

## COSTRUIAMO LE ANTENNE

di Giovanni G. Turco, ik0ziz

Questa parte è dedicata alla realizzazione di due tipi di antenne, una yagi ed una cubical quad.

Alcune tabelle utili sono già state inserite in capitoli precedenti, altre sono riportate per la prima volta a complemento specifico.

Teniamo sempre a mente che l'applicazione della teoria è valida quando le condizioni, comprese quelle ambientali, sono tutte rispettate alla lettera per cui, essendo praticamente impossibile che esse si possano verificare nella realtà, il massimo rendimento delle antenne si ottiene ottimizzandole quando saranno state collocate per l'utilizzo.

Per testare e tarare le antenne occorre una minima strumentazione, cioè almeno un buon misuratore di radiofrequenza (Wattmetro), un misuratore di onde stazionarie (R.O.S.metro) e se possibile un impedenzimetro.

### Yagi 6 elementi per 50,5 MHz

Con il metodo che segue sarete in grado di costruire qualsiasi antenna Yagi, nel rispetto delle regole che ne determinano il buon funzionamento e la massima resa.

Prima di tutto dobbiamo analizzare la porzione di frequenze entro la quale l'antenna deve funzionare.

La banda dei sei metri è compresa in un intervallo di frequenze che va da 50 a 51 MHz.

Si tratta quindi di costruire un radiatore che possa operare entro un megahertz intero.

Prima di tutto ci conviene decidere il G vogliamo ottenere dal sistema, ovvero, il grado di direzionalità del lobo emesso, rispetto all'irradiazione isotropica, considerato che la larghezza di banda dovrà essere di 1 MHz, quindi dobbiamo operare in modo che il R.O.S. sia accettabile su tutta la porzione di banda.

La direttività (o guadagno in avanti più o meno concentrato), è ottenuta con la distanza tra gli elementi eccitati, dal loro numero e dalla lunghezza della "culla", che è il supporto degli elementi (detta anche "boom").

Per le antenne composte da più di tre elementi ci vengono in aiuto gli studi effettuati dalla N.B.S., che ha sperimentato le relazioni tra i vari parametri che influiscono sulle dimensioni per ottenere un certo guadagno.

Nella tabella che segue sono riportati sei diversi casi di estensione della culla, in rapporto alla lunghezza d'onda relativa alla frequenza di trasmissione

GUADAGNO IN dB RISPETTO AL DIMENSIONAMENTO DEL BOOM

| Guadagno in dB                      | 7,1 | 9,2 | 10,2 | 12,25 | 13,4 | 14,2  |
|-------------------------------------|-----|-----|------|-------|------|-------|
| Lunghezza boom in lambda            | 0.4 | 0.8 | 1.20 | 2.2   | 3.2  | 4.2   |
| Spaziatura riflettore-radiatore     | 0.2 | 0.2 | 0.25 | 0.2   | 0.2  | 0.308 |
| Spaziature tra direttori            | 0.2 | 0.2 | 0.2  | 0.2   | 0.2  | 0.2   |
| Numero degli elementi               | 3   | 5   | 6    | 11    | 16   | 14    |
| Curva di progetto grafico lunghezze | A   | B   | B    | C     | B    | D     |

Ogni specifica estensione è relativa al guadagno in dBi che si ottiene complessivamente.

Valutando, ad esempio, un guadagno di 10,2 dBi, troviamo che il boom deve essere lungo  $1,20 \lambda$ , ovvero:

$$\text{boom} = \frac{C}{F} \times 1,2$$

dove: C è la velocità della luce per Km/s;  
F è la frequenza di risonanza;  
1,2 è il fattore di moltiplicazione per trovare la lunghezza in metri del boom

$$\text{quindi: } \frac{299.793}{50.500} \cdot 1.2 = 7,12 \text{ m. (lunghezza della culla).}$$

A spaziature larghe corrisponde una banda passante più ampia. Il "Q" però diminuisce come pure il rapporto A/R. Inoltre l'impedenza rimane intorno a valori facilmente modificabili con appositi adattatori. A spaziature strette il Q aumenta e migliora contemporaneamente il rapporto A/R (avanti/retro). La banda dei 6 metri è compresa, come detto, tra 50 e 51 MHz e quindi dobbiamo stabilire una distanza tra elementi tale che consenta di operare con un R.O.S. più omogeneo possibile su una larghezza di banda di 1MHz. Una spaziatura di 0.25 sarà perciò ideale per le nostre necessità.

## Preparazione del materiale

### il boom

Le distanze tra elementi sono riferite al centro dei diametri per cui prepareremo un boom più lunga: 7,20 metri. Generalmente si impiegano tubi tondi, ma è preferibile utilizzare quelli quadri, per ottenere un perfetto allineamento a copertura tra gli elementi. Il tipo di materiale da utilizzare sarà l'alluminio avional, ma se non fosse reperite va bene anche quello anticorodal.

### gli elementi

Considerando che la resistenza di perdita è minima quando il diametro è elevato (rispetto alla frequenza di lavoro) e la qualità del metallo usato è buono, scegliamo senza dubbio dei tubi di lato esterno 25 mm., ottenendo nello stesso tempo anche una robustezza complessiva di tutta l'antenna.

## Il dimensionamento del radiatore

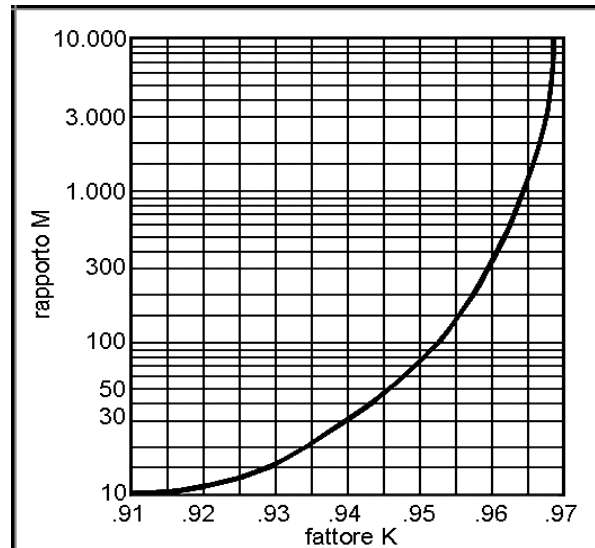
Con l'aiuto del grafico riguardante il rapporto M, troviamo il fattore K per il ridimensionamento del dipolo in funzione del lato del tubo, ma dobbiamo prima conoscere la lunghezza dell'elemento, quindi:

$$L_{rad} = \frac{C}{F} \div 2 = \frac{299.793}{50.500} \div 2 = 2,97 \text{ m.}$$

Possiamo ora determinare il fattore K con il fattore M:

$$= \frac{L_{rad}}{d} = \frac{2,97}{0.025} = 118$$

Andiamo a cercare la cifra 118 sul grafico, tra i valori riportati sulla scala verticale.



Tracciando una linea orizzontale a partire da questo punto e fino ad intersecare la curva, in corrispondenza, in basso, nella linea dei valori in orizzontale troviamo il fattore K 0.955, da applicare alla seguente formula:

$$Rad = \frac{C}{F} \div 2 \cdot K \text{ oppure } \frac{149.9}{50.5} \cdot 0.955 = 2.83$$

Ora, non essendo il radiatore in configurazione di semplice dipolo, ma insieme ad un sistema di più elementi, ed a contatto ad un boom molto lungo, la lunghezza totale subisce una variazione, per poter mantenere la risonanza alla frequenza desiderata.

Intanto però teniamo per buona la dimensione ottenuta.

Prima dimensione conosciuta, quindi: Radiatore cm. 283,00

## Dimensionamento degli elementi parassiti

Calcoliamo ora le dimensioni dell'elemento riflettore e dei quattro direttori, iniziando con i direttori n. 1 e 4.

Facciamo riferimento al grafico delle lunghezze che indica le varie dimensioni in rapporto al diametro del conduttore e la lunghezza d'onda, quindi:

$$\lambda = \frac{C}{F} = \frac{299.793}{50.500} = 5.936 m.$$

$$\text{Rapporto } d \cdot \lambda = \frac{d}{\lambda} = \frac{0.025}{5.936} = 0.0042$$

Conoscendo ora anche il rapporto diametro/lambda, al grafico n. 2 cerchiamo, in basso nella fila dei valori in orizzontale, quella appena determinata che è di 0.0042.

Tracciando una linea orizzontale a sinistra, si interseca la cifra che ci consentirà di determinare la L dei direttori n. 1 e n. 4.

Essendo, nel nostro caso 0.442, i due direttori dovranno essere:

$$Dir. 1 e 4 = \lambda \cdot 0.442 = 5.936 \cdot 0.442 = 2.62 cm.$$

Ricordandoci che abbiamo scelto di montare gli elementi tutti a contatto con il boom, che influisce come detto sulla risonanza dell'antenna, dobbiamo aggiungere al fattore 0.442, una cifra che si ricava dal grafico dei ridimensionamenti, una volta determinato il rapporto tra diametro e lunghezza del boom, quindi:

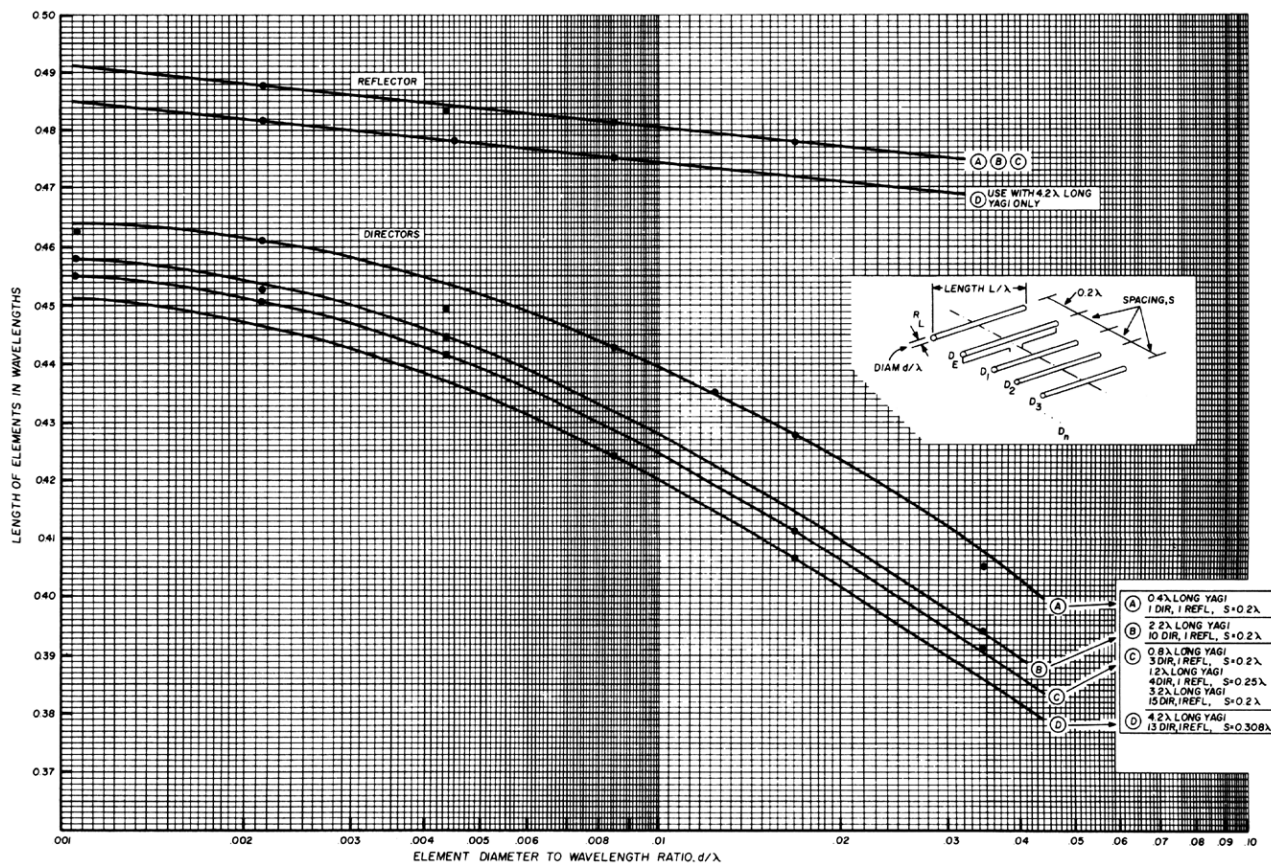
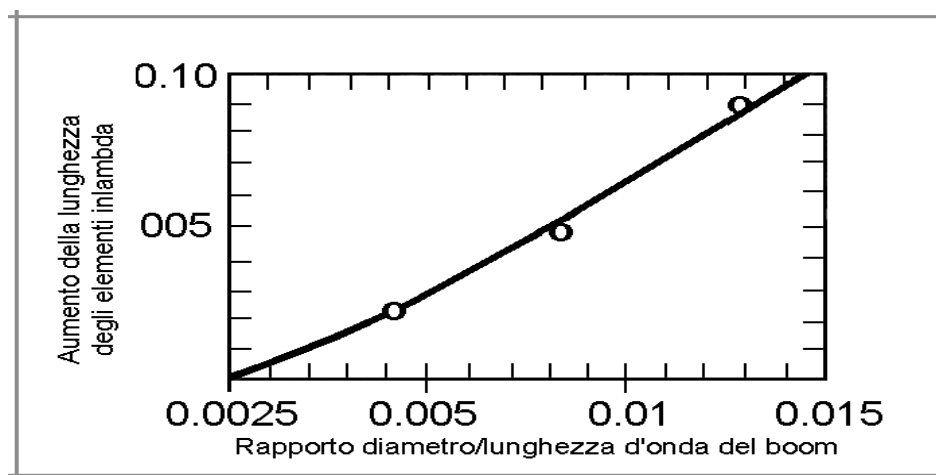


GRAFICO DELLE LUNGHEZZE PER ANTENNE YAGI

$$\text{Rapporto } D \cdot \lambda = \frac{D}{L} = \frac{0.040}{7.20} = 0.0055$$



Nel grafico, in corrispondenza di questo valore, troviamo che il fattore correttivo è 0.003, quindi:

$$Dir\ 1\ e\ 2 = \lambda \cdot (0.442 + 0.003) = \lambda \cdot 0.445 = 264\ cm.$$

Dunque, direttori 1 e 4 dovranno essere lunghi 264,00 cm.

I direttori n. 2 e n. 3, per esigenze di adattamento d'impedenza li tagliamo un poco più corti. Da sperimentazioni pratiche li riduciamo di 2 cm, pari a 0.75%, quindi le lunghezze saranno di 262,00 cm.

Riferendoci sempre al grafico delle lunghezze, calcoliamo ora le dimensioni del riflettore.

Il metodo è simile al precedente, con la sola differenza che le curve da considerare sono le due in alto più distanti e contrassegnate come riferite ai riflettori.

Consideriamo ancora la curva C del gruppo A B C, e troviamo che il fattore di moltiplicazione è 0.487, quindi:

$$Rif. = \lambda \cdot (0.487 + 0.003) = 5.936 \cdot 0.49 = 291 \text{ cm.}$$

Come si può notare nella formula è già stato considerato il fattore compensativo di 0.003. A questo punto conosciamo le lunghezze di tutti gli elementi. Per quanto riguarda il radiatore, che dovrebbe essere anch'esso ridimensionato, il consiglio è di realizzare l'ultimo tratto di esso telescopico per circa 30 cm. ritoccando quindi la lunghezza agendo alternativamente sui due rami, fino alla perfetta risonanza corrispondente ad un rapporto di onde stazionarie (R.O.S.) pari ad 1:1.

Quanto sopra è preferibile, poiché la bontà del sistema sarà influenzata (come l'impedenza), da eventuali altri corpi metallici circostanti. Quando sarà certi di aver effettuato una buona taratura, si bloccherà la parte mobile di ogni punta con il miglior sistema conduttivo possibile. E' buona norma spalmare, in mezzo alle giunzioni, della pasta conduttiva, a salvaguardia della durata dei contatti. Le spaziature sono definite dalla tabella n. 1.

Riepilogando i dati avremo:

|                         |                       |
|-------------------------|-----------------------|
| FREQUENZA OPERATIVA     | 50.500 MHz            |
| LUNGHEZZA D'ONDA        | 5,936 m.              |
| LUNGHEZZA DEL BOOM      | 7,20 m.               |
| DIAMETRO DEL BOOM       | 40 mm.                |
| DIAMETRO DEGLI ELEMENTI | 25 mm.                |
| RIFLETTORE              | 291 cm.               |
| RADIATORE               | 282 cm. regolabile    |
| 1° DIRETTORE            | 264 cm.               |
| 2° DIRETTORE            | 262 m.                |
| 3° DIRETTORE            | 262 m.                |
| 4° DIRETTORE            | 264 m.                |
| GUADAGNO                | 10.2 dBd (12,7 dBIso) |
| RAPPORTO AVANTI/RETRO   | >25 dB                |
| ANGOLO DI APERTURA      | <45° a -3 dB          |
| LOBI LATERALI           | <15 Db                |
| ALTEZZA DAL SUOLO       | 4,30 minimo           |

Per la costruzione del gamma match, riportatevi alla parte sugli adattatori d'impedenza.

Si ricordi che in caso di realizzazione con elementi isolati dal boom e dipolo aperto, il ridimensionamento degli elementi non dovrà essere operato.

L'adattamento d'impedenza d'ingresso dell'antenna richiederà anche un balun che bilanci il cavo di trasmissione.

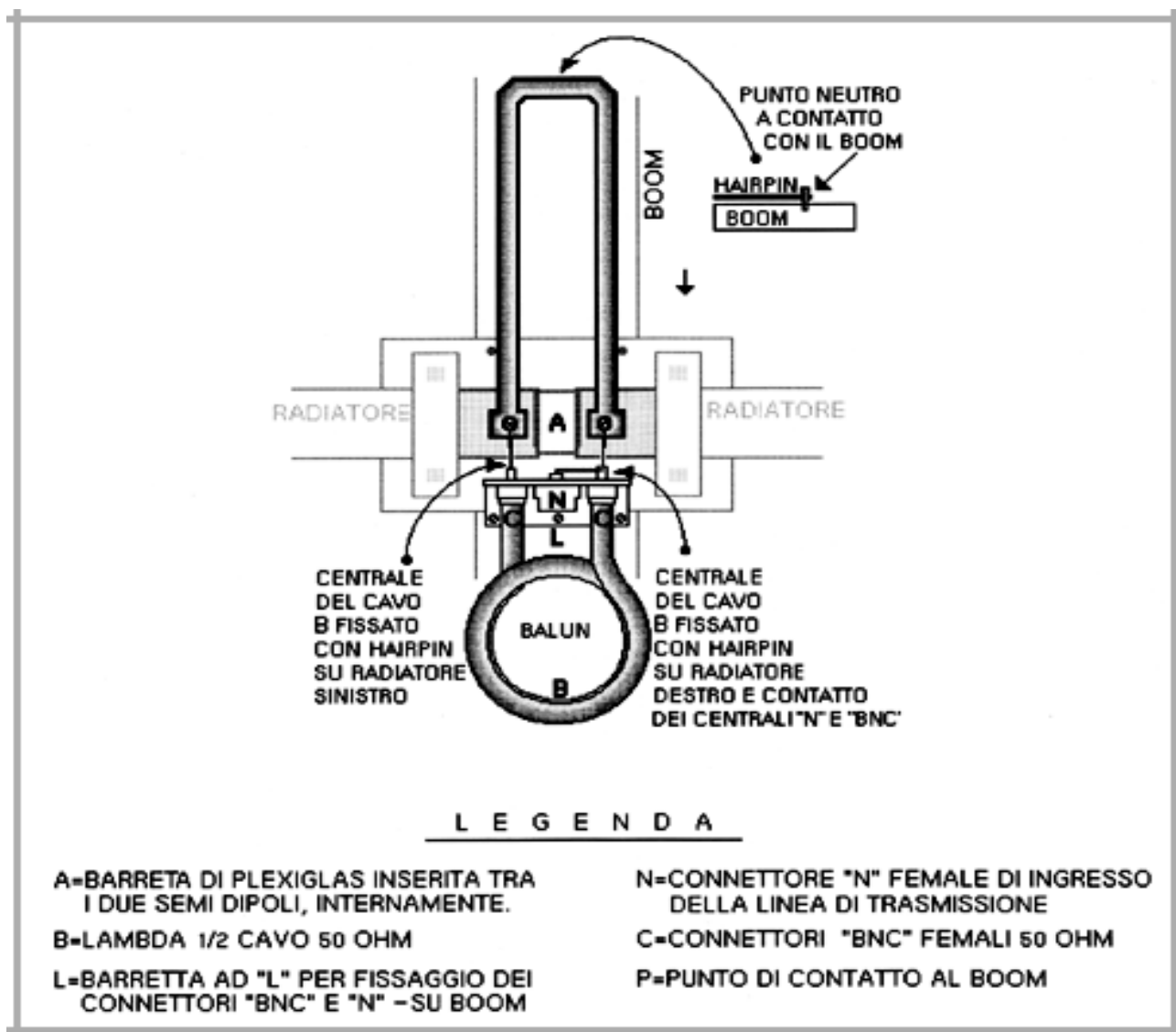
In configurazione con elementi isolati dal boom si consiglia d'impiegare un adattatore del tipo "hairpin" (o beta match), calcolandolo per una impedenza di 200  $\Omega$ , quindi d'inserire in parallelo un balun a "trombone" che riporti l'impedenza ai 50 ohm. Nella figura seguente è riportato il sistema suggerito.

Infine una nota:

Ottimizzando quest'antenna al computer, utilizzando vari programmi, si sono ottenute dimensioni diverse. Queste le più veritiere:

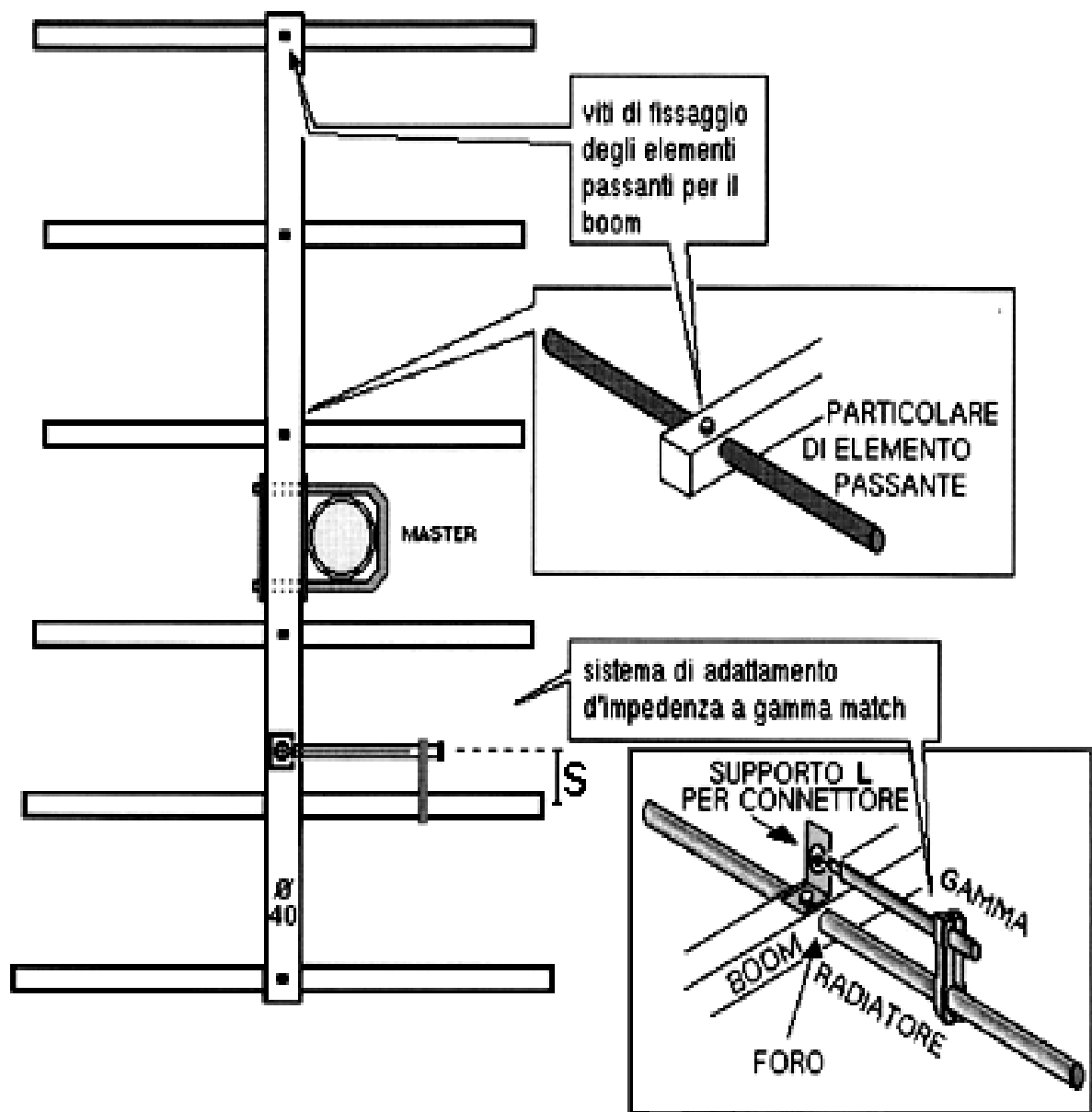
|              |            |
|--------------|------------|
| Riflettore   | 292,0 cm.  |
| Radiatore    | 274,0 cm.  |
| 1° Direttore | 260,0 cm.  |
| 2° Direttore | 262,4 cm.  |
| 3° Direttore | 263,4 cm.  |
| 4° Direttore | 251,2 cm.  |
| Guadagno     | 9,61 dBd   |
| Rapporto A/R | 26,43 dB   |
| Z-in         | 26,1 -j0.0 |

E' da considerare però che, verificati questi risultati con un altro programma, si sono ottenute dimensioni ancora diverse.



Schema meccanico dell'adattatore haripin.

## TUTTI GLI ELEMENTI A CONTATTO CON IL BOOM



## Antenna Cubical quad

L'antenna quad che può interessare un radioamatore è quella tribanda.

### IL PROGETTO

- 7 elementi risonanti sulla banda dei 10 metri ;
- 5 elementi risonanti sulla banda dei 15 metri ;
- 4 elementi risonanti sulla banda dei 20 metri ;
- altezza dal suolo 5,50 metri minimo.

Dalla tabella si osserva che per ottenere un guadagno di 10,5 dBd, (13,5 dB Iso), dobbiamo sviluppare il sistema lungo un boom di  $0.5 \lambda$ , riferendosi alla banda dei 20 metri, lungo quindi 10,57 metri.

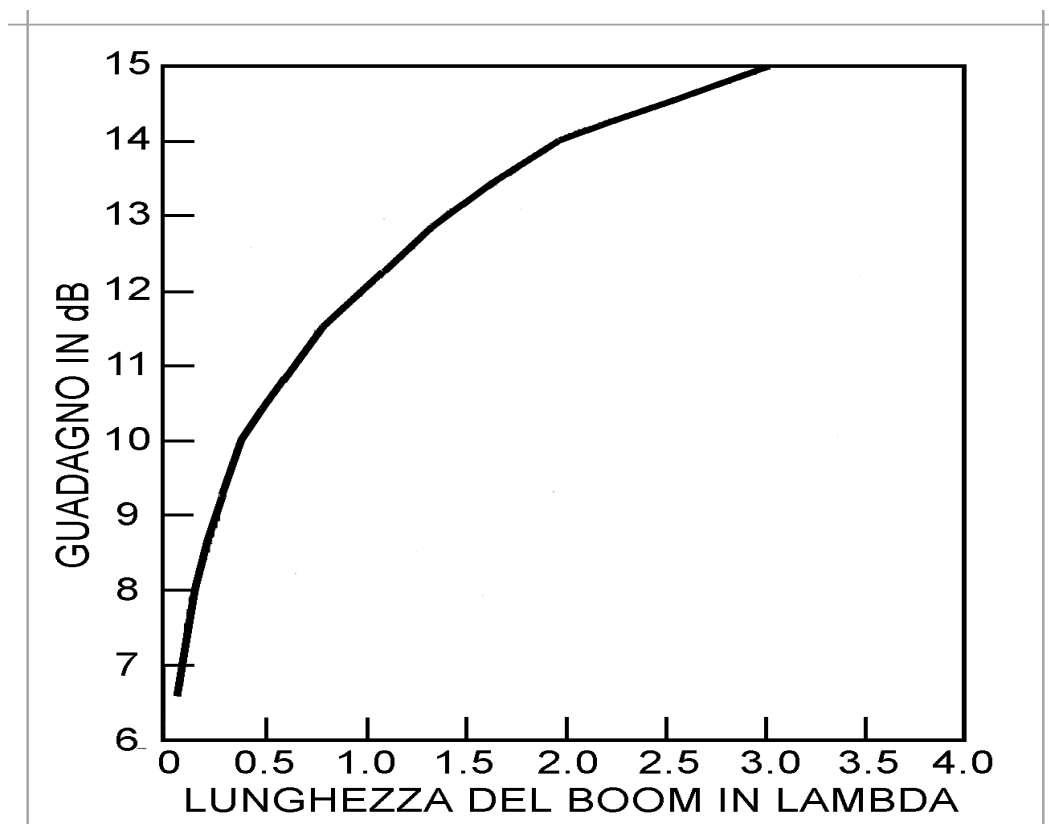


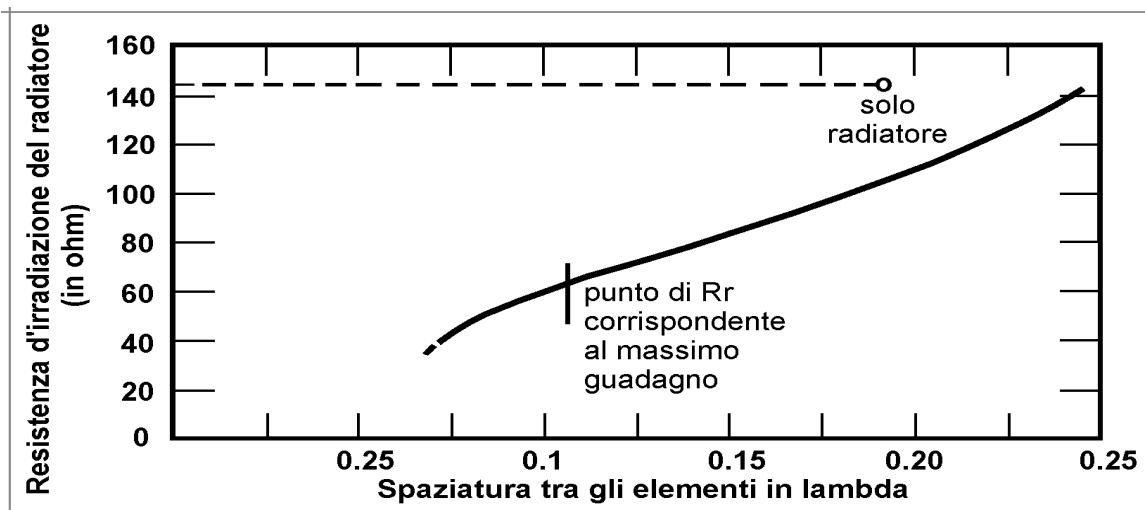
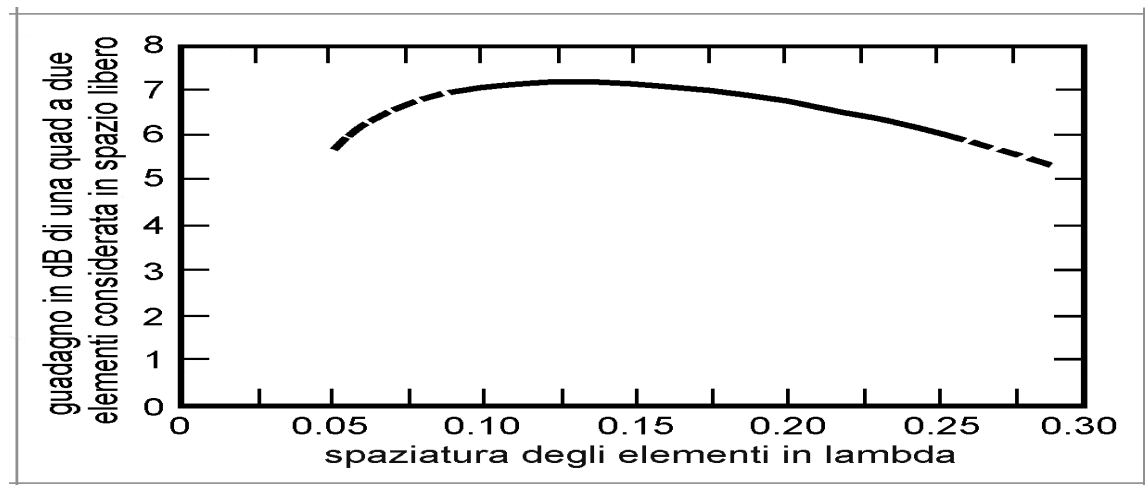
Tabella relativa al guadagno rispetto alla lunghezza della culla Per la stessa lunghezza di boom avremo che il guadagno ottenibile sulla banda dei 15 m. sarà di 11,5 dBd essendo il boom relativo a 21.225 MHz lungo  $0.75 \lambda$ , e ancora maggiore sarà per la banda dei 10 metri, 12,3 dBd (15,3 dB Iso). Utilizzeremo un tubo quadrato, per motivi di maggiore stabilità meccanica degli elementi.

### Spaziature

Sul grafico che segue si vede che per ottenere un guadagno di 10,5 dBd le spaziature per un'antenna composta da 4 elementi dovrà essere compresa tra  $0,15 \lambda$  e  $0,22 \lambda$ .

Scegliamo una spaziatura di  $0.18 \lambda$ , pari a metri 3,80 per una  $R_r$  di  $100 \Omega$  che scende poi a 50 ohm con due direttori.





Questa scelta obbliga ad un boom di 11,42m. che il sostegno dei due elementi più esterni, definiamo in m.11,50. Gli elementi per la banda dei 15 metri saranno distribuiti a distanze fra loro di metri 2,87 pari a lambda 0.204 circa. L'impedenza seguirà il comportamento come per i 20 metri, in quanto dopo il quarto elemento l'impedenza tende a stabilizzarsi, ed in ogni caso una piccola variazione non sarà apprezzabile. Gli elementi per la banda dei 10 metri (7) saranno montati a distanze di 1,91 metri, pari a lambda 0.182 circa.

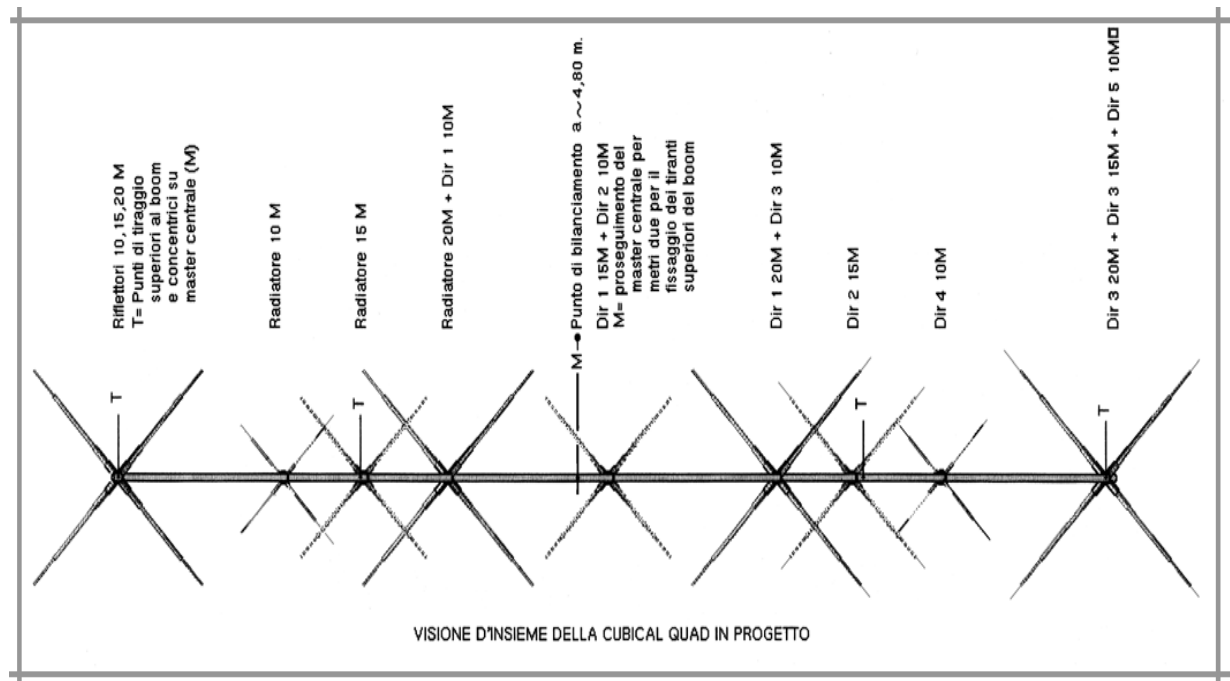
### Dimensione degli elementi

Calcoliamo ora la lunghezza dei loop, che realizzeremo con del filo di bronzo fosforoso del diametro di 1,5 millimetri. Esistono dei numeri fissi che ci permettono di calcolare i perimetri di ogni loop:

$$L \text{ Riflettore} = \frac{313.96}{F} \quad L \text{ Radiatore} = \frac{306.32}{F} \quad L \text{ Direttori} = \frac{297.20}{F}$$

quindi avremo:

| Frequenza | Rifl.  | Rad.   | 1° Dir. | 2° Dir. | 3° Dir. | 4° Dir. | 5° Dir. | Spazi |
|-----------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|
| 14.175    | 22.150 | 21.600 | 20.966  | 20.966  |         |         |         | 3.80  |
| 21.225    | 14.792 | 14.432 | 14.000  | 14.000  | 14.000  |         |         | 2.87  |
| 28.500    | 11.016 | 10.748 | 10.428  | 10.428  | 10.428  | 10.428  | 10.428  | 1.91  |



Alcuni elementi capitano concentrici ad altri, ma non i radiatori, che come si osserva in figura, sono distanti tra loro tanto da non influenzarsi a vicenda. Una eccezione si trova nel supporto del radiatore per i 20 metri, sul quale è montato anche il primo direttore per i 10 m., ma la distanza tra loro è sufficiente perché si eludano.

Il punto M è quello di bilanciamento del boom dove fisseremo le staffe per il fissaggio al palo di sostegno.

I punti T sono quelli di ancoraggio al boom, e servono ad evitare che s'inarchi. I tiranti dovranno essere isolanti.

Essendo tre le frequenze di lavoro, l'unico compromesso di questo sistema è l'angolo di irradiazione che sarà diverso per le tre bande, ma sufficientemente basso per tutte.

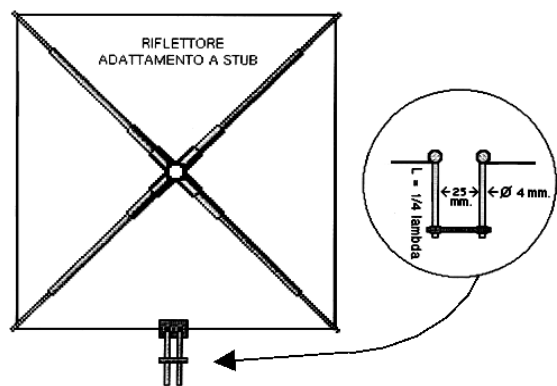
Ponendo il sistema a 16 metri di altezza, si avrà :

| Banda | Altezza in $\lambda$ | 1° Angolo d'irradiazione |
|-------|----------------------|--------------------------|
| 20m   | 0.75                 | 15 gradi                 |
| 15m   | 1.1                  | 12 gradi                 |
| 10m   | 1.5                  | 9 gradi                  |

L'impedenza d'ingresso è all'incirca  $50 \Omega$  per ogni banda.

Per i tre riflettori si può realizzare un accordo fine per migliorare il rapporto A/R, ed i sistemi per farlo sono riportati nella parte delle antenne a telaio.

Il più semplice è quello con stub  $\frac{1}{4}$  d'onda, che si regola mediante una barretta e il punto migliore corrisponde alla minima intensità di un segnale captato dal retro.



Ponte di adattamento