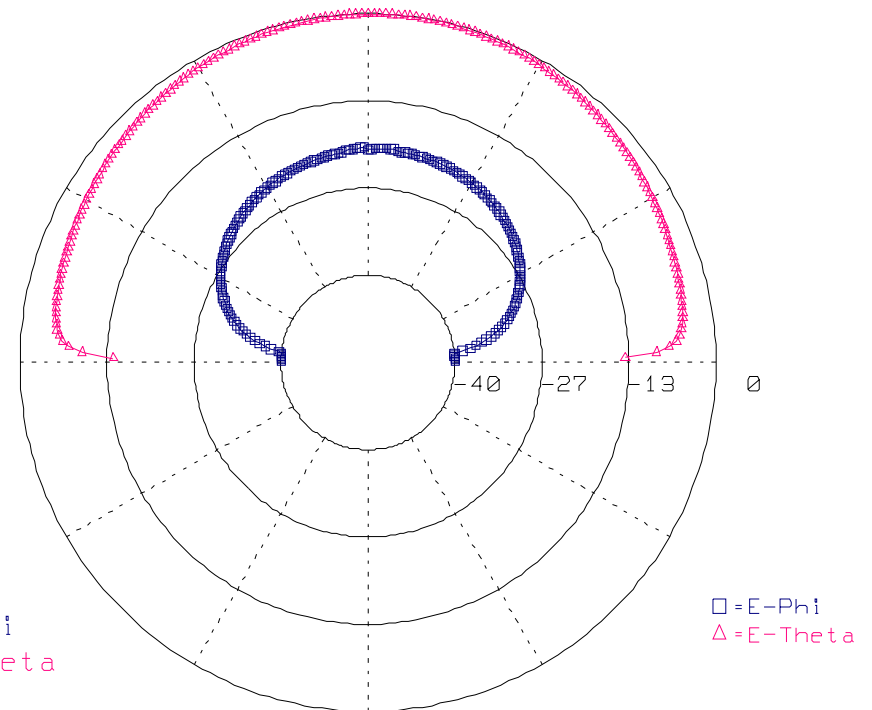


Verifichiamo invece che il puntamento del campo sia a 20° come richiesto:

Far-Field Pattern
Freq = 2.00000 GHz, Scan Angle = 0.000



Far-Field Pattern
Freq = 2.00000 GHz, Scan Angle = 90.000



Se volessi adattare l'array potrei pensare di utilizzare in ingresso un opportuno trasformatore $\lambda/4$ - $\lambda/8$.

```
=====
Freq: 2.00000 (GHz)
=====
```

	Eff.Perm.	Propagation Constant	Port Impedance (ohms)
Port 1:	2.25325	(0.11289E+00+j0.62924E+02)	99.8615

[S] matrix:

i j	Re(S _{ij})	Im(S _{ij})	Magnitude	Phase	Mag. in dB
1 1	-0.34066	-0.28904	0.44676	-139.6859(deg.)	-6.9985

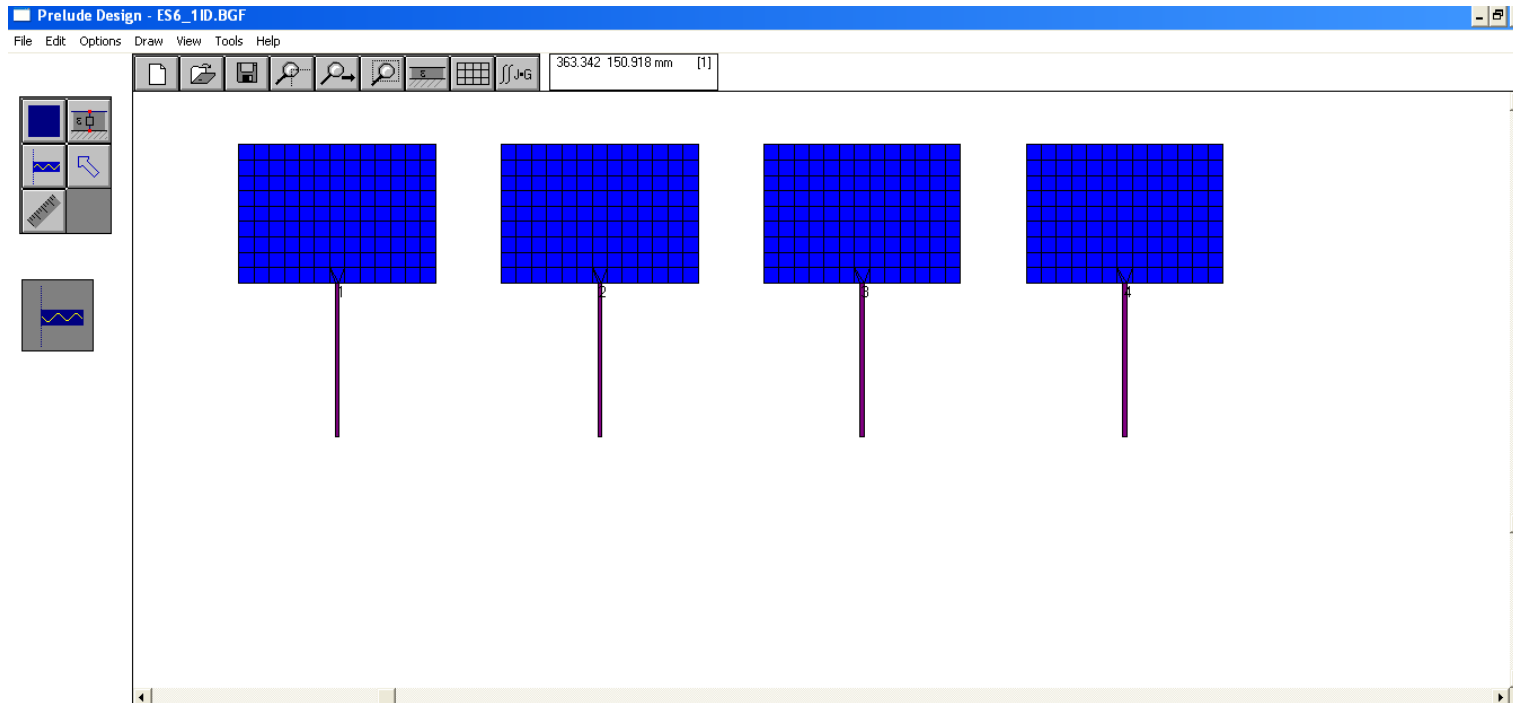
[Z] matrix:

i j	Re(Z _{ij})	Im(Z _{ij})
1 1	0.42554	-0.30734

L'array presenta infatti in ingresso una Z_{in} complessa pari a:

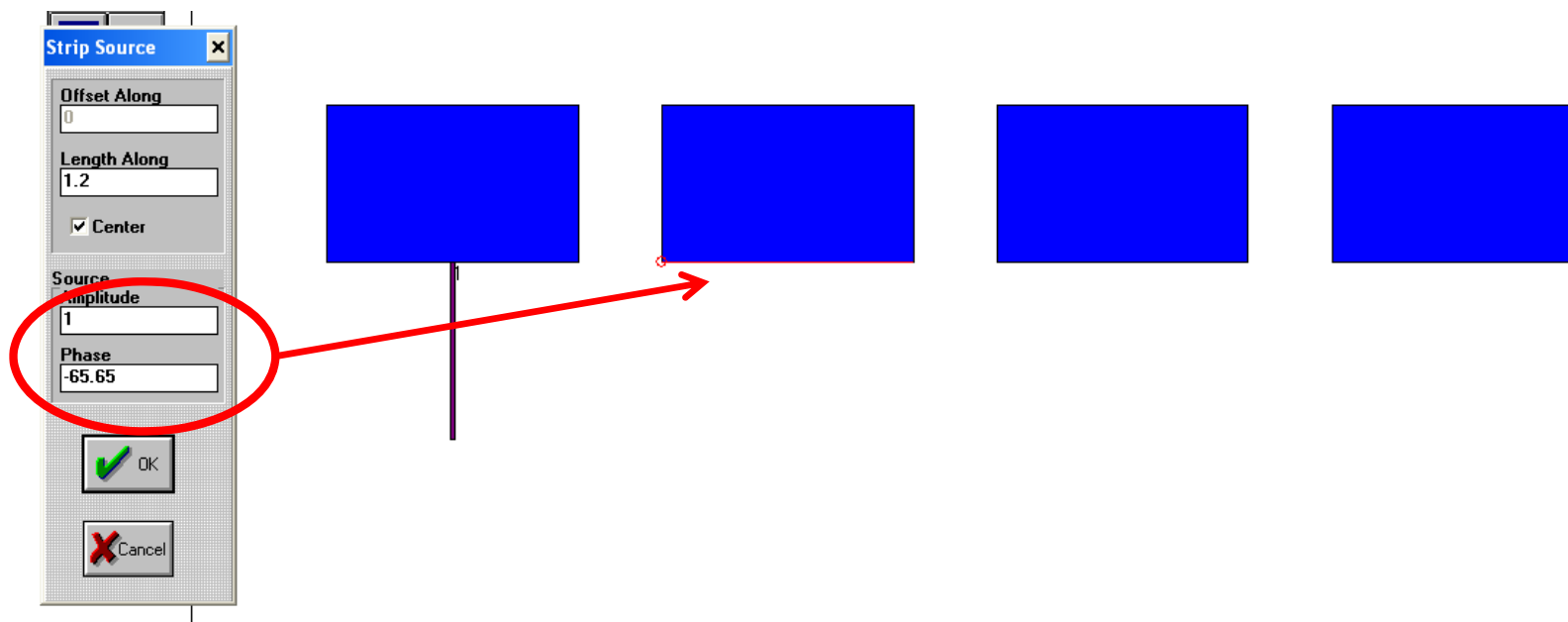
$$Z_{in} = 99.8615 \cdot (0.42554 - j 0.30734) \text{ Ohm} = 42.5 - j 30.7 \text{ Ohm}$$

Effetto degli accoppiamenti:



Alimentiamo ogni antenna con una linea ideale (eliminando così gli accoppiamenti nella rete di alimentazione, che in precedenza era comune a tutte le antenne).

Effetto degli accoppiamenti:



Alimentiamo ogni antenna con una linea ideale (eliminando così gli accoppiamenti nella rete di alimentazione, che in precedenza era comune a tutte le antenne):

Antenna 1: Amplitude 1, Phase: 0°

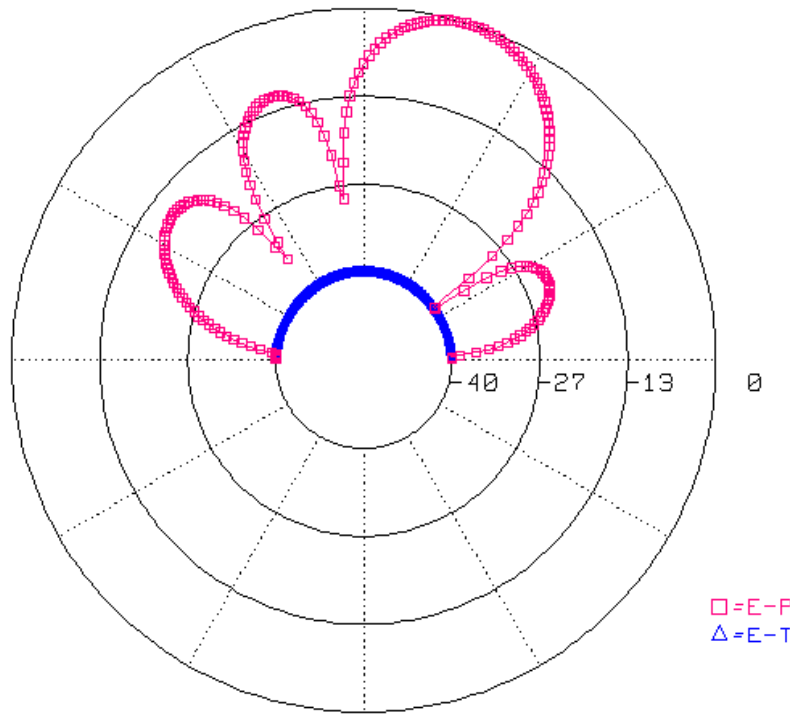
Antenna 2: Amplitude 1, Phase: $-\Psi = -65.65^\circ$

Antenna 3: Amplitude 1, Phase: $-2\Psi = -131.3^\circ$

Antenna 4: Amplitude 1, Phase: $-3\Psi = -196.95^\circ$

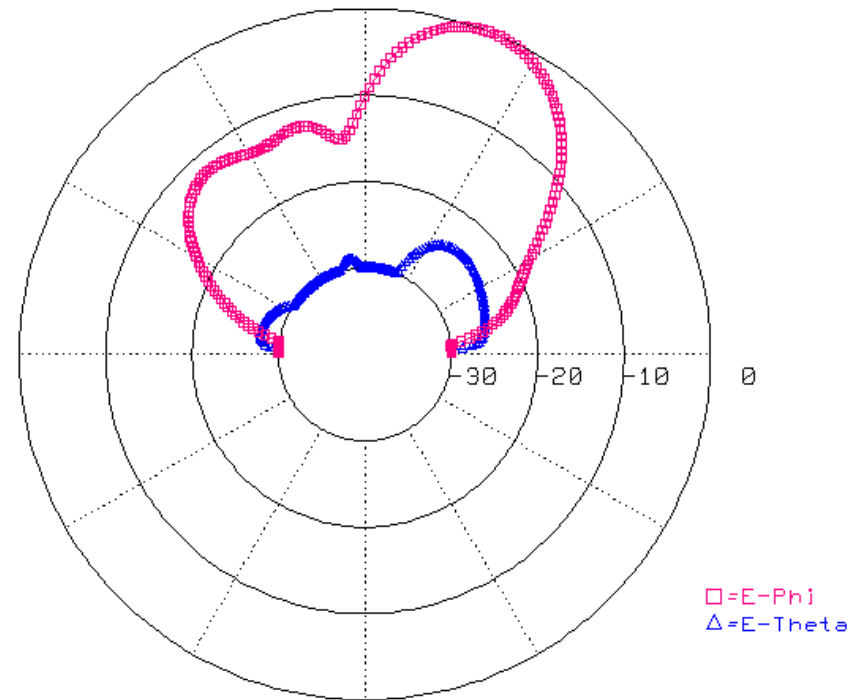
Effetto degli accoppiamenti:

Far-Field Pattern
Freq = 2.00000 GHz, Scan Angle = 0.000



Alimentazione Ideale

Far-Field Pattern
Freq = 2.00000 GHz, Scan Angle = 0.000



Alimentazione reale

Progettazione di un Array stampato non uniforme

Progettare un' allineamento di quattro antenne stampate su un substrato dielettrico di altezza $h=1.8$ mm e costante dielettrica $\epsilon=3$, alla frequenza di 2 GHz.

⊙ Specifiche:

- Alimentazione da 50 Ohm
- Distanza fra i centri pari a 81.65 mm
- Distribuzione delle ampiezze delle eccitazioni 1:2:2:1
- SLL inferiore a -15 dB alla frequenza centrale
- S11 inferiore a - 15 dB alla frequenza centrale

Affinché le ampiezze delle eccitazioni (e quindi delle correnti in ingresso ad ogni antenna) siano nel rapporto richiesto, ossia 1:2:2:1, le impedenze di ingresso devono essere legate dal rapporto inverso, ossia essere 2:1:1:2, quindi le antenne laterali dovranno presentare una impedenza di ingresso doppia rispetto alle antenne centrali.

Per fare questo ci sono diverse scelte possibili:

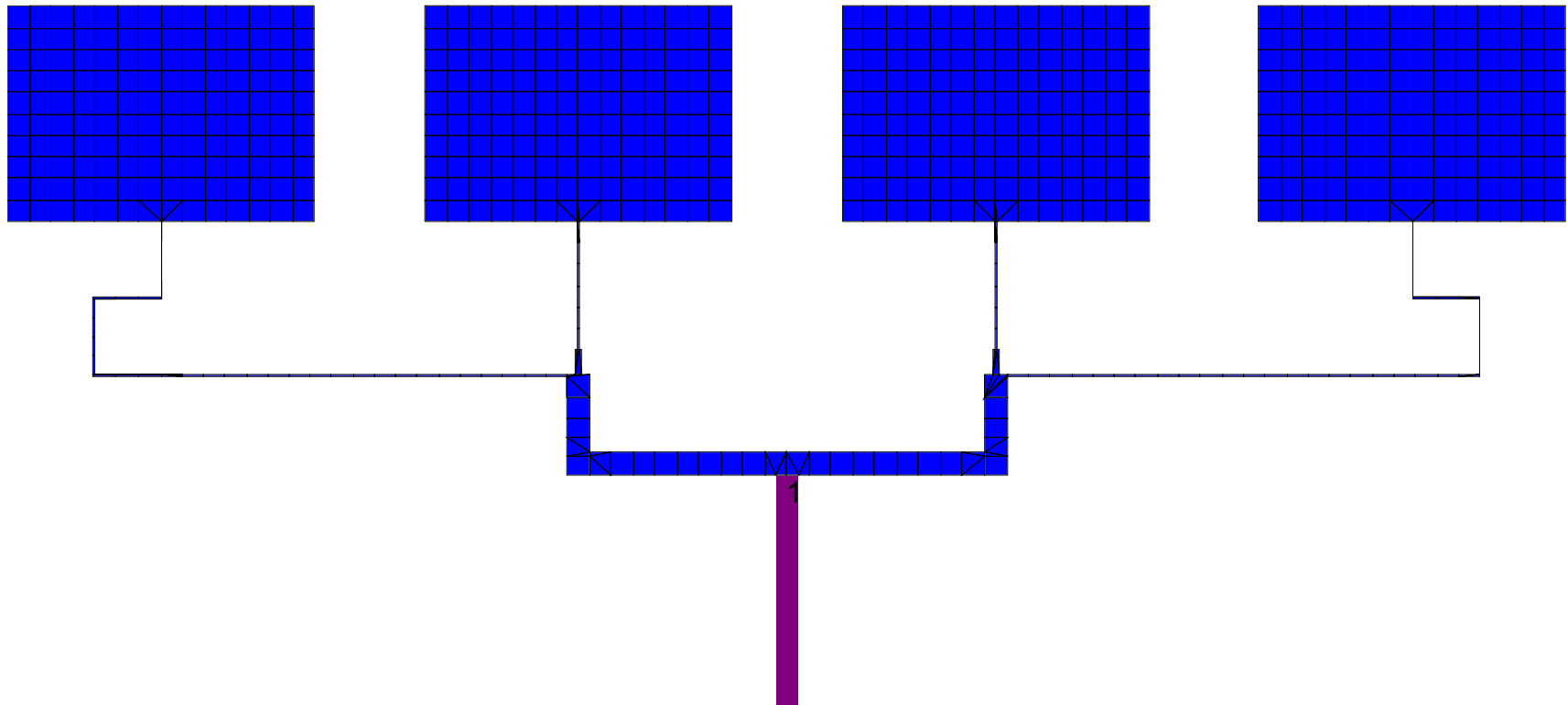
- Utilizzo una alimentazione inset , e realizzo le antenne centrali risonanti con una Z_{in} pari ad esempio a 100 Ohm e quelle laterali risonanti con una Z_{in} di 200 Ohm.
- Realizzo le antenne laterali risonanti a 200 Ohm alimentate da una linea di 200 Ohm, e quelle centrali risonanti e con tratto a $\lambda/4$ che le adatti alla linea di alimentazione da 100 Ohm
- In alternativa, posso evitare di utilizzare trasformatori a $\lambda/4$ e realizzare le antenne laterali con una larghezza W corrispondente ad una Z_{in} di 200 Ohm, e alimentarle a 200 Ohm, e le antenne centrali con una larghezza W corrispondente ad una impedenza da 100 Ohm e alimentarle a 100 Ohm.

NOTA: i valori di impedenza 100 Ohm e 200 Ohm sono arbitrari, è sufficiente che le Z_{in} delle antenne laterali siano doppie rispetto alle antenne centrali.

In questa esercitazione opteremo per la soluzione 2.

Realizzeremo quindi le antenne laterali risonanti a 200 Ohm alimentate da una linea di 200 Ohm, e quelle centrali risonanti e con tratto a $\lambda/4$ che le adatti alla linea di alimentazione da 100 Ohm

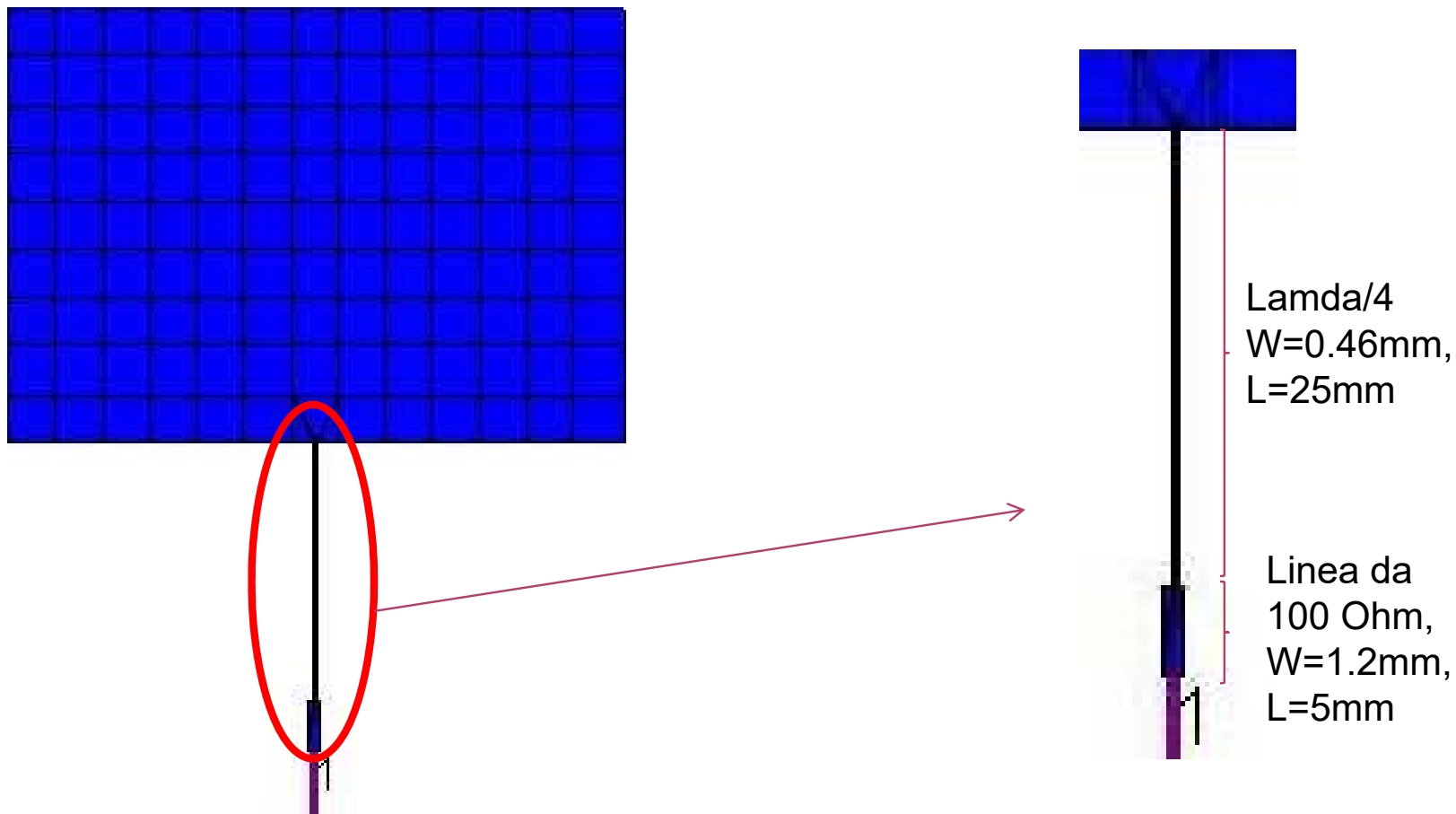
Il layout sarà il seguente:



Commentiamo il layout.

Tutte le antenne hanno una $W=60$ mm.

Ciascuna antenna centrale, che ha una Z_{in} di circa 200 Ohm, è alimentata da una tratto a $\lambda/4$ a 140 Ohm che lo adatta alla linea da 100 Ohm, ed è risonante alla frequenza centrale, con $L=42.0315$ mm



Simulazione antenna centrale:

=====

Freq: 2.00000 (GHz)

=====

	Eff.Perm.	Propagation Constant	Port Impedance (ohms)
Port 1:	2.22530	(0.12672E+00+j0.62533E+02)	100.4867

[S] matrix:

i	j	Re(S _{ij})	Im(S _{ij})	Magnitude	Phase	Mag. in dB
1	1	-0.92149E-02	0.39506E-01	0.04057	103.1296(deg.)	-27.8366

[Z] matrix:

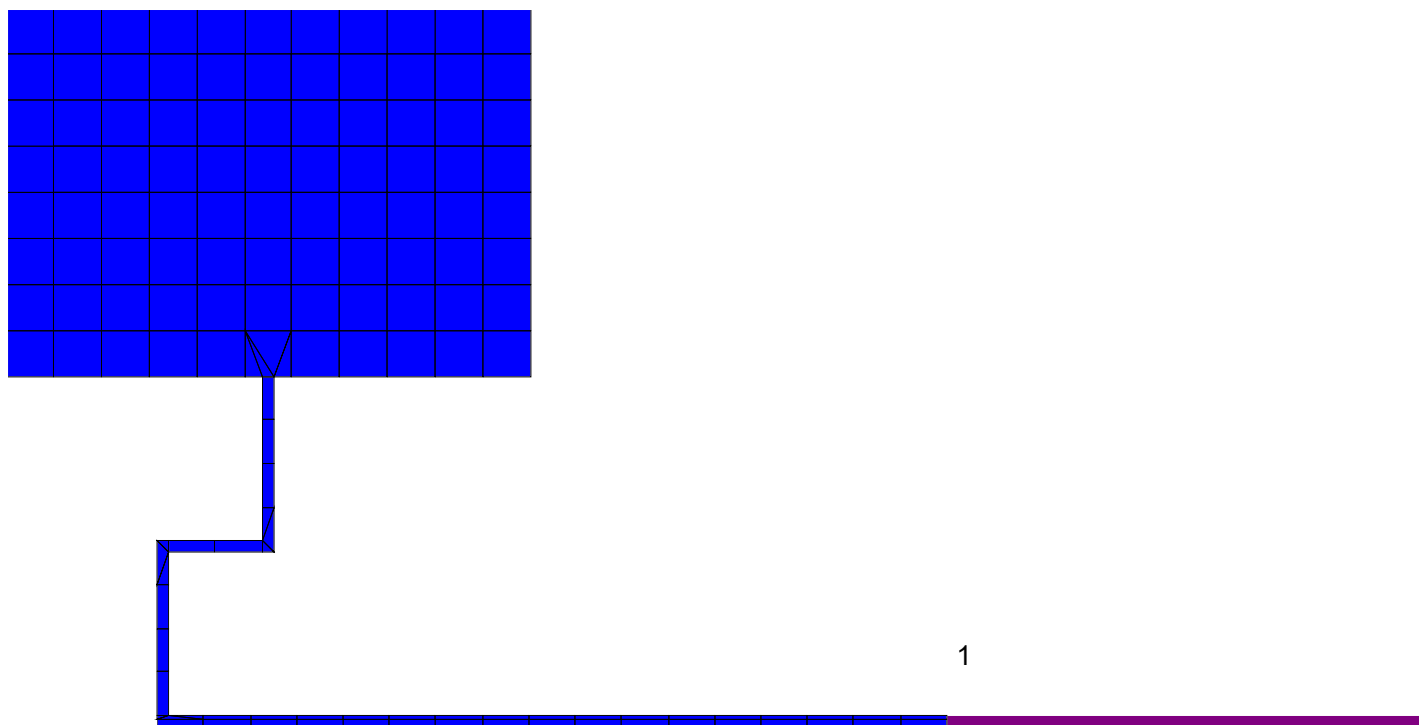
i	j	Re(Z _{ij})	Im(Z _{ij})
1	1	0.97871	0.77458E-01

L'antenna centrale ha una impedenza di ingresso al nodo di alimentazione di circa 100 Ohm come richiesto.

Commentiamo il layout.

Tutte le antenne hanno una $W=60$ mm.

Ciascuna antenna laterale, che ha una Z_{in} di circa 200 Ohm, è alimentata da una linea a 190 Ohm (la linea a 200 Ohm sarebbe troppo sottile e creerebbe problemi nella simulazione) ed è risonante alla frequenza centrale, con $L=42.0315$ mm. Inoltre il percorso di alimentazione di tale antenna dovrà seguire una serpentina, in modo che le antenne centrali e laterali siano alimentate in fase (dato che l'array deve irradiare con un massimo in $\theta=0^\circ$, ossia è un array broadside, con tutte le alimentazioni in fase)



Calcoliamo i percorsi elettrici delle antenne centrali e laterali, imponendo che la loro lunghezza elettrica sia uguale o differisca di un multiplo intero di 2π .

ANTENNE CENTRALI:

Percorso da 140 Ohm: 25 mm ($\lambda/4$)

$\text{Beta1}=61.594 \text{ m}^{-1}$ (da prelude)

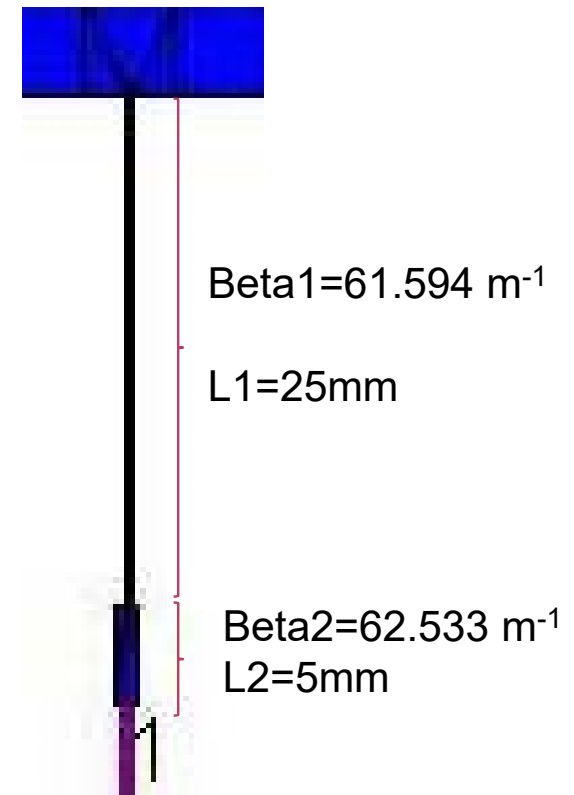
$\text{Beta1} \cdot L1 = 61.594 \cdot 25/1000$

Percorso da 100 Ohm: 5 mm (arbitrario)

$\text{Beta2}=62.533 \text{ m}^{-1}$ (da prelude)

$\text{Beta2} \cdot L2 = 62.533 \cdot 5/1000$

TOTALE ANT CENTRALE: 1.8525 radianti



Calcoliamo i percorsi elettrici delle antenne centrali e laterali, imponendo che la loro lunghezza elettrica sia uguale o differisca di un multiplo intero di 2π .

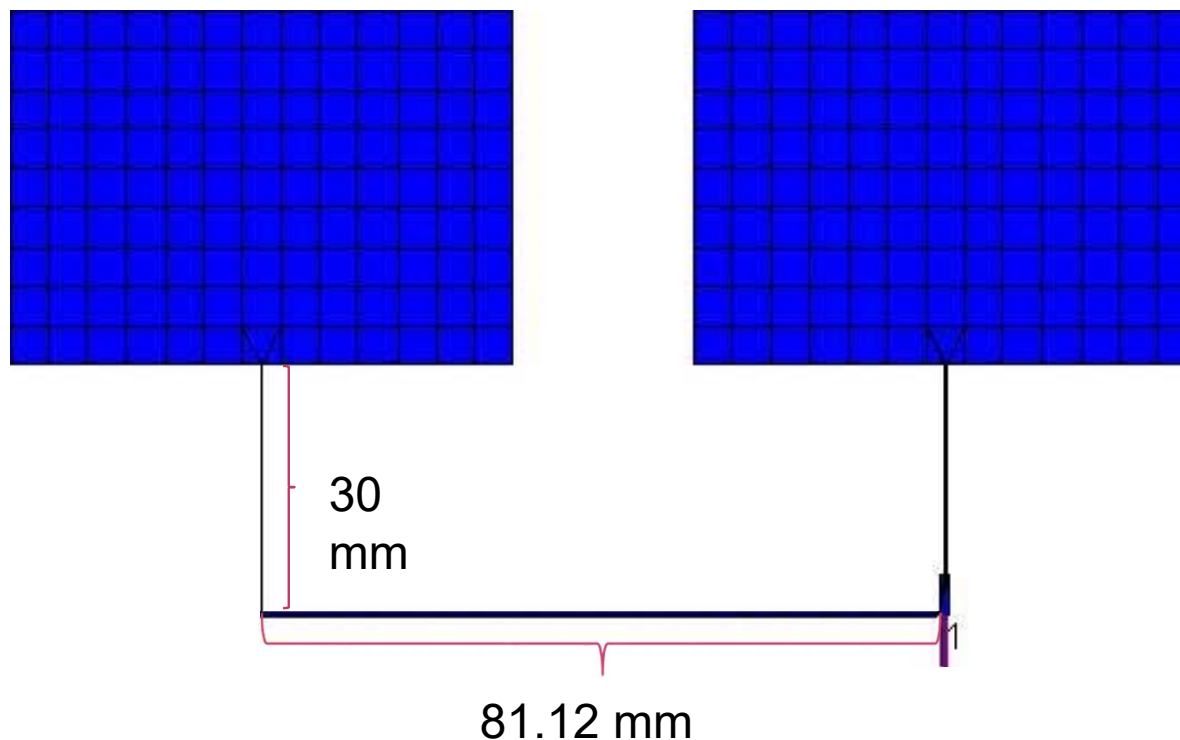
ANTENNE LATERALI:

Percorso da 190 Ohm
($W=0.14\text{mm}$):

$\text{Beta}_3=59.181 \text{ m}^{-1}$ (da prelude)

LTOT (senza U): $81.12+30$

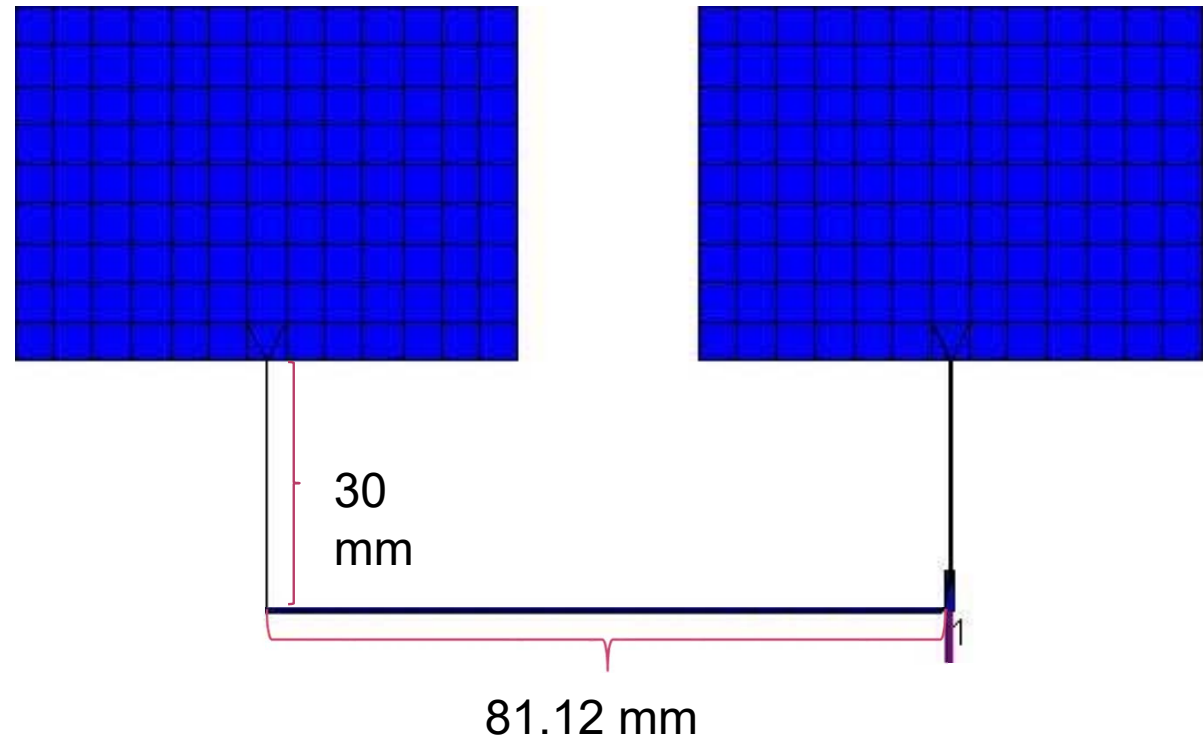
$\text{Beta} \cdot \text{LTOT}=6.577$ radianti



Se collegassi quindi le antenne laterali in questo modo, le antenne centrali e laterali non sarebbero alimentate in fase, e infatti si avrebbe:

$\Delta L = 6.577 \text{ radianti} - 1.8525 \text{ radianti} = 4.7245 \text{ radianti}$ (non è multiplo intero di 2π)

Calcoliamo i percorsi elettrici delle antenne centrali e laterali, imponendo che la loro lunghezza elettrica sia uguale o differisca di un multiplo intero di 2π .

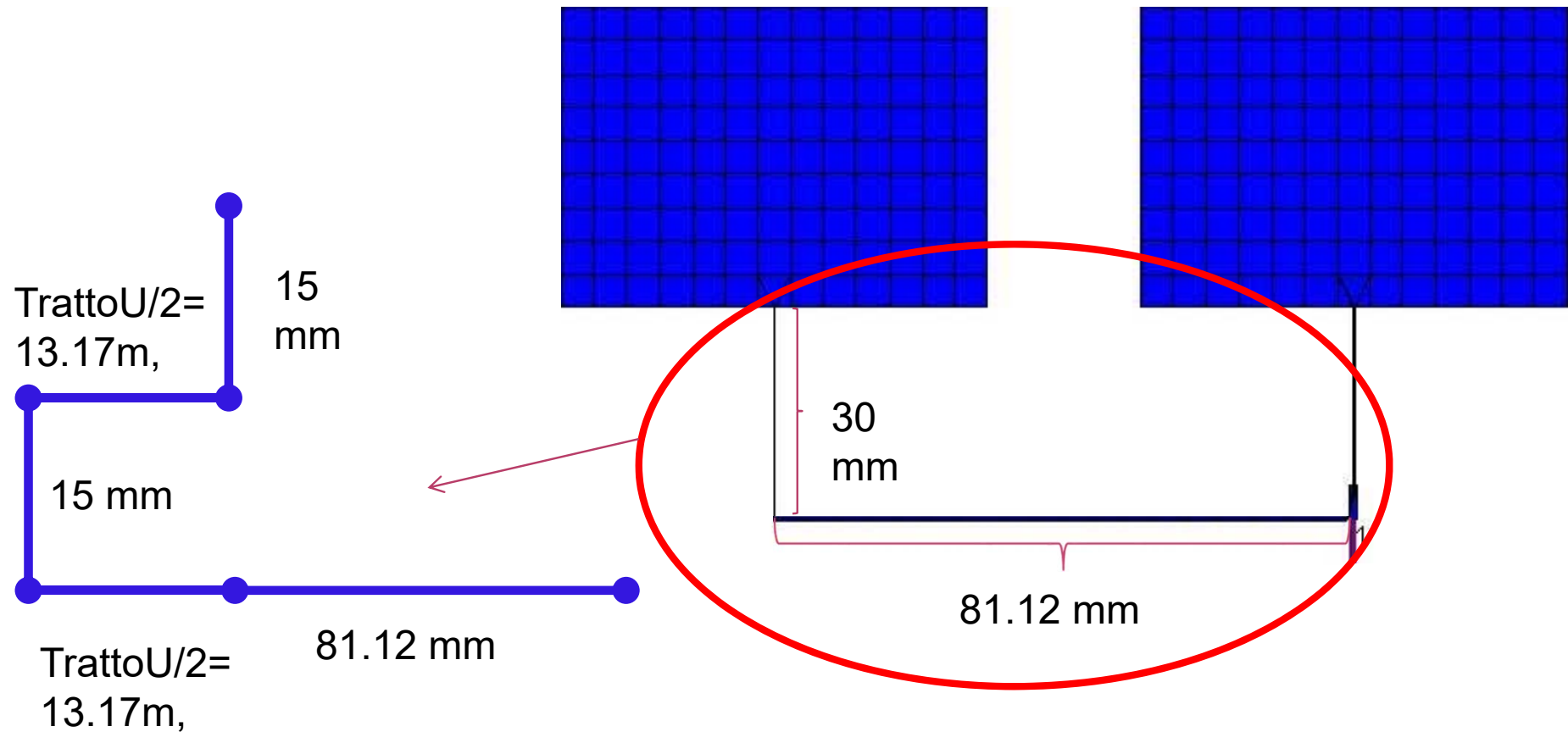


Allungo quindi con un percorso ad U la linea di collegamento delle antenne laterali, in cui la U deve essere lunga:

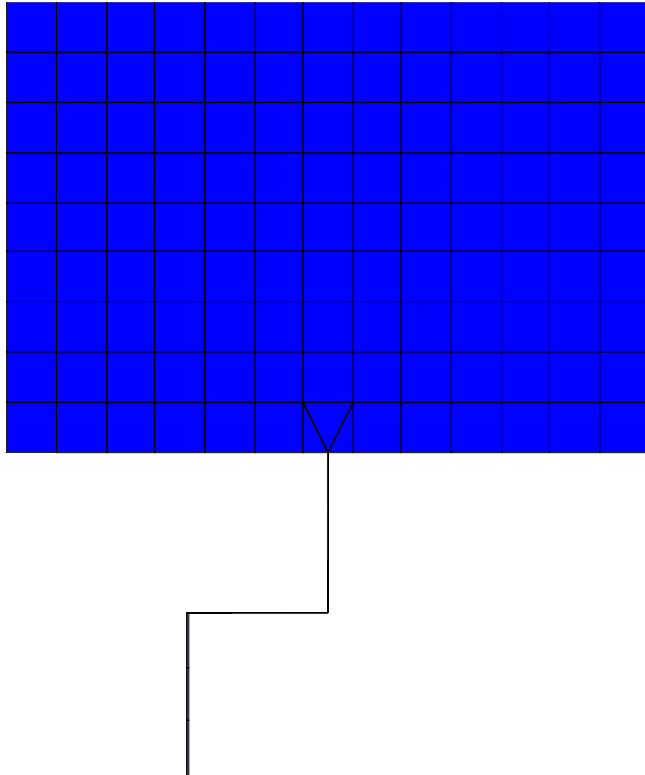
$$\Delta L = +1.8525 + 2 \cdot \text{PIGR} - 6.577 \rightarrow 8.135 - 6.577 = 1.5587 \text{ radianti} \rightarrow$$

$$\text{Tratto U} = 1.5587 / \text{Beta}_3 = 26.338 \text{ mm}$$

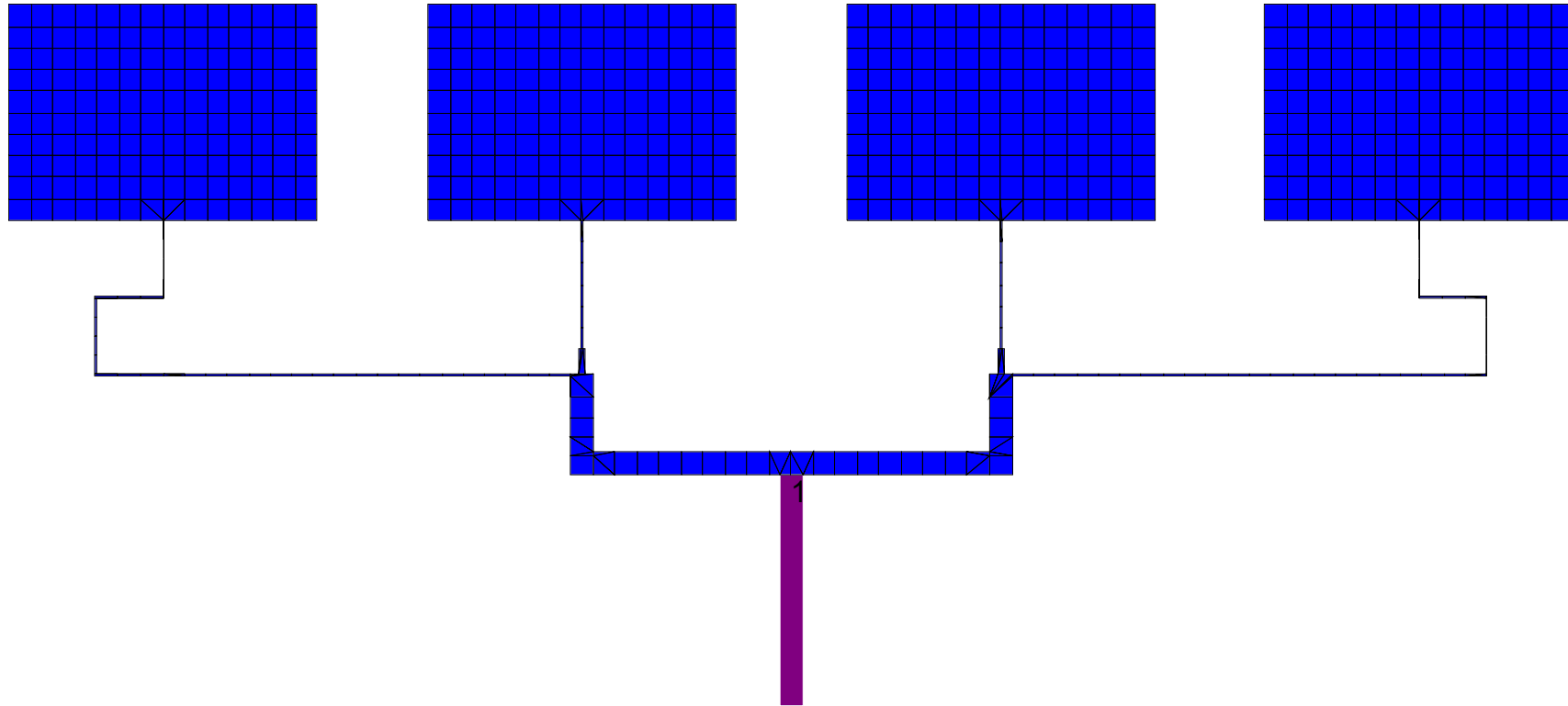
Se ad esempio attacchiamo il percorso ad u a partire da metà del braccio verticale a 30 mm, avremo:



L'antenna laterale, ha quindi il seguente layout:



L'array completo ha il seguente layout (l'alimentazione principale è a 50 Ohm, come richiesto, ed ha quindi una $W=4.42\text{mm}$):



L'array risulta anche adattato, infatti:

```
=====
Freq: 2.00000 (GHz)
=====
```

```
Eff.Perm.   Propagation Constant   Port Impedance (ohms)
Port 1:  2.44109   (-.86026E-01+j0.65495E+02)   50.0432
```

[S] matrix:

i	j	Re(S _{ij})	Im(S _{ij})	Magnitude	Phase	Mag. in dB
1	1	-0.94789E-01	-0.12880E-01	0.09566	-172.2623(deg.)	-20.3854

[Z] matrix:

i	j	Re(Z _{ij})	Im(Z _{ij})
1	1	0.82658	-0.21489E-01

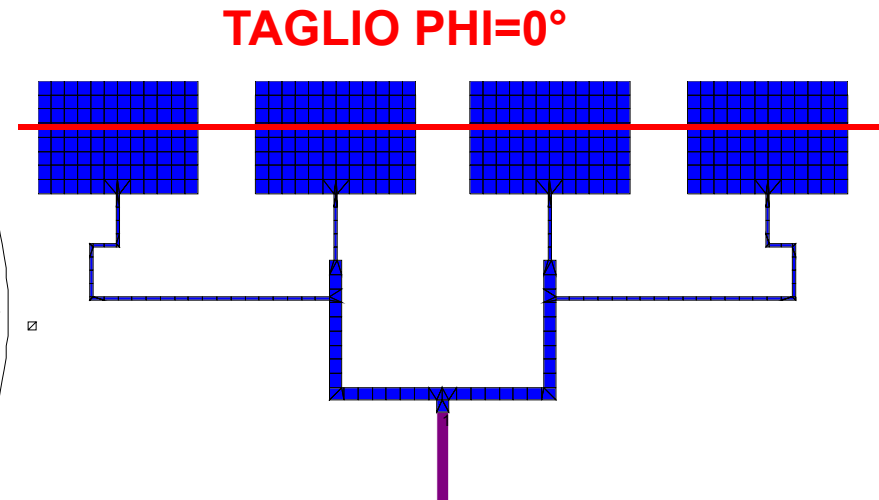
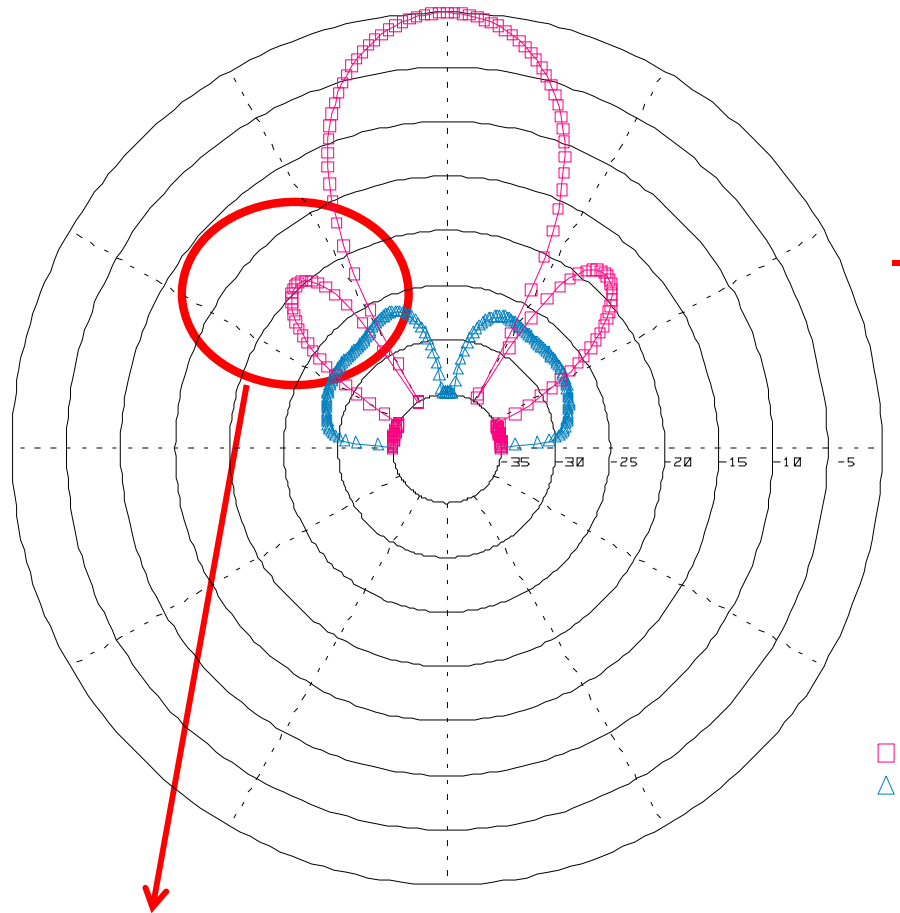
E la Z_{in} vale:

$$Z_{in} = 50.0432 \cdot (0.82658 - j 0.0215) \text{ Ohm} = 41.4 - j 1.1 \text{ Ohm}$$

NB: se l'array non fosse adattato, si potrebbe aggiungere in ingresso un trasformatore a $\lambda/4$ se l'impedenza di ingresso ha una piccola parte immaginaria, oppure un $\lambda/4$ - $\lambda/8$ se Z_{in} è complessa.

Verifichiamo che il campo abbia un SLL inferiore a -15 dB:

Far-Field Pattern
Freq = 2.00000 GHz, Scan Angle = 0.000

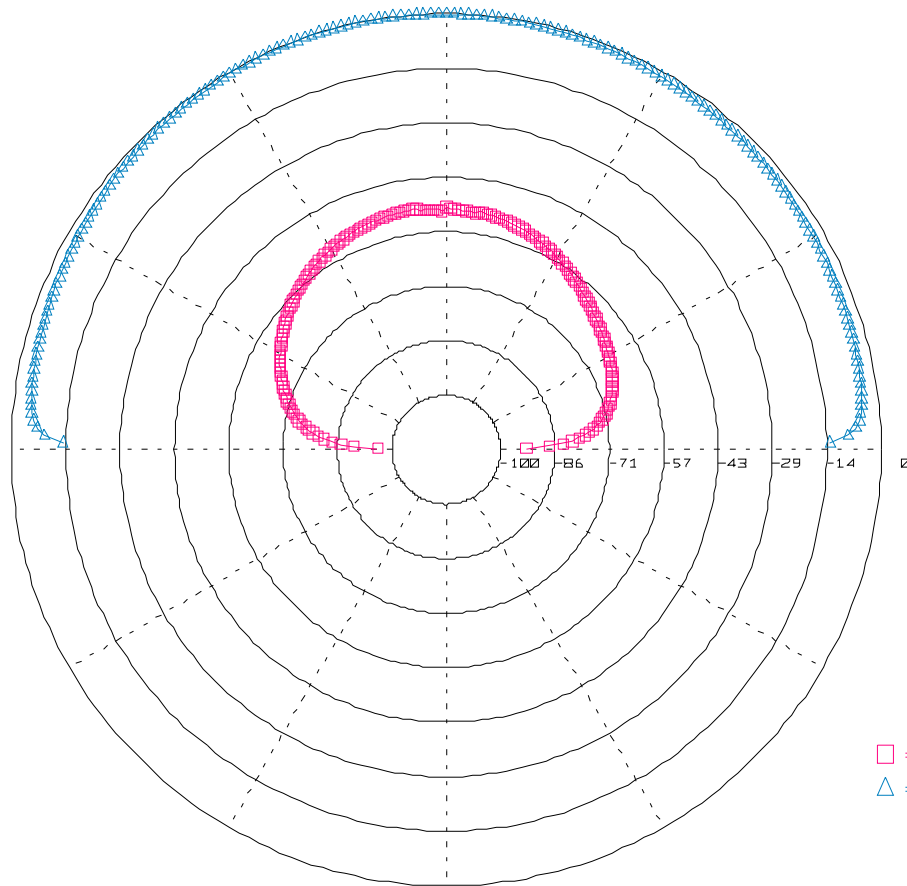


□ = E-Phi
△ = E-Theta

NOTA: il SLL è sotto i -17 dB , come ci si aspetta dato che l'array non è uniforme

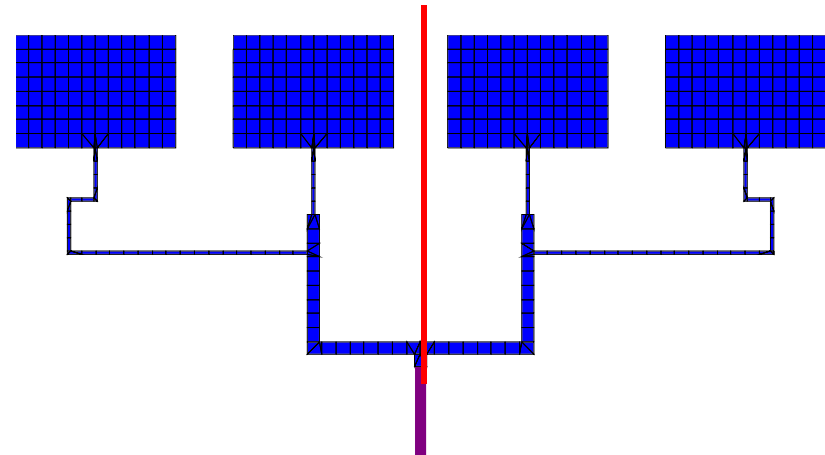
Verifichiamo che il campo abbia un SLL inferiore a -15 dB:

Far-Field Pattern
Freq = 2.00000 GHz, Scan Angle = 90.000

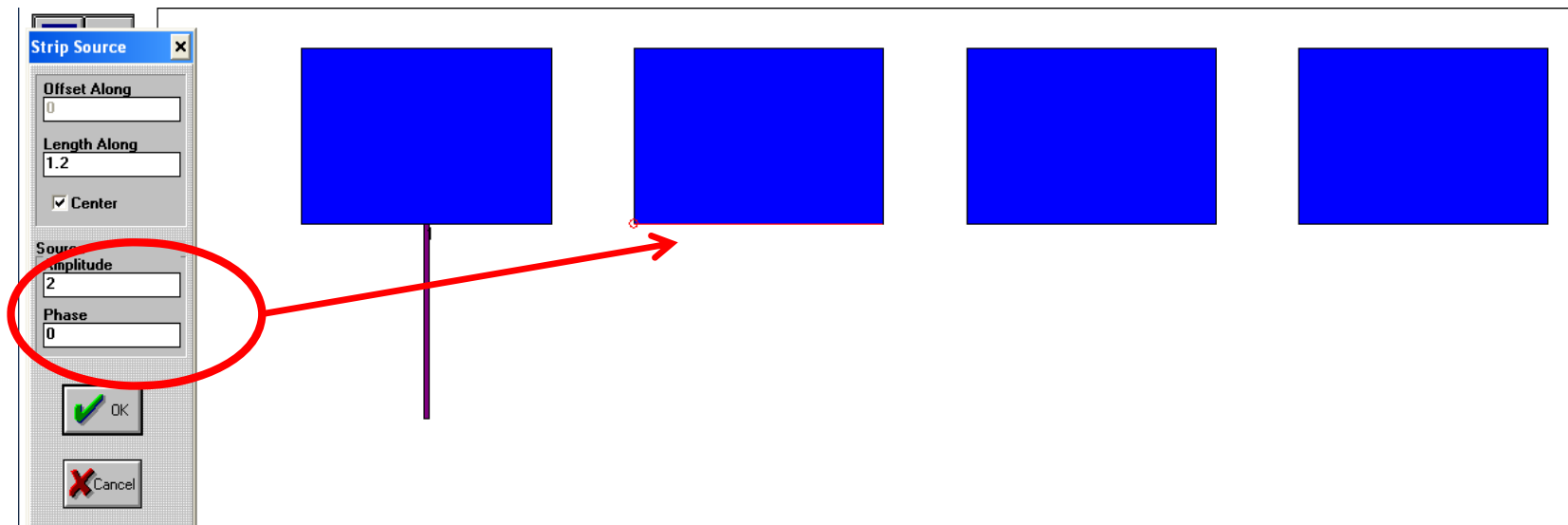


□ = E-Phi
△ = E-Theta

TAGLIO PHI=90°



Effetto degli accoppiamenti:



Alimentiamo ogni antenna con una linea ideale (eliminando così gli accoppiamenti nella rete di alimentazione, che in precedenza era comune a tutte le antenne):

Antenna 1: Amplitude 1, Phase: 0°

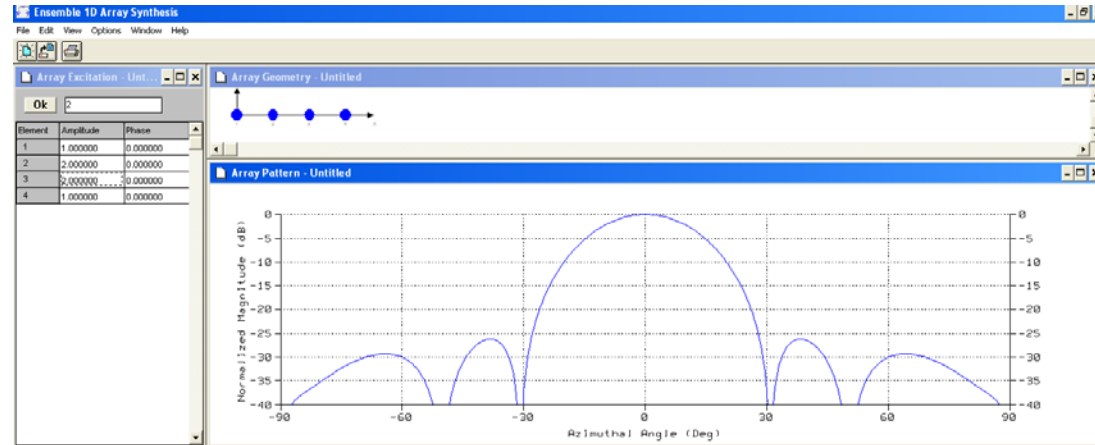
Antenna 2: Amplitude 2, Phase: 0°

Antenna 3: Amplitude 2, Phase: 0°

Antenna 4: Amplitude 1, Phase: 0°

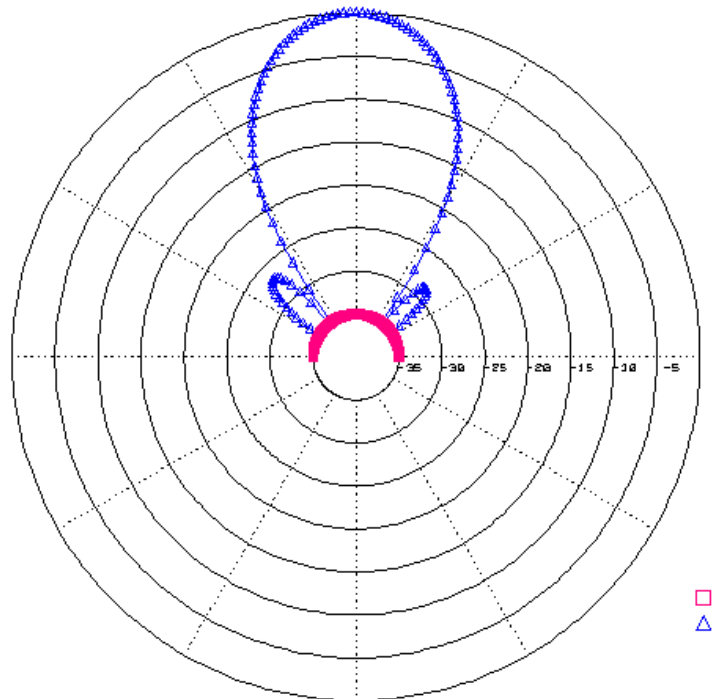
Effetto degli accoppiamenti:

Verifica con Enssyn:
 Spaziatura 0.6
 Fattore Elemento:
 Rectangular Patch



Alimentazione Ideale

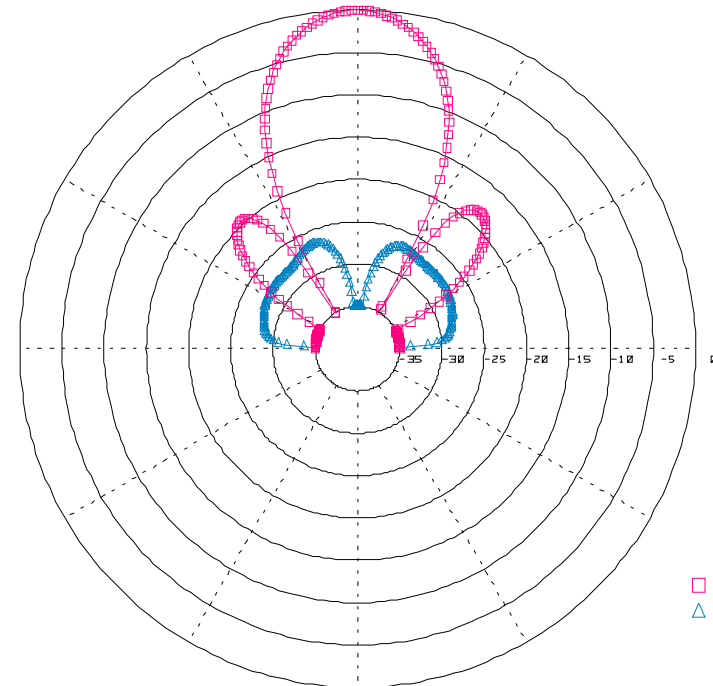
Far-Field Pattern
 Freq = 2.000000 GHz, Scan Angle = 0.000



□ = E-Phi
 Δ = E-Theta

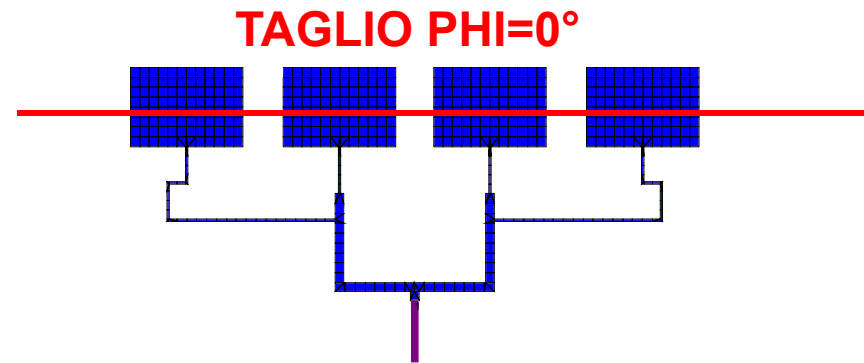
Alimentazione reale

Far-Field Pattern
 Freq = 2.000000 GHz, Scan Angle = 0.000



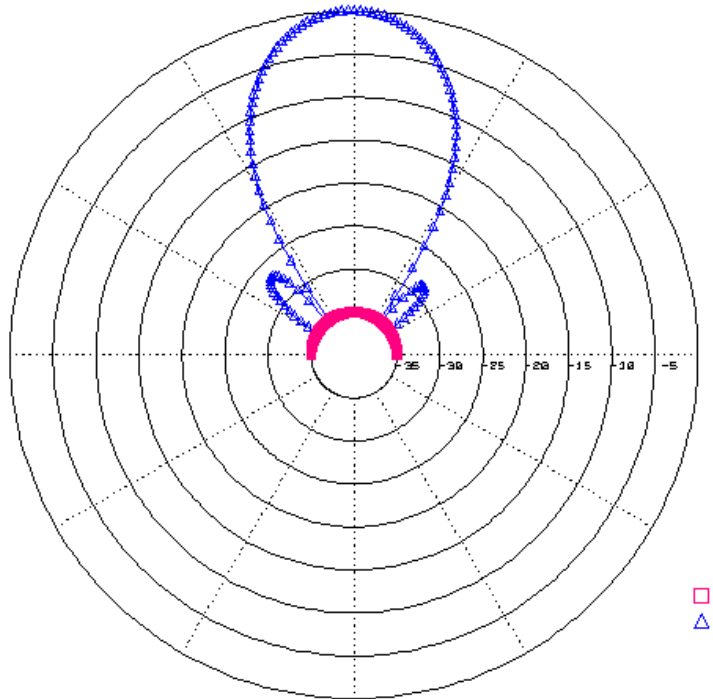
□ = E-Phi
 Δ = E-Theta

Effetto degli accoppiamenti:



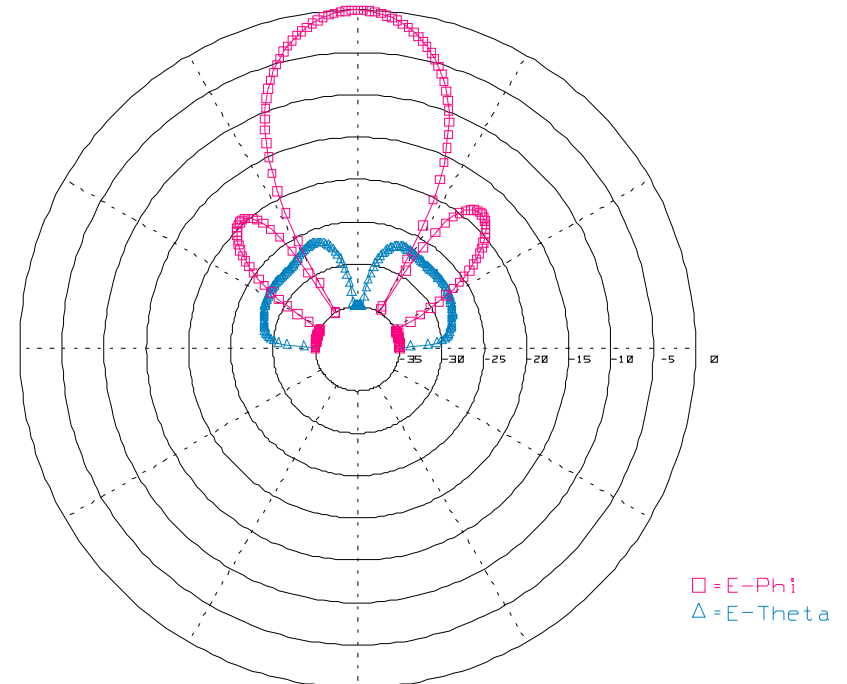
Alimentazione Ideale

Far-Field Pattern
Freq = 2.00000 GHz, Scan Angle = 0.000



Alimentazione reale

Far-Field Pattern
Freq = 2.00000 GHz, Scan Angle = 0.000



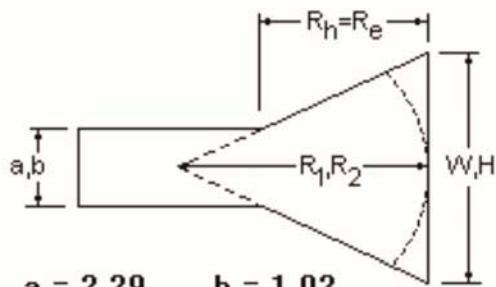
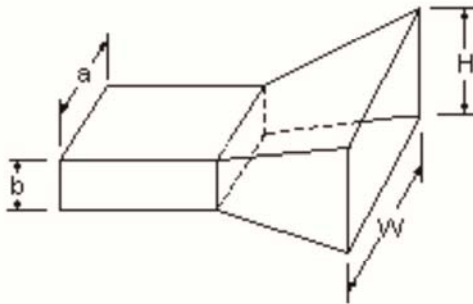
Antenne a Riflettore

Riflettore standard parabolico.

SABOR: HORNS AND REFLECTORS ANALYSIS SOFTWARE

Menu Horn Options Model Dimensions Pattern Compare Help

Directivity = ?
Beamwidth -3 dB = ?
Phase centre = ?
Spillover etc. = ?



$a = 2.29$	$b = 1.02$
$W = 15$	$H = 12$
$R1 = 25$	$R2 = 23.2$
$Rh = 21.2$	$Re = 21.2$
$t = 0.375$	$s = 0.259$
$f = 10$	GHz

Dal *Menu* selezionare *Reflector* e *Ideal cos-q* come eccitazione.

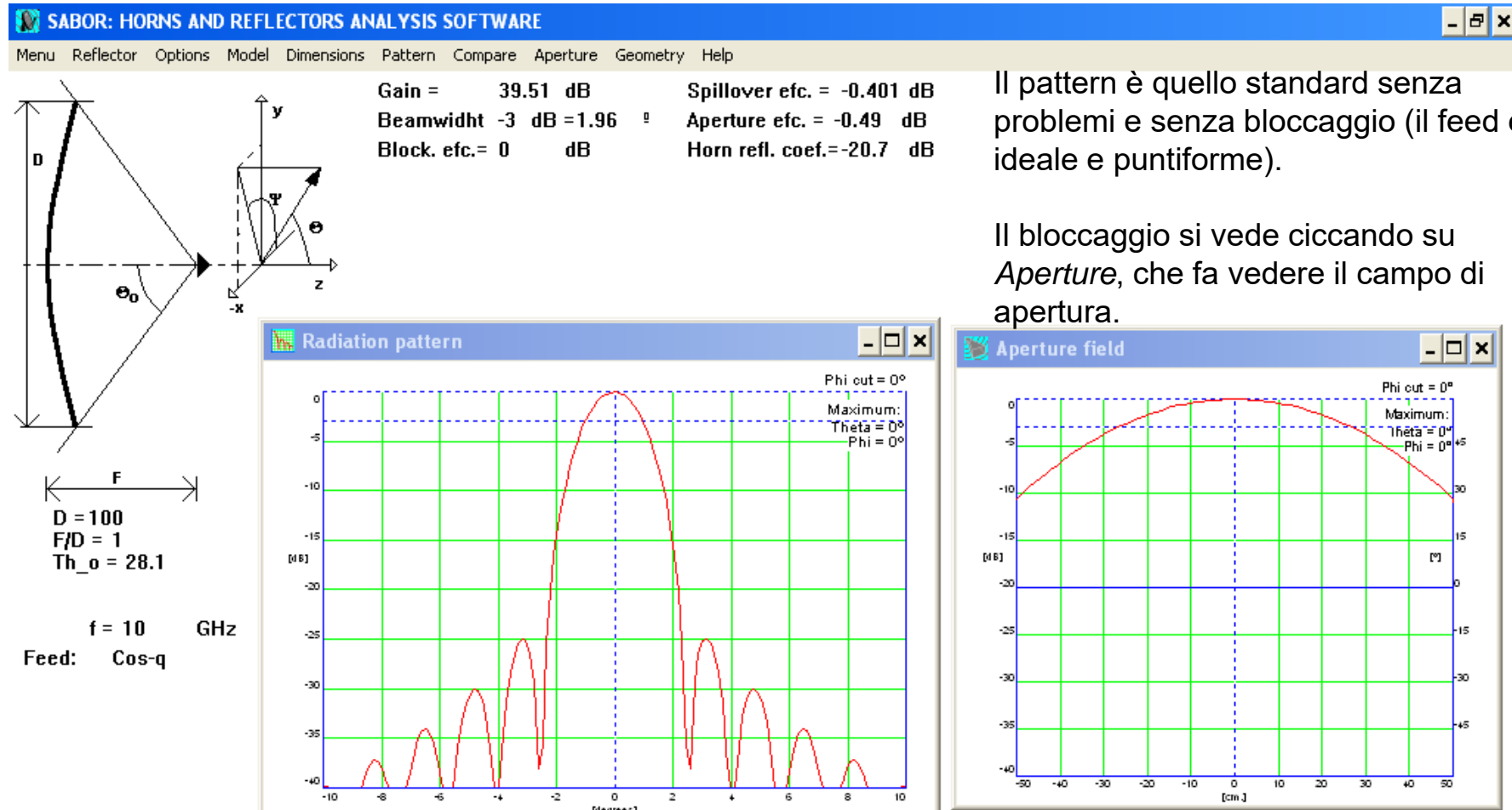
Da *Reflector* selezionare *Parabolic*.

Poi cliccare su *Pattern*. Viene visualizzato il pattern e tutti i dati sono calcolati.

Il pattern è quello standard senza problemi e senza bloccaggio (il feed è ideale e puntiforme).

Il bloccaggio si vede cliccando su *Aperture*, che fa vedere il campo di apertura.

Riflettore standard parabolico.



Il pattern è quello standard senza problemi e senza bloccaggio (il feed è ideale e puntiforme).

Il bloccaggio si vede ciccando su *Aperture*, che fa vedere il campo di apertura.

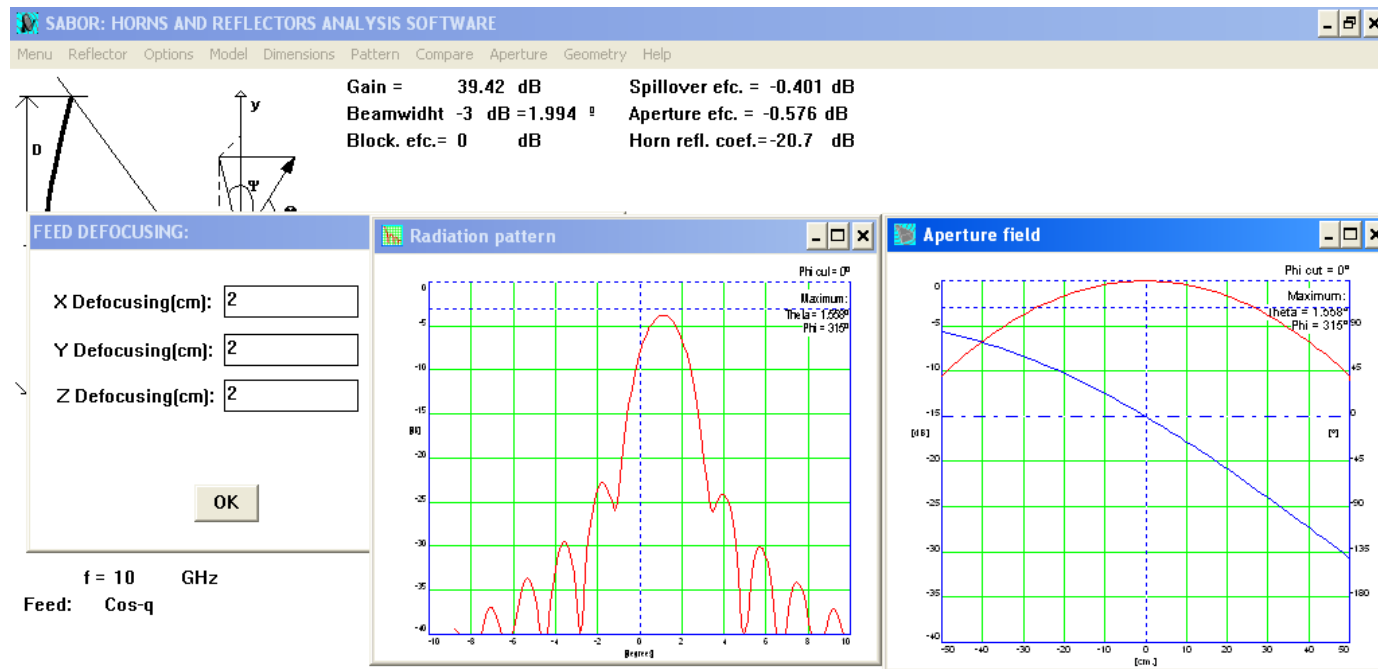
Riflettore standard parabolico, ma feed spostato.

Dal *Menu* selezionare *Ideal cos-q* come eccitazione.

Da *Reflector* selezionare *Parabolic*.

In *Options* se si va su *Feed Defocusing* si agisce spostando il feed nel piano focale.

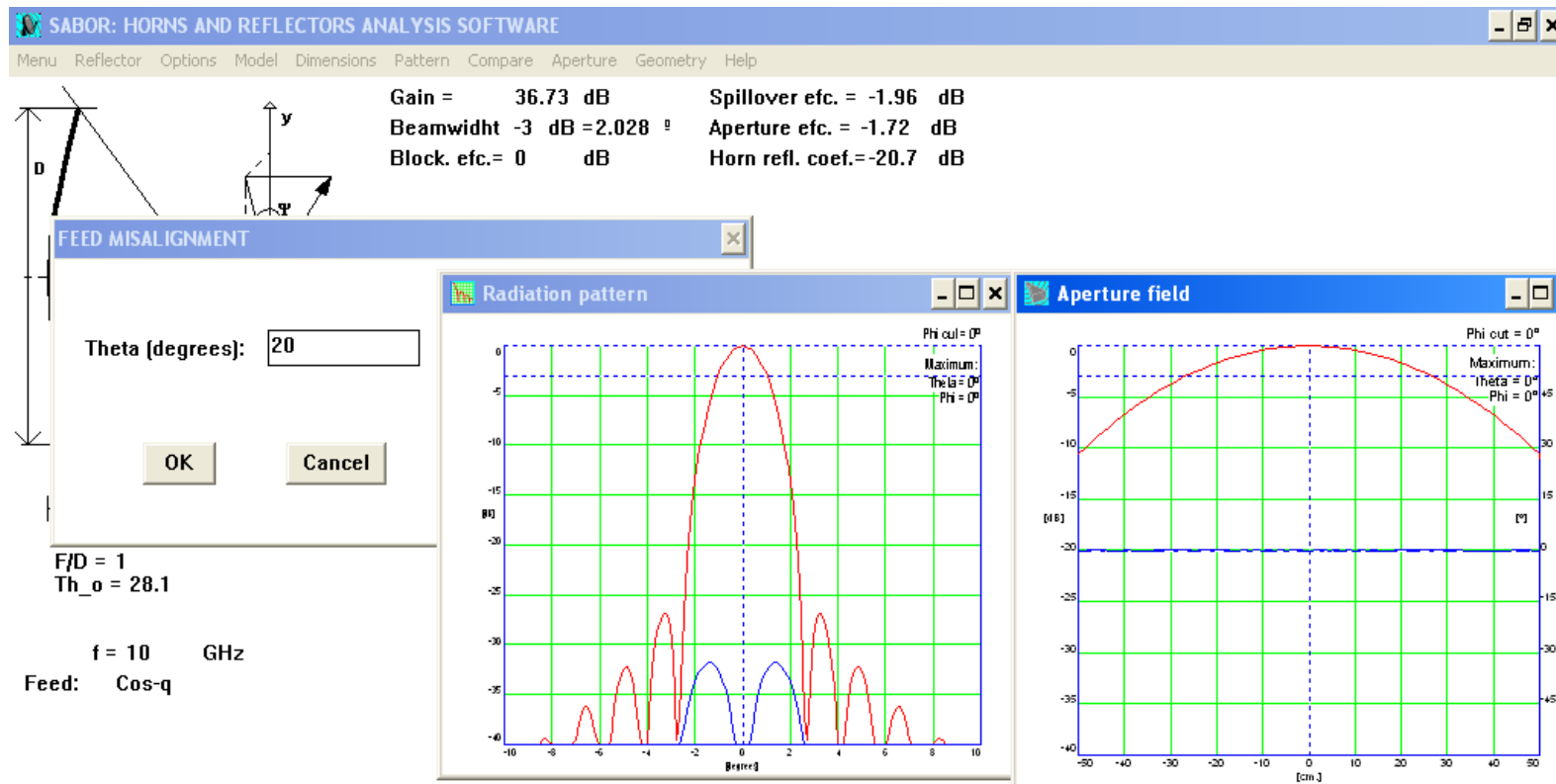
Ciò fa variare (spostandola) la direzione di massimo, ossia sposta il fascio.



Riflettore standard parabolico, ma feed spostato.

In *Options* se si va su *Feed Misalignment* si agisce ruotando il feed nel piano focale.

Ciò fa aumentare lo spill over, dato che il feed non risulta più diretto verso il centro del riflettore.



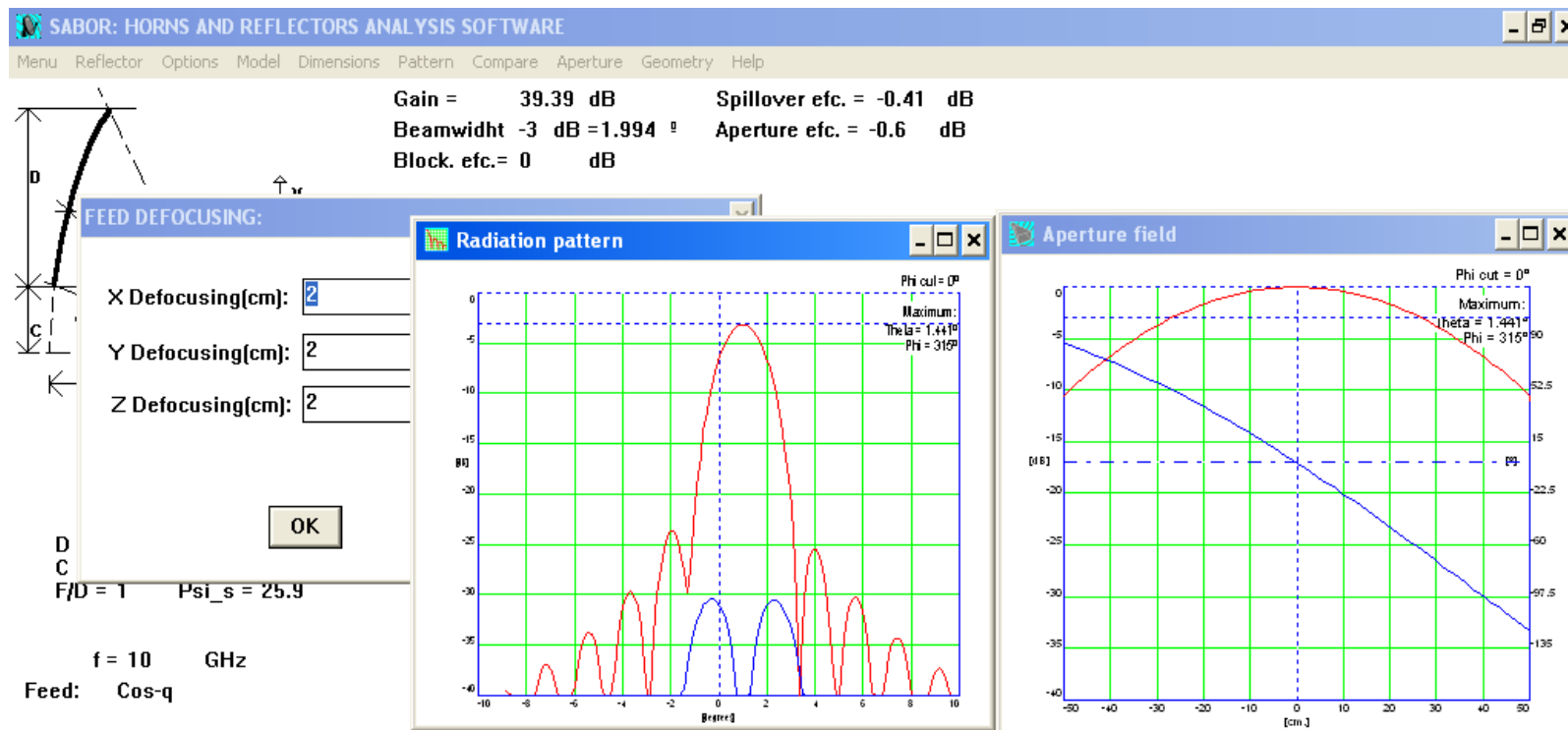
Riflettore ad offset.

Dal *Menu* selezionare *Ideal cos-q* come eccitazione.

Da *Reflector* selezionare *Offset*.

In *Options* se si va su *Feed Defocusing* si agisce spostando il feed nel piano focale.

Ciò fa variare (spostandola) la direzione di massimo, ossia sposta il fascio.



Riflettore ad offset.

In *Options* se si va su *Feed Misalignment* si agisce ruotando il feed nel piano focale.

Ciò fa aumentare lo spill over, dato che il feed non risulta più diretto verso il centro del riflettore.

