



A.R.I.
Sezione di Parma

**Illuminatori d'antenne paraboliche –
Misure con la strumentazione di laboratorio.**

Venerdì, 5 dicembre, ore 21 - Carlo, I4VIL

GUIDE D'ONDA

Una guida d'onda è un profilato, in genere, a sezione circolare o rettangolare, metallico, buon conduttore (argentato), all'interno del quale viaggia un'onda elettromagnetica

Non tutti i profilati metallici possono essere utilizzati come guida d'onda per una certa frequenza di lavoro: infatti devono essere rispettate le condizioni imposte dalle equazioni di Maxwell che governano le onde elettromagnetiche.

In queste condizioni:

a. il campo elettrico dell'onda in prossimità della superficie metallica deve essere ad essa perpendicolare. Sulla superficie il campo parallelo alla superficie stessa deve essere nullo. Questo deriva dal fatto che una superficie metallica è equipotenziale.

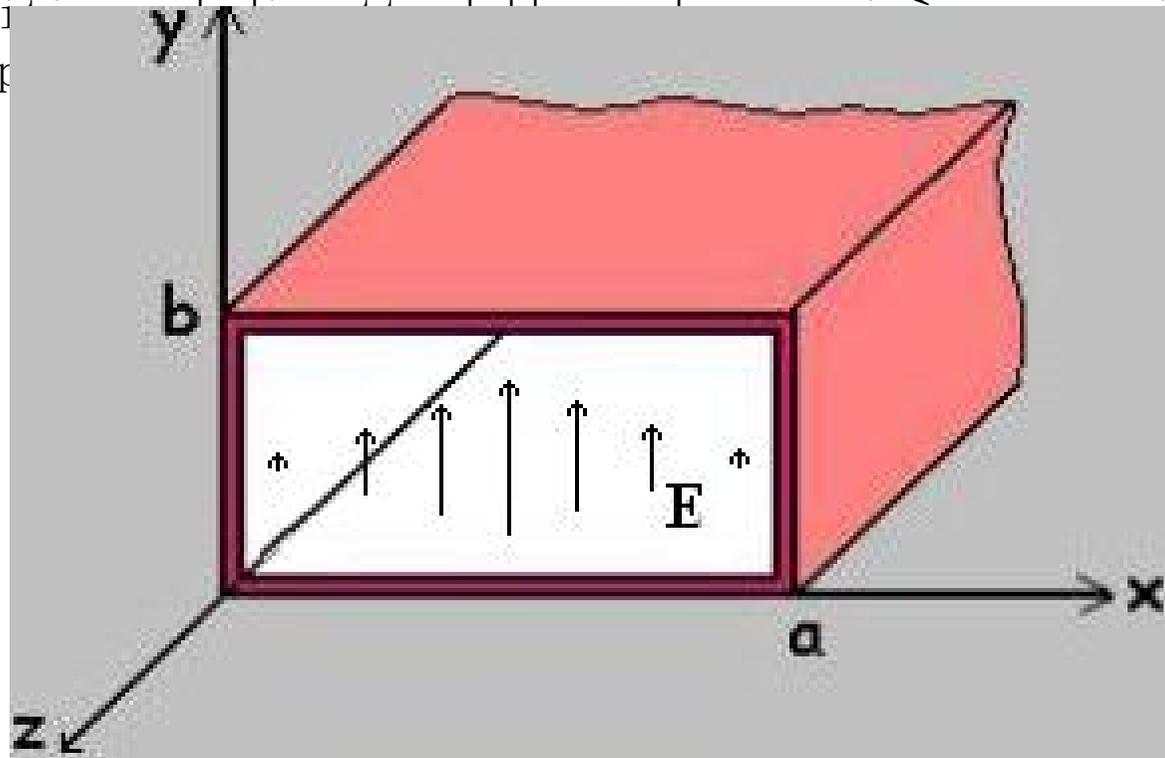
Se esistesse un campo parallelo alla superficie, questo creerebbe una corrente che spostando le cariche cercherebbe di neutralizzare le cariche in superficie.

b. il campo magnetico \mathbf{B} sulla superficie deve essere parallelo alla superficie stessa. Siccome le correnti indotte sono sempre su piani perpendicolari al campo variabile che le produce, e, dato che le correnti devono stare sulla superficie metallica (non possono uscirne), allora il

Esistono numerose soluzioni a queste prescrizioni.

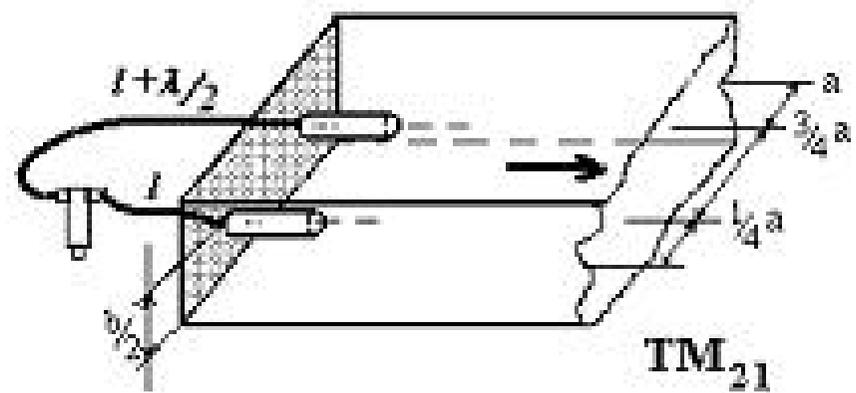
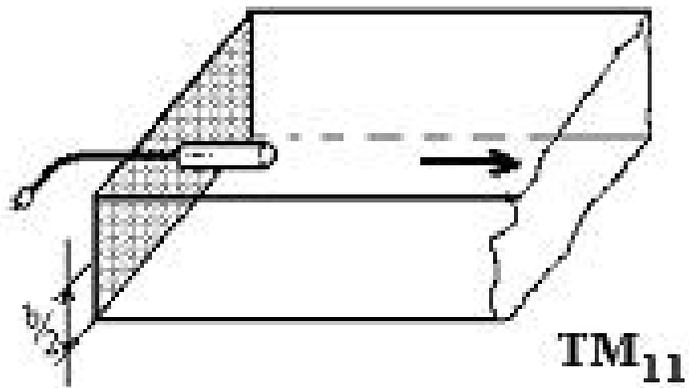
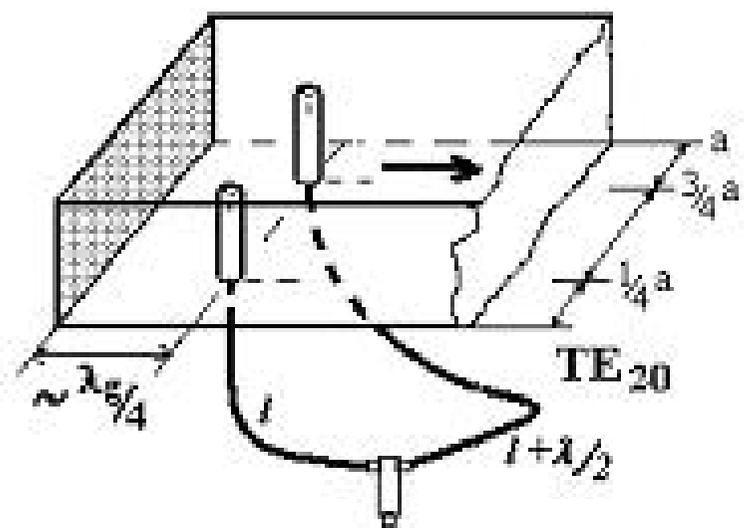
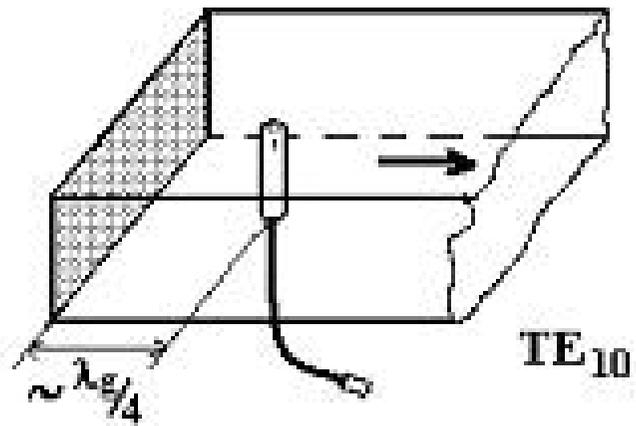
Le dimensioni della guida d'onda sono legate alla frequenza di lavoro ed al *modo*.

Nel modo fondamentale in una guida rettangolare occorre che la dimensione a della guida sia almeno pari a $\lambda/2$. Questa dimensione determina la frequenza critica della guida. La guida si comp

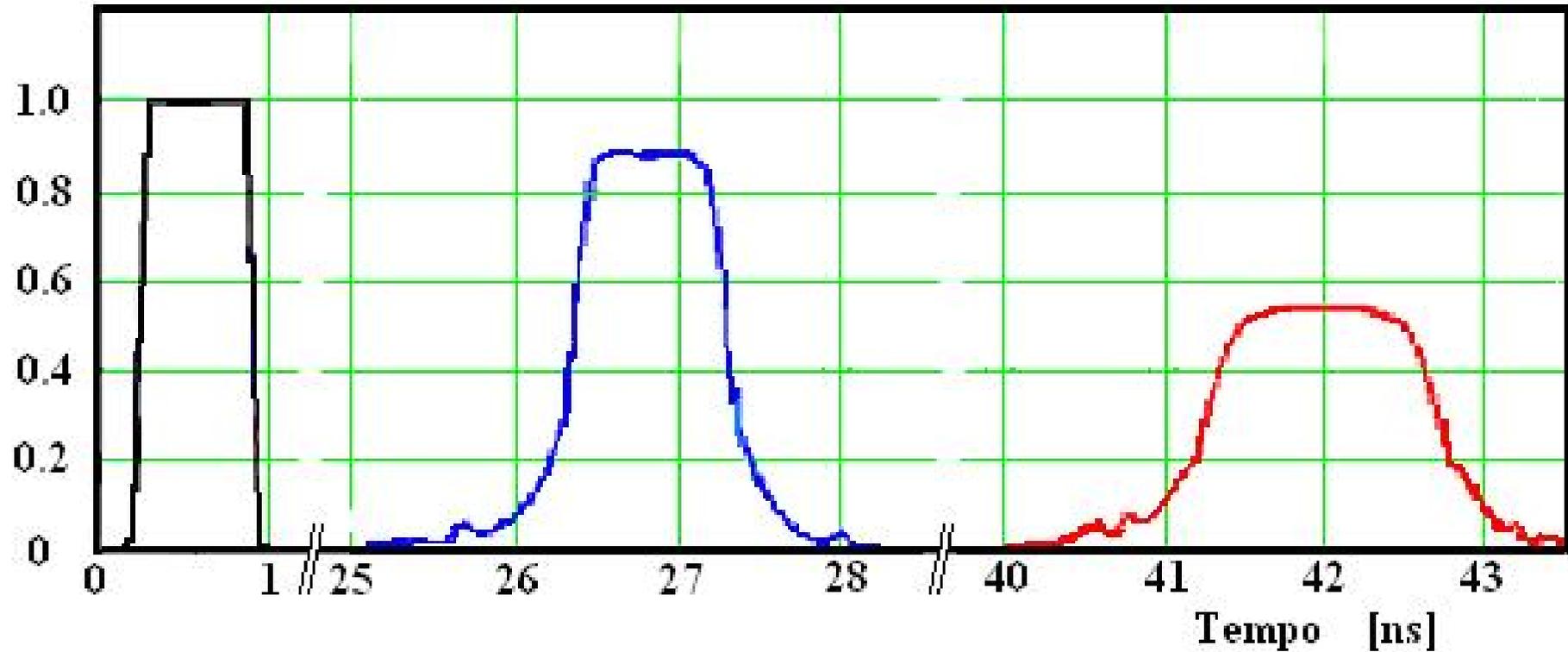


Nella guida d'onda si trova una sorgente (una piccola antenna detta *lanciatore*) che irraggia onde elettromagnetiche che rimangono contenute all'interno.

Rappresentazione schematica di un lanciatore all'interno di una guida d'onda. La lunghezza di questa antenna è circa $\lambda/4$, come per normali antenne *ground plane*, ed è posta a $\lambda_g/4$ dalla parete metallica di fondo, con λ_g = lunghezza d'onda nella guida: con questa configurazione, infatti, l'onda riflessa dalla parete metallica di fondo, tornando indietro, ritrova la stessa fase sul lanciatore sommandosi in un'unica onda che si propaga verso l'unica apertura.

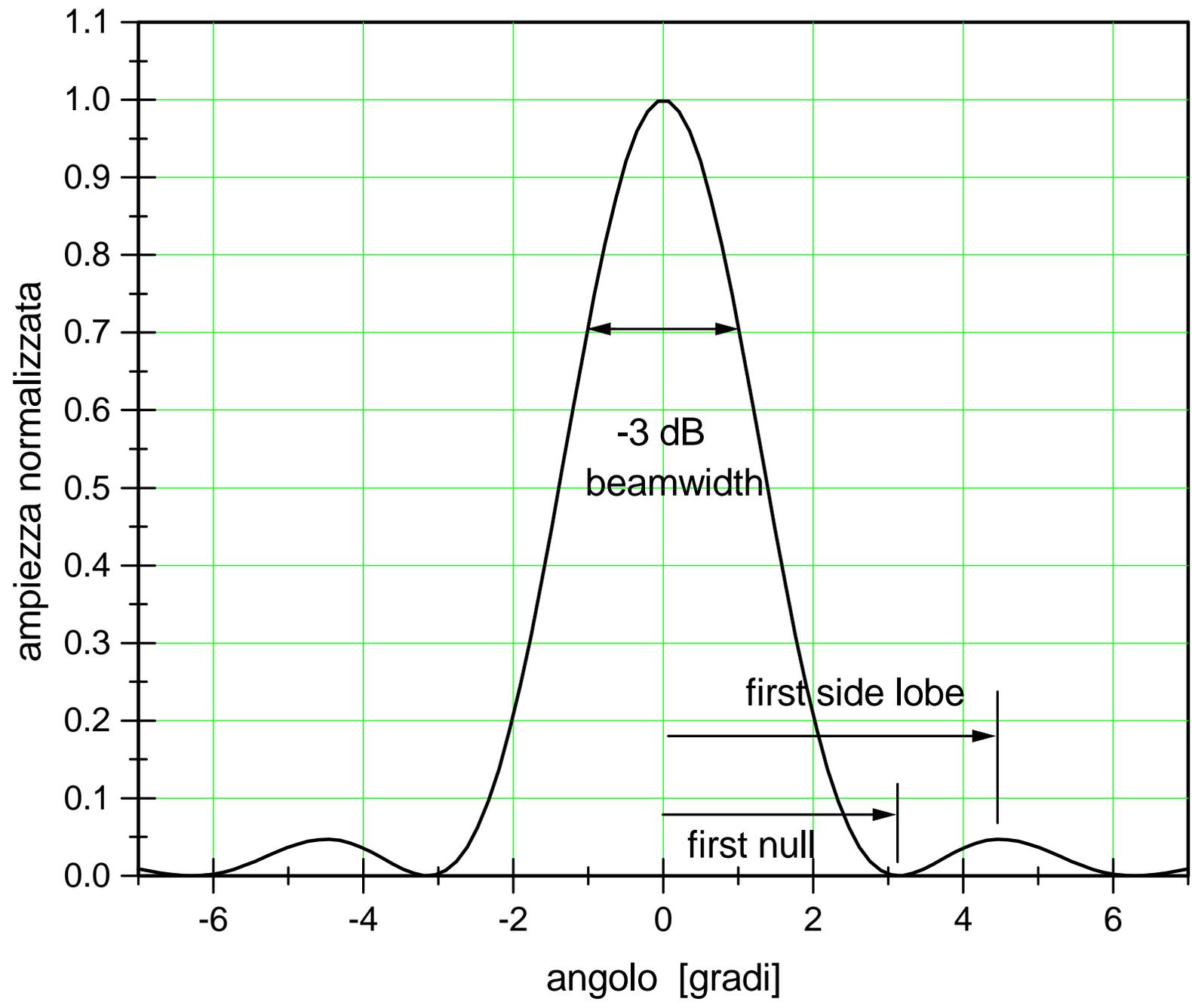


DISPERSIONE



Brevissimo segnale di ingresso impulsivo.

Propagandosi in guida diminuisce d'ampiezza e, anche, si "allarga".



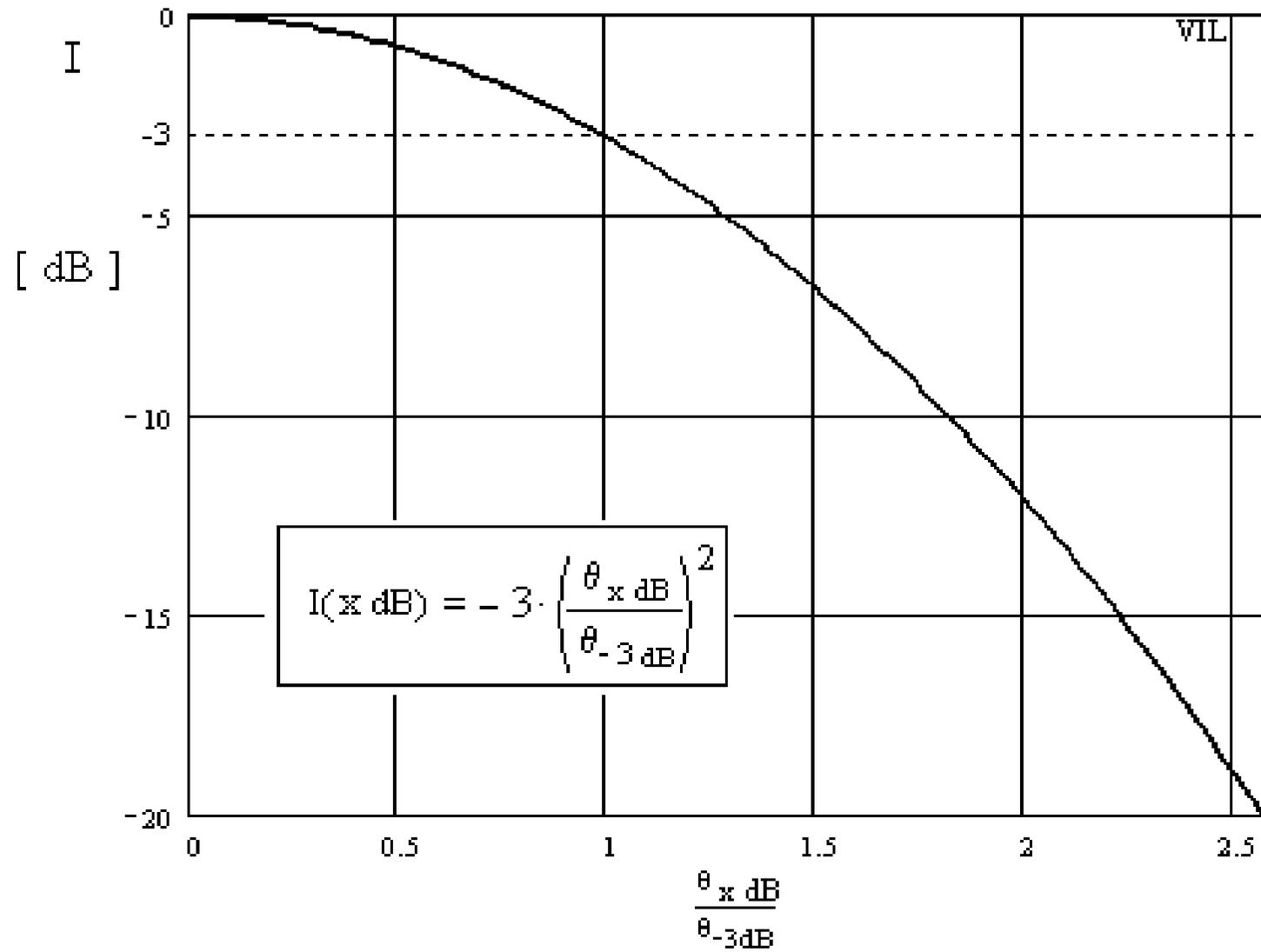


**Famosa antenna a paraboloide di Arecibo, Puerto Rico, assemblata all'interno di un cratere per uso in radio-
astronomia. Il diametro è circa 305 m .**

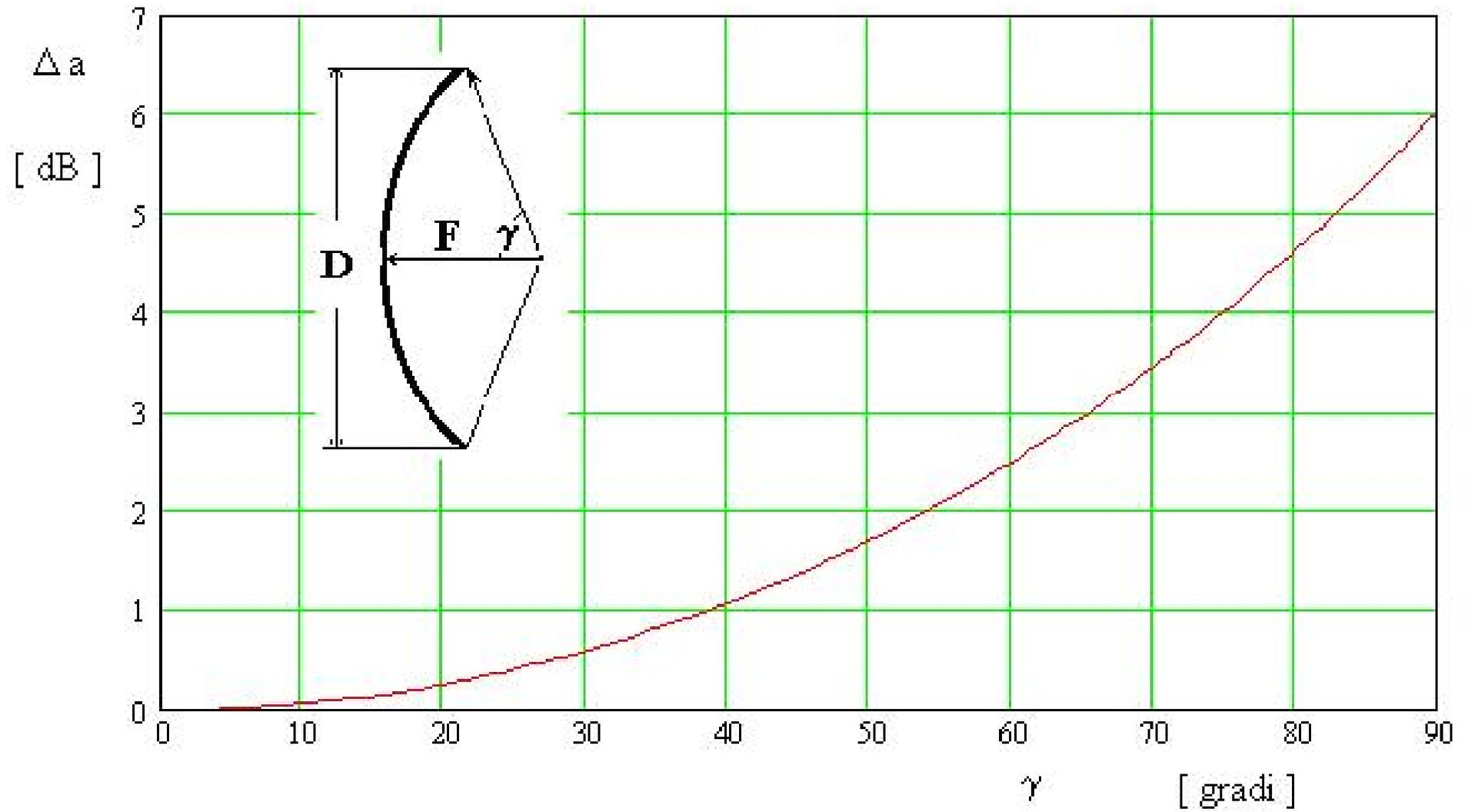
Larghezza del lobo nei piani E ed H

a/ l	b/ l	H - plane		E - plane	
		-3 dB	-10 dB	-3 dB	-10 dB
0.6	0.267	92.2	191.8	114.6	214.2
0.65	0.289	87.8	184.6	112	212.6
0.7	0.311	83.6	176.2	109.4	210.4
0.75	0.333	79.6	167.4	106.7	208.2
0.8	0.356	75.9	158.2	103.9	205.8
0.85	0.378	72.4	149.4	101.1	203.0
0.9	0.4	69.2	140.8	98.3	199.8
0.95	0.422	66.2	132.8	95.5	196.2

CURVA UNIVERSALE PER ILLUMINATORI DI SPECCHI PARABOLICI

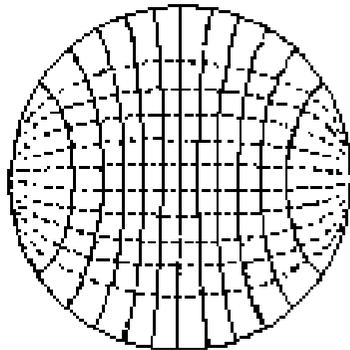


Attenuazione aggiuntiva al bordo rispetto al centro del paraboloide, in funzione dell'angolo γ .

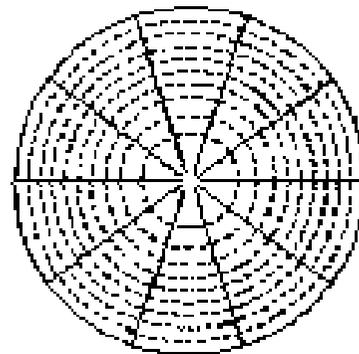


MODI IN GUIDA D'ONDA CIRCOLARE

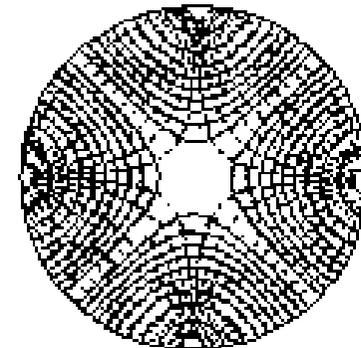
Distribuzione del campo trasversale dei primi modi TE e TM in guide d'onda circolari



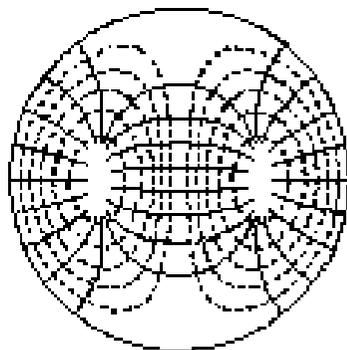
TE_{11}



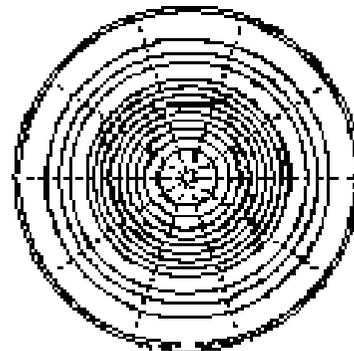
TM_{01}



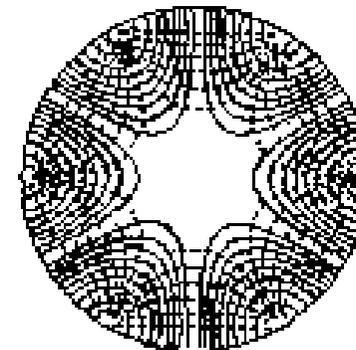
TE_{21}



TM_{11}



TE_{01}



TE_{31}

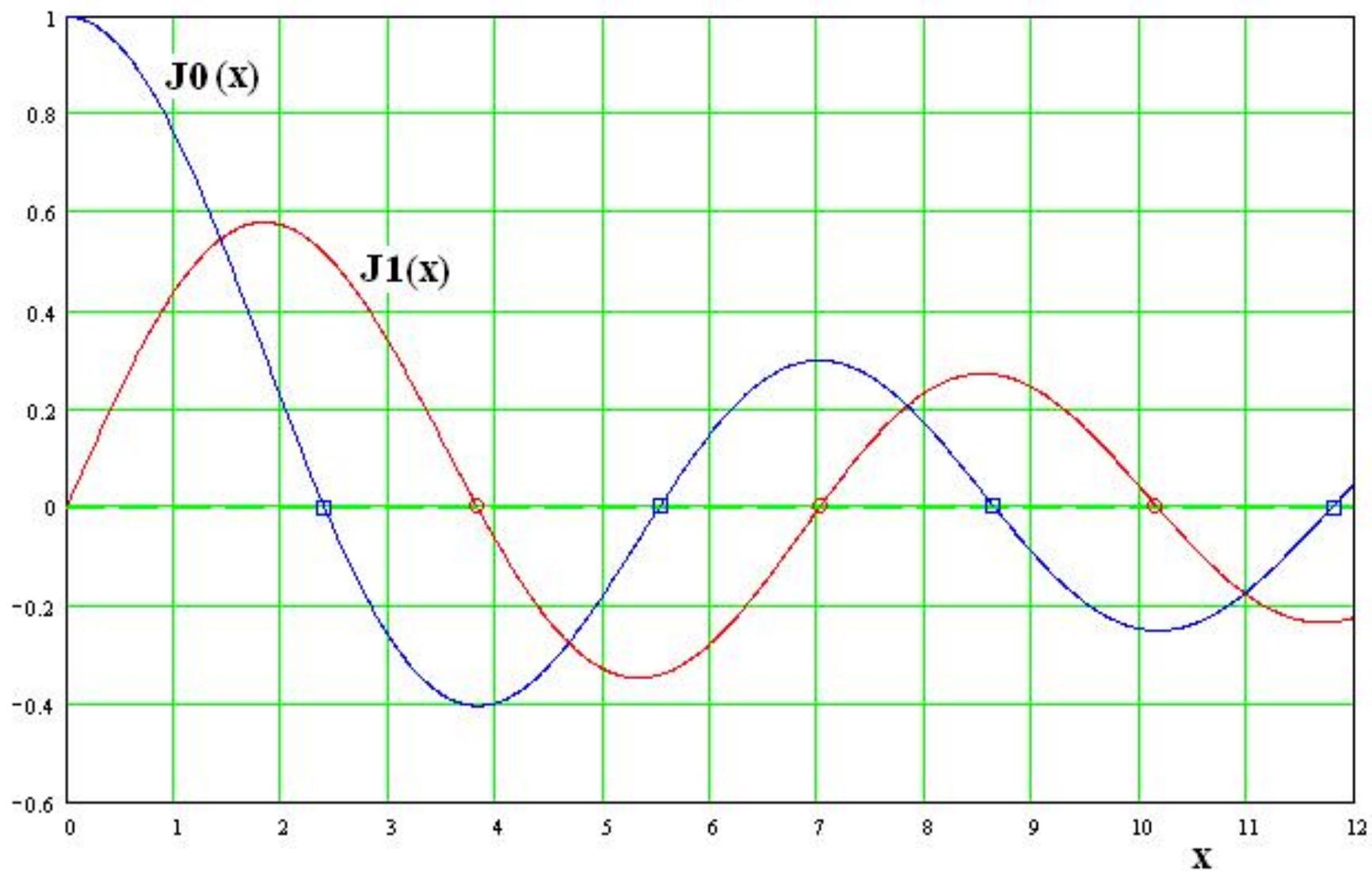
GUIDA D'ONDA CIRCOLARE

La distribuzione dei campi elettrico e magnetico in una guida d'onda circolare è descritta dalle soluzioni delle equazioni di Bessel del primo genere di ordine intero $J_l(x)$, con $l = 0, 1, 2, 3$. Gli zeri di queste funzioni e delle loro derivate prime determinano, inoltre, le frequenze di taglio per i mode TE e TM in guide d'onda circolari.

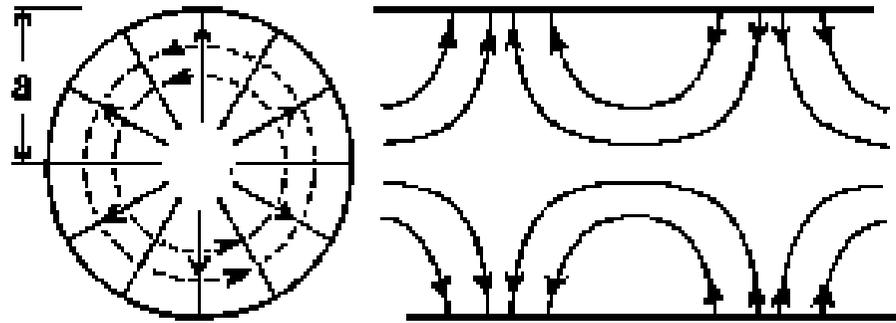
I primi m zeri delle prime 4 funzioni di Bessel sono riportati nella tabella seguente (valori della variabile x per i quali la funzione si annulla. Non è riportata la soluzione “banale”, $x = 0$, quando questa esiste).

Questi zeri sono indicati con x_{lm} . Gli zeri delle derivate prime sono indicati con x'_{lm} .

Funzioni di Bessel di ordine zero ed uno con i loro primi zeri



ZERI x_{lm} DELLE FUNZIONI DI BESSEL $J_l(x) = 0$				
	$l = 0$	$l = 1$	$l = 2$	$l = 3$
$m = 1$	2.4048	3.8317	5.1356	6.3802
$m = 2$	5.5201	7.0156	8.4172	9.7610
$m = 3$	8.6537	10.1735	11.6198	13.0152
$m = 4$	11.7915	13.3237	14.7960	16.2235
$m = 5$	14.9309	16.4706	17.9598	19.4094
$m = \dots$



Modo fondamentale TM_{01}
 Linea continua = campo elettrico
 Linea tratteggiata: campo magnetico

Per i modi TM, la lunghezza d'onda critica diviene:

$$\lambda_{lm} = 2\pi a / x_{lm}$$

dove: λ_{lm} : lunghezza d'onda critica (massima lunghezza d'onda (free space) che può propagarsi nella guida in modo TM_{lm}

a = raggio della guida d'onda

Il modo dominante è il modo TM_{01} (la lunghezza d'onda critica è la massima possibile, per la guida di raggio a). Si ha:

$$\lambda_{01} = 2\pi a / 2.4048 = 2.6128 a$$

La costante di propagazione β , alla frequenza di lavoro, per il modo TM_{lm} è:

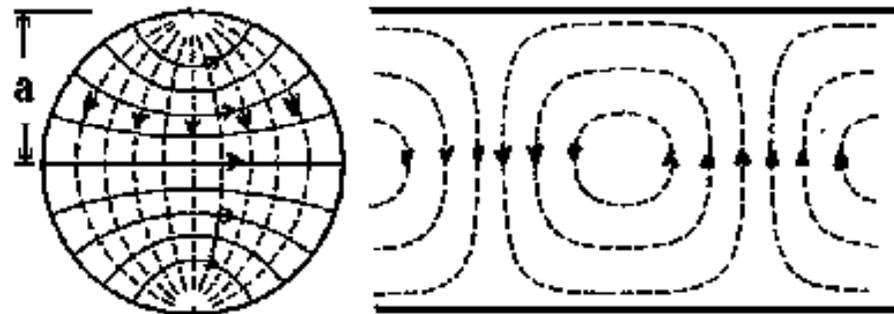
$$\beta_{lm}^2 = (2\pi / \lambda)^2 - (x_{lm} / a)^2$$

Per i modi TE la lunghezza d'onda critica diviene:

$$\lambda_{lm} = 2\pi a / x'_{lm}$$

dove: λ_{lm} : lunghezza d'onda critica (massima lunghezza d'onda (free space) che può propagarsi nella guida in modo TE_{lm}
 a = raggio della guida d'onda

ZERI x'_{lm} DELLE DERIVATE PRIME DELLE FUNZIONI DI BESSEL $J_l'(x) = 0$				
	$l=0$	$l=1$	$l=2$	$l=3$
$m=1$	3.8317	1.8412	3.0542	4.2012
$m=2$	7.0156	5.3314	6.7061	8.0152
$m=3$	10.1735	8.5363	9.9695	11.3459
$m=4$	13.3237	11.7060	13.1704	14.5858
$m=5$	16.4706	14.8636	16.3475	17.7887
$m = \dots$



Modo fondamentale TE_{11}

Linea continua = campo elettrico

Linea tratteggiata: campo magnetico

Il modo TE_{11} è il modo dominante (la lunghezza d'onda critica è la max. possibile).
Questa è:

$$\lambda_{01} = \frac{2\pi a}{1.8412} = 3.4125 a \quad \text{dove : } a = \text{raggio della guida}$$

A questa lunghezza d'onda critica corrisponde una frequenza critica $f_{11} = c / \lambda_{11}$ e si ha:

$$f_{11} = \frac{300}{\lambda_{11}} = \frac{87.912}{a} \quad \text{dove : } f = \text{frequenza in MHz}$$

a = raggio in metri

La costante di propagazione β , alla frequenza di lavoro, per il modo TE_{lm} è:

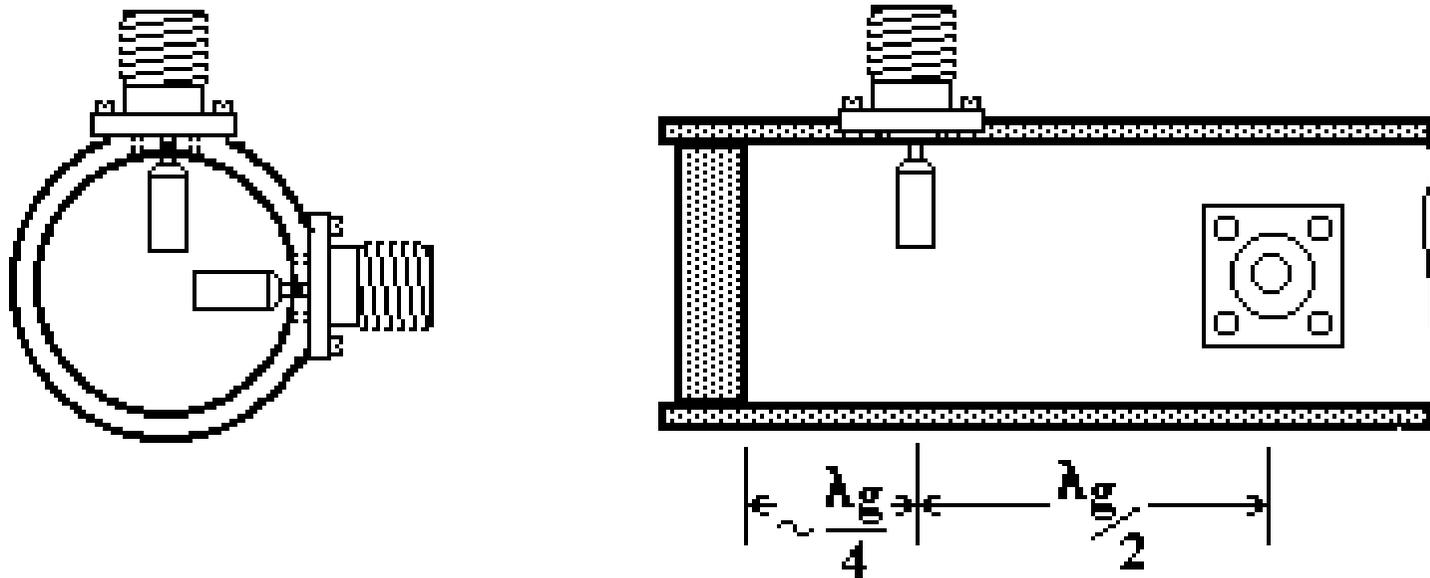
$$\beta_{lm} = \sqrt{\left| \frac{2\pi}{\lambda_0} \right|^2 - \left| \frac{x'_{lm}}{a} \right|^2}$$

dove : λ_0 = lunghezza d'onda nel vuoto

GUIDE D'ONDA CIRCOLARI

Tipo	Diametro interno [mm]	Diametro esterno nominale [mm]	Frequenza d'uso modo TE₁₁ [GHz]	Frequenza d'uso modo TE₀₁ [GHz]
WC 992	251.8		0.80 - 1.10	1.76 - 2.42
WC 847	215.1	219.2	0.94 - 1.29	2.06 - 2.83
WC 724	183.8	187.8	1.10 - 1.51	2.41 - 3.31
WC 618	157.0	158.5	1.29 - 1.76	2.82 - 3.88
WC 528	134.1	138.2	1.51 - 2.07	3.30 - 4.54
WC 451	114.6	118.6	1.76 - 2.42	3.86 - 5.32
WC 385	97.87	101.9	2.07 - 2.83	4.52 - 6.22
WC 329	83.62	87.68	2.42 - 3.31	5.29 - 7.28
WC 281	71.42	74.73	2.83 - 3.88	6.19 - 8.53
WC 240	61.04	64.34	3.31 - 4.54	7.25 - 9.98
WC 205	51.99	55.30	3.89 - 5.33	8.51 - 11.7
WC 175	44.45	47.75	4.54 - 6.23	9.95 - 13.7
WC 150	38.10	41.40	5.30 - 7.27	11.6 - 16.0
WC 128	32.54	35.84	6.21 - 8.51	13.6 - 18.7
WC 109	27.79	30.33	7.27 - 9.97	15.9 - 21.9
WC 94	23.83	26.37	8.49 - 11.6	18.6 - 25.6
WC 80	20.24	22.78	9.97 - 13.7	21.9 - 30.1
WC 69	17.48	20.02	11.6 - 15.9	25.3 - 34.9
WC 59	15.09	17.12	13.4 - 18.4	29.3 - 40.4
WC 50	12.70	14.73	15.9 - 21.8	34.8 - 48.0
WC 44	11.13	13.16	18.2 - 24.9	39.8 - 54.8

INIETTORI

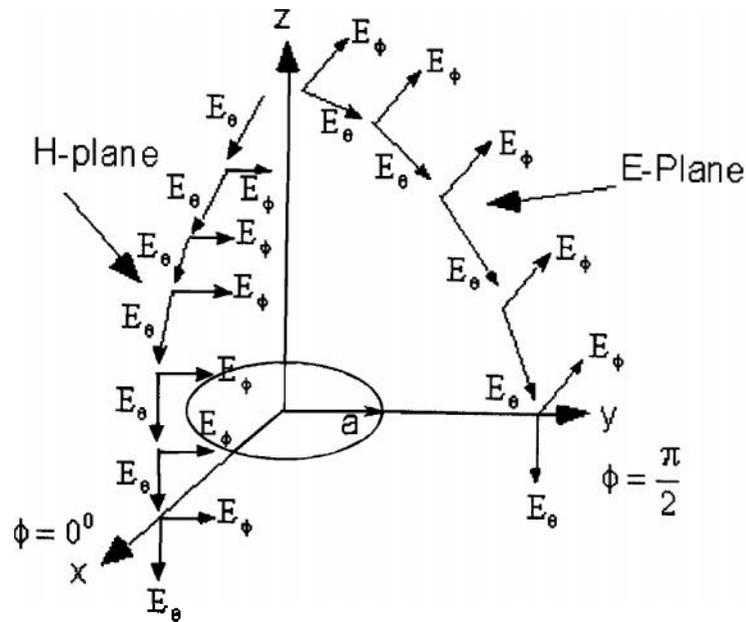


La guida circolare può essere utilizzata per trasmettere due segnali con onde polarizzate ortogonali (orizzontale e verticale oppure circolare destrorsa e sinistrorsa) mantenendo una buona separazione tra i due segnali.

Due iniettori a 90° in guida circolare lanciano due onde polarizzate linearmente ed ortogonali tra loro.

Con gli stessi iniettori si può, inoltre, lanciare in guida un'onda polarizzata circolarmente: lo stesso segnale viene portato agli iniettori con cavi che differiscono di $\lambda/4$ in lunghezza.

Apertura circolare con distribuzione TE₁₁ in piano conduttore infinito



a = raggio dell'apertura

$$k := \frac{2 \cdot \pi}{\lambda} \quad \lambda := \frac{c}{f}$$

$$Z = k a \sin(\theta)$$

$J_1(Z)$ = Funzione di Bessel di primo genere , ordine 1

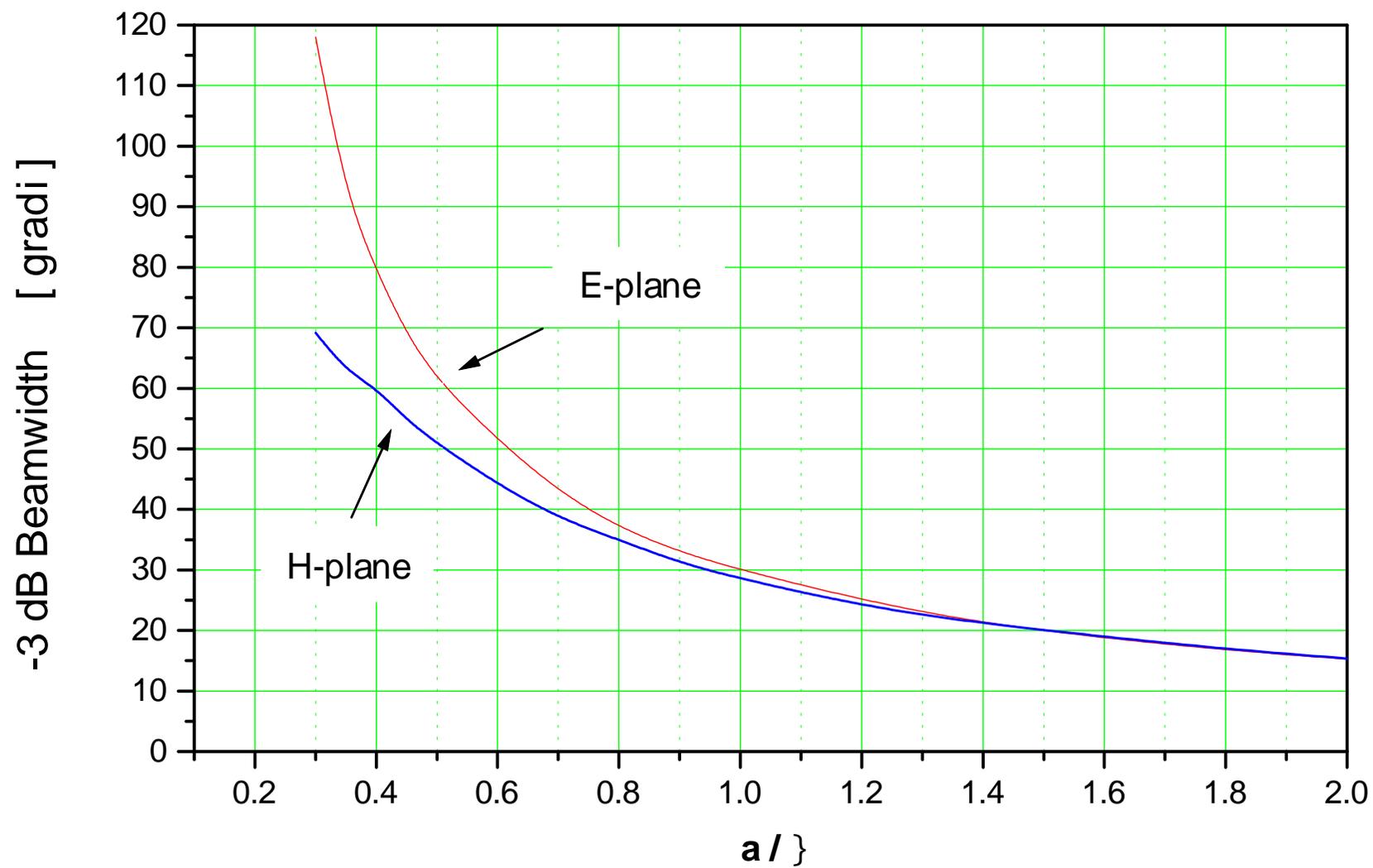
$$C_2 := j \cdot \frac{k \cdot a^2 \cdot E_0 \cdot J_1(x_{11}) \cdot e^{-j \cdot k \cdot r}}{r}$$

campi di radiazione :

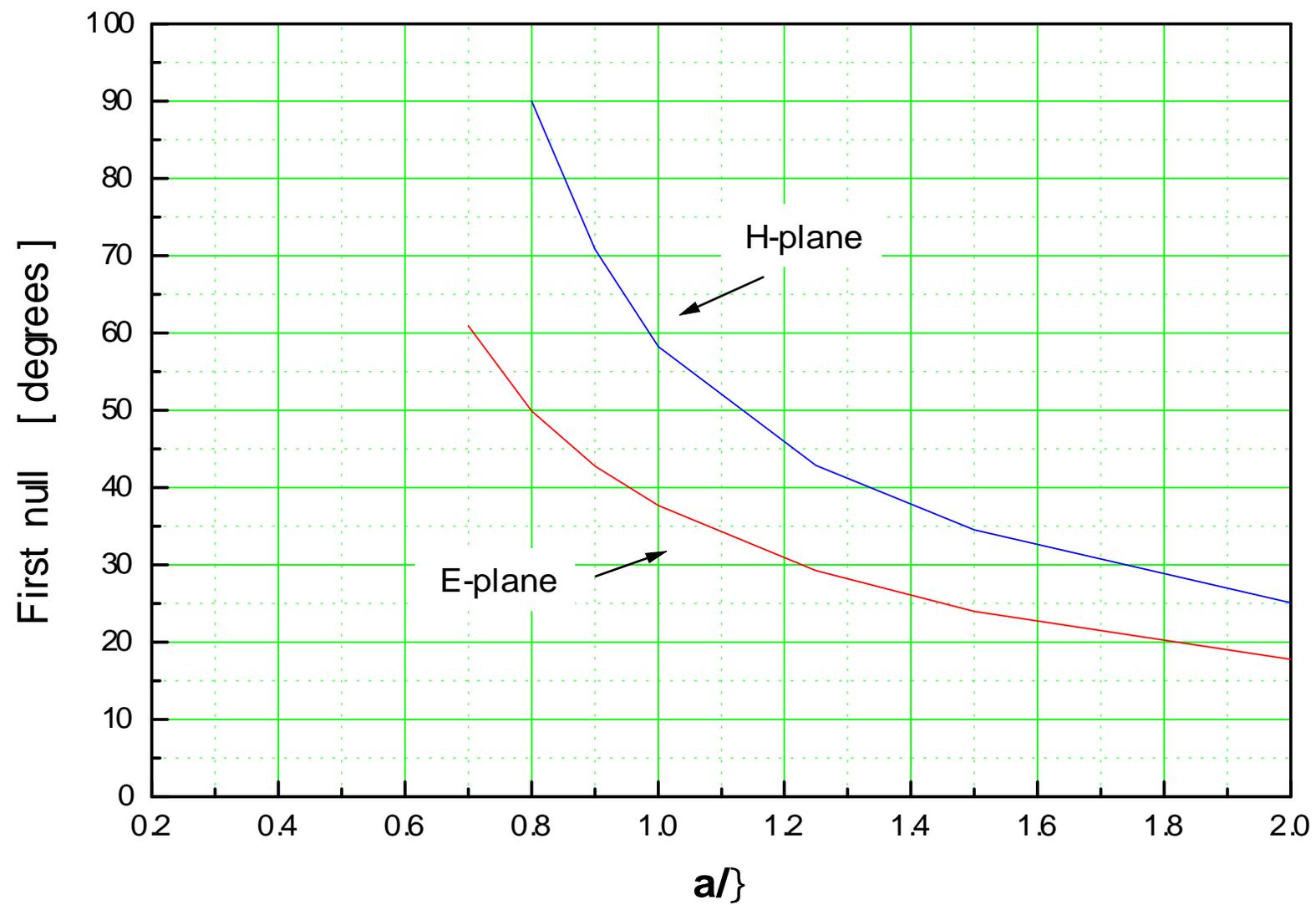
$$E_\theta(\phi, Z) := C_2 \cdot \sin(\phi) \cdot \frac{J_1(Z)}{Z}$$

$$E_\phi(\phi, Z) := C_2 \cdot \cos(\phi) \cdot \cos(\theta) \cdot \frac{\frac{d}{dZ} J_1(Z)}{1 - \left(\frac{Z}{1.841}\right)^2}$$

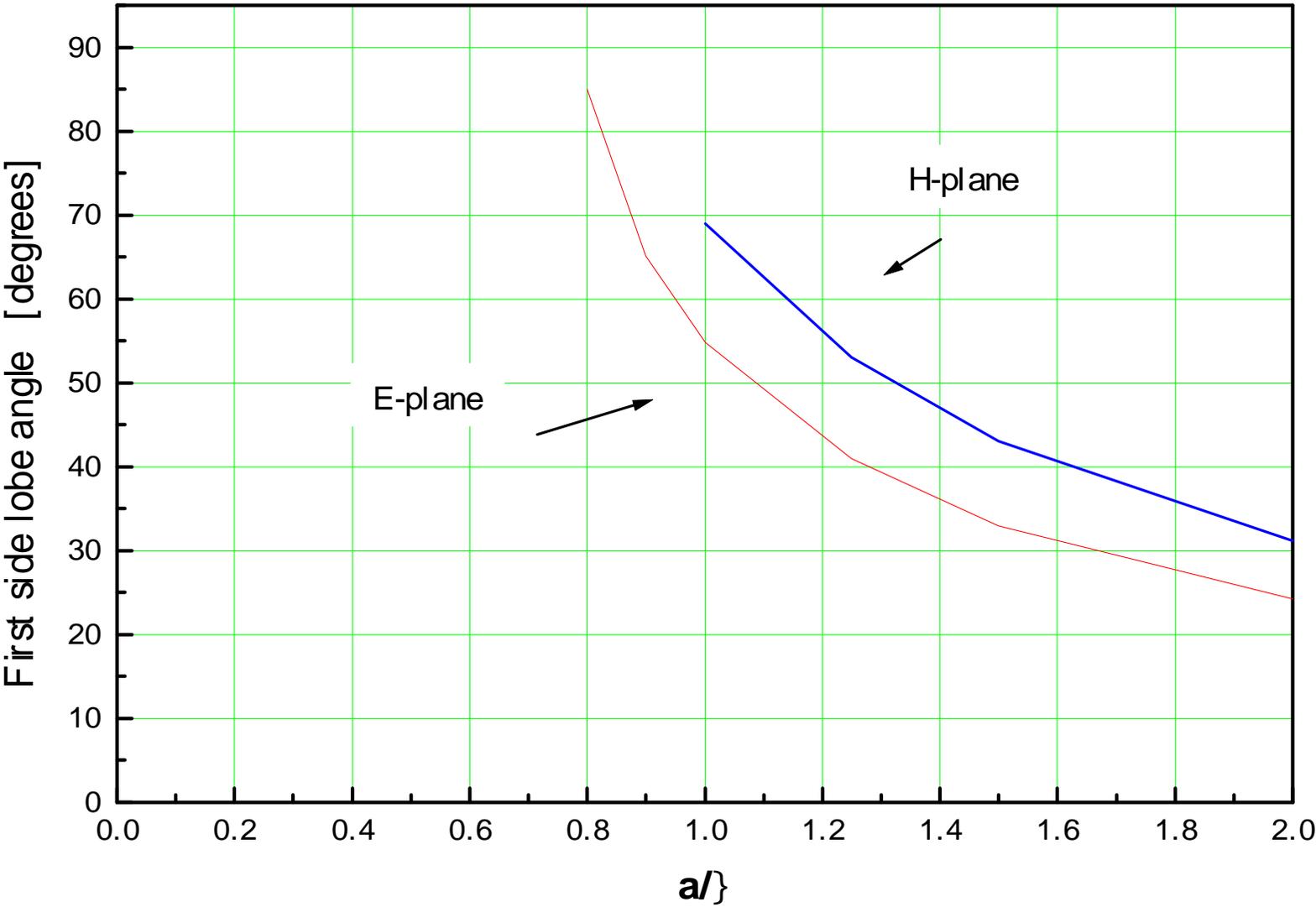
Apertura circolare con distribuzione TE_{11}



Apertura circolare con distribuzione TE_{11}



Apertura circolare con distribuzione TE_{11}



Apertura circolare con distribuzione TE_{11}

Le ampiezze a -3dB del lobo di radiazione sono differenti nel piano E (piano $\phi = \pi / 2$) e nel piano H (piano $\phi = 0$). Caratteristica è la presenza molto limitata dei lobi laterali in entrambi i piani .

Il livello del primo lobo laterale, nel piano E, è di -17.6 dB rispetto al lobo principale per qualunque valore di a/λ , mentre nel piano H è minore di -26.2 dB. (valore teorico al limite di $a/\lambda \rightarrow \infty$); per esempio, è di -30.8 dB per $a/\lambda = 1.25$ e di -37.8 dB per $a/\lambda = 1$.

Illuminatore guida cilindrica TE_{11}

