

Le Antenne Verticali

principi e funzionamento
illustrati da

Gioacchino IW9DQW

www.IT9UMH.altervista.org
sezione progetti e autocostruzioni

Generalità. - S'intende per antenna un organo atto ad irradiare nello spazio energia elettromagnetica, quando venga percorso da corrente oscillatoria ad alta frequenza.

In tal caso si tratta di *antenna trasmittente*, nel caso in cui lo stesso dispositivo sia investito da un'onda e.m. allora si tratta di *antenna ricevente*.

Le antenne sono di due tipi fondamentali: antenne **aperte**, antenne **chiuse o telai**. I dipoli, le antenne verticali, le filari appartengono alla categoria delle antenne aperte. Mentre si definiscono antenne chiuse, i dipoli ripiegati, e le antenne a quadro, le quad, etc. Un conduttore rettilineo (fig. 1) isolato si può pensare come un particolare circuito oscillatorio aperto, in cui le caratteristiche elettriche (R,L,C) anziché concentrate in resistori, induttori e condensatori, sono uniformemente distribuite lungo il conduttore stesso.

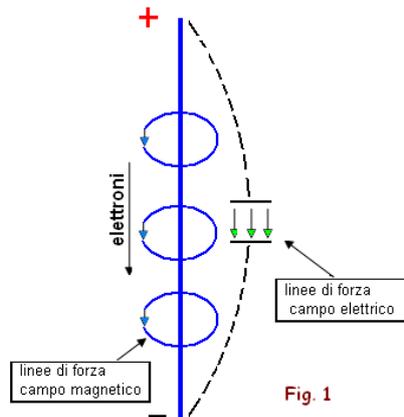


Fig. 1

Linee di forza prodotte dallo spostamento degli elettroni lungo il conduttore verticale

Pertanto il campo elettrico ed il campo magnetico, prodotti da una corrente a radio frequenza che percorre il conduttore, lo circondano in tutta la sua lunghezza. E' evidente dal disegno che le linee di forza del campo elettrico risultano parallele al conduttore, quelle del campo magnetico perpendicolari alle prime: così un'antenna, costituita da uno stilo metallico verticale, genera un campo elettromagnetico intorno a se..

E' appunto la notevole estensione che assumono nello spazio i due campi, e che rende tale circuito atto ad irradiare in modo efficace l'energia elettromagnetica.

Calcolo della lunghezza d'onda

Le onde elettromagnetiche si propagano nello spazio alla velocità di 300.000 km/s in tutte le direzioni intorno all'antenna trasmittente.

Se, per esempio, la frequenza della corrente oscillatoria è di 1 Mhz la lunghezza dell'onda sarà facilmente calcolabile mediante la relazione

$$\text{Lunghezza d'onda} = \frac{\text{velocità di propagazione}}{\text{Frequenza}}$$

e nel caso specifico

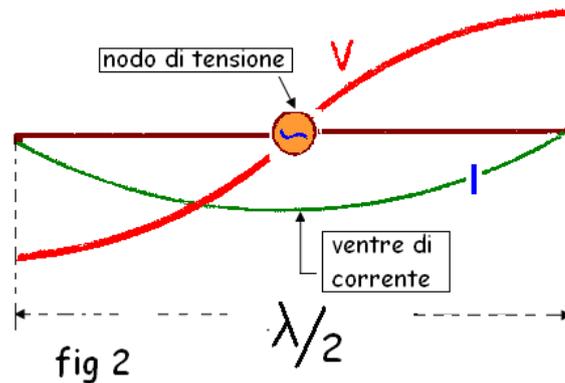
$$\lambda(\text{metri}) = \frac{300.000.000}{1.000.000}$$

l'onda risulterà lunga **300 metri**.

Il dipolo

Si è trovato sperimentalmente che quando la lunghezza di un'antenna è pari a metà della lunghezza d'onda, ($\lambda/2$) l'irradiazione è massima.

Si è già detto che un'antenna si può considerare come una linea a costanti distribuite, isolata, alimentata in nodo di tensione (e quindi ventre di corrente): si stabilirà perciò in essa un sistema di onde stazionarie. (fig. 2)



Nella più semplice costituzione un'antenna è composta da un conduttore di lunghezza pari a $\frac{1}{2} \lambda$ (antenna hertziana o dipolo), per cui la corrente e la tensione assumeranno una distribuzione simile a quella rappresentata in fig. 2 con andamento quasi sinusoidale.

Il dipolo a mezz'onda alimentato al centro e distante dal suolo ha un guadagno $G = 1,64$ e una resistenza di radiazione uguale a 73Ω .

Se consideriamo il **dipolo a mezz'onda**, dal suo diagramma di radiazione si nota che l'intensità di campo è nulla nella direzione del dipolo, mentre risulta massima nella direzione diametralmente opposta.

Per questa ragione il dipolo a $\frac{1}{2}$ onda ha caratteristiche di direttività e più precisamente di essere bidirezionale.

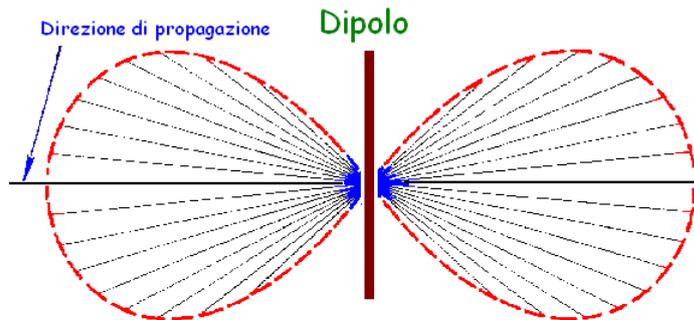


Diagramma di irradiazione del dipolo

Il semidipolo

Nell'approssimazione in cui è lecito considerare la superficie terrestre come piana e perfettamente conduttrice, il campo e.m. creato dal semidipolo (fig. 3) così ottenuto sarà, nella regione di spazio sopra la superficie della Terra, identico a quello creato dal dipolo, mentre nell'interno della Terra tale campo sarà nullo a causa della conduttività del suolo terrestre.

E' evidente che la lunghezza si è ridotta ad un valore pari a $\frac{1}{4}$ della lunghezza d'onda. (visto che il semidipolo inferiore è stato eliminato). Le antenne di questo tipo prendono il nome di **antenne marconiane** o a un $\frac{1}{4}$ d'onda, e sono, in pratica, largamente impiegate. Vengono alimentate, per quanto visto prima, alla base, e la distribuzione della corrente e della tensione è rappresentata in fig. 3.

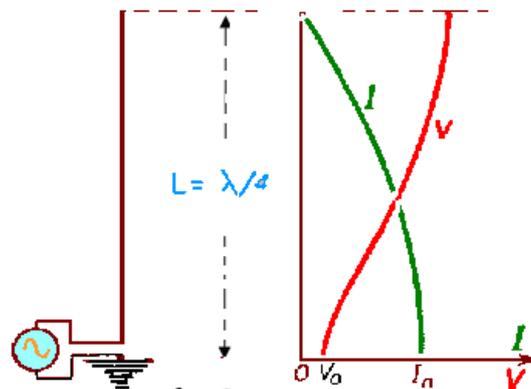


fig.3

Semidipolo verticale

Il diagramma di radiazione è simile a quello del dipolo a mezz'onda.

La potenza che deve essere irradiata dal semidipolo, a parità di effetto utile, è la metà e perciò il guadagno è il doppio **(3,3)** mentre la resistenza di radiazione si dimezza **(36,5 Ω)**.

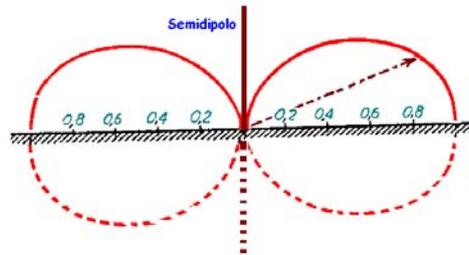


fig. 4 - Diagramma di radiazione del semidipolo

Tali antenna richiedono, però, una buona presa di terra che renda costante nulla tensione all'estremità inferiore.

In definitiva **un'antenna verticale risuona in quarto d'onda e** sulla stessa antenna si stabilisce, oltre alla fondamentale, un sistema di onde stazionarie le cui lunghezze d'onda sono multipli dispari di $\lambda/4$.

Dalla fig. 5 si nota che il progressivo schiacciamento del diagramma di radiazione, corrisponde un aumento del guadagno. Siccome a noi interessa prevalentemente, l'irradiazione lungo il suolo, occorre usare un'antenna verticale di altezza inferiore o uguale a $0,56 \lambda$.

Entro questo limite più alta è l'antenna, maggiore è il guadagno.

Possiamo quindi riassumere che:

- a) se $h = 1/4$ d'onda l'antenna alimentata in corrente alla base ed è simile ad un dipolo elementare con guadagno di 3.
- b) se $h = 1/2$ d'onda alimentata in tensione. Offre un maggior rendimento ma presenta difficoltà di alimentazione in tensione.
- c) se $h = 5/8$ d'onda si ha un aumento del rendimento ed è alimentata quasi in corrente.
- d) se $h = 3/4$ d'onda diremo semplicemente che l'irradiazione è massima in una direzione inclinata rispetto all'orizzonte mentre risulta molto attenuata lungo il suolo. Il suo rendimento è inferiore rispetto alla $5/8$ d'onda per la trasmissione a piccole distanze. Risulta anch'essa alimentata in corrente.

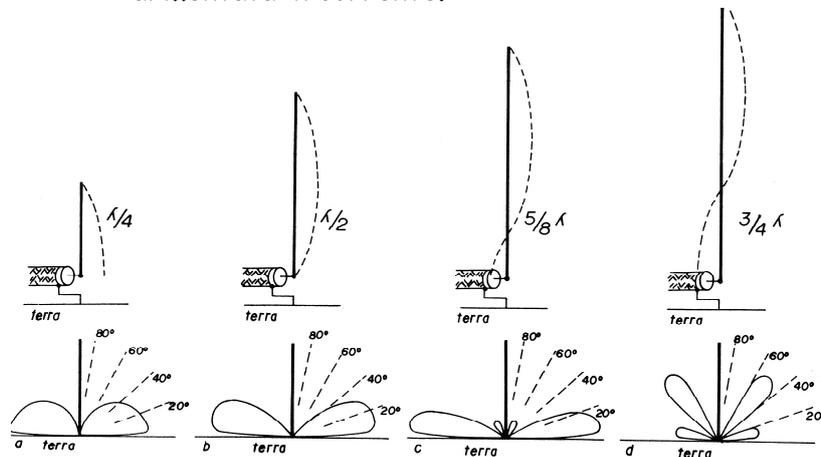


fig. 5 - Varie configurazioni di antenne e relativi diagr. di irradiazione.

Antenne verticali caricate.

Quando si vuole impiegare un'antenna accordata in una data frequenza per trasmettere in un'altra, diversa dalla fondamentale e dalle armoniche dispari, e non essendo sempre possibile variare la lunghezza fisica dello stilo, si preferisce variare le caratteristiche elettriche (L e C), inserendo degli induttori o dei condensatori alla base dell'antenna.

Precisamente, l'introduzione di un induttore alla base fig. 9 (**bobina di carico**) dell'antenna ne aumenta la lunghezza dell'onda fondamentale, mentre l'introduzione di una capacità (fig. 10), la diminuisce.



E' anche possibile inserire l'induttanza o la capacità al centro (fig. A) dello stilo o in cima ad esso (fig. B).

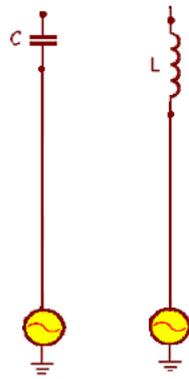


fig. A

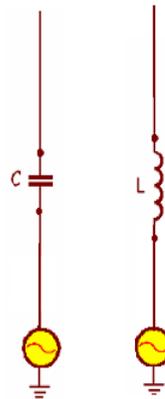


fig. B

Generalmente si tende sempre a inserire l'induttanza alla base per aumentare la resistenza meccanica, mentre la capacità viene posizionata in cima allo stilo stesso (cosiddetto cappello).

Antenne verticali caricate multibanda.

Di largo impiego sono invece le antenne verticali caricate multibanda nel campo delle HF. Queste si differiscono dalle semplici monobanda in quanto permettono, con un discreto compromesso in termini di rendimento, a poter trasmettere in diverse bande (7,14,21,28 MHz).

Presentano il vantaggio di non richiedere ampi spazi e generalmente non superano 6,5 metri di altezza. Studieremo ora come funziona un'antenna verticale multibanda.

In fig. 11 viene riportato lo schema di principio

Antenna multibanda per le HF

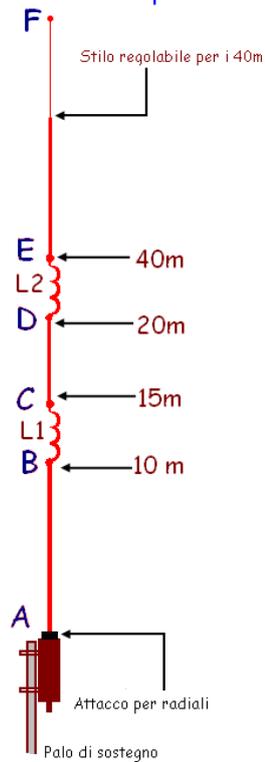


fig. 11

www.IT9UMH.altervista.org
sezione progetti e autocostruzioni

Vediamo come l'antenna entra in risonanza alle varie frequenze:

il tratto **AB** è lungo un quarto d'onda per la banda dei 28 MHz (cioè circa 2.66 metri) e tutte le parti restanti presentano un'impedenza talmente elevata da far apparire la L1 come una bobina d'arresto. In pratica è come se l'antenna finisse proprio nel punto **B**. fig. 12

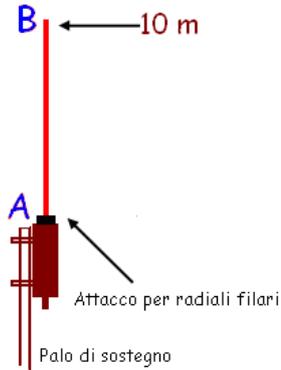


fig. 12

Dal punto **A** al punto **C** l'induttanza L1 diventa attiva e l'antenna risuona esattamente su questa gamma (15m)

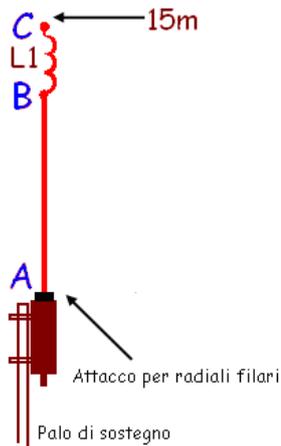


fig. 13

Scendendo in frequenza arriviamo a far risuonare l'antenna sui 20m (14MHz) facendo entrare in funzione il tratto di stilo CD.

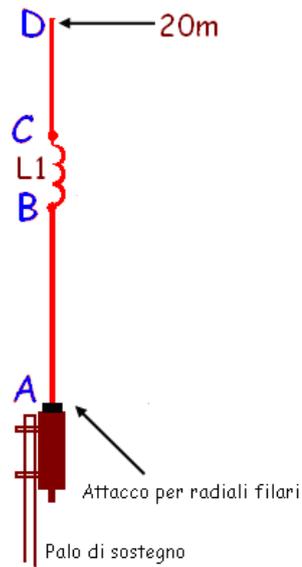


fig. 14

Quando operiamo sui 40m (7MHz) è valida tutta la lunghezza di ogni elemento (tratto AF), di cui L2 costituisce la compensazione dell'accorciamento fisico degli elementi stessi.

Lo stilo superiore è, infine, regolabile per un migliore accordo. vedi fig. 11.

Antenna verticale sintonizzata (raccorciata).

E' possibile anche realizzare un'antenna verticale a mezza onda con un'alta impedenza alla base, una soluzione che risente meno della mancanza del piano di massa o radiali se si opta per il classico $\frac{1}{4}$ d'onda.

Il sistema d'accordo viene fatto con una induttanza L1 posta alla base e un condensatore variabile C, di adeguata capacità, posto in parallelo alla bobina.

Per maggior chiarezza si riporta uno schema di principio. vedi fig. 15



fig.15

L'alimentazione è prevista sulla bobina a circa una spira dal lato massa. Piccoli ritocchi della posizione della presa ottimizzano il punto di risonanza in fase di prova.

Agendo sul variabile si accorda perfettamente l'antenna a 1:1 di ROS con un'ampia banda passante.

La L2 viene inserita affinché l'antenna raggiunga elettricamente la lunghezza pari a mezz'onda.

Questa configurazione presenta il vantaggio di avere l'antenna fisicamente a massa e una buona selettività grazie al sistema d'accordo che ne diminuisce il rumore complessivo tipico delle verticali. Il gruppo L1-C viene detto generalmente **trappola** e si comporta come un classico circuito risonante parallelo.

Le trappole coassiali.

Le trappole sono generalmente costituite da un avvolgimento con filo di rame (o alluminio) su supporto di plastica (nylon) ad alto isolamento.

Questo, a sua volta, viene introdotto in un tubo di alluminio di diametro idoneo (detto copritrappola) evitando il contatto fisico con le spire, e il tutto, assieme alle capacità parassite introdotte dal tubo in alluminio, risuona sulla gamma prevista. fig. 16



fig. 16 **Trappola coassiale**

E' anche possibile realizzare delle bobine di carico effettuando l'avvolgimento con filo di opportuno diametro. In pratica si inserisce una induttanza la cui reattanza è tale da compensare la reattanza capacitiva presentata dallo stilo di lunghezza inferiore.



fig. 17 **Bobina di carico**

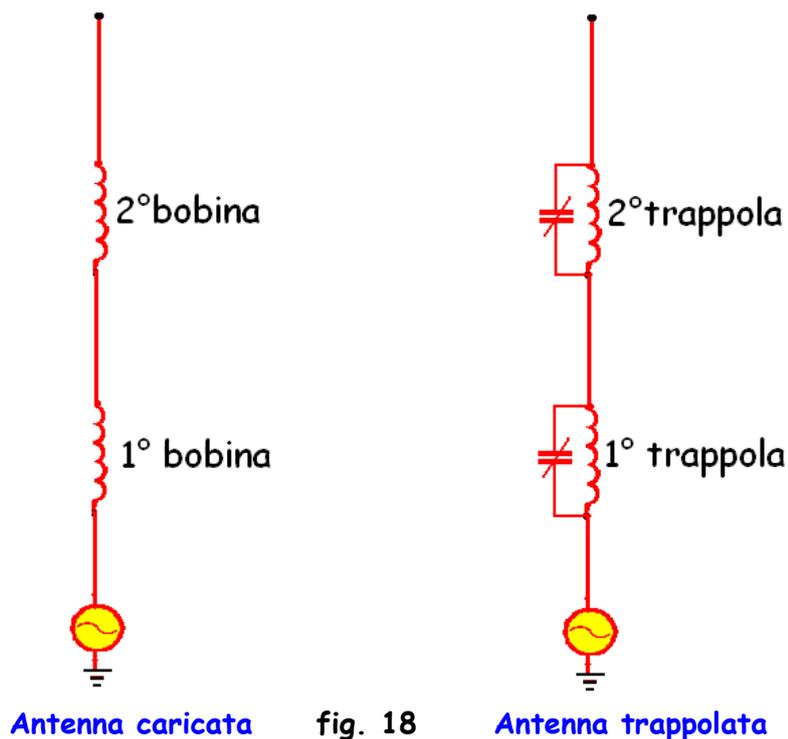
Differenza tra antenna caricata e antenna trappolata.

Un'antenna **caricata** richiede solo inserimento delle bobine ad una determinata distanza in modo da raggiungere elettricamente la lunghezza fisica voluta.

Mentre l'antenna **trappolata**, a differenza della prima, necessita l'inserimento di condensatori variabili in parallelo alle bobine stesse (circuiti risonanti).

Così facendo si sintonizza l'antenna attraverso il gruppo LC sulla frequenza con la quale si vuole trasmettere.

Vedi fig. 18



Tipi di Antenne verticali.

Ground-plane, è essenzialmente un dipolo verticale nel quale, però il semidipolo inferiore è formato da un certo numero di radiali, i quali costituiscono il cosiddetto piano di terra. La loro lunghezza teorica è di $\frac{1}{4}$ d'onda, ma viene diminuita, in pratica del 5% per tener conto della natura e della sezione del materiale impiegato.

Se i radiali sono perpendicolari rispetto al radiatore, l'impedenza risulta di circa 36Ω .

Se sono posti verticalmente, cioè sulla linea di proseguimento del dipolo, portano l'impedenza a 73Ω . fig.19

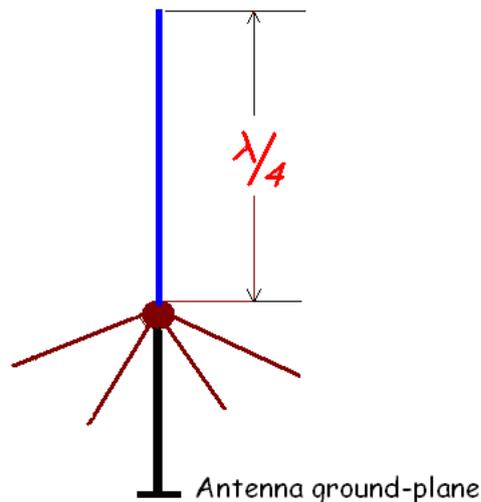
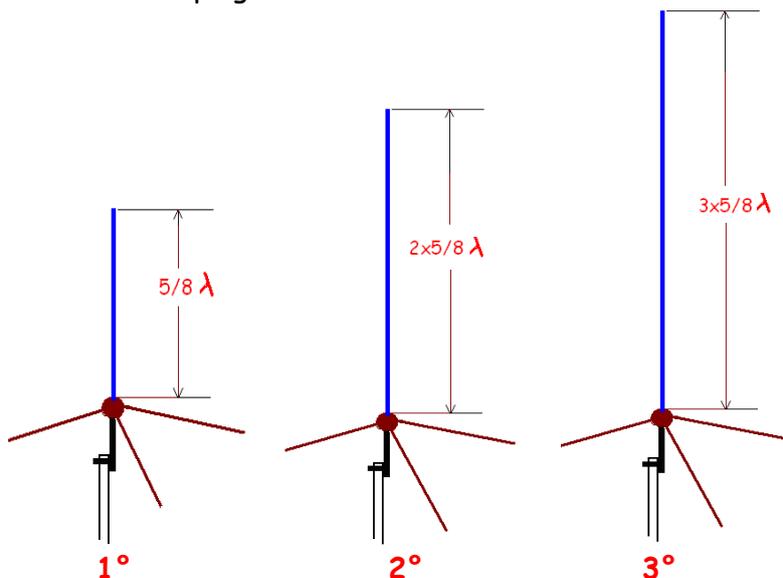


fig. 19

Antenne in 5/8 d'onda.

E' possibile attuare un'antenna lunga 5/8 d'onda senza l'ausilio di bobine di carico. La configurazione è molto simile alla ground-plane, con almeno tre radiali posti alla base e lo stilo lungo appunto 5/8 d'onda.

Per aumentare il guadagno si realizza lo stilo lungo due o anche tre volte i 5/8 d'onda o più. Nel campo delle VHF-UHF è molto impiegata la $2 \times 5/8$ e la $3 \times 5/8$.



Con queste configurazioni si può facilmente operare nelle due bande (2m e 70cm), impiegando la stessa antenna a partire dalla $2 \times 5/8$ d'onda.

Vediamo l'impiego delle tre configurazioni appena descritte.

1° caso freq. 145.00 MHz ; $\lambda = 2,05\text{m}$; $1/8 \lambda = 25\text{cm}$
5/8 λ = 125cm impiego in VHF

2° freq. 145.00 MHz ; $\lambda = 2,05\text{m}$; $1/8 \lambda = 25\text{cm}$
2x5/8 λ = 256cm banda VHF
freq. 435.00 MHz ; $\lambda = 70\text{cm}$; $1/8 \lambda = 8,75\text{cm}$
3x5/8 λ = 131,25cm banda UHF

3° freq. 145.00 MHz ; $\lambda = 2,05\text{m}$; $1/8 \lambda = 25\text{cm}$
3x5/8 λ = 375cm banda VHF
freq. 435.00 MHz ; $\lambda = 70\text{cm}$; $1/8 \lambda = 8,75\text{cm}$
5x5/8 λ = 218,75cm banda UHF

Queste antenne dette **bibande** lavorano in entrambe le frequenze automaticamente con un ottimo guadagno e un piano di massa limitato solo dai tre radiali lunghi appena 50 cm circa.

Antenna a stilo

Antenna verticale rettilinea la cui lunghezza è sempre molto inferiore alla lunghezza d'onda
Ha un $G = 3$ e rendimento piuttosto basso. E' impiegata in apparati radio mobili.

Antenne Verticali per uso mobile.

Le antenne verticali per uso mobile assumono la stessa configurazione delle classiche antenne a $\frac{1}{4}$ d'onda sfruttando il tetto del veicolo come piano di massa (onde evitare di forare la carrozzeria si opta per le basi magnetiche).

Esistono comunque in commercio antenne (che non superano la lunghezza di un metro e mezzo per motivi di sicurezza) configurate in $\frac{5}{8}$ d'onda con ottimi guadagni e fisicamente robuste.