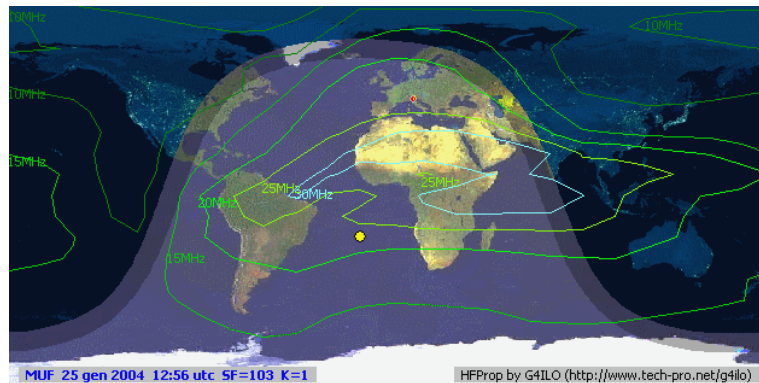


## Propagazione sui 15 metri

### Caratteristiche Generali

I 15 metri risentono parecchio dell'attività solare. Nei periodi in cui le macchie solari sono numerose, si hanno aperture a grande distanza nelle ore diurne, che si prolungano fino a tarda notte. Nelle ore del pomeriggio buone possibilità con Nord America e verso sera anche verso l'America del Sud, non infrequenti le aperture verso la costa Ovest degli Stati Uniti e del Canada, mentre l'estremo Oriente, il Pacifico e le isole Australi, sono da cercare soprattutto il mattino. Ottime le possibilità di collegamenti a lunga distanza lavorando la fascia crepuscolare, la cosiddetta "Grey Line". Il discorso vale per tutte le gamme, ma sulle bande alte il fenomeno è più marcato e i segnali possono essere eccezionali. Alla sera, la fascia crepuscolare che passa sopra il nostro paese, scende attraversando tutto il Continente Africano, giù fino al Sud Africa, pertanto, puntando la direttiva verso sud, lungo la Grey line, sono possibili ottimi collegamenti con ZS.

Si tratta della propagazione transequatoriale, che dalle mie esperienze pratiche è molto favorevole sui 15 metri e di cui parlerò dettagliatamente più avanti.



### Perdite nel percorso ionosferico

Non è la superficie terrestre che introduce le maggiori perdite nella propagazione del segnale, in effetti la causa principale di perdita è lo strato D, e questo vale anche per la propagazione sui 21 Mhz.

Il segnale deve passare almeno due volte all'interno della regione D per ogni riflessione ionosferica, si nota infatti che nel corso dell'estate e soprattutto nei mesi di maggiore insolazione (Luglio-Agosto) e nelle ore centrali della giornata (10.00 - 16.00 ora locale) a causa dell'elevato assorbimento la propagazione è molto deteriorata anche sui 15 metri, questo è dovuto oltre che all'elevata attenuazione anche alla dilatazione termica della ionosfera che essendo un gas si espande per effetto del riscaldamento solare e quindi la densità elettronica è sensibilmente diluita.

A tal proposito vorrei anche segnalare che la propagazione è migliore nei periodi invernali e meglio ancora nelle fasi equinoziali, quando per l'appunto gli assorbimenti sono minori

Si consiglia di utilizzare le frequenze vicine alle MUF poiché sono meno assorbite e riflesse dagli strati più alti della ionosfera.

### Propagazione Trans-equatoriale sui 15 metri

La propagazione Transequatoriale (TEP) è un modo insolito di propagazione delle onde radio, scoperta e studiata per la prima volta dai radioamatori. Da allora le conoscenze sui meccanismi di questo tipo di propagazione sono notevolmente aumentate, grazie alla continua sperimentazione di molti OM tra cui parecchi Italiani.

Questo modo di propagazione è sostenuto dallo strato F2 e permette a frequenze fino anche a 144 Mhz di essere riflesse da nord a sud quando la massima frequenza utilizzabile normale è considerevolmente inferiore.

Ho più volte osservato, soprattutto sui 15 metri che il beacon che irradia dal Sud Africa ZS6DN, in Italia è ascoltabile quasi tutte le sere, sulla linea grigia e con calma geomagnetica, mentre per il Beacon che trasmette dal Kenia 5Z4B, nonostante la distanza sia inferiore, l'ascolto è molto più difficile e sporadico. Le lunghezze del percorso variano, ma sono generalmente comprese tra 6000 e

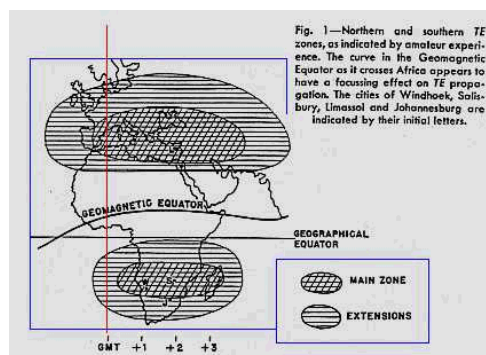
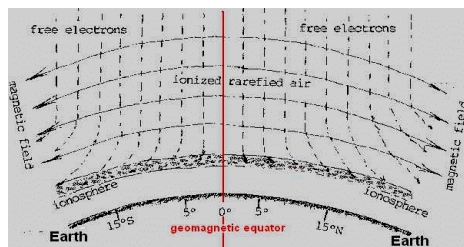
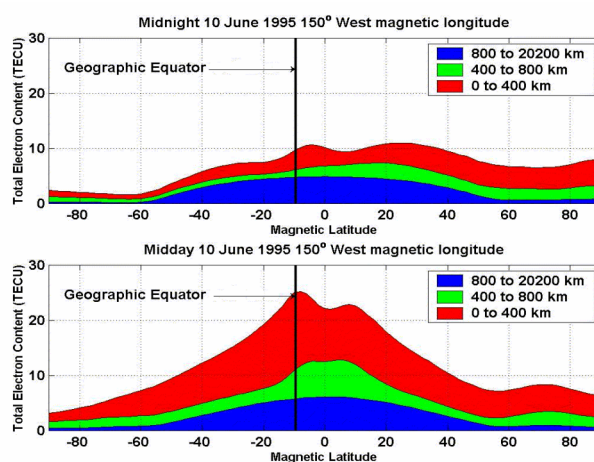


Fig.2 La mappa illustra le zone principali e le aree secondarie soggette alla propagazione TEP che interessa l'area Europea.

9000 chilometri ed entrambe le stazioni dovrebbero essere approssimativamente equidistanti dall'Equatore. Inoltre il percorso deve attraversare l'Equatore da Nord a Sud o viceversa. Sono stati fatti anche collegamenti tra stazioni inclinate fino a 20 gradi sulla direttrice Nord-sud ma si tratta di situazioni possibili ma rare e occasionali. La TEP è possibile grazie all'**anomalia equatoriale (2)** che favorisce un aumento del livello di ionizzazione nelle regioni equatoriali, questo permette ai segnali che lambiscono la ionosfera con un angolo corretto di propagarsi attraverso l'Equatore.



**Fig 3:** La figura schematizza la situazione che avviene all'equatore geomagnetico, dove le particelle energetiche (elettroni liberi), tendono ad allinearsi lungo le linee del campo magnetico.



**Fig 4:** La figura mostra un esempio dove il contenuto elettronico totale TEC è stato calcolato tra i poli nord e sud a 150° di longitudine magnetica, misurato a varie altezze ionosferiche. L'esempio mostrato è riferito ad un periodo di minimo solare. Rispettivamente a mezzanotte e mezzogiorno. La variazione appare forte fino ad altezze di 400 Km (regione F) per diventare trascurabile per altezze superiori. Sopra gli 800 Km la variazione è quasi inesistente.

### Effetto della Grey line

Abbiamo più volte parlato della situazione favorevole che si presenta in prossimità della grey line questo vale anche per questa frequenza, ma qui vorrei concentrare lo studio sul contributo favorevole della linea crepuscolare anche sulla propagazione a salto corto. Ho più volte osservato di come grazie alla grey line si aprano dei collegamenti su percorsi davvero corti per una banda come i 15 metri, per esempio segnali notevolmente forti provenienti da stazioni lungo la fascia crepuscolare e a distanze di 400-500 Km talvolta anche meno, mentre la propagazione è scadente o addirittura chiusa per tutte le altre direzioni.

Si tratta secondo me di una focalizzazione lungo il terminatore favorita anche da un calo repentino dell'attenuazione della regione D lungo la stessa direttrice, confermato anche dalla maggiore incidenza estiva del fenomeno.

La propagazione poi tende a chiudersi con il progredire del sole verso occidente e nelle ore notturne la banda si chiude specie nei periodi calanti del ciclo solare, i 15 metri infatti, così come i 12 e i 10 metri sono una banda prevalentemente diurna, anche se, specie nelle fasi migliori del ciclo e con quiete geomagnetica, si hanno lunghe aperture notturne concentrate verso la parte illuminata del globo.

### Deviazioni azimutali

È interessante osservare come spesso accada che il segnale sia ricevuto in direzione differente rispetto al reale angolo azimutale del corrispondente. La conferma di questo mi viene sia da quanto mi hanno riportato molti colleghi OM, sia dall'ascolto sistematico dei Beacons della NCDXF (*Northern California Dx Foundation*). Questo fenomeno propagativo non è una prerogativa della banda dei 15 metri ma avviene anche sulle altre frequenze, personalmente però l'ho osservato e studiato solo sulle frequenze più alte e in particolare sui 17 e sui 15 metri.

Ho catalogato almeno tre tipi di deviazioni:

- **Deviazione introdotta dall'ovale Aurorale**

Ho avuto varie conferme, anche da parte di OM localizzati nel Nord Europa, che le cortine aurorali in particolari condizioni, sono in grado di riflettere anche segnali HF. In particolare, alcuni radioamatori Norvegesi, mi hanno riportato di come molto spesso riescono a realizzare dei collegamenti con Stazioni situate a sud, con le antenne dirette a Nord. Si tratta quindi di riflessioni sulla cortina aurorale. Analogamente può avvenire una deviazione o un'incurvatura anche per quei treni d'onda che

lambiscono gli ovali aurorali, il fenomeno può verificarsi indipendentemente per i due emisferi e introdurre delle deviazioni importanti nell'ordine di alcune decine di gradi.

- **Deviazione dovuta all'effetto del terminatore**

Sempre sperimentalmente ho riscontrato delle deviazioni introdotte dalla linea del terminatore (Grey line), o meglio dalla ionosfera crepuscolare. Lungo la linea del crepuscolo infatti, il plasma ionosferico è molto instabile e in continua evoluzione per effetto della pressione di radiazione solare. L'indice di rifrazione varia in maniera importante e questa variazione  $E'$  in grado di riflettere e quindi deviare quei segnali che la lambiscono.

- **Deviazioni dovute ad anomalie ionosferiche**

Questo fenomeno è più raro e difficile da catalogare, si tratta di possibili deviazioni dovute a delle anomalie locali del plasma ionosferico che il segnale può incontrare lungo il suo percorso all'interno della ionosfera.

Si tratterebbe di vere e proprie "bolle" dove la densità elettronica è notevolmente più alta della norma (un'anomalia del plasma ionosferico molto conosciuta ad esempio è l'E sporadico). Anomalie del campo geomagnetico per esempio, possono favorire la formazione di queste anomalie e addensarle in determinate aree geografiche.

### Traffico via strato F

Lo strato F si localizza attorno ai 300 chilometri di quota, durante il giorno si possono distinguere due regioni ionosferiche distinte, F1 e F2, questi due strati supportano la propagazione sulle distanze maggiori e il loro contributo anche se più importante sulle gamme più alte, incomincia a farsi sentire anche in gamma 20 metri. Alcune ore dopo il tramonto, F1 e F2 si fondono nello strato F. La propagazione via strato F è limitata alle lunghezze d'onda fino ai 15 metri, e occasionalmente ai 12 metri a causa della diminuzione della frequenza di taglio. Durante il giorno lo strato F1 può riflettere le onde radio fino a lunghezze d'onda di circa 30 metri e difficilmente meno.

La regione F2 si presenta ionizzata circa 1 ora dopo che l'alba e rimane così fino al tramonto. Mostra tuttavia una grande variabilità dovuta all'elevata sensibilità all'attività solare e diventa una fascia diurna durante i minimi dell'attività del sole.

Il contributo dello strato F2 è maggiore durante i mesi invernali e nei periodi di attività massima dove i collegamenti sulle lunghe distanze sono possibili fino a lunghezze d'onda di 10 metri e persino di 6 m. Lo strato F2 è maggiormente accessibile nella banda dei 20 metri, quando la ionizzazione diminuisce le trasmissioni a lunga distanza diventano possibili solo sulle bande inferiori.

La maggior parte della ionizzazione della regione F è causata dalla radiazione ultravioletta del sole e quindi la propagazione via F layer è generalmente migliore nelle fasi alte del ciclo solare.

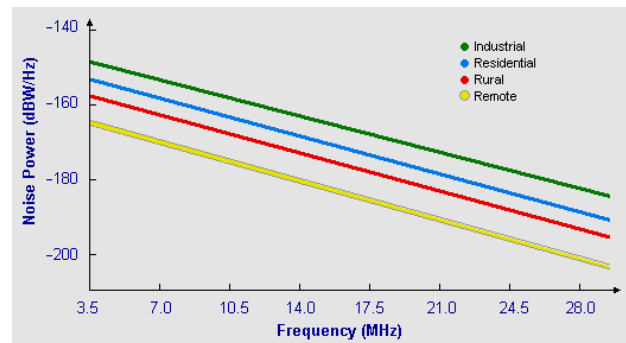
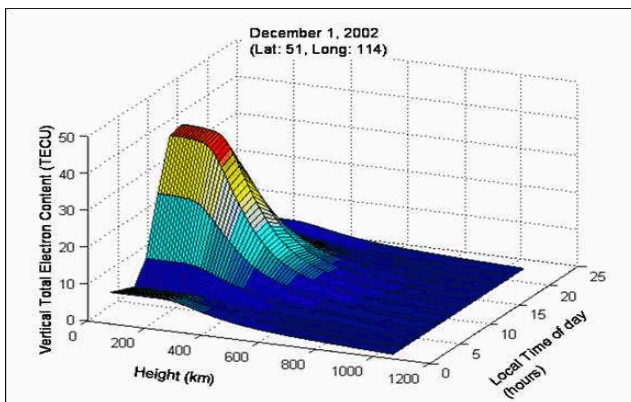


Fig.5a: La gamma dei 15 metri è una gamma diurna, perché richiede un elevato contenuto elettronico, situazione possibile durante le ore illuminate dal sole. Questo grafico è interessante poiché è un esempio che riporta la distribuzione del contenuto elettronico totale TEC, all'interno della Ionosfera e dal quale appare una struttura a piramide il cui vertice è posizionato al mezzogiorno locale e ad un'altezza di circa 200 chilometri. Il contenuto elettronico si riduce poi progressivamente con l'altezza e con il cambiamento dell'insolazione legata all'ora locale.

Fig.5b: Livello del rumore distribuito in base alla frequenza.

### Beacons

Un considerevole aiuto nella studio della propagazione è dato dall'ascolto sistematico dei beacons. Io utilizzo regolarmente la catena gestita dalla NCDXF Northern California dx Foundation in quanto presente su tutte le gamme, ben distribuita a livello mondiale e attiva 24 ore su 24.

L'osservazione dei ripetitori automatici è utile non solo per motivi di studio ma anche per scegliere la gamma migliore e per capire dove orientare l'antenna. Il segnale trasmesso dal beacon è omnidirezionale e con potenza progressivamente decrescente di 100, 10, 1 e 0,1 Watt. Dall'osservazione dei beacons si imparano molte cose sulla propagazione HF, da noi i segnali più sicuri sono quelli di CS3B, 4X6TU e OH2B dalla Finlandia, quest'ultimo però arriva solo se il campo geomagnetico è in quiete. Il beacon giapponese, JA2IGY è molto utile per testare la propagazione sulla via lunga, mentre l'ascolto della stazione VE8AT, nell'Artico Canadese è importante per la propagazione trans-polare e allo stesso tempo difficile da sentire.

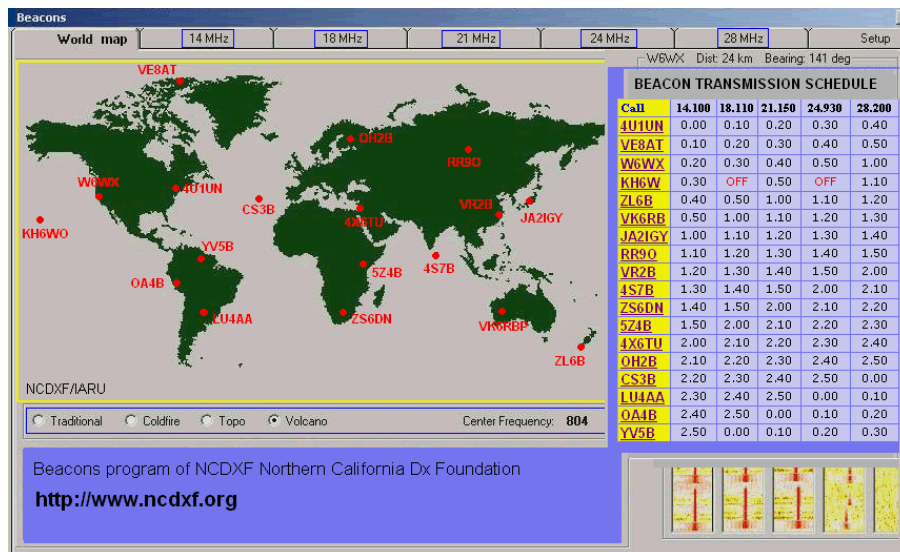


Fig.6: Questa figura e' importante poichè è riportata la mappa con la dislocazione dei beacons della NCDXF. Per chi e' interessato si possono avere maggiori informazioni sul sito web di questa fondazione: [www.ncdxf.org](http://www.ncdxf.org) dove, oltre a tutta una serie di dati come per esempio la scheda con gli orari e le frequenze di trasmissione, e' possibile scaricare un software che permette di visualizzare in tempo reale lo stato dei beacons.

### Campo geomagnetico

Anche per la gamma dei 15 metri, la qualità della propagazione e' influenzata in maniera importante dalle condizioni del campo geomagnetico. Un campo geomagnetico tranquillo e' molto spesso un' indicatore di buona propagazione. Non è sufficiente infatti avere degli indici di ionizzazione generica elevati (deducibili dai valori del flusso solare o dal numero di macchie) per avere buone condizioni, ma è necessario un indice indicatore del campo geomagnetico basso (deducibile da K o dall' indice A), un' indice che passa da 2 a 3, è sufficiente per innescare uno scadimento della propagazione. A titolo indicativo riporto una tabella riassuntiva dalla quale si possono ricavare alcune informazioni sulle condizioni di propagazione e gli indici magnetici.

Indici geomagnetici e propagazione HF			(K index/ A index)	
indice K	stato	indice A	Campo geomagnetico	Propagazione
1		4	Calmo	eccellente
2		7	Calmo	eccellente
3		16	Perturbato	buona
4		27	Perturbato	normale
5		48	Agitato	mediocre
6		80	Agitato	mediocre
7		140	Agitato	mediocre
8		240	Fortemente agitato	cattiva
9		400	Fortemente agitato	cattiva

Per provare a fare alcune previsioni e' importante sempre relazionare i valori di K ed A con il valore del flusso solare giornaliero (SFI Solar flux) e a tale scopo ho ricostruito la seguente tabella puramente indicativa:

- Indice K < 1 (indice A < 4) – SFI flusso solare da 150 a 200 -----à Propagazione ottima
- Indice K da 2 a 3 (indice A da 7 a 16) – SFI flusso solare da 120 a 150-----à Propagazione buona
- Indice K > 3 (indice A > 27) – SFI flusso solare da 90 a 120-----à Propagazione normale
- Con indici K > 4 e A > 48 e valori di SFI flusso solare < 90 -----à Propagazione scadente

### Variazioni stagionali e giornaliere

La dipendenza dall' attività solare e' importante, i migliori risultati si hanno nei periodi alti del ciclo solare, tuttavia, sfruttando i momenti migliori, si possono avere buone aperture anche nella fase calante o bassa del ciclo. I momenti migliori come sempre li troviamo nelle fasi crepuscolari, al mattino per esempio, circa un' ora dopo la levata del sole le condizioni sono buone verso l' estremo oriente e il Giappone, mentre alla sera si può lavorare tutta l' Africa del sud, sfruttando la propagazione lungo il terminatore. Il beacon che trasmette da Pretoria, ZS6DN, è udibile in Italia con una certa regolarità anche nei periodi bassi del ciclo. A causa della depressione estiva, la propagazione e' qualitativamente migliore nel periodo invernale. Un breve riepilogo della situazione e' riportato di seguito:

- **Fase bassa del ciclo solare:** La gamma apre dopo il sorgere del sole e chiude subito dopo il tramonto. La propagazione e' quasi sempre diurna e consente delle frequenti aperture a salto corto. I collegamenti dx sono possibili solo nei momenti migliori,

quando il valore del flusso solare sale oltre certi limiti (anche quando il numero delle macchie è basso, si tratta pur sempre di una media, e ci possono essere dei giorni in cui il livello di macchie migliora) e il campo geomagnetico è tranquillo.

In linea di massima comunque il numero delle ore di apertura decresce col calare del ciclo.

- **Fase alta del ciclo solare:** Le condizioni sono buone anche prima dell'alba e per parecchie ore anche dopo il tramonto, nei momenti migliori la gamma può risultare aperta anche la notte. Nei periodi di alta attività solare i 15 metri possono essere la gamma migliore, specialmente alle nostre latitudini, anche perché l'assorbimento è sentito soprattutto vicino all'equatore e alla fascia tropicale, quest'aspetto però può deteriorare le comunicazioni per quei collegamenti che attraversano l'equatore ed entrano in contatto con le zone di massima radiazione solare.

#### Note:

##### **1) Regione D**

È la parte più bassa della ionosfera compresa tra i 70 e i 90 km di quota e possiede la più bassa densità di ionizzazione, e' presente solo nella parte illuminata dal sole. Ha il negativo effetto di attenuare le onde che la attraversano soprattutto quelle a frequenza più bassa. Al crepuscolo, avviene una rapida degradazione dello strato D, per ricombinazione, influenzando positivamente le condizioni di propagazione delle onde elettromagnetiche.

##### **2) Anomalia Equatoriale**

Una delle più interessanti caratteristiche della ionosfera tropicale è l'anomalia equatoriale e consiste nel fatto che nelle zone comprese tra 20 e 30 gradi, sia a Nord che a Sud dell'equatore geomagnetico, l'influenza della distanza zenitale del sole sulla concentrazione elettronica dello strato F2 è notevolmente diversa da quella che ci si aspetta. La radiazione solare, specialmente raggi ultra-violetti, provocano la ionizzazione dell'aria rarefatta e quindi troviamo una grande densità elettronica nella regione tropicale e un'elevata quantità di elettroni liberi provocati dal vento solare che si allineano seguendo le linee di forza del campo magnetico terrestre. Si formano quindi delle masse sigariformi allineate secondo il campo geomagnetico. Se l'attività solare è relativamente alta, queste masse sigariformi hanno una densità di ionizzazione più elevata dello strato F ordinario e si comportano come le pareti di una gigantesca guida d'onda in grado di convogliare per circa 4000 Km. (a cavallo dell'equatore geomagnetico) i segnali. Le discontinuità presenti poi ai bordi permettono ai treni d'onde di entrare ed uscire dalla guida.

F.Egano, ik3xtv

[Amateur radio propagation studies www.qsl.net/ik3xtv](http://www.qsl.net/ik3xtv)

---

#### Bibliografia:

IPS Radio & Space Service-Australia

Articoli vari tratti da Radio Rivista di Marino Miceli, i4sn

Long path and skewed propagation in the lower shortwave frequencies by B.Tippett, w4zv

Long term trends in the lower ionosphere by J.Lastovicka - Institute of Atmospheric Physics, Prague-Czech Republic

Skewed paths to Europe on the low bands by C.Luetzeschwab, k9la

NOAA National Oceanic and Atmospheric Administration

NASA National Aeronautics and Space Administration

RadioAstrolab di Flavio Falcinelli

<http://hfradio.org/propagation.html>

HF Prop by Julian Moss, G4ILO

Equatorial Propagation Ray Cracknell, G2AHU