

Feb. 1997: S21XX – analisi del percorso con Proplab-Pro v. 3.

Alla ricerca della modalità in DUCTING.

by Pierluigi "Luis" Mansutti, IV3PRK

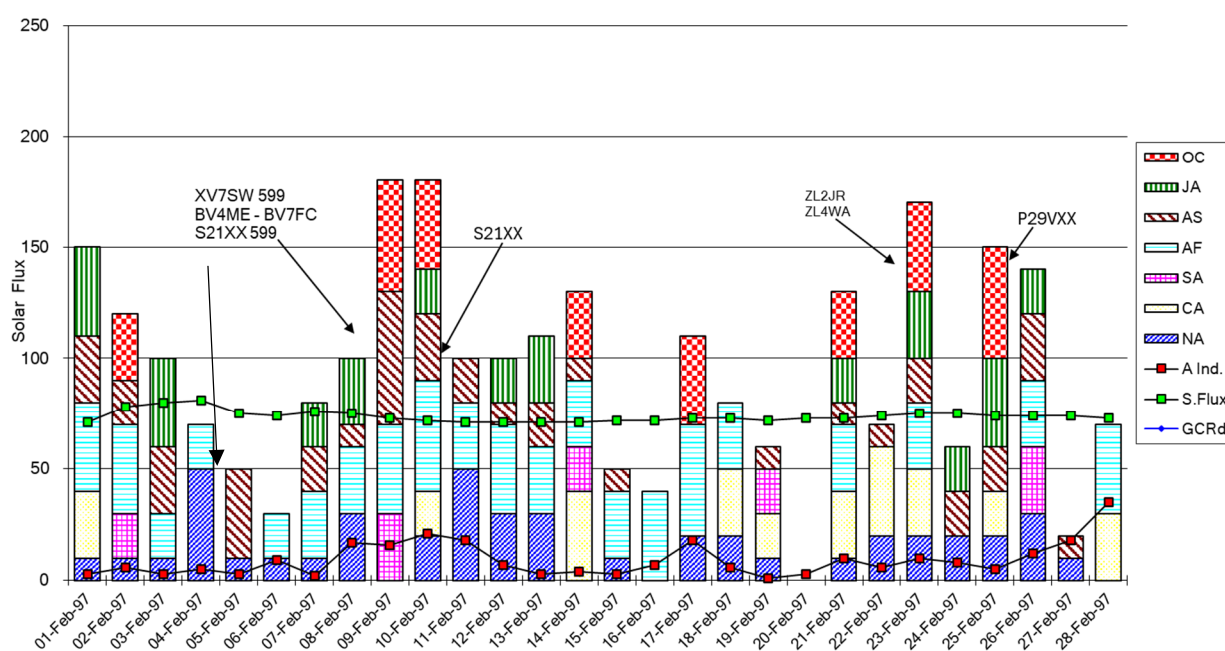
Quando, nell'agosto del 2025, ho rivisitato – tra tutte le analisi delle altre spedizioni DX del Pacifico – l'operazione di P29VXX del 1997 del Bavarian Contest Club, ho riportato anche lo studio del prof. Robert Brown NM7M sugli stessi log e i suoi commenti finali. Contrariamente alla mia ipotesi iniziale, il professor Brown ha scoperto che la propagazione in modalità di ducting non funzionava sul percorso dalla Papua Nuova Guinea all'Europa in quell'occasione.

Purtroppo, NM7M è morto nel 2010 e, nel frattempo, il *Solar Terrestrial Dispatch* ha pubblicato la potentissima versione 3 di Proplab-Pro. Stavo già utilizzando la versione 2, ma, quando è stata creata per la prima volta, i computer avevano solo una frazione della potenza di calcolo e di memoria di oggi. La nuova tecnologia informatica ha fornito la struttura di base su cui costruire tecniche di ray-tracing davvero utili. Il motore di ray-tracing tridimensionale utilizzato nella versione 3 ora esegue direttamente i calcoli delle densità degli elettroni nella ionosfera e dei gradienti degli strati, anziché tramite l'uso di profili predefiniti. Inoltre, la nuova *Ionosfera di Riferimento Internazionale* del 2007 è sostanzialmente più complessa della vecchia versione del 1995 dell'IRI utilizzata nella versione 2.

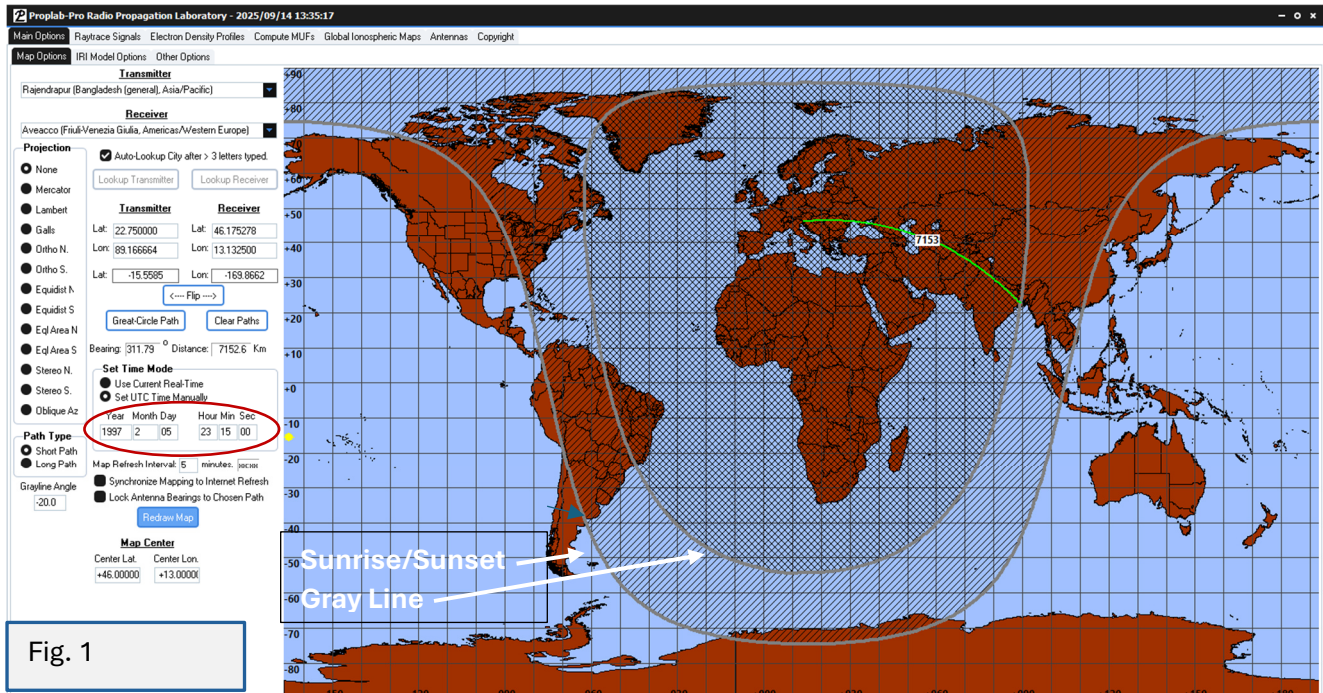
Proplab è dotato di uno dei più grandi database di localizzazione al mondo. Scorrendo rapidamente oltre 5 milioni di nomi di località, ho trovato anche il mio paesino "Aveacco" (meno di cento abitanti) da selezionare come posizione TX o RX con coordinate geografiche e altitudine precisa in metri. Utilizzando questo ampio database topografico globale (con una risoluzione inferiore a un chilometro quadrato), ha la capacità unica di calcolare riflessioni al suolo accurate, determinando le pendenze del terreno (cioè le riflessioni sulle catene montuose) che possono causare deviazioni o skewing dal percorso diretto e diffusione del segnale o multipathing. Questo importante miglioramento del programma mi ha spinto - quasi trent'anni dopo - a tornare a quella vecchia analisi di P29VXX, dopo aver esaminato il percorso più semplice della DXpedition di S21XX nello stesso mese.

Le condizioni di propagazione sono state piuttosto buone nel febbraio 1997, proprio all'inizio del ciclo 23°, con flusso solare molto basso e stabile intorno ai 70. Alcuni disturbi geomagnetici, fra cui un evento di aurora il giorno 9, non hanno avuto influenza negativa sui 160 metri, privilegiando anzi i percorsi a media e bassa latitudine (VK3, VK6, VQ9, XV, BV... ma nessun JA), come da questo grafico:

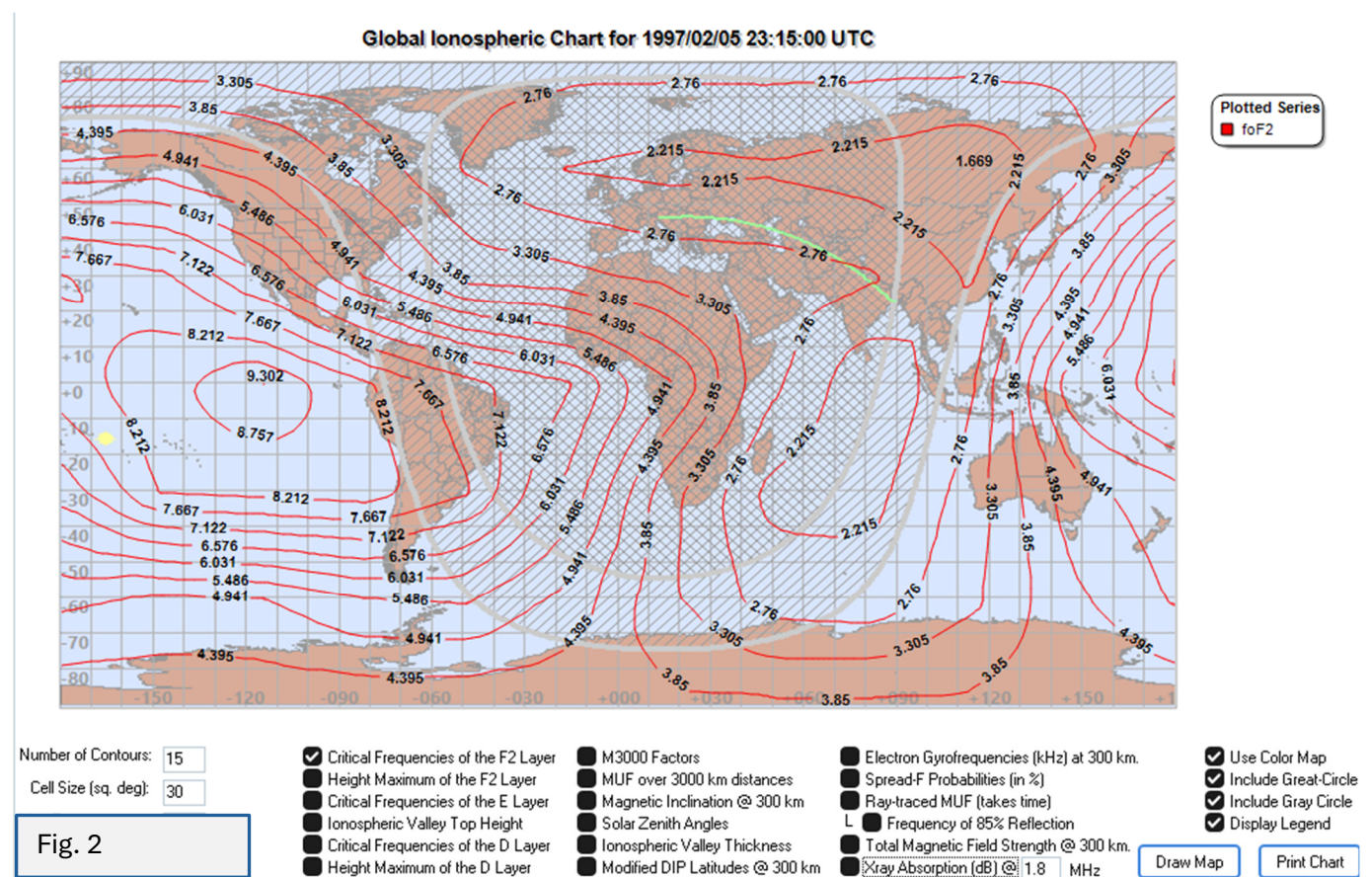
Daily 160 m. DX conditions from IV3PRK - February 1997



Le condizioni con il Giappone sono tornate buone dopo il 20 febbraio, con il giorno migliore il 25 (SF 74 – Indice Ap 5), quello del QSO con P29VXX. Ma ora iniziamo l'analisi con il percorso di S21XX verso il mio QTH e impostiamo nelle "Main Options" di Proplab i data del mio QSO (Fig. 1).



Il programma ricerca automaticamente in internet i relativi dati solari e geomagnetici (anche risalenti a trent'anni fa) e produce 18 tipi di "Global Ionospheric Maps" per quel giorno e quell'ora. Questo vale per la frequenza critica dello strato F2, nota anche come *Frequenza del Plasma* (Fig. 2).



I contorni della frequenza del plasma lungo l'intero percorso da S21 a IV3 sono mostrati in questo grafico "Electron Density Profile" e sono utili per osservare i gradienti ionosferici (Fig.3):

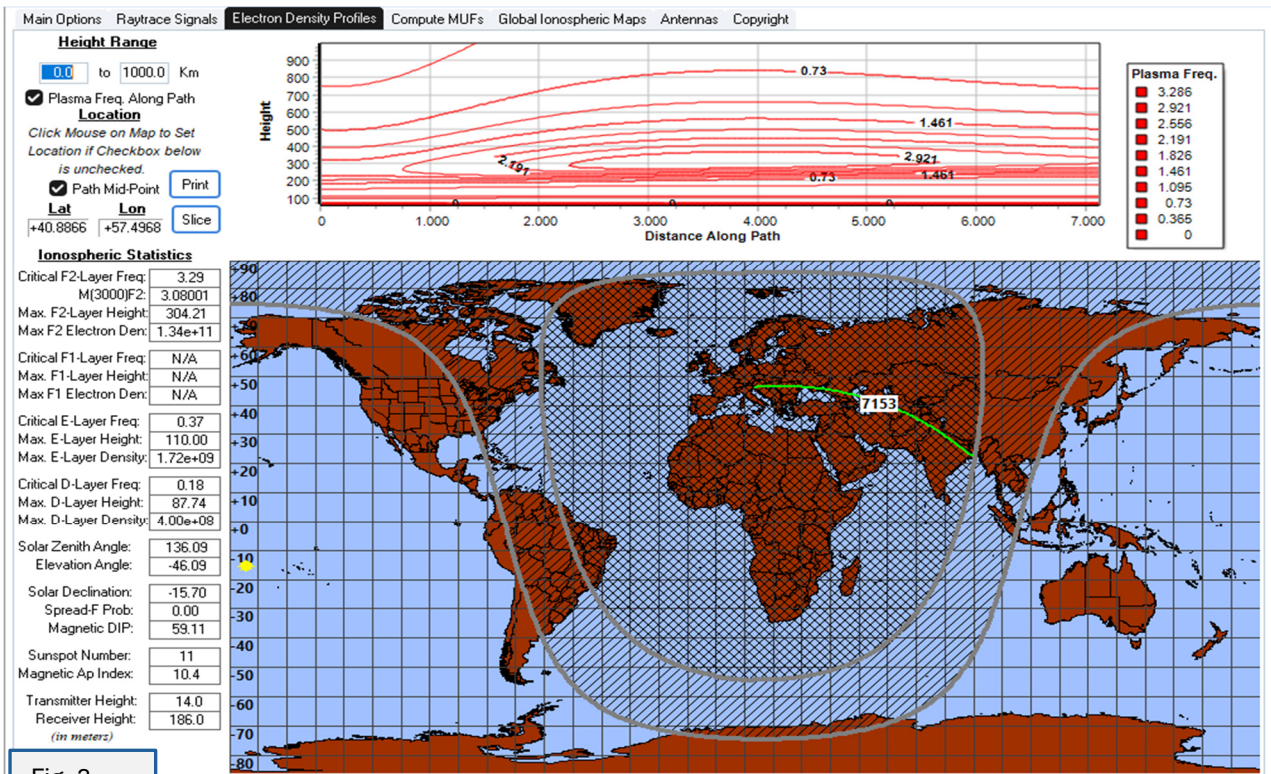


Fig. 3

Deselezionando questo pulsante, il grafico cambia nel profilo verticale della densità elettronica a metà del percorso, dove clicchiamo lungo di esso, per trovare una possibilità di DUCTING (Fig. 4).

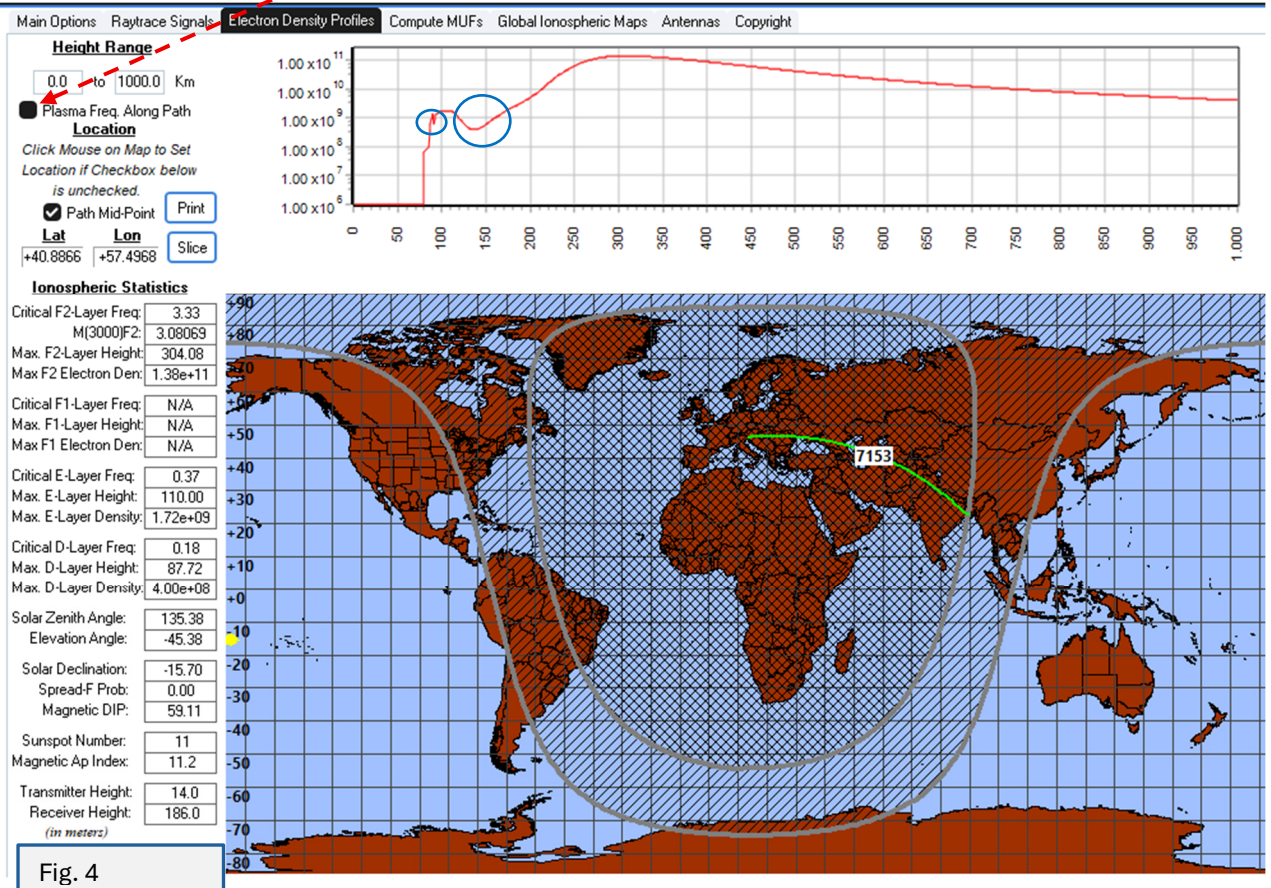
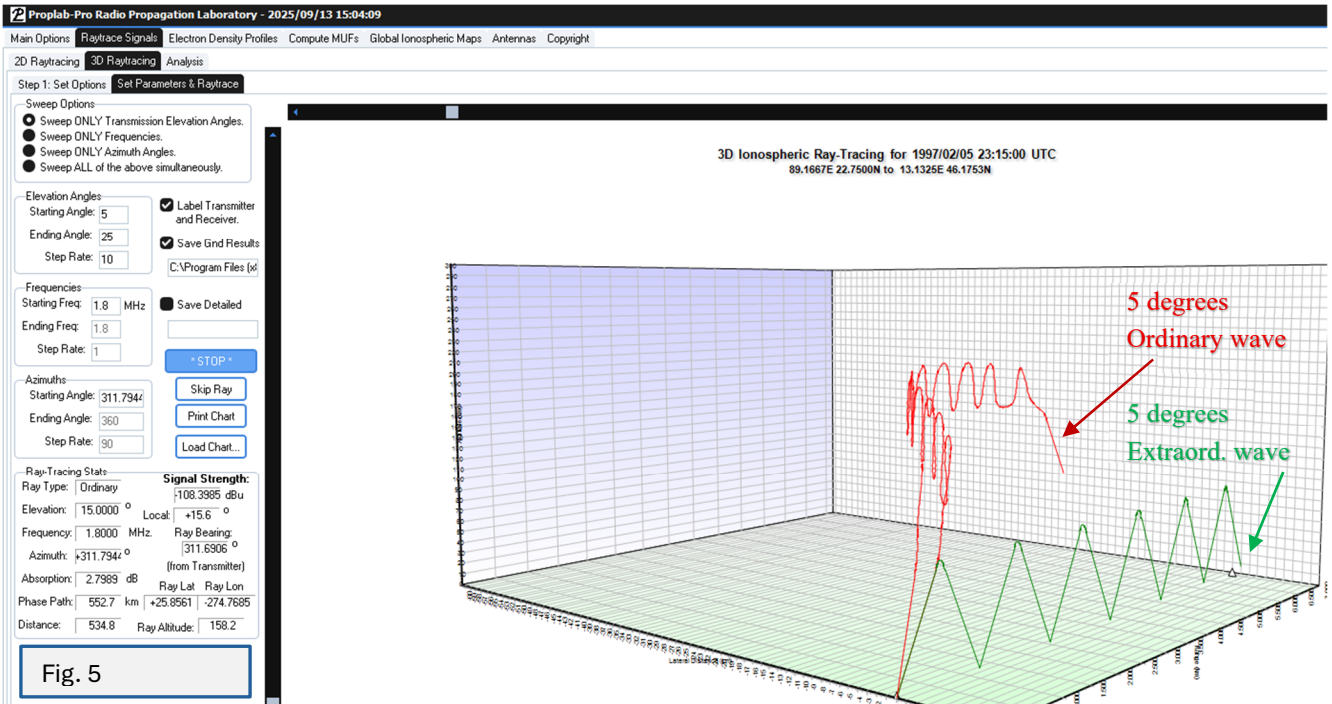


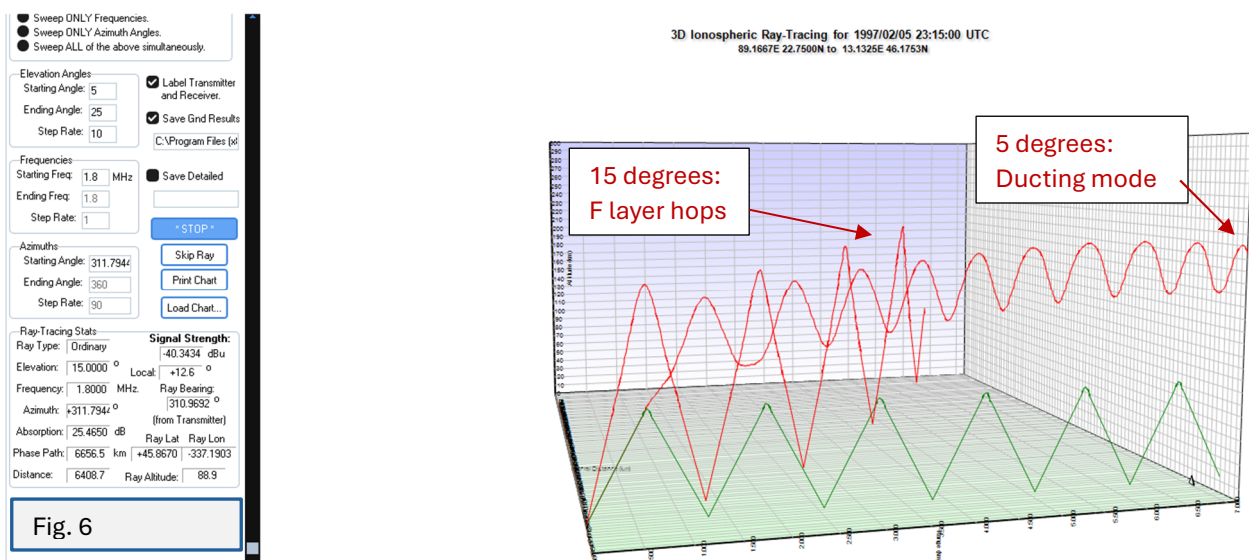
Fig. 4

Il condotto è una valle formata da una diversa densità degli elettroni tra lo strato E e la parte inferiore dello strato F, dove un segnale radio a bassa frequenza può entrare e percorrere migliaia di chilometri senza riflessioni sul terreno. La Fig. 4 ne mostra una pronunciata con una piccola irregolarità sottostante. Cliccando con il mouse, le vediamo lungo quasi tutto il percorso. Cercheremo a quale angolo di elevazione il segnale irradiato trova la strada per entrare nel condotto e come - o se - riesce a raggiungere il ricevitore. Ho iniziato la mia analisi di ray tracing 3D eseguendo lo sweep con angoli di elevazione di 5, 15 e 25 gradi:

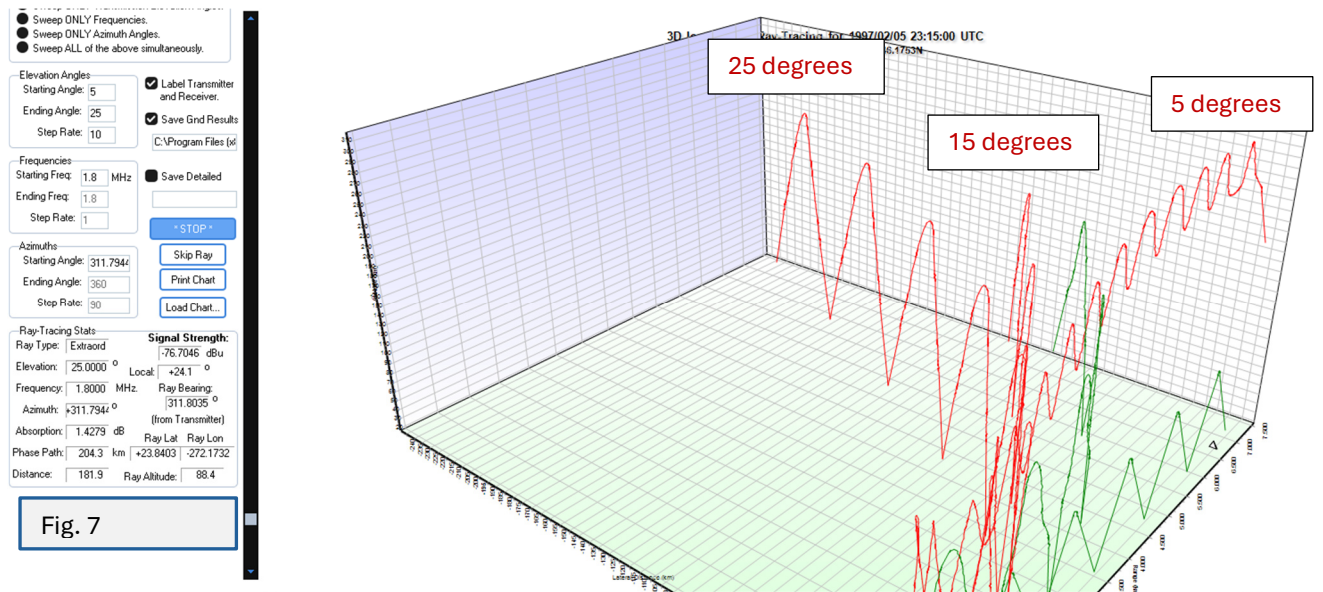


A 5 gradi, il raggio ordinario entra in modalità di ducting, ma rimane intrappolato lì e percorre oltre 13 mila km - senza assorbimenti - prima di atterrare nell'Oceano Atlantico con una buona intensità di segnale (-13,82 dBμV). La componente straordinaria raggiunge il ricevitore con sei salti via strato E, ma è estremamente debole - per niente utile - e quindi non la prenderò più in considerazione (Fig. 6).

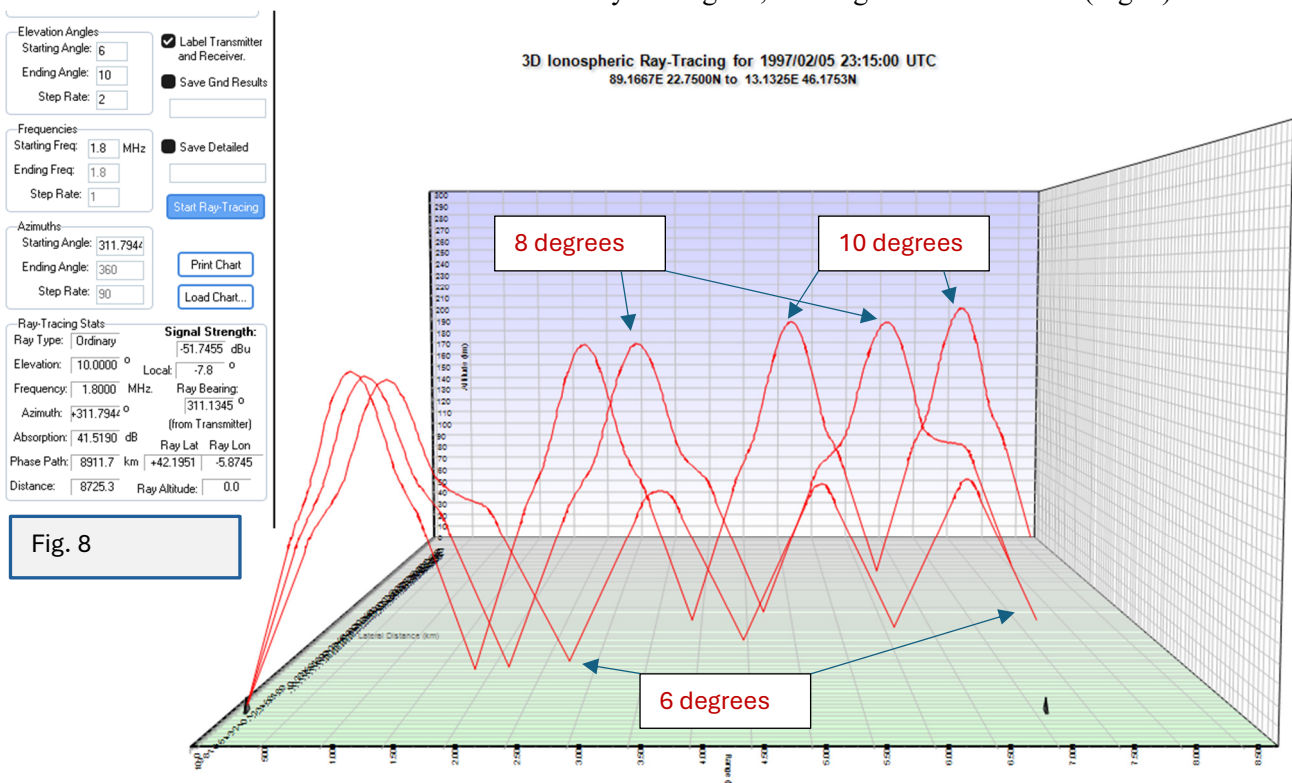
A 15 gradi, il raggio non trova l'entrata nel condotto, ma raggiunge la zona del ricevitore con quattro o cinque salti via F - deviati verso sud - e con segnale molto debole a causa degli assorbimenti.



A 25 gradi, continuando con i salti via strato F, il raggio è ulteriormente deviato verso sud con maggiori assorbimenti terrestri e ionosferici che riducono troppo l'intensità del segnale (Fig. 7).



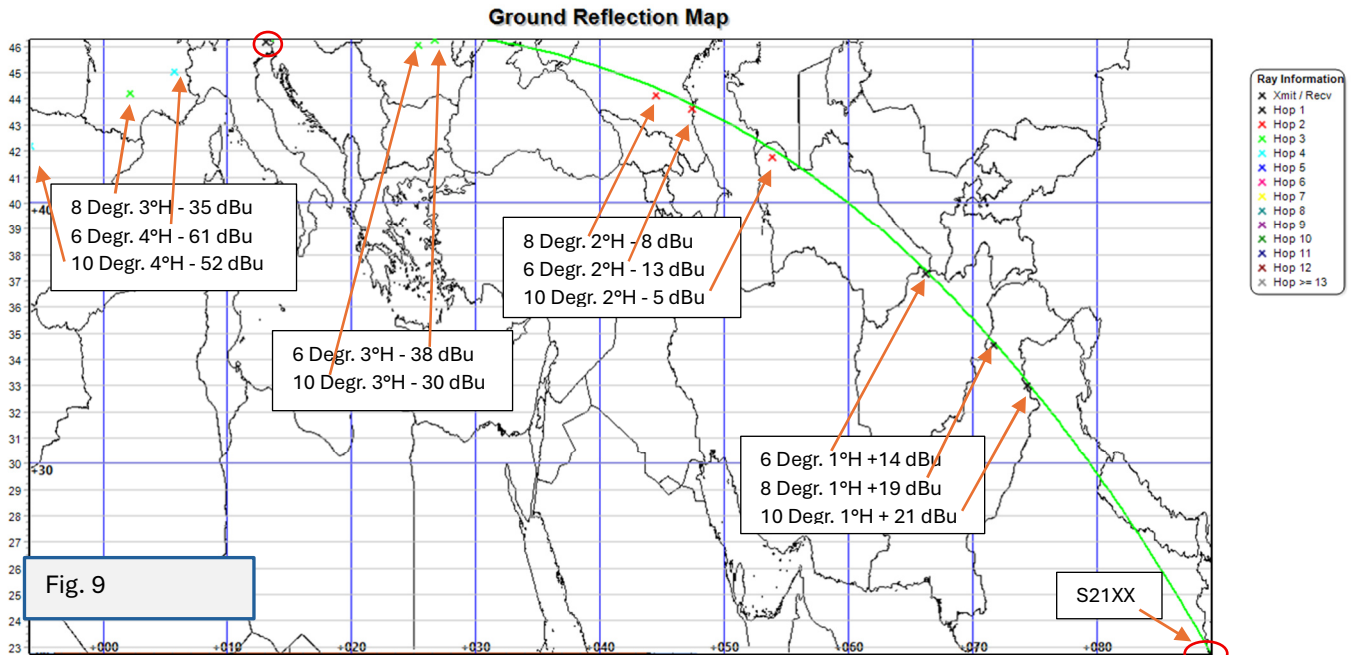
A questo punto era chiaro che dovevo considerare solo i bassi angoli di elevazione, che erano anche i preferiti dalle antenne verticali su entrambi i lati: S21XX stava trasmettendo su *Titanex V80* e io stavo usando il mio miglior array di 4 elementiverticali in ricezione. Quindi, ho effettuato ulteriori scansioni e la schermata successiva illustra il ray-tracing a 6, 8 e 10 gradi di elevazione (Fig. 8).



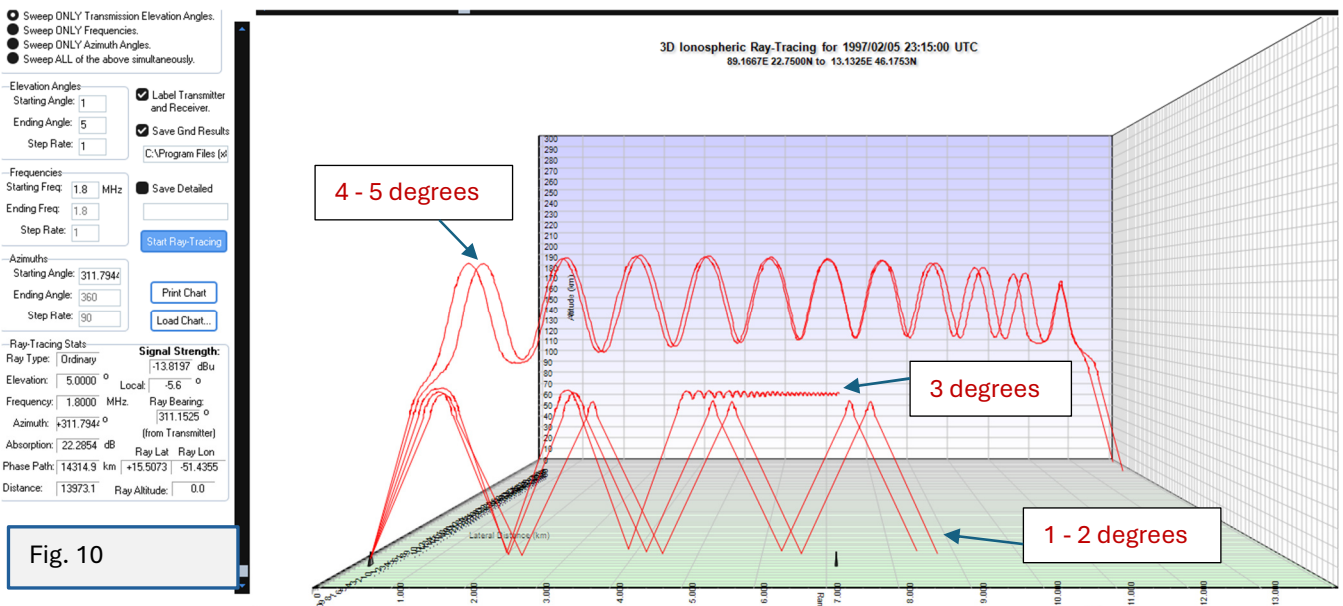
vediamo come la modalità di propagazione cambia variando solo due gradi l'angolo di radiazione: A 6 gradi, dopo una riflessione sullo strato F, il raggio tenta di allungarsi nell'area del condotto, ma è costretto a scendere al suolo e proseguire con tre riflessioni via strato E. A 8 gradi, il percorso è coperto da soli tre salti via strato F, tutti con una sorta di allungamento nell'area del condotto e, di conseguenza, termina anch'esso nel sud della Francia, ma con un'intensità del segnale migliore di circa 25 dB. A 10 gradi, con quattro semplici riflessioni via strato F, il segnale giunge fino in Spagna.

Il ray-tracing tridimensionale è molto elaborato, con migliaia di calcoli che impiegano diversi minuti (anche sui computer avanzati) e che possono essere utilizzati per esaminare lo stato del segnale durante il suo percorso, con molte informazioni fornite nella tabella a sinistra della Fig. 8. Le coordinate geografiche e l'intensità del segnale in dBu (abbreviazione di $\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$), registrate a ogni riflessione al suolo, vengono salvate in un file separato per ulteriori analisi e possono essere sovrapposte su una mappa geografica approssimativa, utile per valutare i punti di riflessione.

In questo caso, le prime riflessioni al suolo si verificano nelle regioni montuose del Pakistan settentrionale e dell'Afghanistan dove, utilizzando i dati topografici di Proplab, vengono determinati i punti in pendenza dei salti; perciò, al secondo salto (crocette rosse) inizia una leggera deviazione del percorso verso sud (Fig.9).



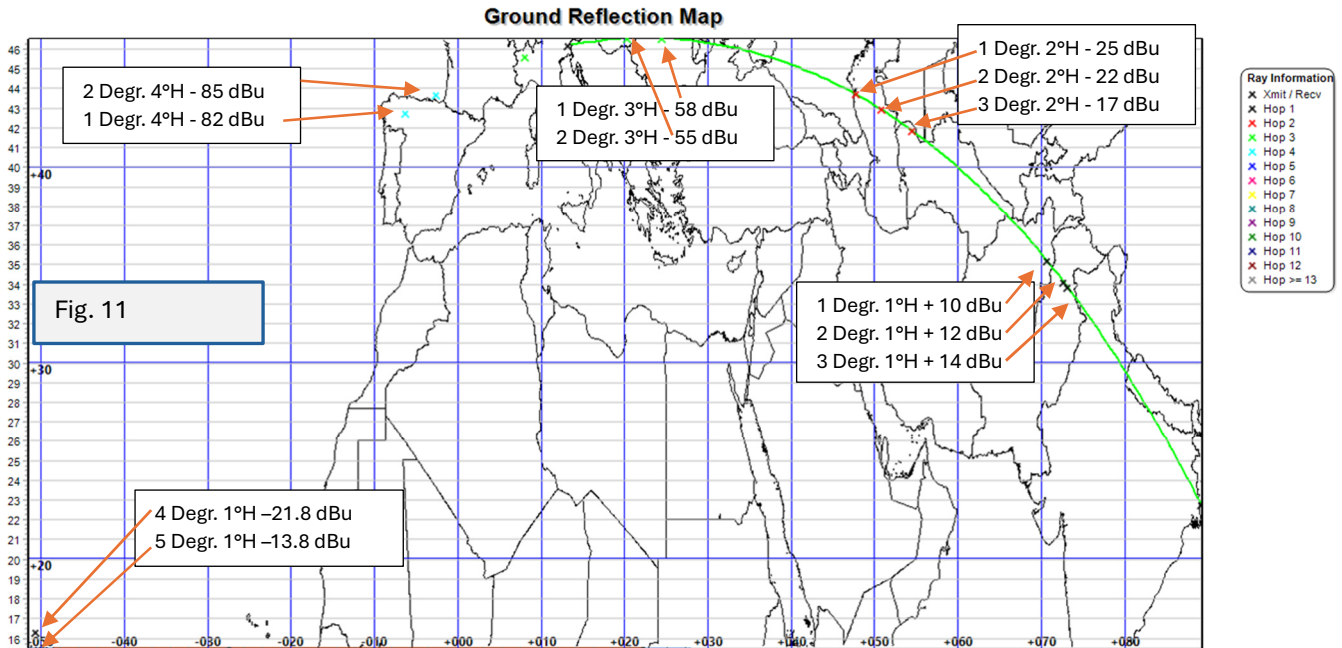
Poiché non è stata rilevata alcuna possibilità di ducting sopra i a 5 gradi, ho effettuato un'ulteriore analisi ad angoli di elevazione più bassi, dettagliata per ogni singolo grado (Fig. 10).



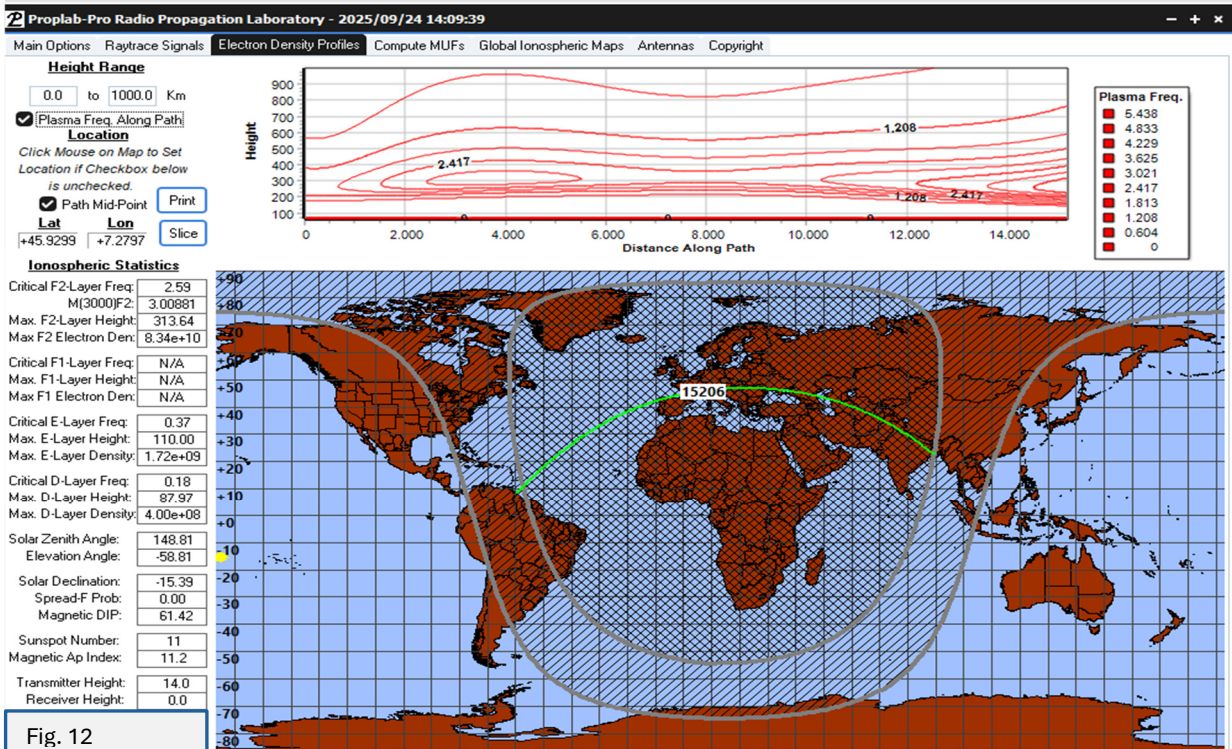
A 1 e 2 gradi, l'angolo è troppo basso per forare lo strato E, e quindi raggiunge e supera il punto di ricezione con 4 salti via E, ma subisce troppi assorbimenti e l'intensità del segnale scende a $-80 \text{ dB}\mu\text{V}$. A 3 gradi, si verifica un fenomeno molto strano: il raggio al terzo ingresso nello strato E (a circa 4.900

km dal Tx) rimane intrappolato in un piccolo condotto (vedi fig. 4) e continua il suo viaggio all'infinito, per migliaia di chilometri, ma con assorbimenti esagerati, che ho troncato oltre i 170 dB. Pertanto, solo a 4 e 5 gradi il raggio entra in una modalità DUCTING completa e molto efficiente, senza riflessioni al suolo e con non più di 22 dB di assorbimenti ionosferici sull'intero percorso di circa 14 mila km. Ma è proprio questo il problema: il ricevitore si trova a metà strada e il segnale DX lo supera!

I punti di riflessione al suolo, con i rispettivi segnali per tutti i primi gradi di radiazione, sono riportati sulla seguente mappa:



Poiché le condizioni di propagazione in modalità ducting ci portano al termine di un percorso di quasi 14 mila km con un segnale sicuramente al di sopra della soglia di rumore, verificiamolo portando il ricevitore sulle coste del Venezuela. L'intero percorso rientra nell'area gray-line (Fig. 12).



Dal "Electron Density Profile" lungo tutto il percorso di 15.000 km. notiamo il valore della frequenza del plasma più alto di quello in Fig. 3, con gradienti in salita oltre i 12.000 km. Il profilo verticale nel punto medio del percorso è lo stesso della figura 4, indicando chiaramente la valle di un solido ducting tra i 110 e i 180 km di altezza.

È interessante bloccare il ray-tracing della radiazione a 5 gradi a metà del percorso, appena sopra l'Italia settentrionale, dove l'assorbimento ionosferico accumulato risulta di soli 10 dB (Fig. 13). Immaginate quanto sarebbe forte il segnale ricevuto se il raggio trovasse un buco nello strato E per scendere verso terra, e a volte accade con segnali DX inaspettati di S9. Questo è uno degli eventi che si verificano in 160 metri - a causa di irregolarità ionosferiche o variazioni del campo geomagnetico - e può spiegare uno dei misteri della propagazione sulla Topband!

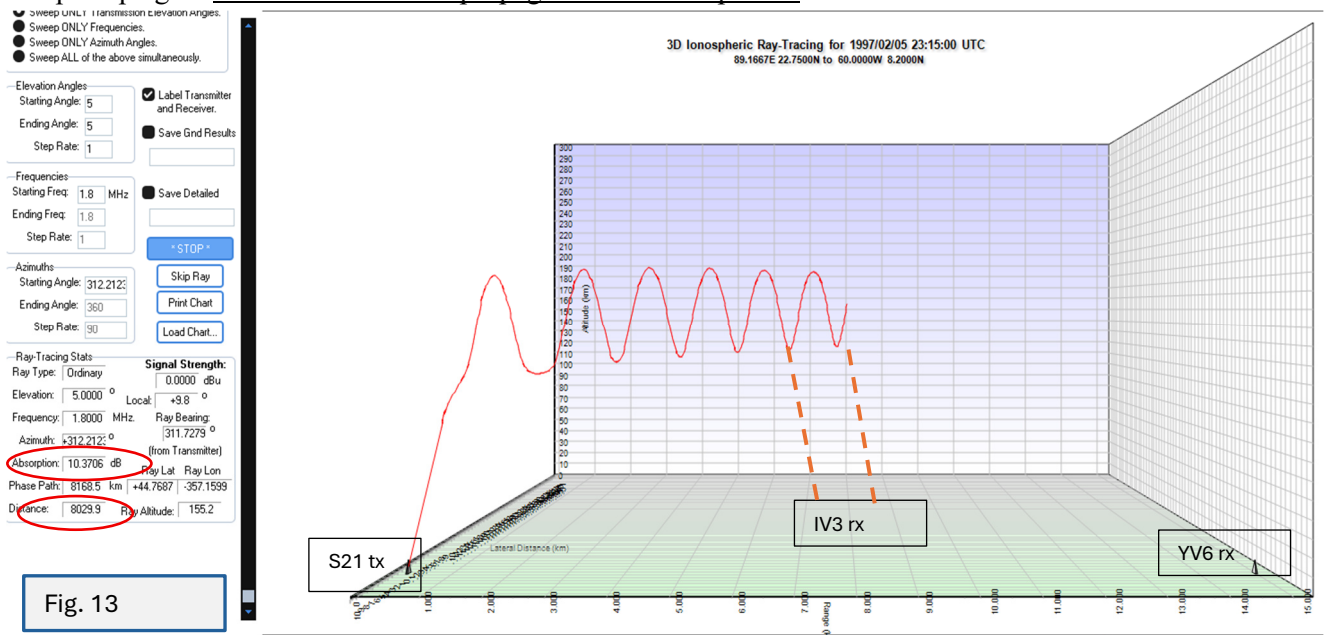


Fig. 13

Ma, in questo caso, il raggio trova una forte ionizzazione sia nello strato E che nella parte inferiore dello strato F e prosegue il suo viaggio con dieci riflessioni all'interno del condotto, con assorbimenti molto bassi. Raggiunge il suolo a 14.140 km di distanza con un segnale di -14 dBμV/m, equivalente a -97 dBm, che potrebbe essere un S5 sull'S-meter del ricevitore, di tutto rispetto (Fig. 14).

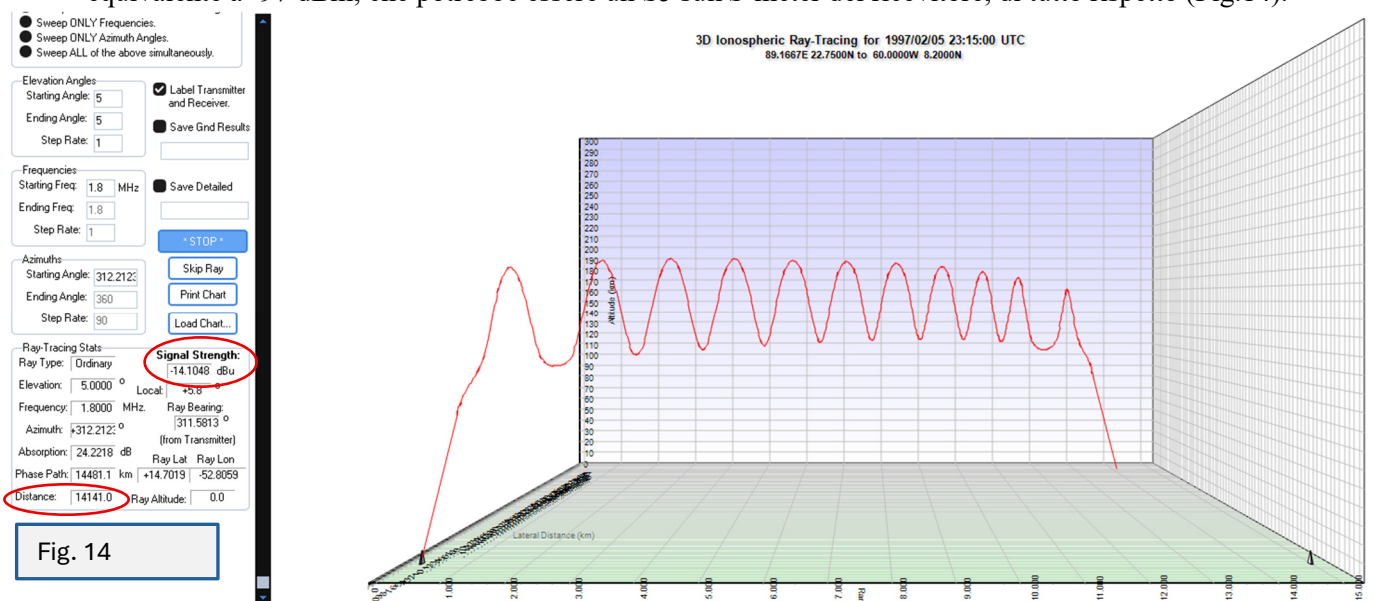
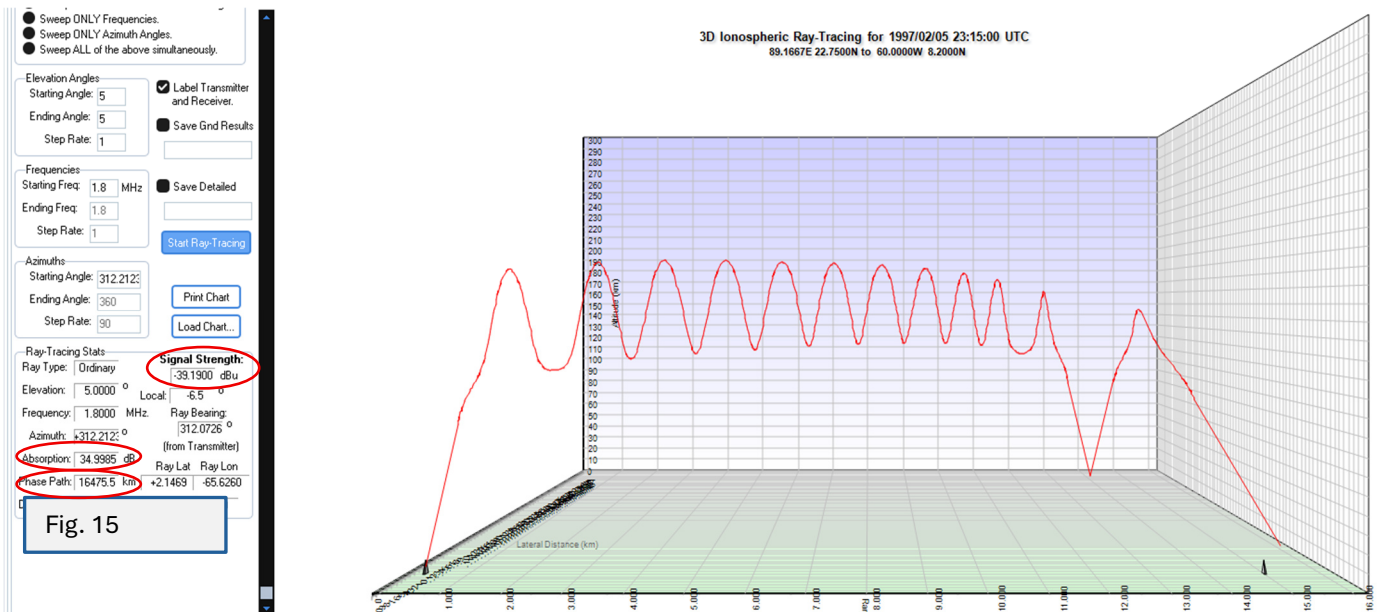


Fig. 14

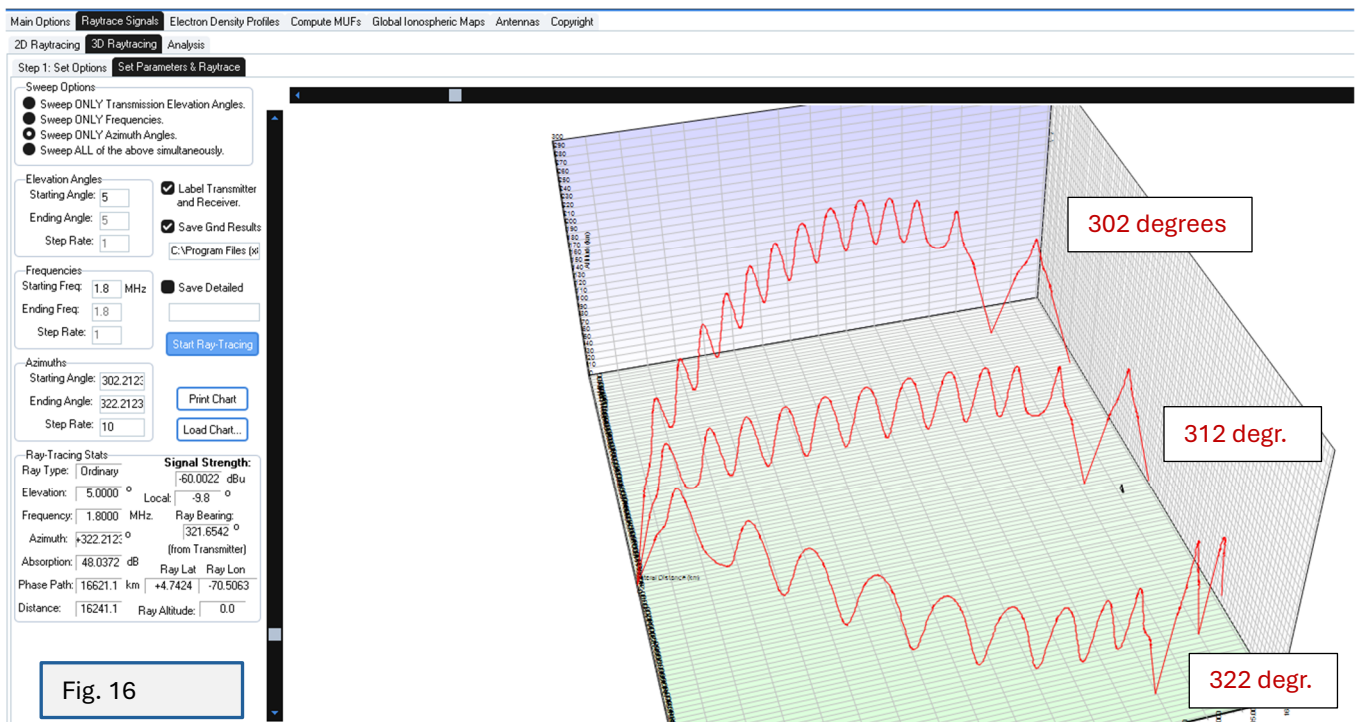
Da lì, il raggio prosegue con un ultimo salto via strato F superando una distanza di 16 mila km, all'interno del continente sudamericano, ma molto debole poiché, con l'aggiunta di perdite per 25 dB,

l'intensità del segnale si riduce a $-39 \text{ dB}\mu\text{V/m.}$, corrispondenti a -122 dBm. Pertanto, le perdite in questi ultimi 2.000 chilometri sono doppie rispetto ai precedenti 14.000 in modalità ducting (Fig. 15).

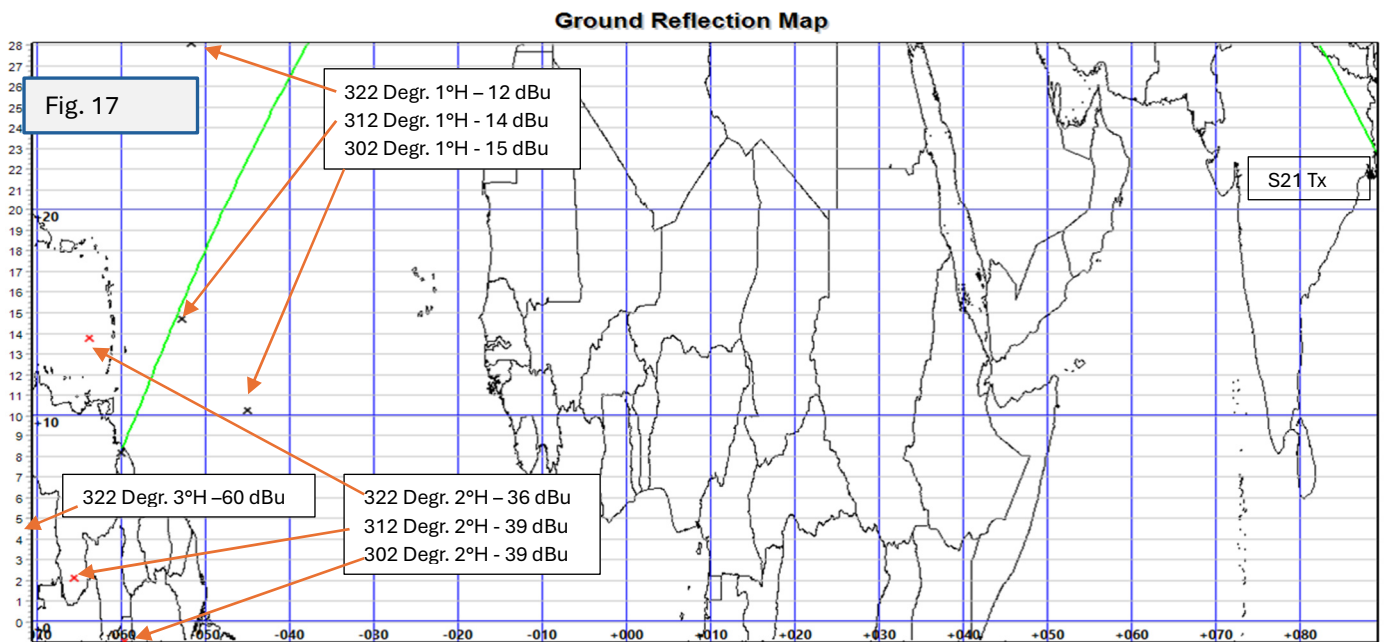


A conclusione di questa analisi di ray-tracing dal Bangladesh, eseguo un'ultima scansione mantenendo l'angolo di elevazione a 5 gradi - il migliore del ducting - e spostando l'angolo di azimuth da 10 gradi sotto a 10 gradi sopra la direzione del cerchio massimo (Fig. 16).

Quindi, i risultati delle riflessioni al suolo vengono riportati dal programma su una mappa approssimativa, sufficiente a mostrare dove i tre raggi hanno raggiunto il continente sudamericano e con quale intensità del segnale (Fig. 17).



Ovviamente, il primo punto di riflessione a terra appare all'uscita dal ducting e, in tutti i casi, osserviamo che l'intensità del segnale è più che sufficiente ma, nonostante avvenga sul mare, gli assorbimenti e le perdite nel salto successivo sono dannosi. Tuttavia, in 160 metri possono verificarsi eventi imprevedibili, ed è sempre una buona idea essere pronti a cogliere tali opportunità.



In basso a sinistra della mappa, vediamo che apparentemente tutti e tre i raggi raggiungono il Brasile settentrionale, ma, se osserviamo la Figura 16, il percorso a latitudine più alta (322 gradi) beneficia di meno riflessioni nel condotto e la necessità di un secondo salto via strato F causa una riduzione di 21 dB μ V/m nell'intensità del segnale.

Tutte le analisi di ray-tracing sono state effettuate alle 23:15 UTC. Nella prossima serie di analisi su questo stesso percorso - S21DX in dicembre 2024 - modificheremo anche gli orari e saranno particolarmente interessanti per lo Spotlight e la verifica dei rapporti S.N.R. in dB ricevuti in FT8.

Dalla home page, clicca su: [Ducting/Spotlight – part 4](#)