

Antenne, dalla scintilla alla "canna da pesca"

Viste dalla parte di un radioascoltatore

1ª parte

di Angelo Brunero IK1QLD

Prima di iniziare la trattazione vorrei tranquillizzare i lettori: non state per leggere un trattato di pesca con canna roubasienne, né i migliori metodi di pastura a galla o di profondità, né un'apologia del bigattino. Leggerete piuttosto di antenne, di prove (ragionate e non), di esperimenti; ma prima di tutto vorrei ripassare con voi po' di teoria, sperando di non annoiarvi troppo.

Così come non esiste un'antenna (ricevente e trasmittente) che possa comportarsi al meglio per tutte le bande del Servizio di Amatore, e nemmeno per la sola porzione delle HF, così non esiste un'antenna ottimale per ricevere. Anche se nel campo della sola ricezione dei segnali radio un'antenna impropria, scarsamente efficiente o mal funzionante, non procurerà danni né all'operatore né al ricevitore, e all'occorrenza potrà magari fare miracoli.

Se la perfezione non è di questo mondo, pur tuttavia possiamo tendere ad essa o a qualche cosa che (con molta prosopopea) gli possa assomigliare o comunque sia soddisfacente. Le antenne che meglio conosciamo sono il dipolo orizzontale a $\frac{1}{2}$ onda o antenna hertziana (sovente monobanda, spesso provvisto di bobine o trappole per renderlo tri o quadri banda, semplice o corredato di uno o più direttori e di un riflettore) ed il monopolo verticale a $\frac{1}{4}$ d'onda o antenna marco-

niana (con o senza riferimento a massa o contrappeso). Non credo sia male ripassare un po' di teoria e scrivere un po' di cose sul dipolo orizzontale, che è l'antenna con la A maiuscola (come si dice), il riferimento per tutte le misure (quando non si utilizza un'antenna detta isotropica che però non è reale). L'antenna forse più facile da costruire o comunque quella più facile da capire e da riprodurre: per poi affrontare il più variegato mondo delle antenne verticali. E poi, finalmente, andremo a pesca...

Ma cos'è un'antenna?

L'antenna è sostanzialmente un trasduttore, trasduce o converte o trasferisce o restituisce all'ambiente circostante un segnale elettrico che viaggia su un conduttore; e viceversa (per il principio di reciprocità) l'antenna è un trasduttore che trasduce un campo elettromagnetico captato in un segnale elettrico. Il termine è stato utilizzato per la prima volta da Guglielmo Marconi, mutuando nel campo radio le sue conoscenze marine: "antenna" è infatti il nome di un albero di nave (quello orizzontale che sostiene la vela quadra o latina). L'antenna è una macchina abbastanza complessa; infatti permette a correnti elettriche variabili nel tempo che scorrono in/su un conduttore di irradiarsi nello spa-

zio come onde elettromagnetiche; e viceversa permette ad un'onda elettromagnetica che incide su un conduttore di produrre una corrente elettrica variabile nel tempo. Se è vero che in linea teorica qualsiasi conduttore elettrico può comportarsi da antenna, la trasduzione avviene solo se vengono rispettati dei parametri e delle regole, che sono poi leggi fisiche.

Sorvolo sulle leggi che mettono in relazione lunghezza d'onda e frequenza, sorvolo sulla risonanza, su reattanza capacitiva, reattanza induttiva, impedenza, resistenza; non perché non siano cose importanti (anzi, sono basilari!) ma perché altri hanno scritto prima e meglio di me. Affronto quindi senza indugi l'argomento dipolo, con alcuni suoi annessi e connessi, forme derivate ed assimilabili.

Il dipolo

Il dipolo aperto è l'antenna più semplice, forse la più economica e la più facile da costruire; è l'antenna di riferimento per effettuare, per confronto, le misure su tutte le altre antenne (tralascio per brevità l'antenna puntiforme o isotropica, che va bene come teoria ma nella pratica non ha senso alcuno). È sostanzialmente un conduttore lineare (filo elettrico sostenuto da appositi sostegni o barre rigide di metallo condut-

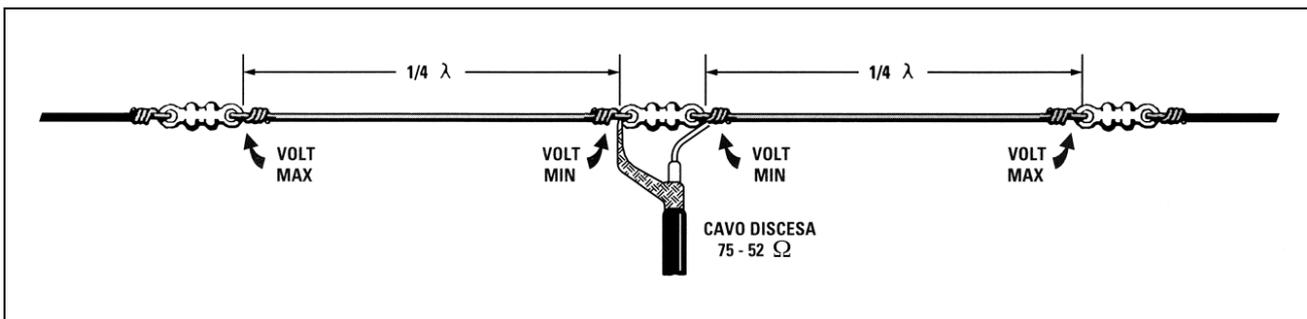


Fig. 1 - Ecco un bel dipolo: è composto da due bracci identici (semidipoli) lunghi un quarto della lunghezza d'onda per la quale il dipolo risuona, con opportuni isolatori e tiranti alle estremità e l'inserzione del cavo coassiale per la sua alimentazione

tore) lungo metà della lunghezza d'onda sulla quale risuona, e tagliato a mezzo; proprio a metà il dipolo viene "alimentato". Il punto di alimentazione è il punto in cui il segnale radio, captato dall'antenna, viene trasdotto in segnale elettrico e trasferito al cavo di antenna, che poi lo porta al ricevitore; ovvero è il punto in cui un segnale elettrico, generato da un trasmettitore e portato da un cavo d'antenna, viene trasdotto in segnale radio. Vedremo che è un punto assai critico nell'antenna.

Perché il dipolo è il re (o la regina) delle antenne? Perdonatemi, ma debbo ricorrere ad un po' di teoria.

Un'onda, in fisica, è sempre composta da una semi onda positiva e da una semi onda negativa che viste su un sistema di assi cartesiani, non sono speculari: quando infatti è presente la semionda positiva non è presente la semionda negativa e viceversa.

Nell'antenna lunga metà lunghezza d'onda, la semionda positiva parte da un'estremità con un minimo di corrente, raggiunge metà lunghezza con il massimo di corrente e termina il suo percorso sull'opposta estremità del filo sempre con un minimo di corrente. Terminato il percorso della semionda positiva inizia quello della semionda negativa, che parte anch'esso con un minimo di corrente, raggiunge metà lunghezza d'onda con la massima corrente e termina il suo percorso sull'opposta estremità con una minima corrente.

Metà lunghezza d'onda, quindi, è sufficiente per far scorrere sull'antenna sia le semionde po-

sitive che le semionde negative. Utilizzando un'antenna lunga esattamente metà lunghezza d'onda, sul suo punto centrale (l'alimentazione) si otterrà sempre una corrente massima, sia per le semionde positive che per quelle negative. In questo punto si ha un valore di impedenza che normalmente si aggira intorno ai 50-75 Ω (per un dipolo rigido e in campo aperto). Più ci si allontana dal centro dell'antenna, più

l'impedenza aumenta; alle due estremità (dove c'è il minimo di corrente) questa sarà sui 5.000-6.000 Ω.

Impedenza, corrente, tensione

Si è detto che al centro del dipolo (lineare, rigido o filare, in spazio libero) si localizza il massimo della corrente del segnale che dal conduttore deve prendere il volo verso lo spazio; qui e solo

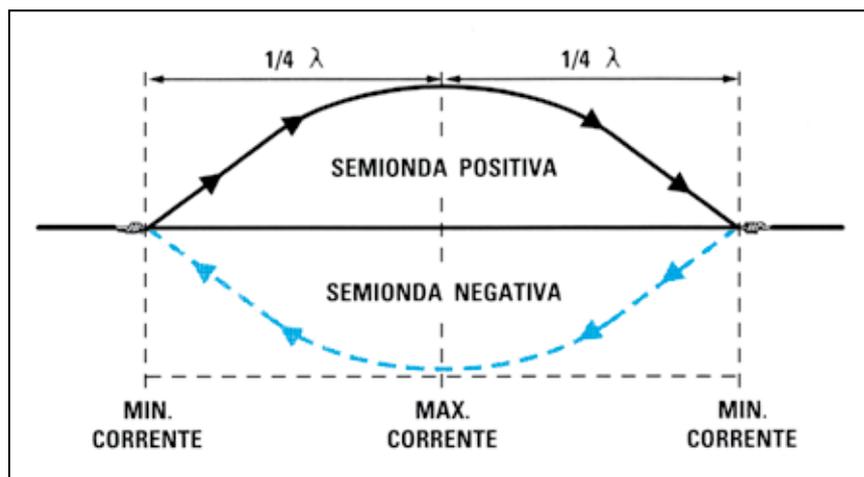
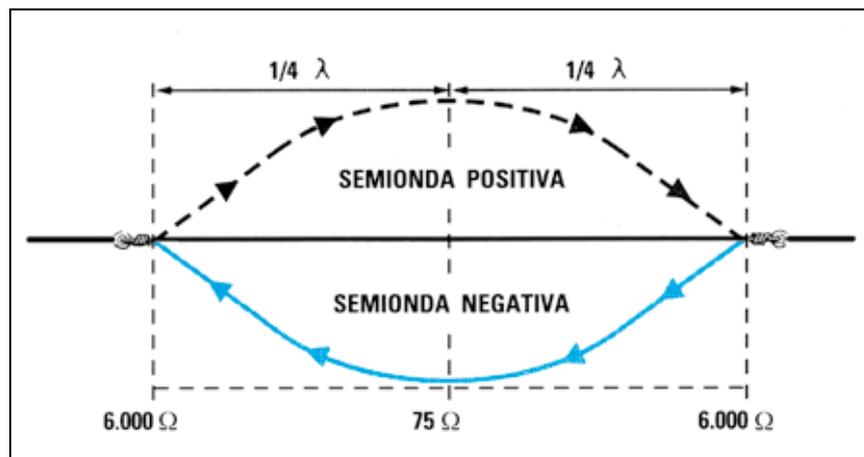


Fig. 2

Fig. 3



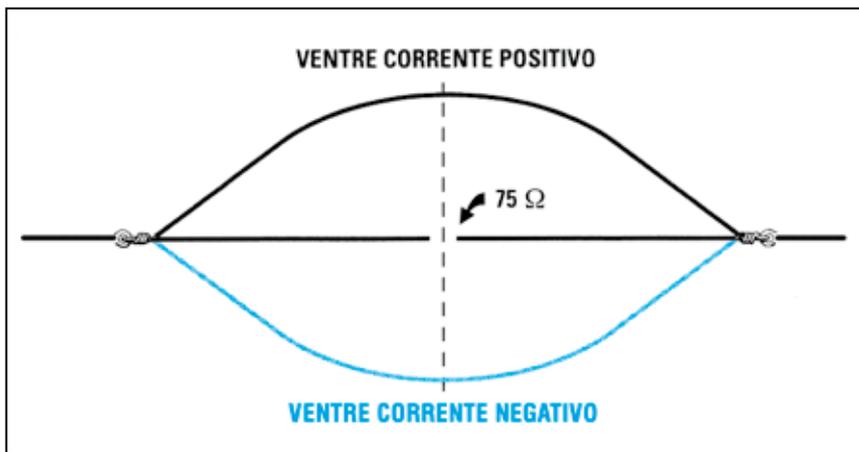


Fig. 4

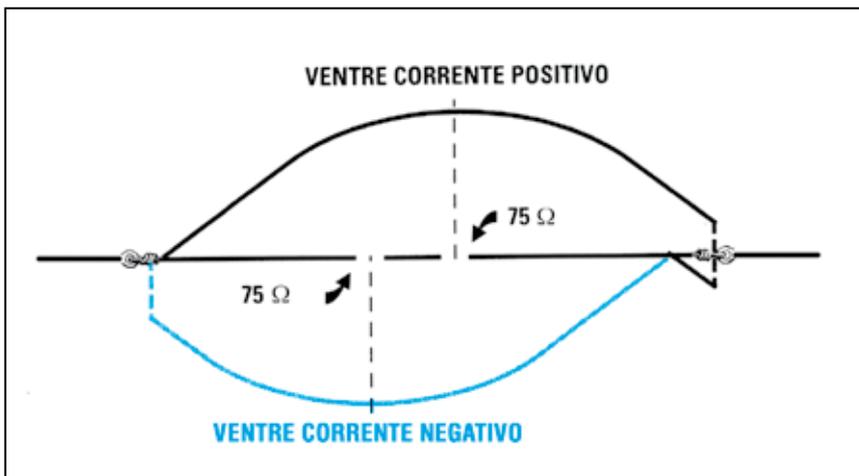


Fig. 5

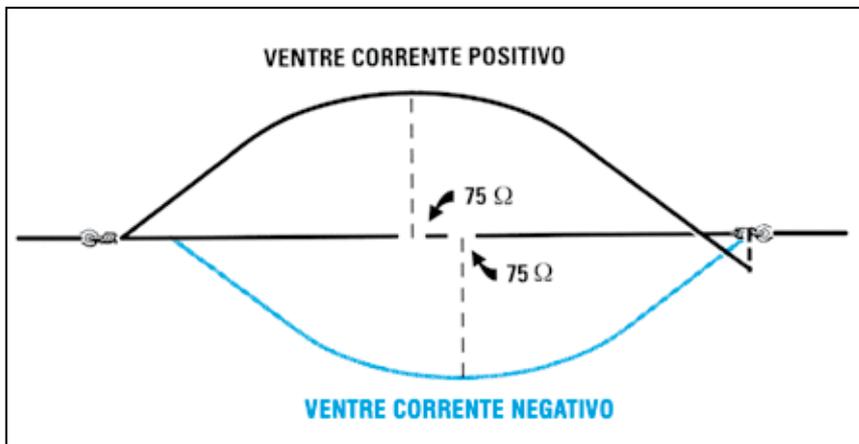


Fig. 6

qui avremo il minimo dell'impedenza, diciamo tra 50 e 75 Ω. Sia che il dipolo sia messo in orizzontale, sia che sia messo in verticale. Se si volesse alimentare un dipolo verticale alla sua base anziché al centro, troveremmo un valore di impedenza troppo alto (abbiamo visto sopra), di circa

6.000 Ω. Se volessimo alimentare un'antenna alla base anziché al centro, occorrerebbe utilizzare un radiatore di 1/4 d'onda, oppure di 3/4 d'onda, perché è solo con queste misure che avremo alla base la massima corrente ed all'estremità la minima corrente. Sapendo che al centro il dipolo

orizzontale presenta impedenza tra 50 e 75 Ω, possiamo anche calcolare, in funzione della potenza applicata, qual è la corrente e qual è la tensione al centro come all'estremità (nei calcoli ho usato la misura di 75 Ω).

Vi ricordate la Legge di Ohm?
ampere = $\sqrt{\text{watt} : \text{ohm}}$ e anche

$$\text{volt} = \sqrt{\text{watt} \times \text{ohm}}$$

Se forniamo all'antenna 100 watt di radiofrequenza, al centro del dipolo ci saranno:

$$\sqrt{100:75} = 1,15 \text{ ampere e}$$

$$\sqrt{100 \times 75} = 86,60 \text{ volt}$$

Alle due estremità con 6.000 Ω di impedenza, avremo:

$$\sqrt{100:6.000} = 0,12 \text{ ampere e}$$

$$\sqrt{10 \times 6.000} = 774,59 \text{ volt}$$

Disadattamento e perdite

Se abbiamo calcolato correttamente il nostro dipolo per la banda desiderata, la massima corrente della semionda positiva e di quella negativa (ovvero la massima corrente in valore assoluto) si troverà correttamente posizionata in corrispondenza del centro dell'antenna, e quindi qui e solo qui avremo la corretta impedenza di circa 75 Ω. Se invece avessi realizzato un'antenna più lunga o più corta rispetto alla banda in uso, il valore di impedenza sarebbe variato notevolmente, con conseguenze anche gravi se l'antenna venisse usata in trasmissione (i radioamatori dovrebbero ben conoscere questo argomento, essendo materia d'esame). Le figure 4, 5 e 6 sono chiarificatrici.

Per catturare dallo spazio la debole potenza RF generata da un trasmettitore è necessario che questa venga interamente trasferita dall'antenna al ricevitore; questa condizione si ha solo se c'è perfetto adattamento di impedenza tra il trasduttore antenna e il ricevitore (ovvero il cavo coassiale che porta il segnale dall'antenna al ricevitore). Se il nostro dipolo presenta impedenza di 50-52 Ω al punto di alimentazione, basterà collegare un cavo coassiale da 50-52 Ω all'an-

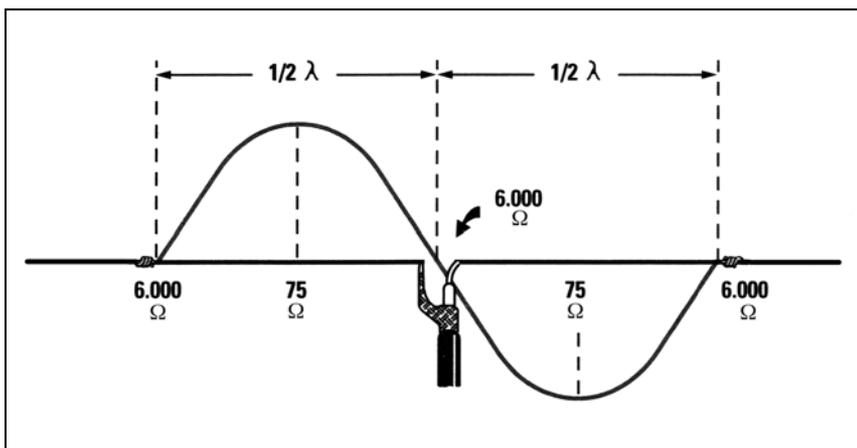


Fig. 7 - Se attraverso un'antenna calcolata per i 4 MHz sintonizziamo un ricevitore a 8 MHz, al suo centro sarà presente un minimo o nodo di corrente e per conseguenza l'impedenza sarà di 6.000 ohm

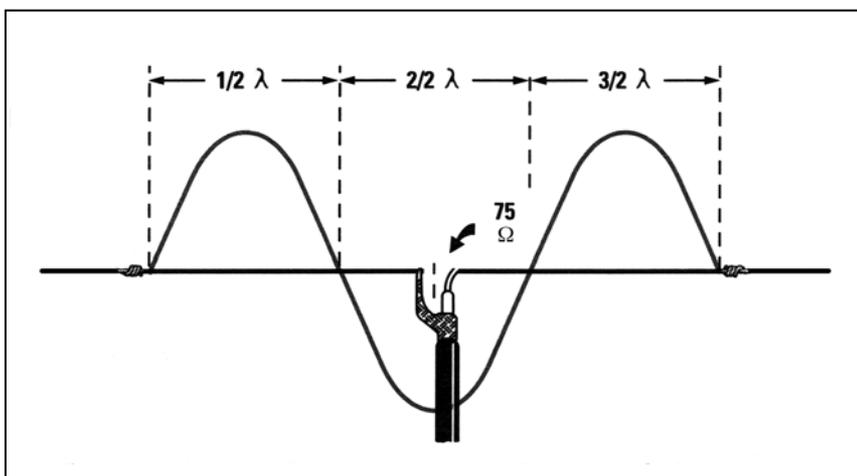


Fig. 8 - Il dipolo tagliato per i 4 MHz funziona anche sui 12 MHz; infatti al centro risulta presente un massimo di corrente (in valore assoluto)

tenna, supposto che il ricevitore abbia una presa d'antenna di 50-52 Ω (la supposizione è d'obbligo, ci sono ricevitori con prese d'antenna ben differenti!). Se, come è visibile in figura 5 e 6, al punto di alimentazione non si avesse un valore di impedenza corretto, i deboli segnali elettrici catturati dall'antenna non potrebbero venire correttamente trasmessi al coassiale e al ricevitore. Ci sono diversi strumenti in grado di leggere l'impedenza caratteristica di un'antenna ad una data frequenza; il mio consiglio è di acquistarne almeno uno, serve sempre! Dimenticavo: il disadattamento d'impedenza per un'antenna ricevente non è pericoloso, ma per un ricetrasmittitore potrebbe essere devastante!

Risonanze e armoniche

Si è visto che il dipolo è un'antenna risonante per una determinata frequenza; solo se tagliato di lunghezza corretta per la banda in uso potrà risonare perfettamente, la sua risonanza è essenziale per catturare al meglio determinate lunghezze d'onda, così come l'adattamento tra antenna e cavo coassiale. Questo risponde in parte ai dubbi di quanti lamentano comportamenti strani avuti da un dipolo alimentato con trasformatori di impedenza 1:4. Fortunatamente per chi fa radioascolto ed ha bisogno di avere un'antenna risonante su più bande, il dipolo aperto, calcolato per una banda, riesce a risonare anche su frequenze armoniche. Se, per

esempio, abbiamo costruito un dipolo per la banda dei 75 metri, questo potrà entrare in risonanza anche sulle frequenze multiple di 4 MHz: 8, 12, 16, 20, 24, 28 MHz. Ma l'antenna risulterà efficiente solo per le armoniche dispari, non già per quelle pari. Vediamo perché. Se con un generatore applichiamo una RF di 4 MHz al dipolo 1/2 onda tagliato per i 75 metri, in corrispondenza del suo centro avremo la massima corrente della sua semionda (positiva e negativa) ed un valore di impedenza di 52-75 Ω; qui possiamo quindi collegare un cavo coassiale da 52-75 Ω e non avremo alcun disadattamento di impedenza.

Se facciamo risonare l'antenna sulla sua prima armonica pari, $4 \times 2 = 8$ MHz, al centro del dipolo avremo un minimo di corrente ed avremo di conseguenza un alto valore di impedenza (abbiamo visto essere intorno ai 5.000-6.000 Ω); se qui collegassimo il nostro cavo coassiale con impedenza di 52-75 Ω avremo un fortissimo disadattamento di impedenza, cosa che non permetterà al segnale RF di essere trasferito dal generatore all'antenna.

Che succede se facciamo risonare l'antenna sulla sua prima armonica dispari, cioè $4 \times 3 = 12$ MHz? Al centro del dipolo si avrà ancora un massimo di corrente, e quindi un valore di 52-75 Ω, cosa che ci permette di connettere il nostro cavo coassiale di 52-75 Ω senza problemi di disadattamento. Similmente succede per tutte le armoniche dispari. Nel caso nostro il dipolo per i 75 metri, lungo circa $75:2=32,5$ metri, avrà al suo centro l'impedenza caratteristica per i 12, 20, 28 MHz.

Altezza dal suolo

L'impedenza di un'antenna varia al variare della sua lunghezza, dalla vicinanza con corpi vicini e circostanti e dalla vicinanza con la terra, visto che variano i parametri fondamentali della reattanza induttiva e della reattanza capacitiva.

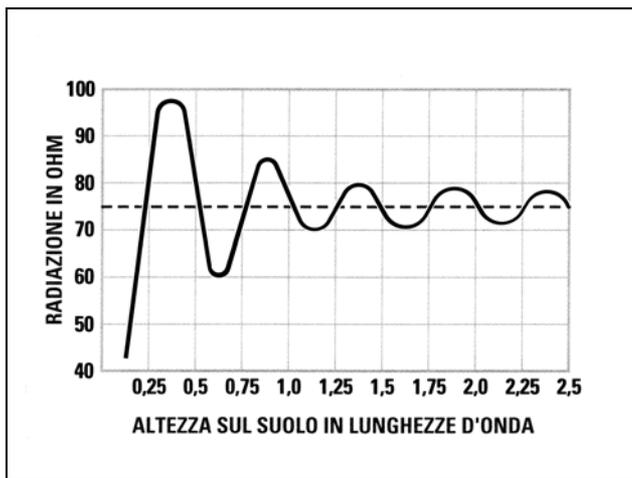


Fig. 9 - L'impedenza del dipolo varia al variare dell'altezza dal suolo. Nel grafico si evince per quali altezze dal suolo (espresse in lunghezze d'onda) vengono rispettati i 75 Ω canonici

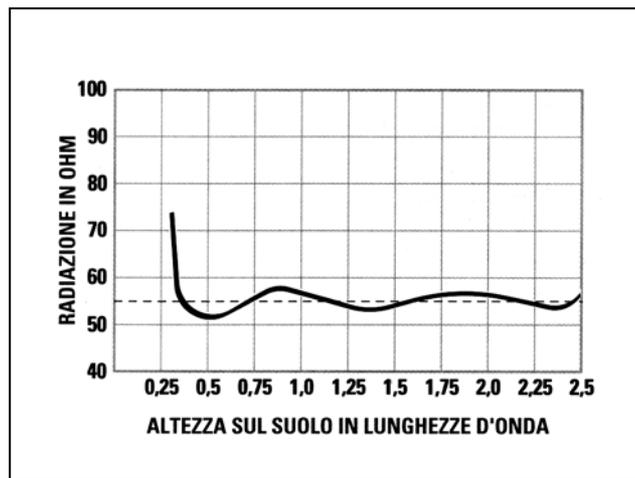


Fig. 10 - Differentemente dal dipolo orizzontale, per le antenne verticali l'impedenza non varia di molto al variare dell'altezza dal suolo, almeno a partire da $\lambda/2$

Occorre però chiarirci su cosa si intende, per i casi nostri, per "terra"; essa è sostanzialmente il suolo, quella roba su cui poggiamo i piedi, e per i casi nostri è il prato su cui stiamo facendo esperimenti con il nostro dipolo; ed utilizziamo un prato, un campo o simili perché non debbono esserci altri elementi di disturbo che possano intervenire nelle misure e nelle prove. Ma la condizione di prato aperto è molto rara, lo ammetto, più comunemente i nostri dipoli sono messi alla meglio sui tetti o tra gli alberi, in

un parcheggio, su un declivio; qualsiasi massa metallica (i fili elettrici che corrono dentro un edificio, i tubi del gas o dell'acqua, i cavi del telefono, ecc.) o qualsiasi perturbazione del piatto suolo (alberi, arbusti e cespugli, pali della luce, case prossimi e/o distali, manufatti vari, ecc.) portano ad avere un piano di terra assolutamente irregolare, non prevedibile e dagli effetti alle volte anche deleteri; in effetti, se non in rari casi, non si può mai definire un preciso valore di distanza da terra.

Senza contare che le onde radio, a seconda della loro lunghezza, possono venire riflesse dal suolo a profondità diverse. Insomma, la migliore terra è il mare! Dalla figura appaiono evidenti le differenti impedenze a seconda della distanza dal suolo di un dipolo orizzontale. Ben diversamente accade per le antenne verticali!

(Continua)