
Quale potrebbe essere l'antenna giusta



by i5WHC
i5-whc@libero.it

Quando alcuni mesi fa, complice il periodo di scarsissima attività solare in cui ci troviamo, ho deciso di rivolgere le mie attenzioni al DX sulle “bande basse”, territorio per me ancora abbastanza inesplorato, la prima domanda che mi sonio posto è stata “*quale potrebbe essere l'antenna giusta*” domanda apparentemente banale a cui però è tutt'altro che semplice dare una risposta.

C'è un motto abbastanza diffuso tra gli OM di oltre oceano “*one dollar for the equipment one thousand for the antenna*” che riassume nella sua semplicità un concetto fondamentale, un buon sistema di antenna è determinante più qualsiasi altro elemento per il traffico DX.

In realtà ci sarebbe anche un secondo elemento parimenti importante, una buona “location” dove installare l'antenna, ma mentre sul sistema d'antenna qualcosa, come vedremo, si può cercare di fare, sulla location ben poco si può intervenire a meno di non prendere in considerazione di dover “traslocare” e poiché al momento non prevedo di traslocare dovrò accontentarmi della location di cui dispongo cercando di trarne il meglio.

Ho accennato all'argomento “location” proprio perché è strettamente legato alla valutazione dell'antenna più idonea da installare, soprattutto quando si parla di “LOW BAND” dove gli spazi necessari per un buon sistema d'antenna raramente sono disponibili in ambito urbano (e nel mio caso è stato il primo problema che ho dovuto affrontare) ma anche per la natura e le caratteristiche dielettriche del terreno che come vedremo rivestono un ruolo determinante per l'efficienza del sistema radiante.

Dando per scontato che per motivi di “*tranquillità familiare*” e di “*buon vicinato*” non avrei potuto neppure ipotizzare interventi “*invasivi*” ho scartato da subito l'ipotesi di poter installare tralicci e yagi che per queste bande avrebbero richiesto altezze e spazi di cui non dispongo ed ho circoscritto le mie valutazioni a ciò che era disponibile in termini di spazio:

- Il tetto dell'abitazione di circa 60 mq con altezza compresa tra 8 e 10 mt
- Il giardino di circa 150 mq sul lato sud ed est dell'abitazione

Non c'è voluto molto per capire che con questi spazi avrei dovuto scartare da subito l'ipotesi di poter fare qualcosa di anche solo appena decente per i 160m e mi sono limitato a ragionare sulle possibili alternative per gli 80m e soprattutto per i 40m.

Non avendo grande esperienza su queste bande mi sono dedicato alla lettura di un po' di letteratura tecnica disponibile in rete con particolare riferimento a sistemi d'antenna di ridotte dimensioni ma devo ammettere che dopo aver letto una gran mole di testi e di documenti mi sono ritrovato con le idee meno chiare di quanto già non le avessi all'inizio.

Purtroppo mi sono anche reso conto che, soprattutto in rete, nel nostro ambiente molto spesso l'argomento è trattato con molta superficialità e spesso più con la logica della “*tifoseria da stadio*” piuttosto che con quella del “*rigore scientifico*”, mi è capitato di leggere articoli pseudo-tecnici anche di testate

“blasonate” e di noti costruttori in cui si tessono le lodi di antenne con prestazioni “mirabolanti” ma che analizzate con un occhio un po’ più attento mostrano tutte le evidenti contraddizioni del caso.

Ho quindi deciso di affrontare l’argomento in modo un po’ più strutturato, partendo dai fondamentali e cercando di mettere in fila tutta una serie di elementi che avessero un minimo di supporto teorico, ho inoltre cercato di selezionare la documentazione bibliografica maggiormente significativa che potesse essere di aiuto a dare una risposta alla domanda iniziale, elementi che provo qui a condividere unitamente ad alcune esperienze pratiche nella speranza che possano essere utili.

Nel far questo uno strumento che si è rilevato di grande utilità nel valutare a tavolino le potenzialità di un sistema d’antenna, senza dover sempre passare per il test in campo, è stato l’utilizzo di un software di simulazione, strumenti ampiamente utilizzati anche in campo professionale, nel mio caso la scelta è caduta sull’ormai ultra popolare **EZNEC V.6** sviluppato da **W7EL** Roy W. Lewallen e che utilizza NEC-2 engine (Numerical Electromagnetics Code V2).

Data per scontata, come già detto, l’impossibilità per problemi di spazio di installare antenne “direttive” siano esse Yagi o Vertical Array l’analisi si restringe all’alternativa tra “dipolo” (con le sue varianti Inverted V, Windom, ecc.) e “verticale” più o meno caricati.

Analisi delle caratteristiche ottimali di un’antenna

La prima cosa da valutare in una antenna è il comportamento in termini di lobo di radiazione. E abbastanza noto che per il traffico DX l’ideale è avere un angolo di radiazione il più basso possibile anche se poi andando ad approfondire l’argomento è necessario fare qualche ulteriore considerazione.

Per chi volesse approfondire ho trovato molto interessante la trattazione riportata nel capitolo 23 del ARRL Antenna Book dove viene riportato l’esito di un’analisi effettuata per mezzo di migliaia di simulazioni di path, effettuate con IONCAP^[1], dagli USA verso le principali destinazioni DX per tutte le bande HF calcolando per ciascun path i relativi angoli di take-off.

La tabella di seguito riportata (tab.1), estratta dal ARRL Antenna Book, rappresenta la sintesi dei risultati della simulazione.

Nella tabella per ciascuna direttrice vengono riportati, nell’ordine i seguenti dati:

- L’intero range degli angoli di take-off risultanti della totalità dei path analizzati (100%)
- Il range degli angoli più ricorrenti per il 90% dei path analizzati (90%)
- Il valore dei 2 angoli che hanno registrato il maggior numero di ricorrenze (Peak Angs)
- La percentuale di ricorrenze per ciascuno dei due angoli di cui sopra (Peak Pcts)

Senza entrare nel dettaglio dell’analisi e delle considerazioni che sono comunque espone in maniera chiara nel testo citato, facendo riferimento ad esempio ai dati relativi al path tra il Connecticut e l’Europa, dalla tabella si evidenzia che in banda 40m gli angoli di radiazione ottimali per questa direttrice sono compresi tra 6° e 19° con due picchi a 6° e 15° che, visto il QRB medio di circa 7000Km, corrispondono presumibilmente ai path con due hop F2 (6°) o con tre hop F2 (15°).

[1] *The Ionospheric Communications Analysis and Prediction Program (IONCAP) © 1993 by NTIA/ITS Institute for Telecommunication Sciences of National Telecommunications and Information Administration – Colorado*

Questo permette quindi di poter affermare che per un path come quello dell'esempio di cui sopra, l'antenna che offre le migliori prestazioni è quella che presenta un lobo di radiazione verticale il cui massimo guadagno sia compreso nel range 5°-20°.

L'altra cosa che emerge da questa analisi è che a parità di direttrice il range di angoli ottimali varia significativamente con la frequenza, anche in questo caso senza entrare nel dettaglio dell'argomento è utile ricordare che ciò è dovuto alle caratteristiche degli strati della ionosfera attraversati, ed in particolare dal fatto che alle frequenze più basse i path con basso angolo di incidenza subiscono maggiore attenuazione dagli strati inferiori (D e E) e quindi hanno minore possibilità di essere utilizzati rispetto alle bande alte dove invece si manifesta il problema opposto. Alle frequenze più alte l'attenuazione dovuta agli strati bassi della ionosfera (D e E) è minore, per contro poiché a parità di foF2^[2] il valore della MUF^[3] decresce all'aumentare dell'angolo di take-off, di conseguenza i path con elevato angolo di take-off tendono a "bucare" lo strato F2 invece di essere riflessi.

Table 4

W1, Newington, CT to World

		80m	40m	30m	20m	17m	15m	12m	10m
Europe	100%	16-33	2-21	2-17	3-29	1-13	3-13	2-12	2-13
	90%	17-24	6-19	5-14	4-13	3-10	4-13	4-11	3-11
	Peak Angs	20,17	15,6	11,8	11,4	4,7	5,11	5,8	9,6
	Peak Pcts	24,5	19,7	23,9	18,11	30,13	18,10	21,11	20,17
Far East	100%	10-18	10-15	2-18	1-16	2-18	2-16	2-14	2-9
	90%	10-18	10-14	4-14	3-12	3-12	3-14	3-14	2-9
	Peak Angs	12,18	12	10,14	5,10	5,12	10,3	4,12	3,6
	Peak Pcts	38,23	60	22,15	23,19	19,14	21,12	23,11	29,18
South America	100%	10-21	5-14	1-13	1-14	1-12	1-13	1-12	1-12
	90%	12-17	8-13	5-12	2-11	2-9	3-10	3-10	2-11
	Peak Angs	15	10	6,9	8,5	4,7	5,9	5,9	6,3
	Peak Pcts	34	32	19,16	17,12	29,7	25,9	24,8	16,9
Oceania	100%	6-7	4-10	2-10	1-10	2-10	1-10	3-10	2-10
	90%	6-7	5-10	5-10	2-10	2-10	3-10	3-10	3-10
	Peak Angs	6	10	10	5	10,3	10	10	10,5
	Peak Pcts	50	84	58	38	26,12	46	44	24,20
Southern Africa	100%	10-18	8-18	2-18	1-16	1-12	1-16	1-14	1-12
	90%	12-18	10-14	7-14	2-14	2-12	3-12	3-12	3-12
	Peak Angs	18,12	12	12,8	10,5	10,3	10,5	10,5	12,5
	Peak Pcts	43,39	49	30,11	24,18	28,10	30,8	23,15	18,15
South Asia	100%	10-18	10-18	2-18	1-17	1-12	2-18	2-14	2-12
	90%	10-18	10-14	4-14	3-14	3-12	3-16	3-14	2-12
	Peak Angs	10,18	10	10,14	10,5	3,10	10,5	5,10	5,2
	Peak Pcts	40,40	48	36,12	28,16	31,13	20,10	12,12	27,13

Fonte: ARRL Antenna Book - Capitolo 23

Tab.1

[2] **foF2** - Frequenza critica dello strato F2 dipende dal livello di ionizzazione dello strato F2 e rappresenta la frequenza oltre la quale un segnale radio che raggiunge lo strato F2 perpendicolarmente (cioè con angolo di incidenza pari a zero) non viene deviato ma oltrepassa lo strato stesso.

[3] **MUF** - Maximum Usable Frequency - è la frequenza oltre la quale un segnale che raggiunge lo strato F2 con un angolo di incidenza $\vartheta > 0$ non viene deviato ma oltrepassa lo strato stesso. $MUF_{\vartheta} = \frac{foF2}{\cos \vartheta}$ l'angolo di incidenza ϑ dipende dall'altezza dello strato e dall'angolo di take-off del segnale radio e ϑ aumenta al diminuire dell'angolo di take-off di conseguenza la MUF è maggiore per bassi angoli di take-off

Sarebbe stato interessante poter disporre di un'analoga simulazione dall'Europa verso le maggiori destinazioni DX ma, in prima approssimazione, possiamo considerare che a parità di QRB i valori degli angoli possano essere analoghi a quelli risultanti dalla simulazione fatta dagli USA e riportati in tabella.

Questo ci permette quindi di poter affermare con ragionevole certezza che, ad esempio, per i 40m il range di angolo take-off ottimale sia compreso tra i 5° e i 20° tenendo ben presente che per le destinazioni con QRB molto elevato (oltre i 12000Km) o in caso di "long-path" il range si restringe ulteriormente ad un massimo di 10°-15° a causa del numero di hop necessari.

Considerando invece il dato relativo agli 80m si può notare come il range ottimale sia compreso tra 10° e 30° con l'unica eccezione dell'Oceania dove l'angolo scende a 6°-7° per le ragioni di cui sopra, vedremo poi come sia estremamente difficile in 80m poter avere un'antenna con un buon angolo di radiazione così basso.

Focalizzeremo quindi tutti i ragionamenti successivi nell'ottica di cercare le migliori performance in questo range di angoli.

Nell'analisi effettuata dal ARRL non è stata presa in considerazione la banda dei 160m in quanto i meccanismi che regolano la propagazione sulle lunghe distanze in 160m sono un po' diversi e meriterebbero una trattazione a parte.

Verticale vs Orizzontale

Sebbene come recitano tutti i "sacri testi" un'antenna bilanciata come un dipolo sia da preferire ad una sbilanciata come una verticale, vedremo più avanti per quale motivo, l'obiettivo di avere un lobo di radiazione ottimale su un basso range di angoli diventa difficilmente raggiungibile con l'utilizzo di un'antenna "orizzontale" per le bande al di sotto dei 40m, vediamone meglio i motivi.

Basta consultare uno dei tanti testi che tratta dell'argomento, o meglio ancora effettuare delle simulazioni con EZNEC, per verificare come il lobo di radiazione, (così come altri parametri quali l'efficienza di radiazione e l'impedenza caratteristica) di un'antenna con polarizzazione orizzontale sia fortemente influenzato dall'altezza dal suolo e dalle caratteristiche del suolo stesso soprattutto quando l'altezza risulti inferiore ad almeno una lunghezza d'onda.

Senza entrare nella complessa trattazione teorica del comportamento dei campi elettromagnetici emessi da un'antenna è opportuno ricordare però che lo studio "teorico" di un'antenna è generalmente riferito allo "spazio libero" situazione che per essere realizzata nella pratica necessita che si realizzino almeno le seguenti condizioni :

- a) che non siano presenti elementi "interferenti" nell'intorno dell'antenna stessa ovvero in quella che viene definita come la regione di "campo vicino" (regioni di "campo vicino reattivo" e regione di Fresnel),
- b) che l'altezza rispetto al suolo sia tale che la componente di campo elettromagnetico riflessa dal terreno sia insignificante nella formazione del lobo di radiazione, condizione questa che in funzione delle caratteristiche del terreno può estendersi nella zona di "campo lontano radiativo" (regione di Fraunhofer) anche per diverse decine di lunghezze d'onda.

Sempre senza entrare nel dettaglio di una trattazione teorica decisamente complessa è comunque opportuno ricordare che nell'intorno di un'antenna si identificano tre diverse aree in base alle caratteristiche e all'andamento dei campi in ciascuna di esse:

- a) Area o regione di Campo Vicino Reattivo (Reactive Near Field)
- b) Area o regione di Campo Vicino Radiativo (Radiative Near Field – Fresnel Region)
- c) Area o regione di Campo Lontano Radiativo (Radiative Far Field – Fraunhofer)

Nella pratica i limiti di tali aree sono generalmente compresi rispettivamente tra i valori R_1 e R_2 risultanti dalle relazioni di seguito riportate anche se è opportuno ricordare che non esiste un confine netto tra le aree in quanto il comportamento dei campi si modifica gradualmente allontanandosi dalla sorgente:

$$R_1 = 0,62 \sqrt{D^3/\lambda} \quad \text{Raggio della regione di campo vicino reattivo}$$

$$R_2 = 2D^2/\lambda \quad \text{Raggio della regione di campo vicino radiativo (Fresnel)}$$

Dove D è la massima dimensione dell'antenna e λ è la lunghezza d'onda.

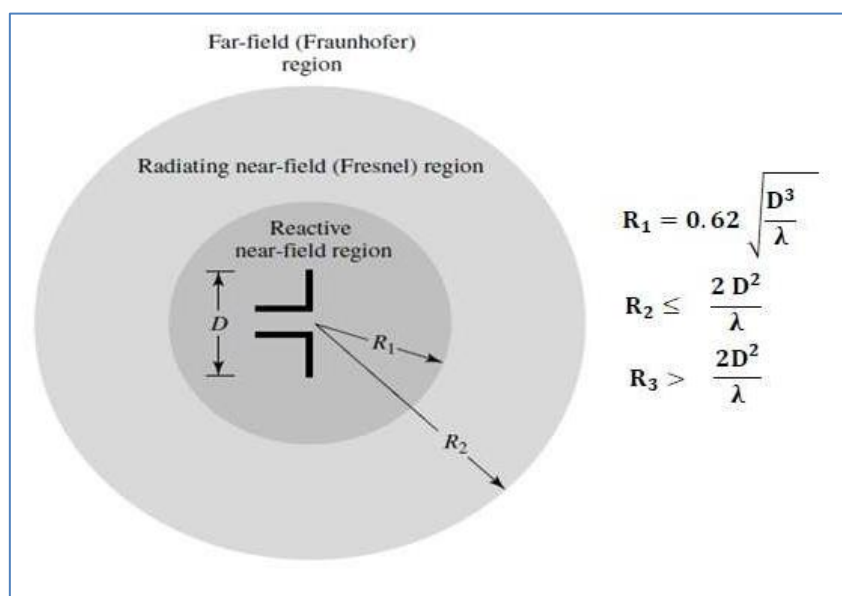


Fig.1

Quanto sopra sostanzialmente ci dice che un semplice dipolo in 40m per non subire perdite e/o alterazioni delle caratteristiche elettriche dovrebbe essere installato in modo da non avere alcun elemento interferente nel raggio di almeno 20m. che diventano 40m. nel caso del dipolo per gli 80m. e che l'influenza del terreno sulle caratteristiche del lobo di radiazione può estendersi per diverse lunghezze d'onda.

L'influenza del terreno sulle caratteristiche del lobo di radiazione come vedremo, non è sempre negativa, anzi in determinate condizioni può portare contributi anche significativamente positivi mentre ciò che accade nella zona di campo vicino generalmente comporta solo contributi negativi che però vedremo più avanti.

Concentriamoci adesso però su come l'altezza influisca sul lobo di radiazione di un'antenna a polarizzazione orizzontale come un dipolo, vedremo successivamente che nel caso di un'antenna con polarizzazione verticale l'influenza dell'altezza sul lobo sarà diversa.

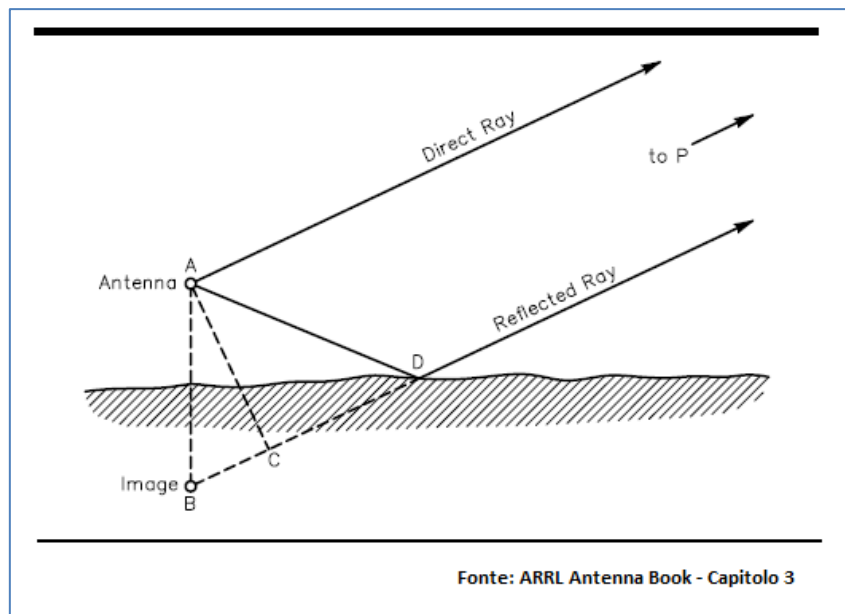


Fig.2

Facendo riferimento alla *fig.2* possiamo notare che dal punto di vista di un osservatore "lontano" posto in un punto **P** ad una distanza $d \gg \lambda$ il campo emesso dall'antenna posizionata nel punto **A** ha una componente "diretta" ed una componente riflessa dal terreno che possiamo immaginare come se fosse emessa da una seconda antenna posta in una posizione "speculare" **B**.

Ora poiché entrambe le componenti in realtà originano in **A** ma raggiungono **P** attraverso due diversi percorsi, l'ampiezza risultante dalla somma delle due componenti dipende dalla fase delle stesse e di conseguenza dalla frequenza e dall'altezza di **A** rispetto al suolo (oltre che dalle caratteristiche dielettriche del suolo stesso).

E' intuitivo comprendere quindi che in funzione dell'altezza di **A** (e della frequenza) le componenti dei campi ricevuti in **P** possono sommarsi o sottrarsi dando luogo a variazioni significative del campo complessivo. E' questo sostanzialmente il modo in cui si modifica il lobo reale di radiazione dell'antenna.

Nella *fig.3* di seguito riportata tratta anche in questo caso da ARRL Antenna Book sono riportati i diagrammi di radiazione di un dipolo orizzontale $\lambda/2$ posto a differenti altezze rispetto al suolo, le altezze sono indicate in lunghezze d'onda nel range $1/8 \lambda - 2 \lambda$. La linea più scura è relativa al lobo di un dipolo posto su un terreno ideale mentre la linea sottile è relativa ad un terreno reale di caratteristiche dielettriche medie.

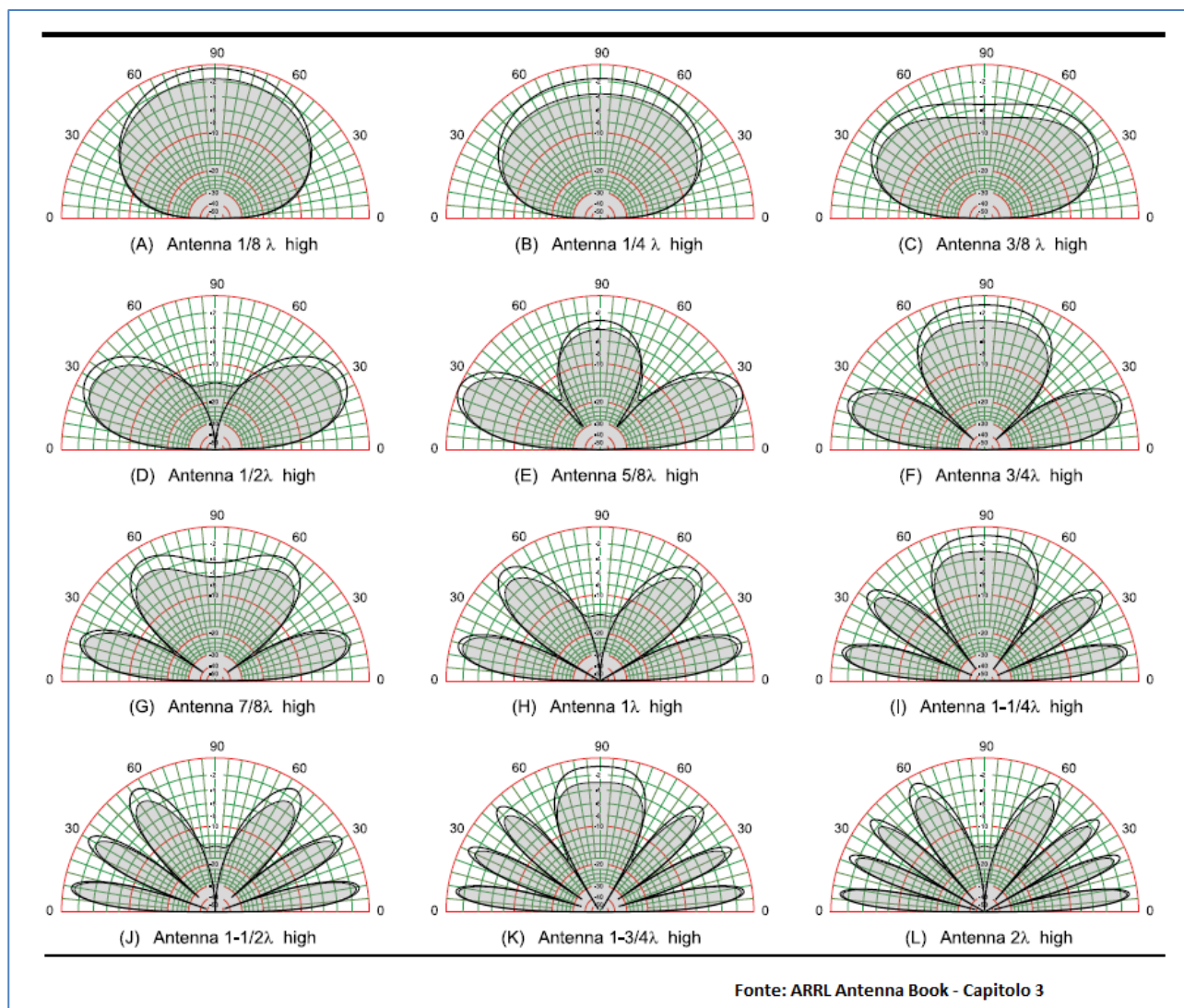


Fig.3

Appare abbastanza evidente come il lobo di radiazione si modifichi significativamente in funzione dell'altezza ed in particolare come per altezze inferiori a $1/2 \lambda$ l'ampiezza del lobo di radiazione sia massima per angoli superiori ai 40° riducendosi di parecchi dB per angoli inferiori (figure da 3A a 3C).

Si può quindi affermare che un dipolo posto ad un'altezza inferiore a $\lambda/2$ è quindi ottimo per i QSO locali ma non certo per il DX.

Sempre facendo riferimento alla figura 3 si può notare che la conformazione del lobo che meglio si adatta alle esigenze del DX descritte nelle pagine precedenti, ricordo che avevamo identificato come ottimale il range di 5° - 30° nel caso di 40m e 80m., è quello relativo ad altezze comprese tra $5/8 \lambda$ e $3/4 \lambda$ (figure 3E e 3F) in quanto ad altezze superiori i lobi iniziano a comprimersi eccessivamente con la comparsa di lobi secondari e di "buchi" molto profondi in corrispondenza degli angoli intorno ai 20° - 25° .

Tornando quindi al nostro caso per i 40m un dipolo (ma con le dovute considerazioni il discorso vale anche per una Yagi) per avere prestazioni ottimali deve essere installato ad altezze comprese tra 25 e 30 mt. da terra mentre per gli 80m le altezze si raddoppiano risultando comprese tra 50 e 60 mt. E' facile comprendere come si tratti di altezze non facilmente raggiungibili soprattutto per gli 80m. e che quindi portano a scartare, perlomeno nel mio caso, l'opzione della polarizzazione orizzontale.

Ripetiamo adesso le stesse analisi per il caso di un'antenna con polarizzazione verticale e consideriamo il caso tipico di un radiatore verticale $\lambda/4$. Ho accennato precedentemente al fatto che l'influenza del suolo nel caso della polarizzazione verticale è diverso rispetto a quella orizzontale, anche in questo caso senza entrare nel dettaglio della trattazione teorica, vediamo quale sia la motivazione.

Il meccanismo con cui si modifica il lobo è sostanzialmente analogo a quello riportato in fig.2 la differenza però sta nel fatto che il campo elettromagnetico incidente, se polarizzato orizzontalmente, subisce nella riflessione sul suolo una inversione di fase mentre se è polarizzato verticalmente la fase non subisce variazioni.

Questa condizione determina il fatto che per angoli di incidenza molto bassi (riferimento alla figura 4B) il percorso diretto A-P e il percorso riflesso A-G-P siano sostanzialmente equivalenti.

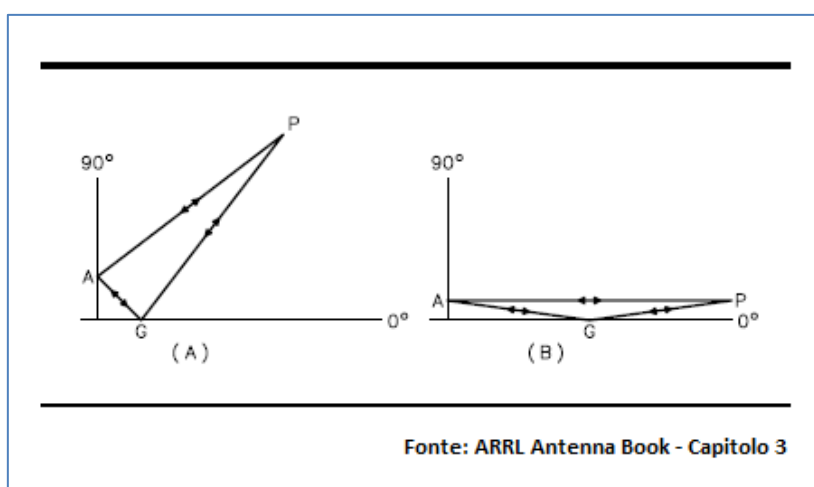


Fig.4

Quindi nel caso di polarizzazione orizzontale le due componenti si sottraggono a causa dell'inversione di fase mentre nel caso della polarizzazione verticale le componenti si sommano.

Purtroppo anche in questo caso c'è un particolare importante che non deve essere trascurato, il comportamento sopra descritto per i campi polarizzati verticalmente, è riferito al caso di un piano riflettente ideale (terra perfetta). Se la caratteristica del suolo è tutt'altro che ideale, con il decrescere dell'angolo di incidenza, il campo riflesso inizia ad essere attenuato e ruotato di fase fino ad arrivare ad una rotazione di 180° in prossimità dello zero. Come detto questo comportamento è dipendente dalle caratteristiche dielettriche del suolo e quindi il comportamento del lobo di un'antenna verticale risente maggiormente delle caratteristiche del suolo rispetto ad una orizzontale.

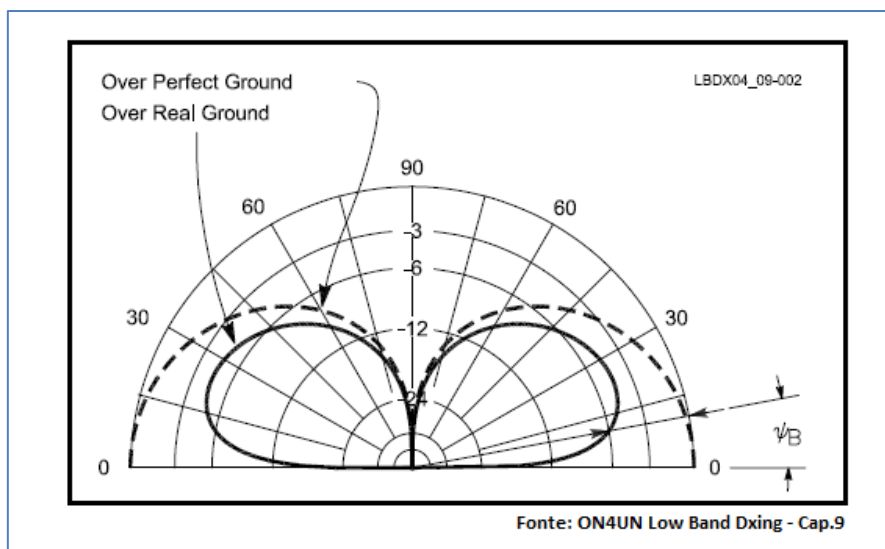


Fig.5

Si definisce PBA (Pseudo Brewster Angle - Ψ_B) l'angolo di incidenza del fascio che causa una rotazione di fase di 90° , in corrispondenza di questo valore l'attenuazione del campo riflesso è massima.

Questo parametro non dipende dalle caratteristiche dell'antenna (verticale) ma esclusivamente dalla natura del suolo e determina sostanzialmente il limite inferiore del lobo di radiazione. In corrispondenza di questo angolo il lobo si riduce di circa 6dB rispetto a lobo ideale (terra perfetta).

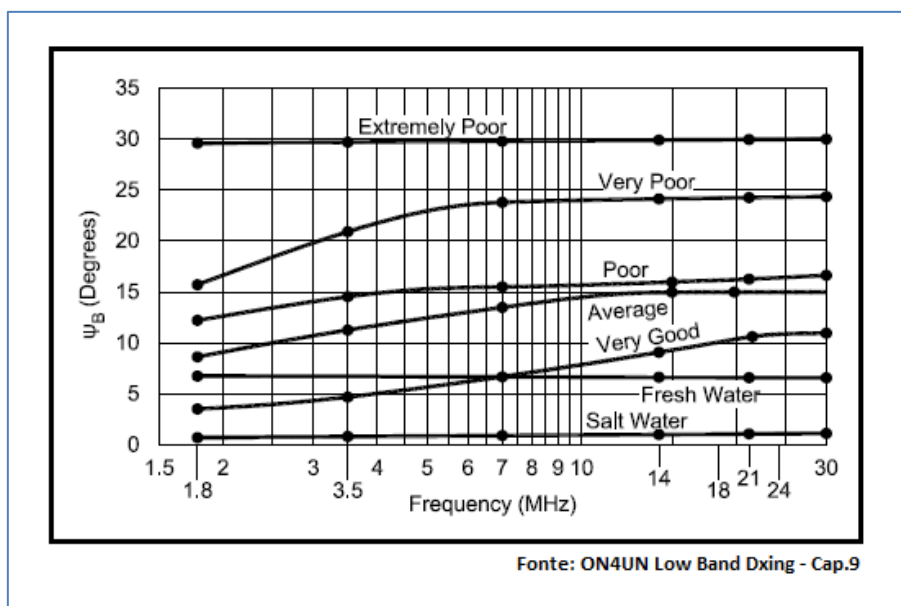


Fig.6

Come detto sopra il valore di PBA (Ψ_B) dipende quasi esclusivamente dalla natura del terreno, la figura.6 riporta l'andamento dell'angolo Ψ_B in funzione delle diverse tipologie di terreno, da notare che nel caso dell'acqua salata il comportamento è analogo sostanzialmente al caso ideale questo fa sì che una verticale montata in prossimità del mare abbia un comportamento nettamente superiore a qualsiasi altra antenna in termini di angolo di radiazione prossimo allo zero.

Conductivities and Dielectric Constants for Common Types of Earth

<i>Surface Type</i>	<i>Dielectric Constant</i>	<i>Conductivity (S/m)</i>	<i>Relative Quality</i>
Fresh water	80	0.001	
Salt water	81	5.0	
Pastoral, low hills, rich soil, typ Dallas, TX, to Lincoln, NE areas	20	0.0303	Very good
Pastoral, low hills, rich soil, typ OH and IL	14	0.01	
Flat country, marshy, densely wooded, typ LA near Mississippi River	12	0.0075	
Pastoral, medium hills and forestation, typ MD, PA, NY (exclusive of mountains and coastline)	13	0.006	
Pastoral, medium hills and forestation, heavy clay soil, typ central VA	13	0.005	Average
Rocky soil, steep hills, typ mountainous	12-14	0.002	Poor
Sandy, dry, flat, coastal	10	0.002	
Cities, industrial areas	5	0.001	Very Poor
Cities, heavy industrial areas, high buildings	3	0.001	Extremely poor

Fonte: ARRL Antenna Book - Cap. 3

Tab.2

Non è sempre facile conoscere puntualmente le caratteristiche dielettriche di un terreno (Costante dielettrica e Conducibilità) la Tab.2 riporta un elenco di valori tipici per varie tipologie di terreno.

E' importante conoscere questi valori soprattutto se si vuole effettuare analisi con SW di simulazione come EZNEC in quanto il SW tiene conto nella simulazione delle caratteristiche del terreno, elemento che deve essere fornito al SW come dato di input.

E' evidente, come peraltro facilmente immaginabile, che le aree urbane sono di gran lunga le peggiori dal punto di vista delle caratteristiche del terreno con tutte le conseguenze del caso relativamente al lobo di radiazione.

Appare già abbastanza, evidente sulla base di questi primi elementi, che la soluzione "verticale" possa offrire qualche possibilità in più in termini di basso angolo di radiazione rispetto all'orizzontale soprattutto laddove non sia possibile una installazione orizzontale a quote adeguatamente elevate da terra.

Ho quindi optato per approfondire le valutazioni sull'ottimizzazione dell'installazione di una verticale partendo da una soluzione per i 40m.

Simulazioni con EZNEC

Per avere conferma della correttezza della scelta e prima di procedere con le prove in campo ho effettuato una serie di confronti al simulatore confrontando le possibili soluzioni installative attuabili presso la mia location (descritta all'inizio) di un dipolo rotativo e di una verticale $\lambda/4$ entrambi per i 40m. Per il dipolo ho optato per modellare un dipolo rotativo caricato con una lunghezza complessiva di circa 7mt, lunghezza compatibile con una facile istallazione "roof-top" ipotizzandone l'installazione a varie altezze tra i 10 e i 15 mt da terra che è per me la massima altezza raggiungibile con l'utilizzo di un palo di circa 6mt fuori tetto.

Per quanto riguarda la verticale ho modellato sul simulatore una soluzione con radiatore verticale $\lambda/4$ caricato di circa 7mt, con bobina di carico centrale, ipotizzando due soluzioni installative, una soluzione a

“terra” (in giardino) con due varianti, con radiali a terra e con radiali sollevati ($0,01\lambda$), una seconda soluzione “roof-top” con base antenna a livello tetto e radiali stesi sul tetto.

In entrambi i casi la scelta di testare una soluzione che preveda radiatori accorciati (caricati) è dovuta a due esigenze, la prima di natura strutturale ovvero l'esigenza di realizzare strutture semplici e facilmente maneggevoli per facilitare gli interventi di montaggio e smontaggio durante i test, la seconda di natura più tecnica ma anche più interessante ovvero verificare le performance di sistemi di antenna “accorciati” che dalle simulazioni risulterebbero analoghe a quelle di antenne full-size a patto di tener conto in fase realizzativa di alcuni dettagli che illustrerò meglio più avanti. Di seguito riporto il confronto dei lobi di radiazione ottenuti dalla simulazione con EZNEC_V6 per le due tipologie di antenna nelle varie opzioni di installazione :

Dipolo caricato 40m

La scelta delle misure fisiche del dipolo (7 mt.) con bobine di carico al centro dei bracci è stata fatta in funzione di ottenere un valore di Z_0 (impedenza caratteristica) facilmente adattabile a $50\ \Omega$, con questa configurazione, da simulazione, la Z_0 è risultata di circa 13Ω facilmente adattabile con un balun 4:1. Di seguito in fig.7 il setup di EZNEC con cui sono state effettuate le simulazioni

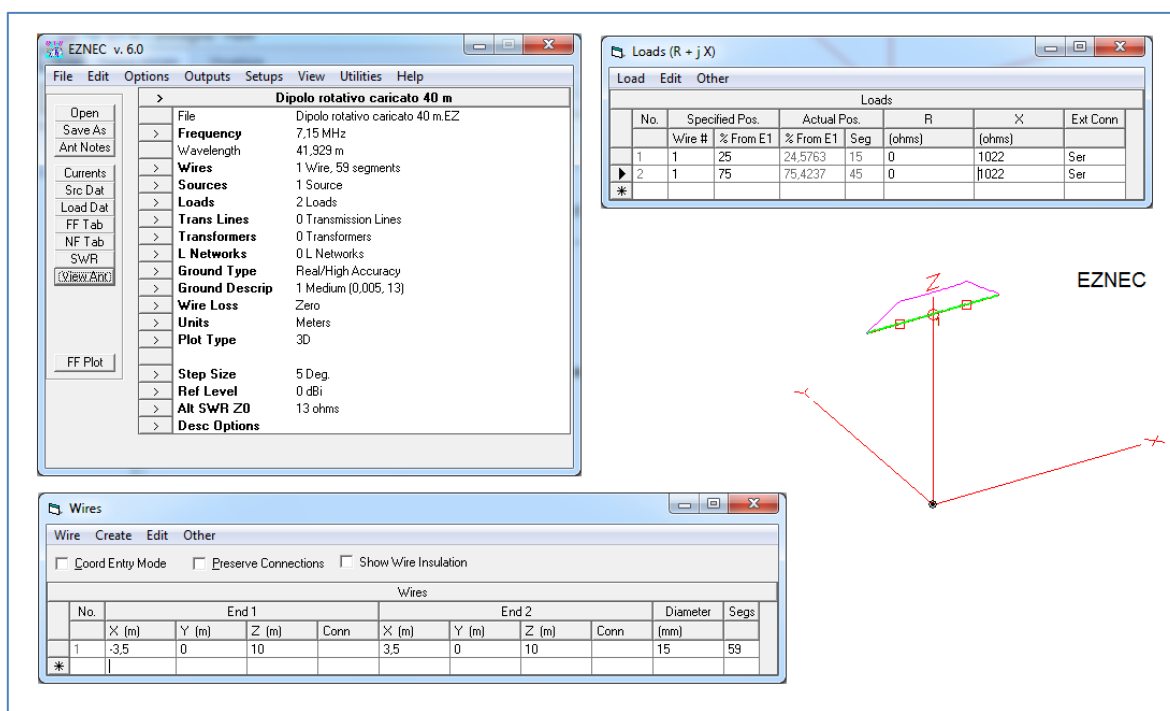


Fig.7

Come già detto la simulazione è stata ripetuta per le seguenti altezze da terra: 10mt, 12mt, 15mt.

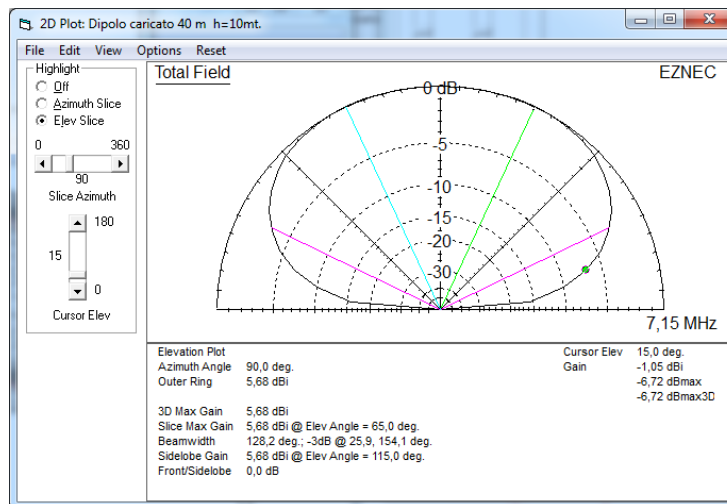


Fig. 8 - Dipolo rotativo caricato 7,15 Mhz – altezza da terra 10 mt.

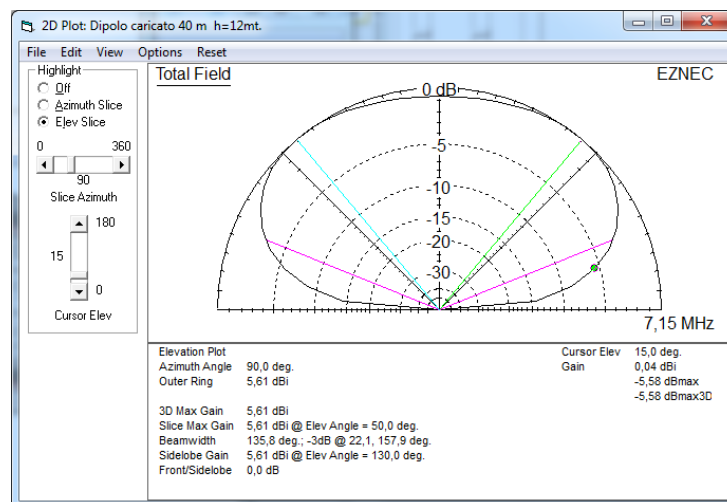


Fig. 9 - Dipolo rotativo caricato 7,15 Mhz – altezza da terra 12 mt.

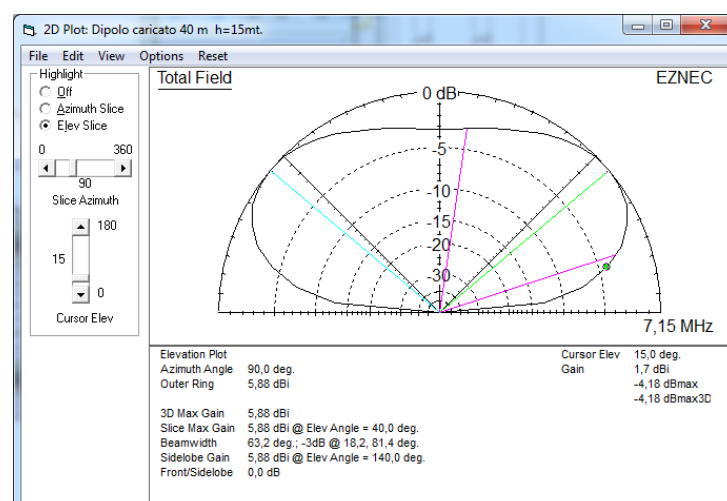


Fig. 9 - Dipolo rotativo caricato 7,15 Mhz – altezza da terra 15 mt.

Il risultato delle simulazioni riportato sopra è in linea con quanto atteso in termini di conformazione del lobo che inizia da abbassarsi lievemente solo a 15 mt. ($0,375\lambda$).

Provando a ripetere le simulazioni per diversi valori dei parametri di terra ho verificato l'impatto sul lobo ma come previsto l'incidenza dei parametri di conducibilità e costante dielettrica del terreno non influenzano significativamente il lobo di radiazione del dipolo orizzontale, nella tab.3 sono riassunti i risultati.

Tipologia Terreno	Conducibilità S/m	Costante Dielettrica	G_{max} (dBi) H=10mt.	G_{max} (dBi) H=12mt.	G_{max} (dBi) H=15mt.
Very Poor	0,001	5	4,7dBi @ 60°	4,8dBi @ 45°	5,2dBi @ 35°
Average	0,005	13	5,7dBi @ 65°	5,6dBi @ 50°	5,9dBi @ 40°
Very Good	0,03	20	5,7dBi @ 70°	6,2dBi @ 55°	6,3dBi @ 40°

Tab.3 – Risultati delle simulazioni per dipolo orizzontale 7,15 Mhz

Dall'esame dei diagrammi di radiazione quello che si può osservare è che, anche alla massima altezza di 15 mt. nel range di interesse per il traffico DX (5°-30°), il lobo di radiazione del dipolo orizzontale presenta una significativa attenuazione che raggiunge circa 10-12 dB per angoli inferiori ai 10° rispetto al guadagno massimo indicato in tabella.

A questo si deve poi aggiungere anche una ulteriore considerazione circa il fatto che il lobo di radiazione del dipolo sul piano orizzontale presenta due minimi in corrispondenza dell'asse longitudinale del dipolo stesso come visibile in figura 10 dove è rappresentato il lobo orizzontale relativo ad un angolo di elevazione di 15°, che portano ad un totale di 15,9dB l'attenuazione su queste direttrici rendendo quanto meno necessario la possibilità di ruotare il dipolo in funzione della direzione verso la quale si vuole fare traffico.

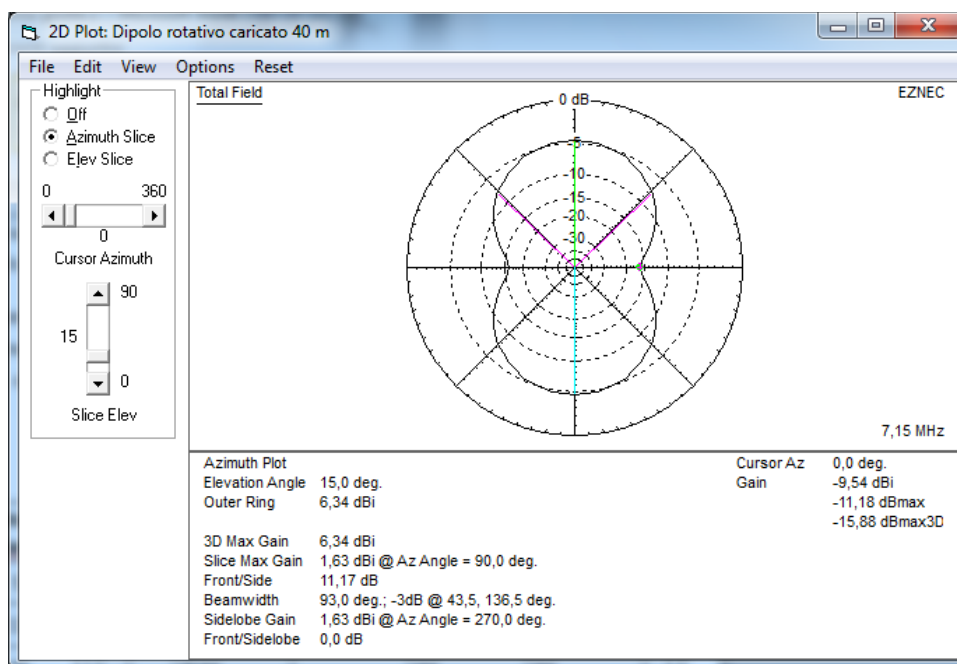


Fig. 10 - Dipolo 7,15 Mhz h=15mt. – Lobo orizzontale a 15°

Verticale $\lambda/4$ caricata 40m

Ho ripetuto a questo punto la campagna di simulazioni per la “verticale”, optando anche in questo caso, per le ragioni già indicate, per una verticale caricata con elemento radiante di 7 mt. e bobina di carico posta a 4,3 mt. dalla base, e dove sono presenti 3 radiali a 120° anch’essi caricati al centro di lunghezza 4mt.

Questa configurazione, compatibile con gli spazi disponibili, presenta un’impedenza nel punto di alimentazione di circa 25 Ω facilmente adattata con l’uso di un TLT UNUN con rapporto 2:1.

Nel caso della verticale sono state testate due configurazioni di installazione, la prima con la verticale installata a terra in giardino con i radiali posti orizzontalmente a 50cm da terra, la seconda con la verticale installata sul tetto con base antenna posta a 9mt. e radiali distesi sul tetto stesso.

Anche in questo caso è stata verificata la variazione dei lobi con le tre diverse tipologie di terreno: very poor, average, very good.

Di seguito in fig.11 il setup di EZNEC per la configurazione a terra con cui sono state effettuate le simulazioni.

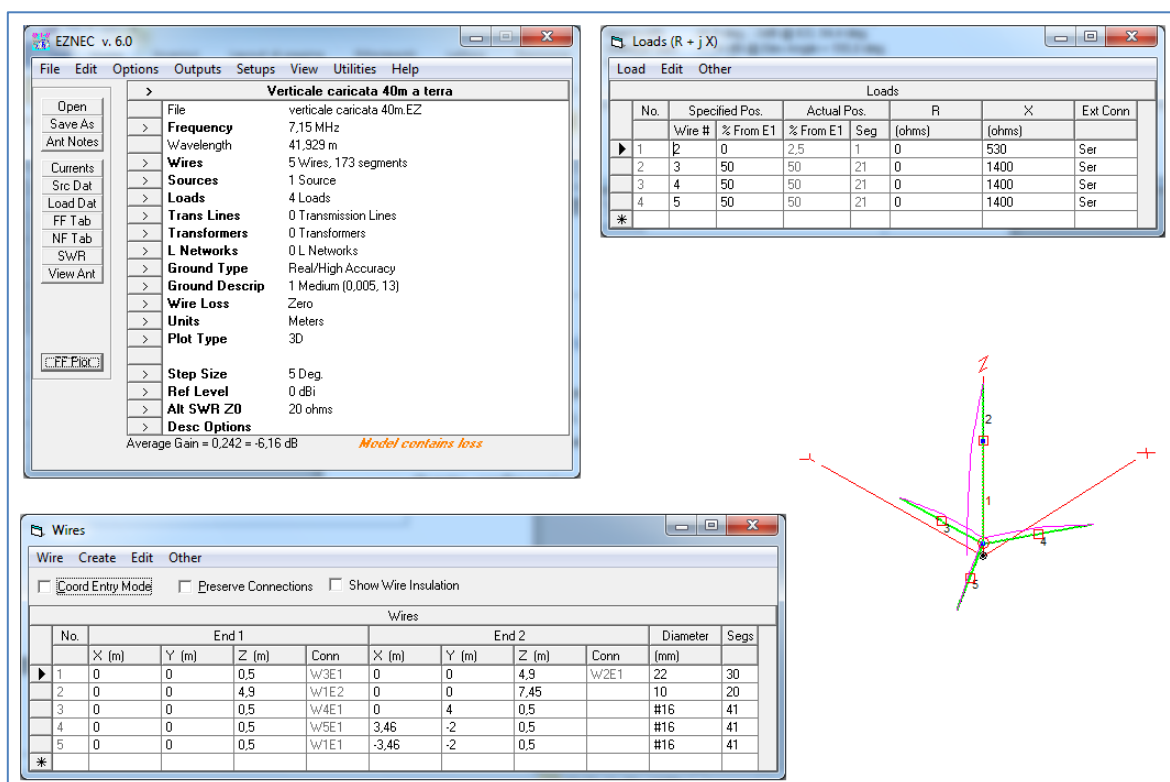


Fig.11

Di seguito gli screenshot dei lobi di radiazione della verticale a terra (fig.12, 13, 14) e della verticale a 9mt di altezza (fig. 15, 16,17) in entrambi i casi la simulazione è stata effettuata, nell’ordine, su terreno “Very Poor” (fig.12 e 15) su terreno “Average” (fig.13 e 15) e su terreno “Very Good” (fig.14 e 17) non ho riportato invece in questo caso il lobo di radiazione orizzontale in quanto, come è facile immaginare, nel caso della verticale risulta essere perfettamente circolare.

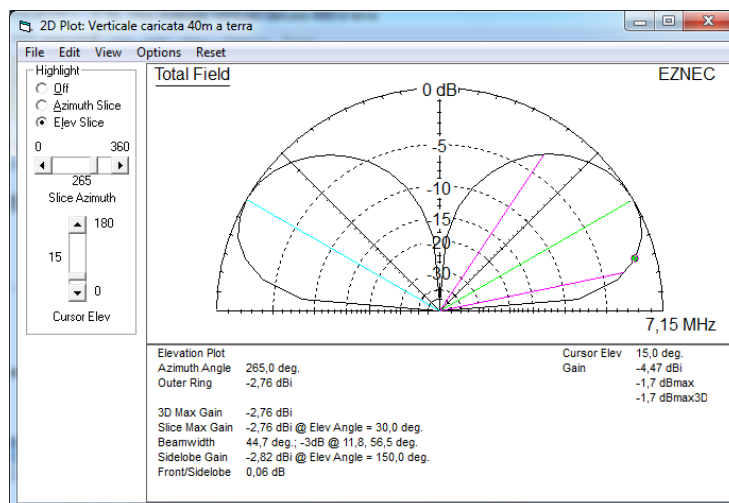


Fig. 12 - Verticale caricata 7,15 Mhz h=0,5mt. su terreno "Very Poor"

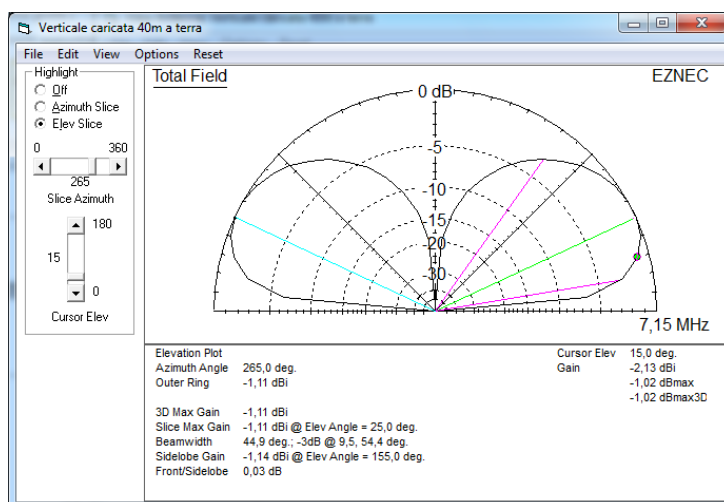


Fig. 13 - Verticale caricata 7,15 Mhz h=0,5mt. su terreno "Average"

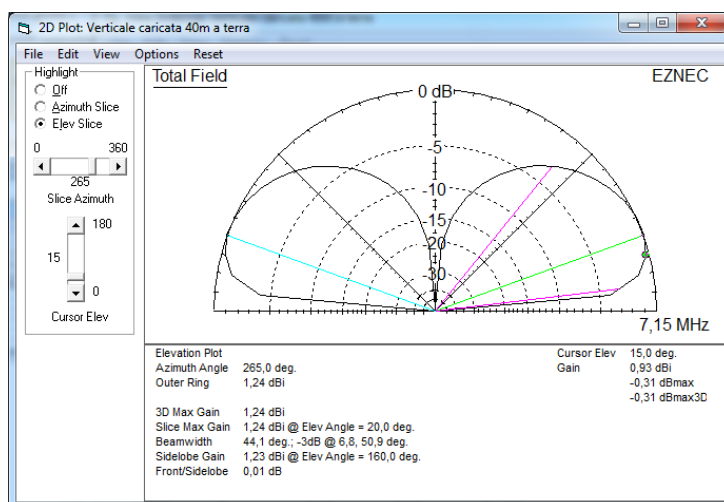


Fig. 14 - Verticale caricata 7,15 Mhz h=0,5mt. su terreno "Very Good"

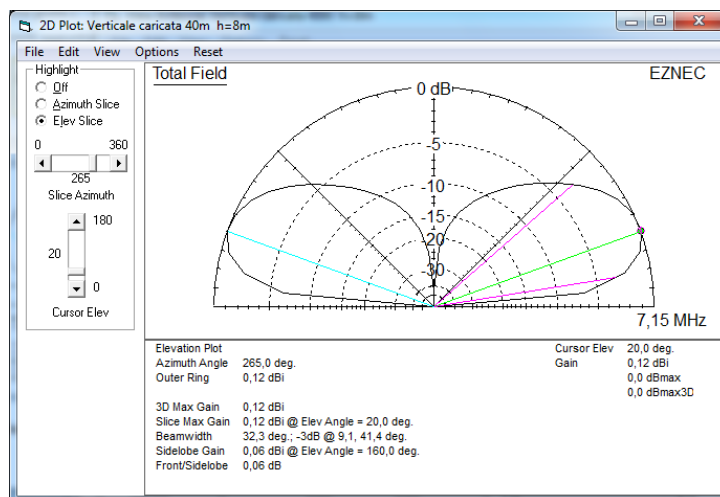


Fig. 15 - Verticale caricata 7,15 Mhz h=9mt. su terreno "Very Poor"

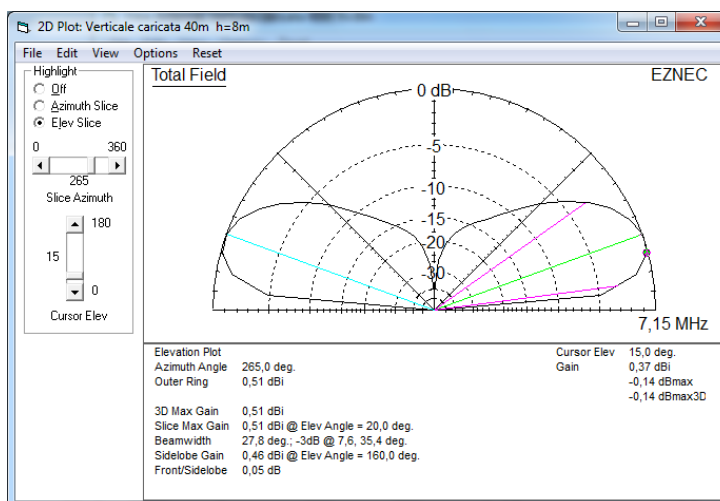


Fig. 16 - Verticale caricata 7,15 Mhz h=9mt. su terreno "Average"

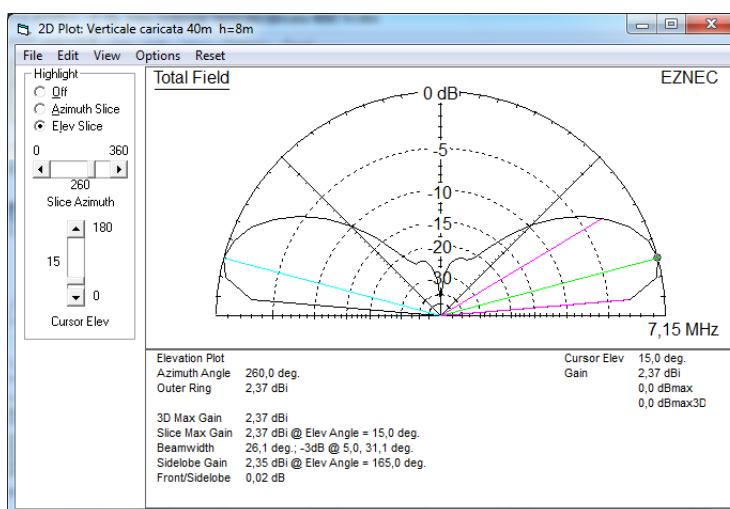


Fig. 17 - Verticale caricata 7,15 Mhz h=9mt. su terreno "Very Good"

Come previsto e diversamente da quanto accadeva per il dipolo il lobo di radiazione si modifica significativamente soprattutto in termini di angolo, ma in misura minore anche in termini di guadagno, in funzione delle caratteristiche del terreno e dell'altezza da terra anche se, già nella peggiore condizione, (antenna a terra su terreno "Very Poor") per bassi angoli di radiazione, la verticale a terra si comporta più o meno come il dipolo a 15mt.

Se osserviamo invece il lobo della verticale ad altezza 9 mt. su terreno "Very Good" possiamo notare che, sebbene il $G_{\max}$ della verticale sia inferiore al dipolo di circa 3-4 dB, per bassi angoli di radiazione, il comportamento della verticale è decisamente superiore al dipolo a 15 mt.

Infatti a 10° la verticale ha un guadagno $G_{(10^\circ)} = 1,9$ dBi contro un $G_{(10^\circ)} = -1,3$ dBi del dipolo ovvero 3,2 dB sotto la verticale mentre a 15° le due antenne sono quasi equivalenti anche se la verticale è ancora superiore di qualche decimo di dB.

C'è inoltre da tener presente come già detto prima che il lobo orizzontale del dipolo non è circolare e quindi se il dipolo non è "rotativo" la differenza in negativo con la verticale aumenta in direzione dell'asse longitudinale del dipolo stesso.

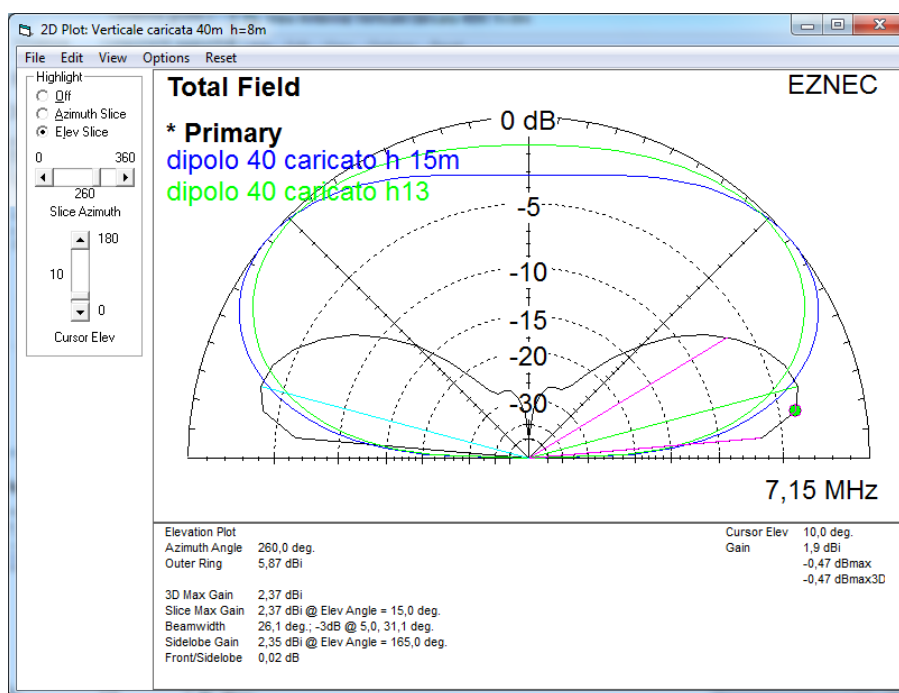


Fig. 18 - Confronto lobo verticale vs dipolo

C'è poi da considerare un aspetto spesso trascurato che impatta soprattutto sulla ricezione, il DMF (Directivity Merit Figure).

Come si può notare infig.18 il lobo di radiazione della verticale si attenua significativamente (fino a oltre -20 dB), rispetto al dipolo, per angoli di radiazione superiori 30° .

Questo fa sì che, in determinate condizioni, si possa avere un miglioramento del rapporto S/N sui segnali che arrivano con un basso angolo in quanto la quota parte di rumore e gli eventuali interferenti che dovessero arrivare da angoli più elevati risultano attenuati con la verticale rispetto al dipolo.

L'argomento DMF è trattato in modo esauriente sia nel testo di ON4UN – Low Band Dxing (Cap.7 par.1.8) sia sul sito di W8JI Tom Rauch <https://www.w8ji.com/receiving.htm>

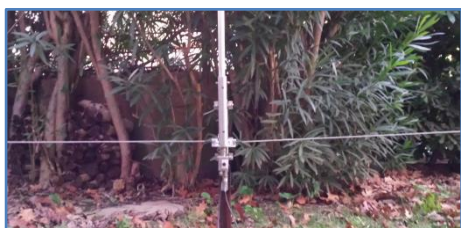
Conclusioni

Sulla base di tutte le considerazioni esposte nelle pagine precedenti ho deciso di procedere alla realizzazione pratica di una verticale con caratteristiche analoghe a quelle testate al simulatore per poterne verificare la correttezza dei risultati teorici.

Una volta realizzata l'ho testata per alcuni mesi sia nella configurazione roof-top (a tetto) sia nella configurazione a terra sia con radiali isolati e con radiali interrati.

I risultati ottenuti sono stati più che soddisfacenti e anche se il montaggio a tetto ha dato risultati leggermente migliori.

Nonostante ciò sono state per me comunque sorprendenti, rispetto a quanto mi sarei aspettato, le performance dell'antenna montata a terra con radiali risonanti isolati, soluzione nettamente superiore rispetto alla configurazione con radiali interrati probabilmente anche per il limitato numero di radiali interrati che ho potuto posare e la ridotta dimensione dei radiali stessi dovuta alle dimensioni insufficienti del giardino (6 radiali di lunghezze comprese tra $0,15\lambda$ e $0,25\lambda$).



In realtà già la simulazione con EZNEC indicava una differenza abbastanza contenuta tra le due tipologie di installazione con radiali isolati e risonanti, cosa che poi si è confermata nei fatti.

Un interessantissimo approfondimento su questo argomento è la lettura del documento *"A Closer Look at Vertical Antennas With Elevated Ground Systems"* scritto da *Rudy Severns N6LF* citato in bibliografia e disponibile in rete sul sito www.antennasbyn6lf.com

Nelle foto alcuni dettagli della realizzazione della verticale su cui sono stati effettuati i test, nell'ordine, misura di impedenza con impedenzimetro, dettaglio della bobina di carico, posizionamento dei radiali isolati (h=50cm), vista dell'installazione roof-top.

In queste settimane, per completare il confronto, sto comunque procedendo anche alla realizzazione del dipolo rotativo per poter poi procedere ad un confronto reale tra le due tipologie di antenna.

Bibliografia

- John Devoldere ON4UN *Low-Band Dxing*
- ARRL *Antenna Book 18th Edition* (published by ARRL Newington CT, 1998)
- ARRL *Antenna Compendium Vol.7* (published by ARRL Newington CT, 2002)
- Robert J. Zavrel, Jr., W7SX *"Elevation and Pseudo-Brewster Angle Formation of Ground-Mounted Vertical Antennas"* QEX March/April 2016 pp.16-20
- Rudy Severns, N6LF *"Experimental Determination of Ground System Performance for HF Verticals - Part 3 Comparisons Between Ground Surface and Elevated Radials"* QEX – March/April 2009
- Rudy Severns N6LF *"A Closer Look at Vertical Antennas With Elevated Ground Systems"*
- J. Sevick, *"The W2FMI Ground-Mounted Short Vertical,"* QST, Mar 1973, pp. 13-18, 41.
- K. Davies, *Ionospheric Radio Propagation—National Bureau of Standards Monograph 80* Washington, DC: U.S. Government Printing Office, April 1, 1965).
- E. A. Laport, *Radio Antenna Engineering* (New York: McGraw-Hill Book Co, 1952).
- P. H. Lee, *The Amateur Radio Vertical Antenna Handbook*, 2nd ed. (Port Washington, NY: Cowen Publishing Co., 1984).
- J. Sevick, *Transmission Line Transformers*, 3rd ed. (Tucker, GA: Noble Publishing, 1996).