

Esperienze pratiche con la propagazione NVIS

Alcuni mesi fa in occasione di alcune attività di Protezione Civile ebbi modo di parlare con Nico Michelini, IV3ALA, in merito ad una certa tipologia di collegamenti radio che non avevo mai effettuato.

Nico mi parlò a grandi linee dei collegamenti tramite la propagazione N.V.I.S. e la mia curiosità ha fatto il resto.

Coadiuvato da alcuni suoi importanti suggerimenti e da alcune simulazioni e prove da lui eseguite, ho cominciato a leggere e studiare qua e là sull'argomento. Volevo capire e provare.

Le domande che subito mi sono poste sono state:

1. Che cosa significa l'acronimo N.V.I.S. ?
2. Quando si rende necessario impiegare la propagazione N.V.I.S. ?
3. Cosa mi serve per operare in modo N.V.I.S. ?
4. Quali prove volevo fare e quali traguardi voglio raggiungere ?
5. Si può operare in modo N.V.I.S. con antenne verticali ?

1) L'acronimo N.V.I.S. che sta per *Near Vertical Incidence Skywave*, si può tradurre in ONDA RADIO CON INCIDENZA PROSSIMA ALLA VERTICALE, qualcuno la identificava troppo semplicemente come "ONDA IONOSFERICA", e si riferisce ad una modalità di propagazione dell'onda radio che prevede l'utilizzo di antenne con un angolo di massima radiazione molto elevato sull'orizzonte, avvicinandosi o raggiungendo i 90 gradi¹, in unione alla scelta di una frequenza appropriata al di sotto della frequenza critica, foF2 (consultabile continuamente su *internet*) atta a stabilire comunicazioni affidabili in un raggio da 0 a circa 800 km.

È opinione di molti radioamatori che i contatti con stazioni vicine su frequenze abbastanza basse, avvengano necessariamente tramite la propagazione per onda di terra (se relativamente vicini), ma potrebbe non essere vero o addirittura quest'ultima potrebbe non essere d'aiuto in dipendenza dalla frequenza e dall'assorbimento del terreno. Per maggiori informazioni su ciò, si consiglia di dare un'occhiata ai diagrammi pubblicati dalla ITU.

Sfruttando intenzionalmente la propagazione NVIS, utilizzando impianti d'antenna che rendano minima l'onda di terra² ed invece rendano massima la radiazione verticale "*Skywave*", si possono raggiungere risultati sorprendenti sulla corta e media distanza con livelli di rumore molto bassi.

2) Oltre che a stabilire e mantenere contatti "locali" in HF, un giusto impiego di tale tipo di propagazione è legato alle necessità di Protezione Civile. Raggiungere stazioni radio senza l'uso di ripetitori in luoghi dove i collegamenti radio in VHF ed UHF non sono realizzabili, diventa una realtà. Anche con potenze modeste, con solamente 20 watt pep. Situazioni del genere si verificano, ad

¹ I professionisti misurano l'angolo di radiazione a partire dalla verticale del luogo, 0° per arrivare all'orizzonte, 90°, mentre i radioamatori usano definirlo come angolo di elevazione e quindi 0° all'orizzonte e 90° la verticale del luogo.

² Attenuando l'onda di terra si attenuano le maggiori fonti di rumore che giungono principalmente dall'orizzonte. Vedi il manuale NVIS del M.A.R.S. Texas, USA.

esempio, tra due vallate montane senza alcuna visibilità reciproca. O tra vallate montane ed una stazione situata in pianura.

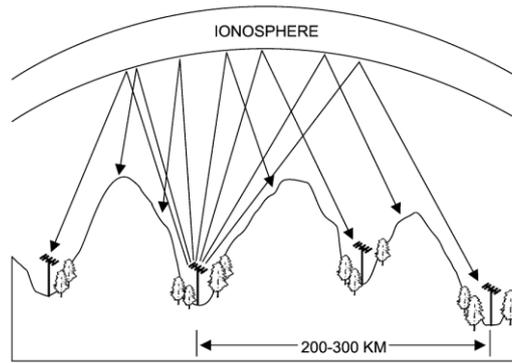


Fig. 1 – Rappresentazione del modo propagativo NVIS

3) Per sfruttare la propagazione N.V.I.S. bisogna conoscere in tempo reale la frequenza massima utilizzabile, ossia il valore della foF2³, che non deve mai essere raggiunta o superata, trasmettendo su una frequenza massima inferiore ad almeno il 10% del valore di foF2. Tramite diversi siti *internet* ed applicazioni per *smartphone*, è sufficiente cercare semplicemente il valore della foF2.

Macchie solari, ora, stagioni, giorno e notte, fanno variare la giusta frequenza per lavorare in modo NVIS. Questo valore varia quindi nell'arco della giornata e va controllato con ravvicinata periodicità e sulla verticale del luogo più prossimo al luogo da dove operiamo. O meglio il valore restituito dalla stazione di ionosondaggio più adatta. Qui in Italia, ad esempio da nord a sud, Pruhonice (UFA, Rep. Ceca)⁴, Roma (INGV), San Vito dei Normanni (ULMCAR/USAF)⁵, Gibilmanna (INGV)⁶.

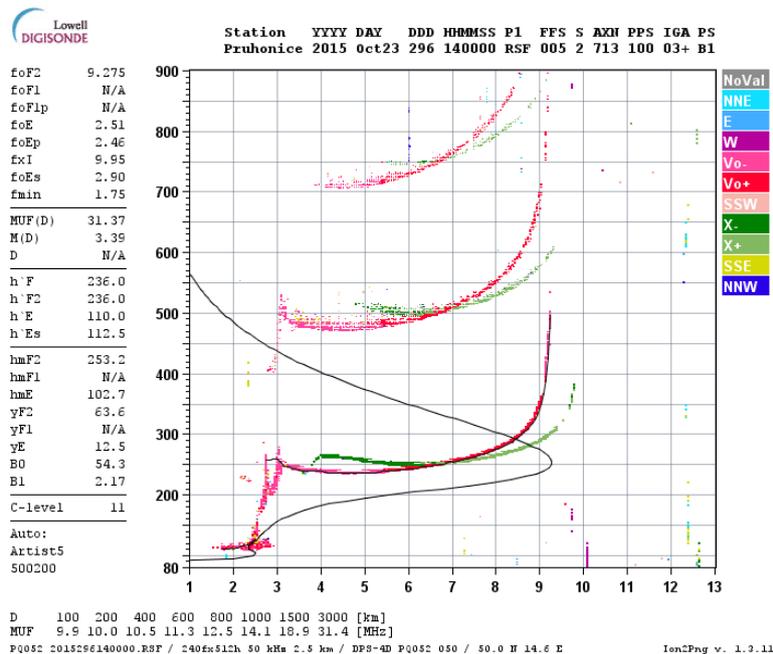


Fig. XX – Ionosondaggio della Stazione di Pruhonice del 22 ottobre 2015, ore 0530 UTC. Il valore della foF2 è 9275 kHz (traccia rossa). Nella righe appena qui sopra si può notare i valori della MUF (massima freq. utilizzabile) in funzione della distanza “D” richiesta. Notare la probabile apertura su lunghe distanze in 10-15-20 metri. Le deboli tracce superiori sono ecbi dal terreno.

³ Ricordiamo che foF2 indica il valore della massima frequenza riflessa al suolo sulla verticale del luogo, rilevata dalle stazioni di ionosondaggio.
⁴ Institute for Atmospheric Physics. Czech Academy of Sciences, Prague.
⁵ University of Massachusetts, Lowell – Center for Atmospheric Research.
⁶ Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Roma.

Altra scelta da fare è il tipo d'antenna con cui intendiamo o possiamo operare conoscendone con buona precisione il diagramma di radiazione. A confronto nelle simulazioni più oltre:

- un'antenna verticale inclinata o meno di 45 gradi e montata su mezzo mobile,
- un dipolo orizzontale a $\lambda/2$ dal suolo,
- un dipolo in configurazione NVIS a $0,175\lambda$ dal suolo (NVIS),
- un dipolo a V invertita e non, col vertice a $\lambda/2$ dal suolo.

Scelta l'antenna, bisogna verificare se è possibile installarla all'altezza giusta⁷ per essere adatta alla propagazione N.V.I.S. (e se impiegare eventuali riflettori a terra, vedere simulazioni). Per un semplice dipolo, va fatta molta attenzione all'altezza dal suolo, se troppo alta abbassiamo l'angolo di radiazione indirizzandolo verso l'orizzonte, se troppo bassa attenuiamo la radiazione stessa facendone assorbire l'energia al piano riflettente (suolo).

Il valore consigliato e non restrittivo è attorno a $0,175 \lambda$. Facendo un esempio per una frequenza attorno ai 7 MHz, ossia circa 40 metri di lunghezza d'onda, avremo una giusta altezza dal suolo di circa 7 metri. Per avere invece la massima resa sulle grandi distanze con un diagramma di massima radiazione con un'elevazione più bassa possibile sul piano verticale, l'antenna andrebbe posizionata a $\lambda/2$ ovvero 20 metri dal suolo. Una bella differenza direi.

Non c'è un'altezza dal suolo esatta al quale il guadagno verso l'alto è massimo, ciò anche in dipendenza del tipo di suolo dov'è installata l'antenna. Si può affermare che a $0,175 \lambda$ il guadagno in direzione verticale è quasi 7 dBi.

4) Desideravo da subito verificare la differenza tra diversi tipi di antenne ed ho messo a confronto dipoli, filari e verticali fra di loro, in configurazione N.V.I.S e non, ed ho notato subito che:

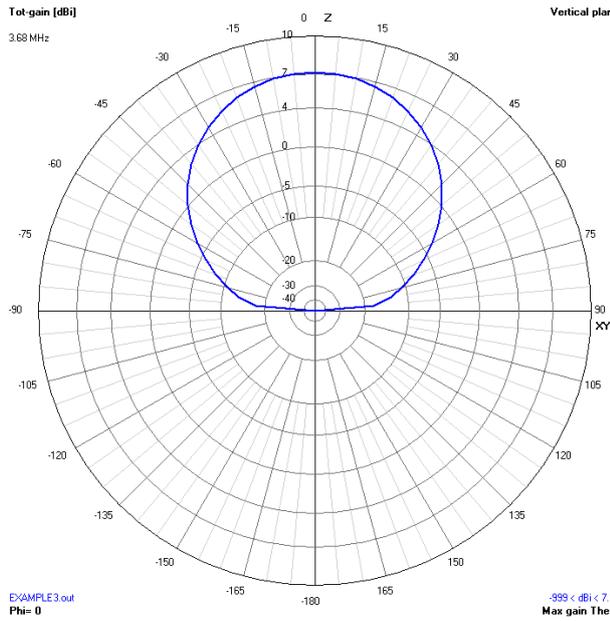
- con i dipoli a $0,175\lambda$, il rumore era decisamente più basso.
- con i dipoli a $0,175\lambda$, i segnali delle stazioni lontane erano praticamente inesistenti
- con i dipoli a $0,175\lambda$ **il diagramma di radiazione possiede una minima direzionalità ma non eccessiva da non poter essere considerato praticamente omnidirezionale, ma sempre verso l'alto.**

5) Nota particolare per le antenne verticali. Essendo "omnidirezionali" in direzione dell'orizzonte, mi volevo rendere conto del perché in certe situazioni tattiche in stile militare vengano tenute ripiegate in posizione quasi orizzontale. In siffatta configurazione, si crea un arco ed allo stesso tempo si eleva il lobo di massima radiazione (che è prevalentemente orientato a 30° in elev. sull'orizzonte quando lo stilo è in posizione verticale, vedere le figure più avanti). Ho personalmente verificato che piegando l'antenna a stilo (lungo 5m) in direzione opposta a quella del nostro interlocutore ed alzandone/abbassandone la punta stessa, si hanno forti variazioni del segnale ricevuto che favoriscono l'attività NVIS.

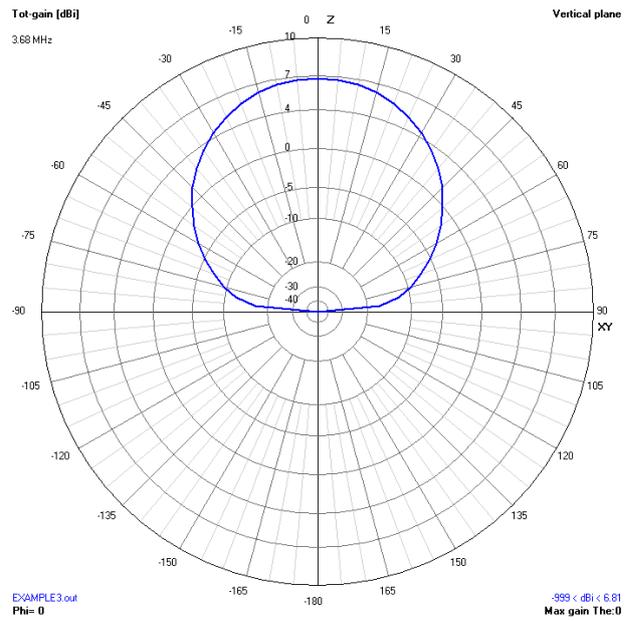
Spero con la mia piccola esperienza di poter essere utile a chiunque che, per diletto o per lavoro, come me desideri raggiungere qualche risultato in condizioni "particolari".

Roberto Silvestri, IV3SRD, Sezione ARI Udine. roberto.silv@libero.it

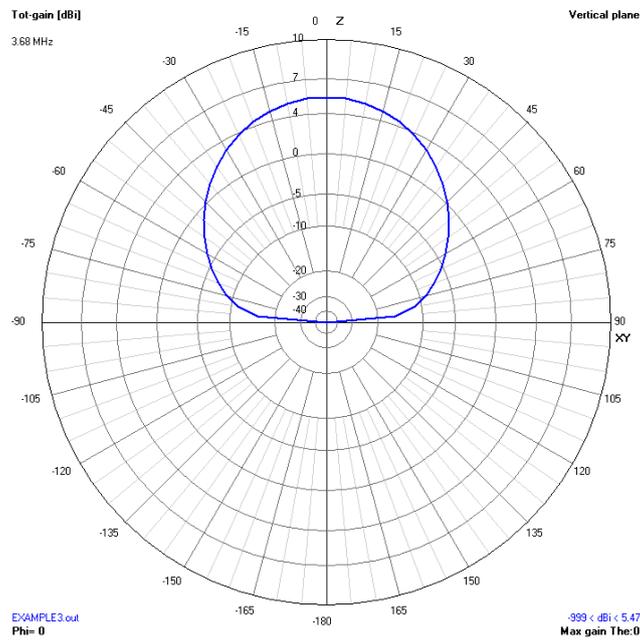
⁷ Si vuol far notare che il guadagno di tali dipoli per NVIS varia di quantità non significative a seconda del tipo di terreno sottostante ed anche impiegando o meno una rete di riflettori sul terreno.



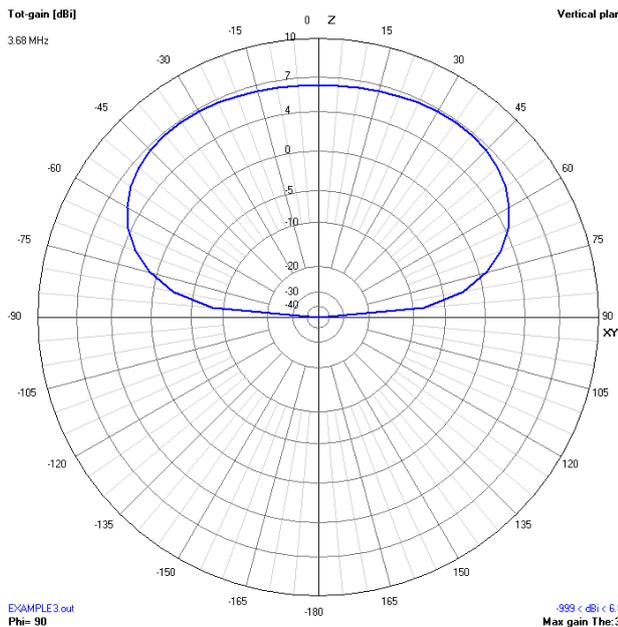
Dipolo classico a $0,2\lambda$ da terra.



Dipolo classico a $0,175\lambda$ da terra.

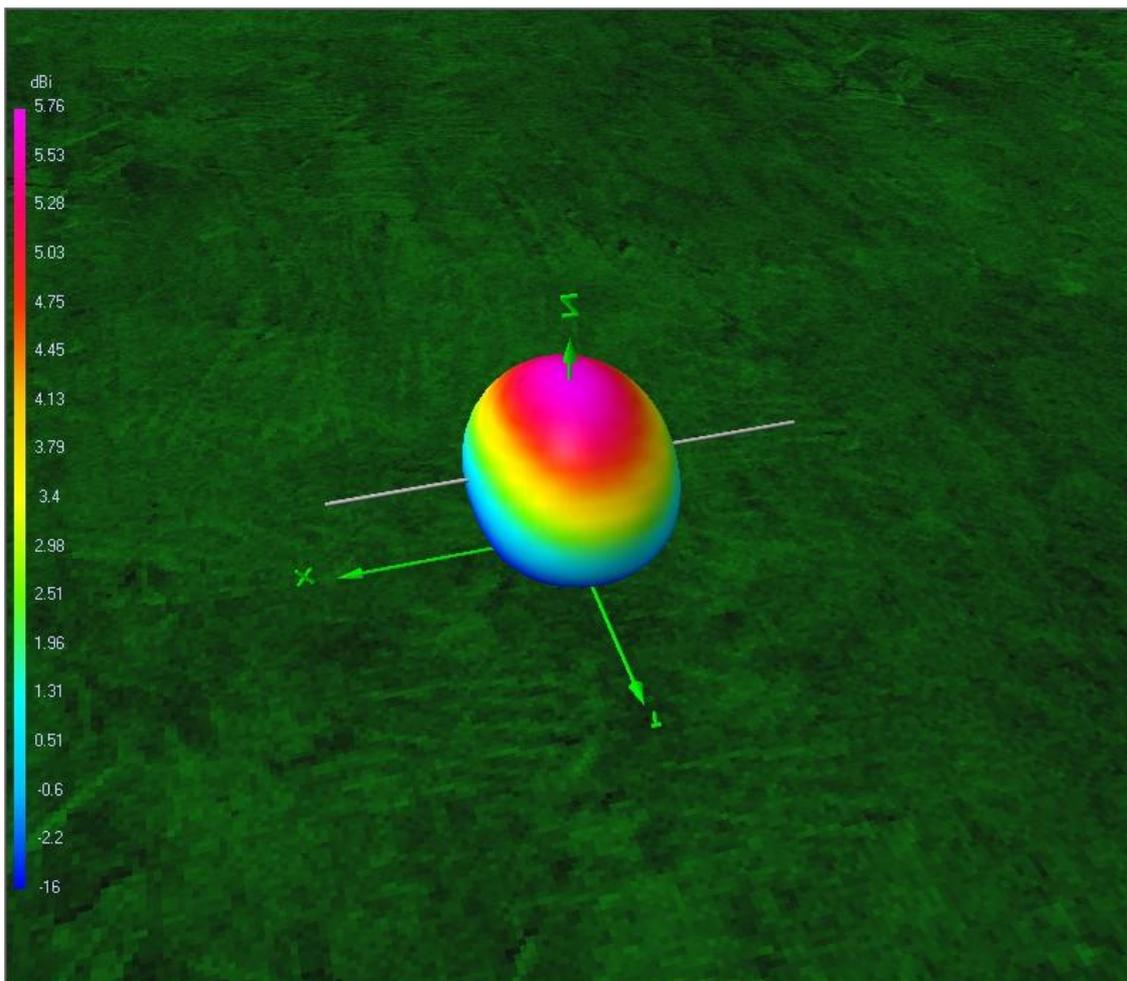


Dipolo classico a $0,1\lambda$ da terra.

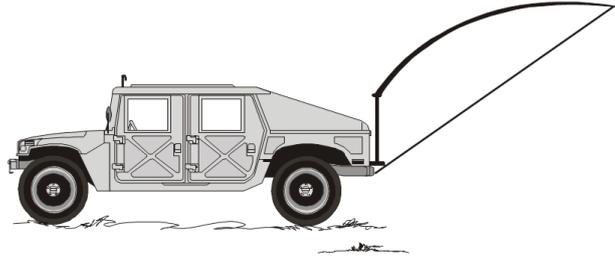


Dipolo a V con l'apice a $0,25\lambda$

Dipolo a V invertita con l'apice $0,25\lambda$



Vista tridimensionale del diagramma di radiazione di un dipolo $\lambda/2$ ad altezza dal suolo adatta alla NVIS.



Antenna montata su mezzo mobile e inclinata per l'uso NVIS.
 Sebbene le simulazioni confermino l'elevazione della direzione preferenziale di radiazione, è necessario considerare che avvicinando l'antenna al suolo si migliora il rapporto segnale/rumore in ricezione.



Station YYYY DAY DDD HMMSS P1 FFS S AXN PPS IGA PS
 Pruhonice 2015 Nov01 305 123000 RSF 005 2 713 100 03+ B1

foF2 10.300
 foF1 N/A
 foF1p N/A
 foE 2.76
 foEp 2.73
 fxI 11.00
 foEs 2.75
 fmin 1.50

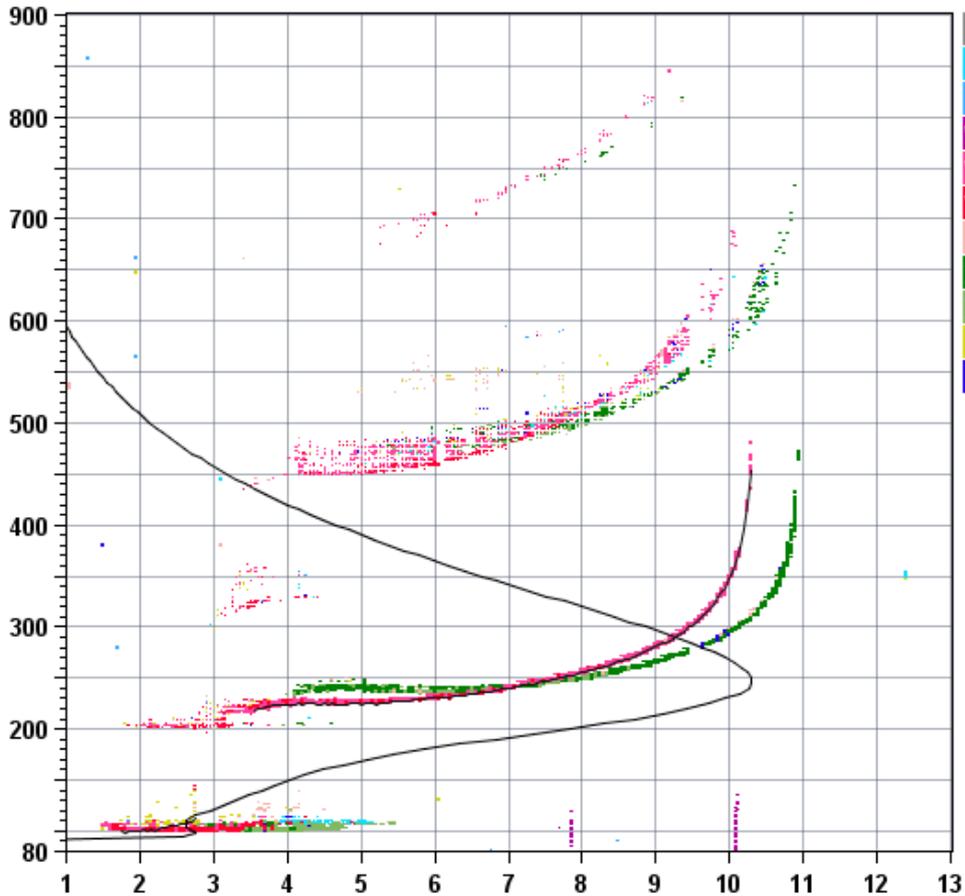
MUF(D) 34.62
 M(D) 3.36
 D N/A

h'F 219.0
 h'F2 219.0
 h'E 98.3
 h'Es 100.0

hmF2 245.1
 hmF1 N/A
 hmE 97.6
 yF2 69.8
 yF1 N/A
 yE 7.4
 B0 70.5
 B1 2.05

C-level 22

Auto:
 Artist5
 500200

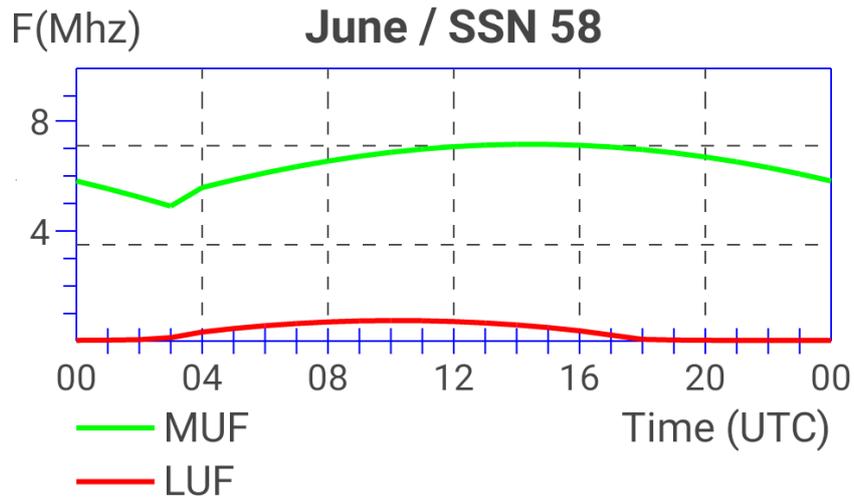


D 100 200 400 600 800 1000 1500 3000 [km]
 MUF 10.9 11.1 11.6 12.5 13.8 15.6 20.9 34.6 [MHz]

PQ052_2015305123000.RSF / 240Ex512h 50 kHz 2.5 km / DPS-4D PQ052 050 / 50.0 N 14.6 E

Ion2Png v. 1.3.11

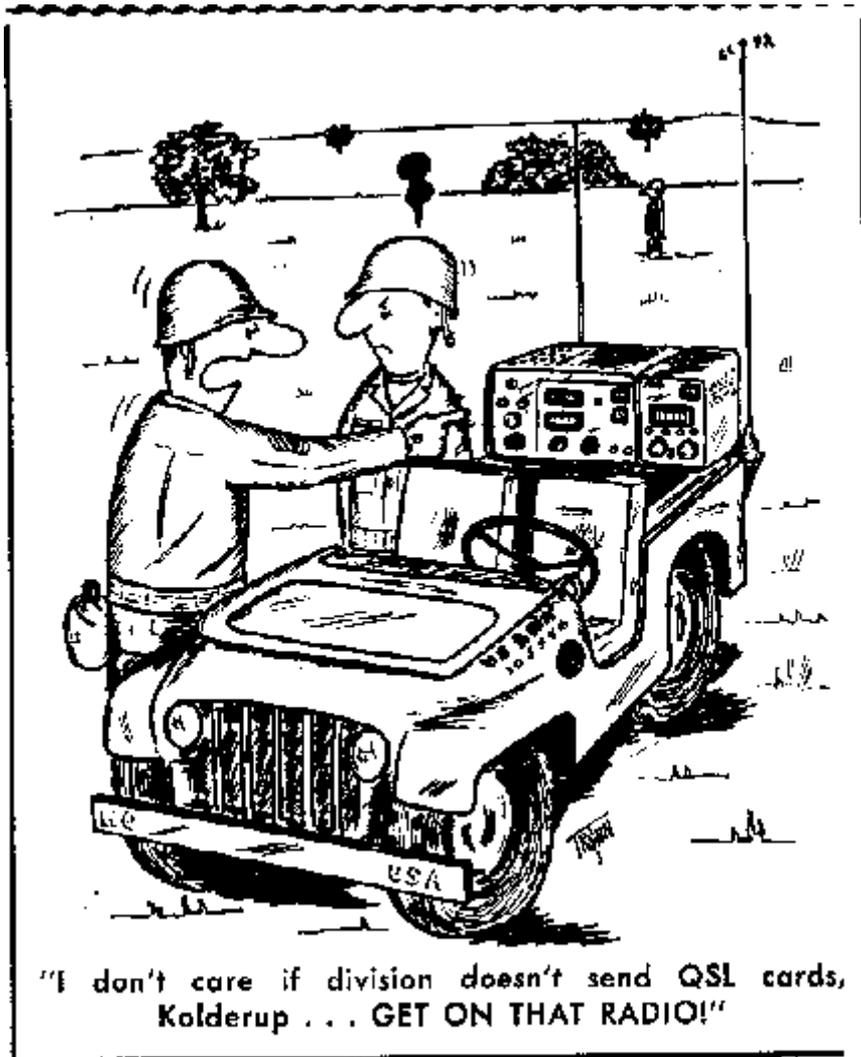
Ionosondaggio della stazione di Pruhonice del 01 novembre 2015, notare il valore della foF2.



Previsione FoF2 per il mese di giugno 2015

lambda (lunghezza d'onda)	fof2* freq.Mhz	lunghezza tot.dipolo lambda/2	m dal riflet. /suolo lambda 0.175	in metri lineari, lunghezza eventuale riflettore del 5% in più	fof2* freq (-10%) nvis
160	1,87	80	28,00	84,00	1,69
90	3,33	45	15,75	47,25	3,00
85	3,53	42,5	14,88	44,63	3,17
80	3,75	40	14,00	42,00	3,37
75	4,00	37,5	13,13	39,38	3,60
70	4,28	35	12,25	36,75	3,85
66	4,54	33	11,55	34,65	4,09
60	5,00	30	10,50	31,50	4,50
54	5,55	27	9,45	28,35	5,00
50	6,00	25	8,75	26,25	5,40
46	6,52	23	8,05	24,15	5,86
43	6,97	21,5	7,53	22,58	6,27
40	7,49	20	7,00	21,00	6,74
39	7,69	19,5	6,83	20,48	6,92
38	7,89	19	6,65	19,95	7,10
37	8,10	18,5	6,48	19,43	7,29
36	8,33	18	6,30	18,90	7,49
35	8,56	17,5	6,13	18,38	7,71
34	8,82	17	5,95	17,85	7,93
33	9,08	16,5	5,78	17,33	8,18
32	9,37	16	5,60	16,80	8,43
31	9,67	15,5	5,43	16,28	8,70
30	9,99	15	5,25	15,75	8,99
29	10,34	14,5	5,08	15,23	9,30
28	10,71	14	4,90	14,70	9,64
27	11,10	13,5	4,73	14,18	9,99
26	11,53	13	4,55	13,65	10,38

Relazione tra la frequenza e l'altezza del dipolo (per NVIS utilizzare **lambda * 0.175**)



"I don't care if division doesn't send QSL cards,
Kolderup . . . GET ON THAT RADIO!"

Esperienze pratiche con la propagazione NVIS

Parte Seconda

Ai lettori dell'articolo precedente forse, potrebbe interessare conoscere qualcosa di più sulle caratteristiche elettriche che vengono ad assumere le antenne utilizzate per la propagazione NVIS, oltre ai diagrammi di radiazione già visti. Ebbene, di seguito trovate i diagrammi della resistenza e della reattanza e dell'impedenza al **punto d'alimentazione**,¹ del guadagno, e del ROS di due dipoli adatti rispettivamente, alla banda dei 40 metri e degli 80 metri, installati ad altezze NVIS, ossia circa $0,15\lambda$ e simulati tramite il programma 4NEC2. Come si nota nel primo diagramma qui sotto, al punto di miglior adattamento d'impedenza, attorno a 7100 kHz, l'impedenza è circa $58+j1,4$ ohm, che per i fanatici del ROS(50), si traduce nello *spaventoso* valore di 1,17452. Come si può notare, avvicinando il dipolo al terreno l'impedenza diminuisce² a valori tali da poter essere impiegato senza adattatori d'impedenza e può essere utilizzato anche a 6990 kHz, frequenza concessa per esclusivo uso in casi d'emergenza o di Protezione Civile. Ovviamente, nulla vieta di modificarne la lunghezza per ogni banda d'interesse, o anche il diametro equivalente per diminuire la variazione della reattanza ed aumentare la banda passante del ROS(50).

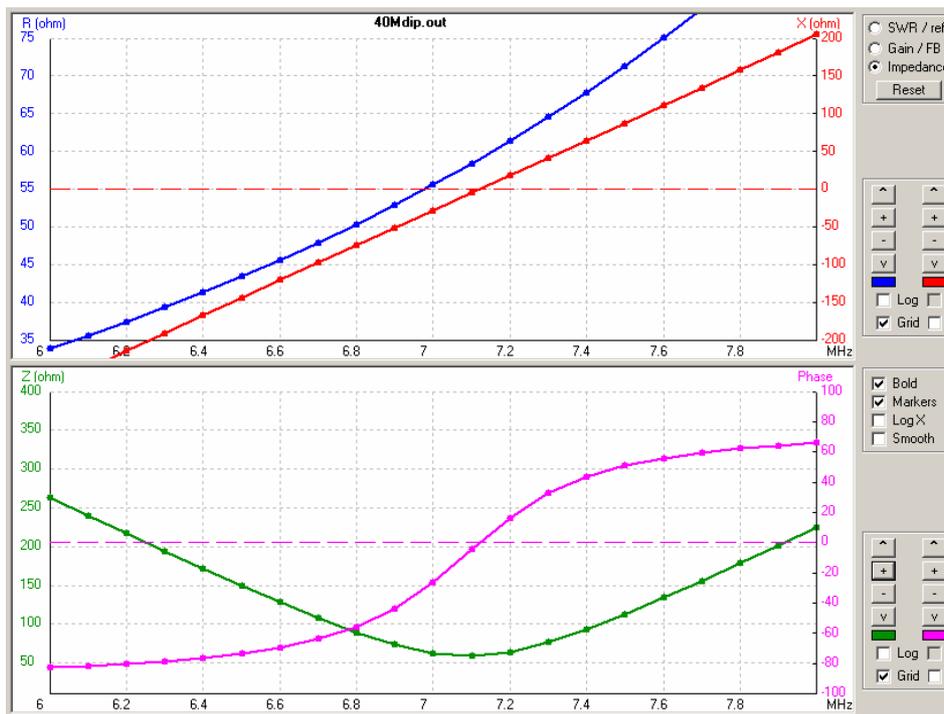


Fig. 1 – Diagrammi relativi al dipolo per i 40 metri:
 Blu – Resistenza (R). Rosso – Reattanza (jX). Verde – Impedenza (Z). Violetto – Fase. Tutte le grandezze sono riferite al punto d'alimentazione.

Tutti i diagrammi sono stati calcolati e tracciati con il programma 4NEC2 di Ari Voors, che si ringrazia.

¹ Si coglie l'occasione per rammentare al lettore che la resistenza al punto d'alimentazione potrebbe anche non coincidere con la resistenza di radiazione, a seconda del tipo di antenna considerata. Ad esempio un dipolo ripiegato lungo $1/2\lambda$, al punto d'alimentazione presenta una resistenza di circa 300 ohm, ma la resistenza di radiazione rimane sempre circa 73 ohm. Dettagli in: Jasik, *Antenna Engineering Handbook*, 1st ed., 1961, McGraw Hill, pag. 3-13.

² Il perché diminuisce è un compito a casa per il lettore.

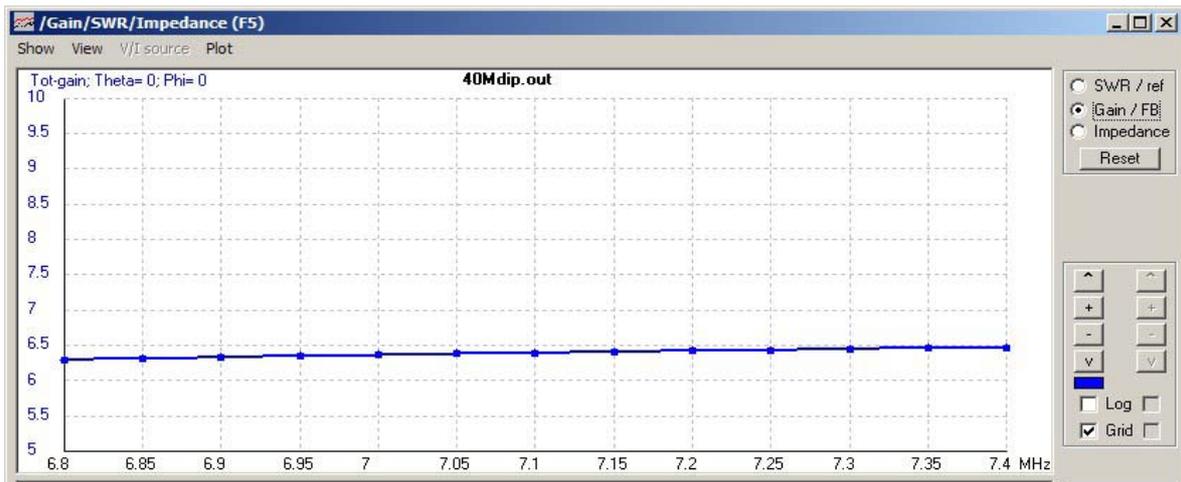


Fig. 2 – Diagrammi relativi al dipolo per i 40 metri:
 Blu – Guadagno in dBi in direzione verticale.

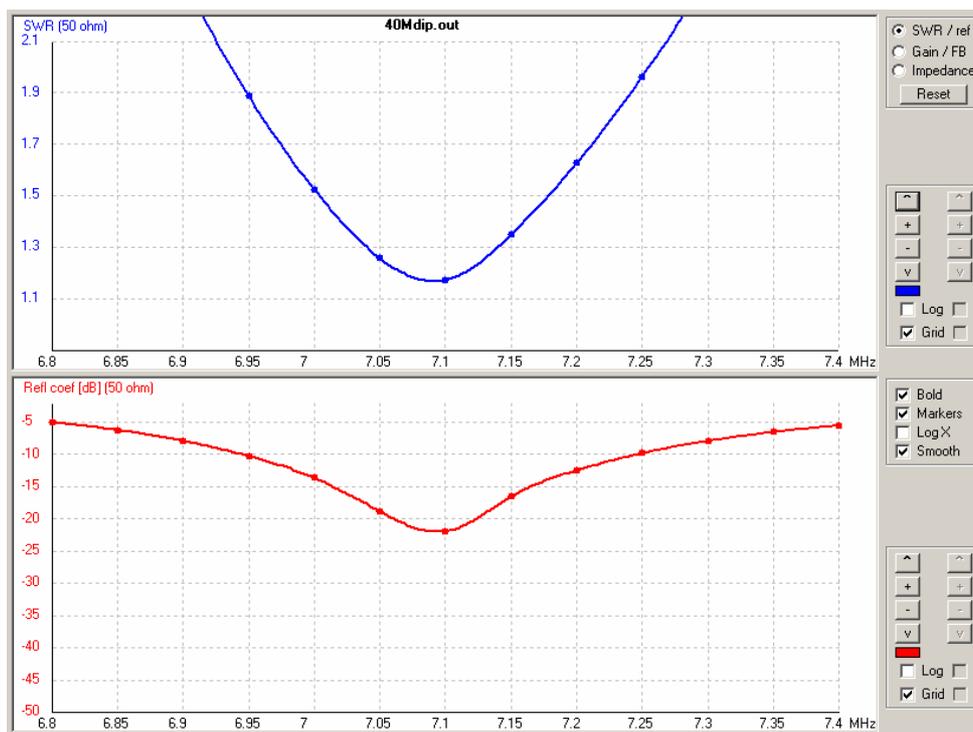


Fig. 3 – Diagrammi relativi al dipolo per i 40 metri:
 Blu – Rapporto Onda Stazionaria. Rosso – Coefficiente di Riflessione(ρ)= $\log_{10}[20 \cdot |\Gamma| = (Z_l - Z_0) / (Z_l + Z_0)]$

Nei successivi diagrammi sono tracciati gli stessi dati del dipolo per gli 80 metri, in ultimo in aggiunta, il diagramma di Smith del dipolo per i 40 metri. Potete vedere che è inutile montare un dipolo a V invertita, “perché così si abbassa l’impedenza e si avvicina ai 50 ohm” eviterete così una certa dose di perdite, delle quali sarebbe meglio farne a meno, e che aumentano avvicinando le estremità ad alta tensione al terreno, quindi se possibile, meglio tenderlo in orizzontale. Ricordiamo che lo “spazio libero” su questa Terra, non esiste. Il terreno, assieme ad ogni altra massa estranea, è sempre lì a fare la sua parte nella formazione del diagramma di radiazione. E delle perdite.

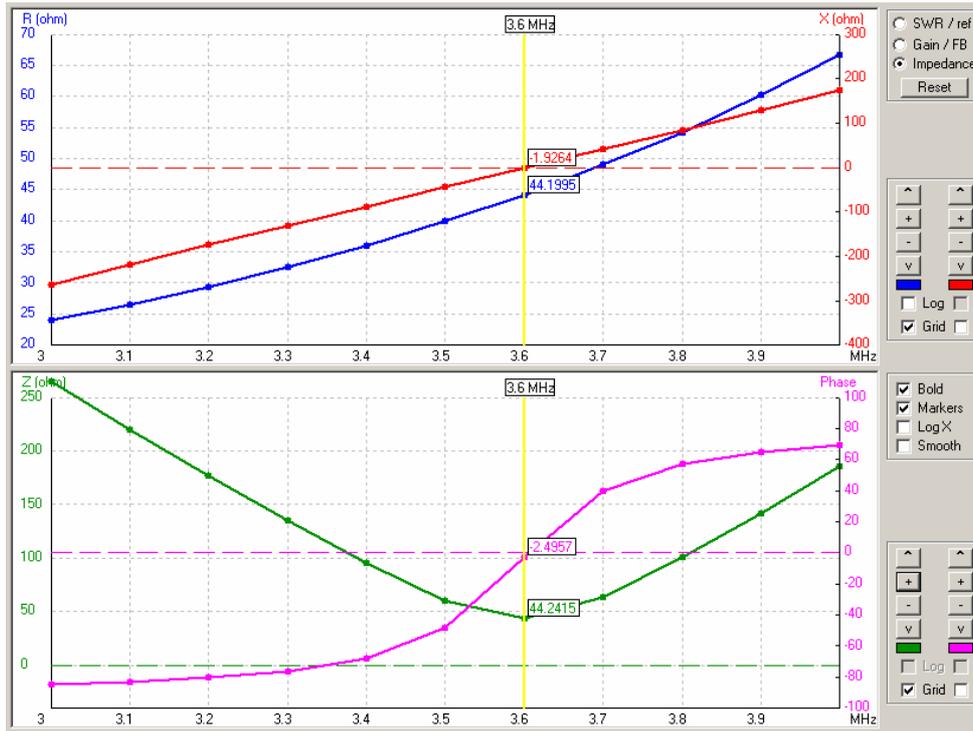


Fig. 4 – Diagrammi relativi al dipolo per gli 80 metri:
 Blu – Resistenza; Rosso – Reattanza; Verde – Impedenza; Violetto – Fase. Tutte le grandezze sono riferite al punto d'alimentazione.

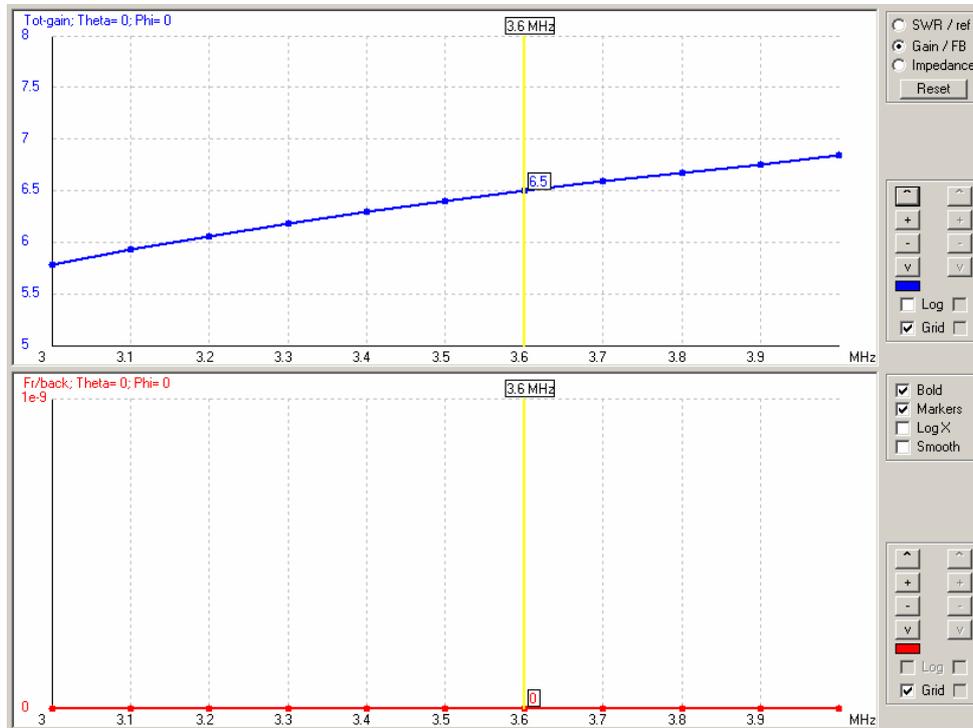


Fig. 5 – Diagrammi relativi al dipolo per gli 80 metri:
 Blu – Guadagno in dBi in direzione verticale. Rosso – Rapporto Avanti/Indietro che qui non è significativo.

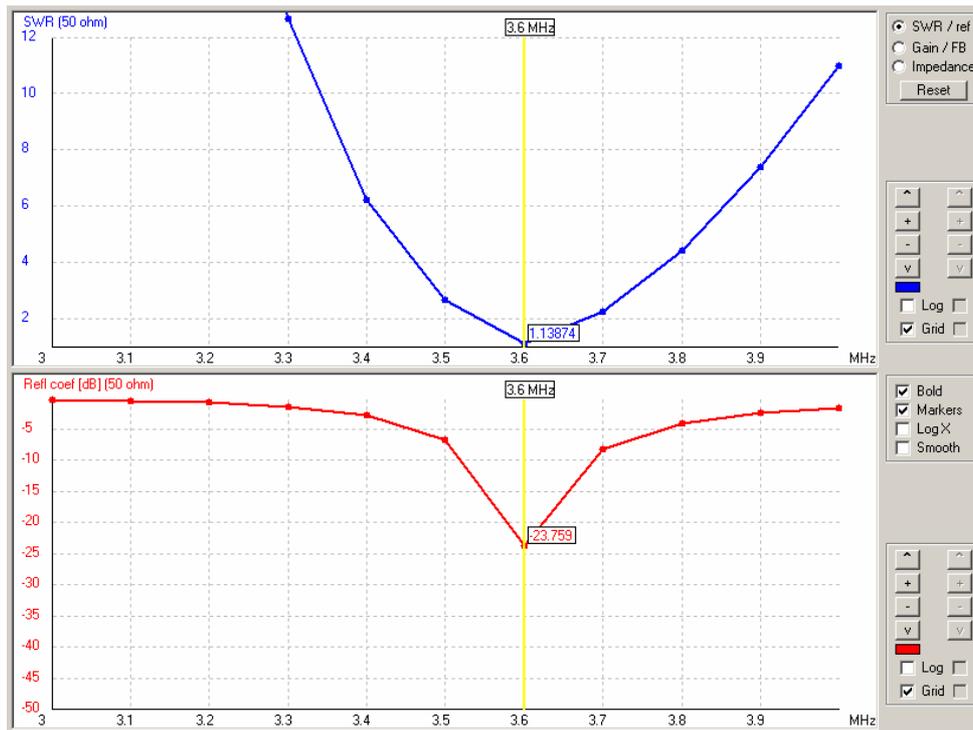


Fig. 6 – Diagrammi relativi al dipolo per gli 80 metri:
 Blu – Rapporto Onda Stazionaria. Rosso – Coefficiente di Riflessione.

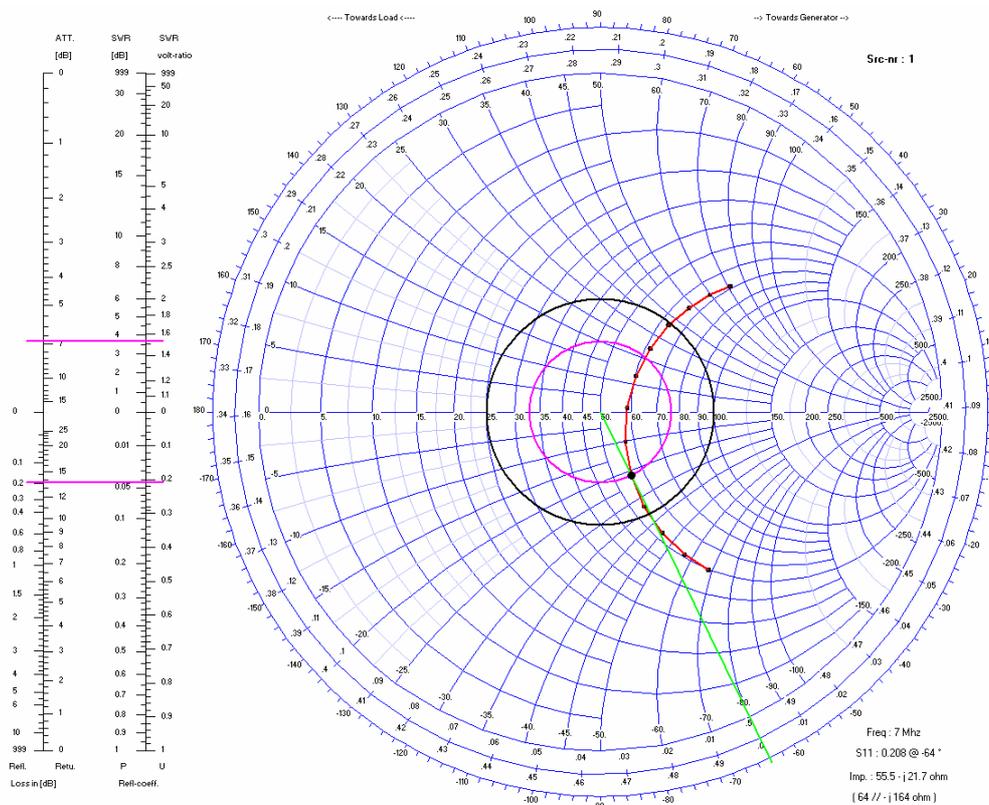


Fig. 7 – Diagrammi relativi al dipolo per i 40 metri:
 Nero – Circonferenza del ROS= 2. Rosso – Andamento dell'impedenza da 6,8 a 7,4 MHz (6800-7400 kHz). All'intersezione con il segmento verde vi è in evidenza il punto a 7 MHz, la scala sulla sinistra indica il ROS in quel punto, circa 1,5. I diagramma di Smith del dipolo per gli 80 metri ha un andamento molto simile.