

La Propagazione sulle gamme Warc

Riporto di seguito alcune considerazioni sulle caratteristiche di propagazione delle bande dei 30, 17 e 12 metri. Si tratta delle gamme di più recente acquisizione per il servizio d'amatore, assegnate nel corso della conferenza WARC del 1979 (World Administrative Radio Conference).

Propagazione sui 17 metri

Caratteristiche generali

Si tratta di una banda che può dare grandi soddisfazioni, come le altre bande WARC non è sede di contest e i collegamenti non sono validi per i diplomi, tuttavia si tratta di una frequenza molto interessante. Le caratteristiche sono abbastanza simili a quelle dei 15 metri ma con una dipendenza dal ciclo solare meno estrema, ma si tratta di una frequenza abbastanza imprevedibile, e a volte si possono trovare condizioni in pratica uguali ai 20 metri. Quando il ciclo solare è al massimo, le aperture sono pressoché continue e la banda può essere aperta giorno e notte quasi tutti i giorni permettendo collegamenti in tutte le direzioni compresi i percorsi transpolari. La progressiva diminuzione del rumore atmosferico, che inizia a farsi sentire sensibilmente e la minor presenza di stazioni attive, contribuisce a dare l'impressione di una frequenza silenziosa e tranquilla.

Quando l'attività solare diminuisce la gamma chiude dopo il tramonto, durante il giorno la propagazione è aperta verso le medie e basse latitudini (zona equatoriale) permettendo collegamenti nella direttrice nord-sud, specie attorno al mezzo giorno locale.

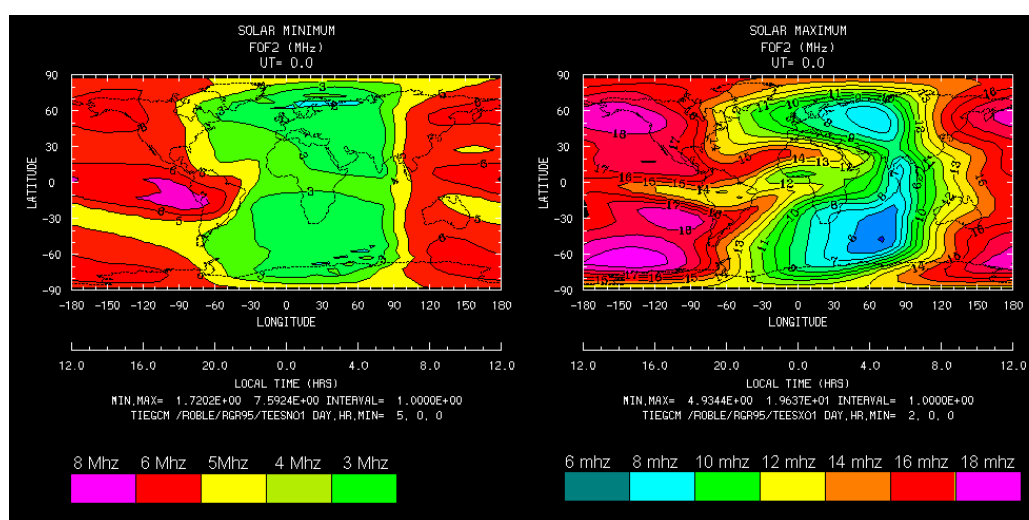


Fig.1: I due diagrammi rappresentano a titolo d'esempio le ampie variazioni della Frequenza critica nella regione F2 (foF2), legate alle fasi del ciclo solare, fase alta e fase bassa. Le variazioni sono notevoli com'è possibile notare passando dal pianisfero di sinistra (ciclo al minimo) a quello di destra (ciclo al massimo). Notare anche le variazioni legate all'ora locale.

Propagazione verso gli USA

Un discorso a parte lo merita la propagazione con gli Stati Uniti.

I Qso con la costa orientale sono facili, grazie all'elevato numero di stazioni attive e ad uno skip favorevole.

I segnali più forti arrivano dagli Stati affacciati all'Atlantico, mentre diminuiscono andando progressivamente verso l'interno.

Diventano invece abbastanza rari e sporadici i collegamenti con la costa occidentale, (California, Oregon) oppure con l'Alaska.

Ho cercato di spiegarmi questa cosa, che potrebbe essere dovuta, da una parte alla differenza sostanziale nel percorso che il segnale deve realizzare e dall'altra allo skip che è di circa 3000 km più lungo, quindi sostanzialmente serve un "rimbalzo" in più dell'onda elettromagnetica. Lo Skip con la costa est è di attorno ai 6500 km, mentre lo skip con la costa occidentale è di circa 9500 km.

A mio avviso in ogni caso, la rarità delle aperture con la California è principalmente dovuta alla diversità del percorso, che passa sopra la Groenlandia ad una latitudine attorno ai 70° Nord. Sappiamo come la propagazione alle alte latitudini non sia sempre favorevole poiché risente in maniera ancora più accentuata dell'attività solare, pertanto non sempre le condizioni possono essere ottimali per garantire una buona riflessione dell'onda elettromagnetica e l'attenuazione può essere notevole.

Viceversa, i percorsi destinati alla costa orientale Americana, passano notevolmente più a sud, sopra l'oceano Atlantico, indicativamente attorno ai 47° di latitudine Nord, quindi con riflessioni più favorevoli. Stesso discorso o forse anche più accentuato vale per il Canada e l'Alaska, però c'è da ricordare che le osservazioni diventano più difficili dato il minor numero di stazioni operanti da questi country.

La Ionosfera alle latitudini alte

La ionosfera alle alte latitudini (1) ha proprietà peculiari differenti, dovute al fatto che essa è più esposta all'effetto di perturbazioni la cui origine è nello spazio interplanetario e nella magnetosfera. All'interno della magnetosfera, il cui volume è modellato dal vento solare, le linee di forza del campo magnetico passano orizzontalmente al di sopra dell'equatore magnetico, ad una limitata distanza dalla terra. La situazione alle latitudini alte è diversa: le linee di forza, presso che verticali, si allontanano parecchio dalla terra, verso la magnetosfera esterna, mentre le particelle cariche del "vento" incapaci di penetrare trasversalmente questa cortina, scivolano senza difficoltà lungo le linee di forza allungate verso la coda. La magnetosfera esterna sottrae energia al vento solare cioè da luogo, alle alte latitudini, a deboli tempeste secondarie quotidiane, che mettono in agitazione la ionosfera di quelle aree.

Mentre la ionosfera alle latitudini elevate può dirsi in stato di permanente agitazione, con una regione F dinamica e molto variabile, la ionosfera alle basse latitudini è protetta da tali eventi. Noi tuttavia, ci troviamo in una fascia relativamente vicina all'area di quest'agitazione quasi permanente e ne siamo coinvolti indirettamente, ogni volta che il vento solare s'incrementa in conseguenza di un evento solare di media intensità. Interessante e utile il servizio fornito dal progetto Super DARN (Super dual Aurora Radar Network) una rete di radar ionosferici che ubicati nell'area polare, eseguono uno scanner continuo della ionosfera polare. I dati sono consultabili in tempo reale sul sito di PA1SIX : <http://home.planet.nl/~pa1six/pa1six.htm>, dai quali si possono dedurre Le MUF e da esse avere un'idea dell'agibilità dei percorsi polari, molto utile per quei collegamenti per esempio con l'Alaska o con il Pacifico, via polo Nord.

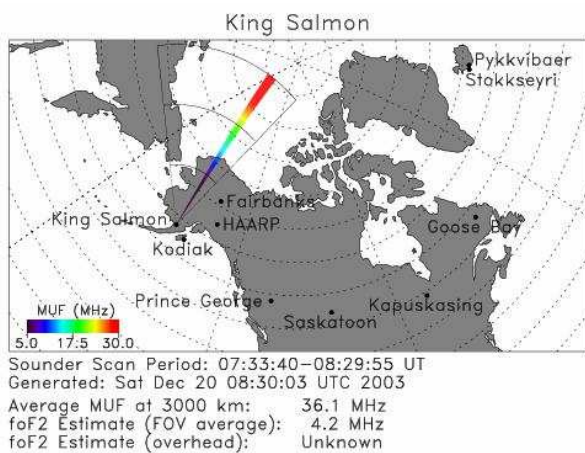


Fig.2: Esempio della mappa consultabile in tempo reale riferita ad una delle stazioni del progetto Super DARN dalla quale e' possibile dedurre le MUF. Si tratta di un esempio davvero significativo poiché riporta i dati di un collegamento realizzato nella gamma dei 17 metri con l'amico Alain - NL7KF, che ha collaborato con l'autore fornendo preziose informazioni sulla propagazione nel settore polare. Il grafico è stato scaricato in concomitanza con il qso realizzato il 20/12/2003 alle 07.55 utc e mostra delle MUF temporaneamente salite oltre i 30 Mhz nel settore dall'Alaska verso l'Europa, con propagazione trans-polare aperta.

Skip corto

La propagazione con l'Europa è comunemente aperta durante le ore diurne, lo skip minimo è indicativamente attorno ai 1200 km. e questo, in condizioni normali, esclude qso con i paesi più vicini dell'Europa centrale, ma permette buoni collegamenti con Spagna, Regno Unito, Scandinavia, Grecia e Nord Africa. Ho notato uno skip molto favorevole verso il Regno Unito, i segnali sono molto forti ma ciò è favorito anche dal fatto che ci sono molte stazioni attive e ben attrezzate che operano dalla Gran Bretagna.

Da segnalare anche il fenomeno del back scatter riscontrabile abbastanza facilmente anche su questa gamma, si tratta di una diffusione dei segnali che dopo un percorso ionosferico sono sparpagliati dopo il contatto con il terreno.

Molto spesso le MUF sono favorevoli in certe direzioni propagando il segnale in una ben determinata area, succede quindi che il corrispondente è ricevuto orientando le antenne in quella direzione dove avviene il back scatter anziché direttamente.

Un altro fenomeno simile come meccanismo al back scatter ma differente nella causa, è quello che ho definito Propagazione riflessa. Si tratta di un'anomalia nella propagazione del segnale introdotta dalla diffusione del segnale dovuta a bolle ionosferiche molto riflettenti, come può avvenire per esempio lungo la linea del terminatore. Si tratta di un meccanismo riscontrato più volte attraverso la pratica operativa e applicabile a stazioni relativamente vicine. Per esempio mi è capitato di collegare una stazione dalla Repubblica Ceca che irradiava verso nord Ovest, puntando l'antenna in quella direzione, dove si trovava il terminatore e dove le MUF erano favorevoli. Il segnale è riconoscibile perché soggetto ad uno spiccato effetto eco, in maniera analoga a quanto avviene per il back scatter.

Propagazione Tropo

Grazie ad alcuni esperimenti che ho effettuato sulla gamma, abbiamo la conferma della possibilità di effettuare dei collegamenti supportati dalla Troposfera analogamente a quanto avviene per la gamma più alta delle HF, i 10 metri o addirittura per la gamma VHF dei 2 metri. La qualità dei segnali tuttavia dipende moltissimo dai sistemi radianti anzi, le prove effettuate dimostrerebbero che il Dx via tropo è possibile solamente con sistemi di antenne efficienti e dedicati a questa frequenza.

A titolo di esempio vorrei riportare un qso realizzato il 14/05/2005 alle 07.00 Utc sulla frequenza di 18.144 Mhz con l'amico Santo, IK4UPI da Parma (skip di circa 150 chilometri). Caratteristica peculiare del segnale è che veniva ricevuto meglio mediante la riflessione sulle prealpi venete, tipico di quanto accade per quei segnali tropo che ricevo sulla gamma dei 2 metri.

La mia città si trova a pochi chilometri dalle prime pendici dell'arco alpino. Il segnale era abbastanza stabile ma con sporadici e rapidi incrementi (picchi positivi).

Propagazione sui 12 metri

Caratteristiche generali

Si tratta di una gamma poco frequentata e quindi le caratteristiche della propagazione sono poco conosciute. Abbastanza simile ai 10 metri, presenta però il vantaggio di aperture più lunghe. Come i 10 metri risente molto dell'attività solare e del livello di ionizzazione

pertanto si tratta di una frequenza diurna. Alle nostre latitudini, nei periodi bassi del ciclo, la propagazione si chiude in prossimità del tramonto del sole, nella fase più alta del ciclo, la propagazione si protrae anche dopo il tramonto con possibilità anche di buone ma imprevedibili aperture notturne (specie nelle prime ore). Negli anni a cavallo con la fase più alta del ciclo permette collegamenti dx anche parecchie ore dopo il tramonto, anche con antenne a basso guadagno o poco efficienti. Possibilità di collegamenti via E sporadico a skip corto come avviene per la gamma dei 10 metri. Il rumore atmosferico quasi assente e l'attenuazione molto bassa consente di realizzare ottimi collegamenti anche con poca potenza e permette l'ascolto di segnali che su altre gamme sarebbero coperti dal rumore. Il vantaggio dei 12 metri è che combina il meglio dei 15 e 10 metri.

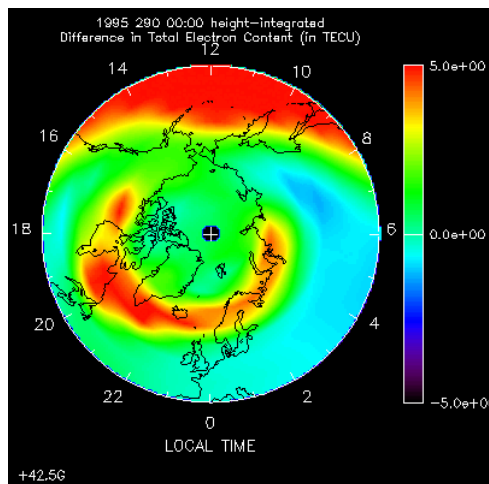


Fig.3: Differenza del contenuto Elettronico totale TEC, tra la parte illuminata e la parte oscura del globo, variazione che influenza in modo decisivo la propagazione sulla gamma dei 12 metri rendendola una frequenza prevalentemente diurna. Si nota l'elevato contenuto elettronico nella fascia attorno ai poli. Il contributo di questa ionizzazione aggiuntiva non è del tutto chiaro: in linea di massima si tratta di un'ulteriore fonte di attenuazione (specie per quei segnali che lambiscono i poli) ma in certi momenti può favorire la propagazione.

Meteorologia spaziale e ciclo solare

Riporto di seguito un possibile modello di previsione che tiene conto dell'intensità del flusso solare abbinato al livello di attività geomagnetica, la propagazione è influenzata dal campo magnetico anche se in maniera meno sentita rispetto alle gamme inferiori dello spettro, quindi le condizioni migliori soprattutto per quei percorsi più esposti come quelli che attraversano le aree polari, si hanno con bassi indici K ed A.

- Indice K < 3 (indice A < 16) – SFI flusso solare da 150 a 200 -----à Propagazione da buona a ottima
- Indice K da 3 a 4 (indice A da 16 a 27) – SFI flusso solare da 120 a 150-----à Propagazione da sufficiente a buona
- Con indice K da 5 a 6 (indice A da 48 a 80) la propagazione inizia a deteriorarsi anche con elevati valori del flusso
- Indice K da 7 a 9 (indice A da 140 a 400) la propagazione è scadente o addirittura chiusa
- Fase massima del ciclo: Due anni prima e due anni dopo la fase culminante, sono possibili collegamenti verso tutte le direzioni con frequenti aperture anche parecchie ore dopo il tramonto.
- Fase intermedia del ciclo: La gamma è aperta alle medie e basse latitudini, ma solamente nelle ore di luce, con rare aperture dopo il tramonto.
- Fase minima del ciclo: In anni di attività calante le ore di apertura via F2 diminuiscono progressivamente e la propagazione quindi è spesso chiusa anche durante le ore del giorno, le aperture dopo il tramonto sono eccezionali e in corrispondenza con le condizioni migliori.

Tutte le osservazioni sono riferite ad una latitudine media come quella del Nord Italia e dell'Europa centrale, al variare della latitudine cambiano progressivamente le condizioni che migliorano andando verso sud e peggiorano andando verso Nord. (Le MUF salgono progressivamente andando verso l'equatore). Ho avuto modo di discutere di propagazione in svariate occasioni con OM situati alle alte latitudini, Scandinavia e perfino Alaska, e mi confermano che le gamme chiudono sempre molto prima, le finestre propagative sono sempre abbastanza ridotte e i segnali molto forti sono abbastanza rari. A queste latitudini la propagazione è più esposta al variare delle condizioni.

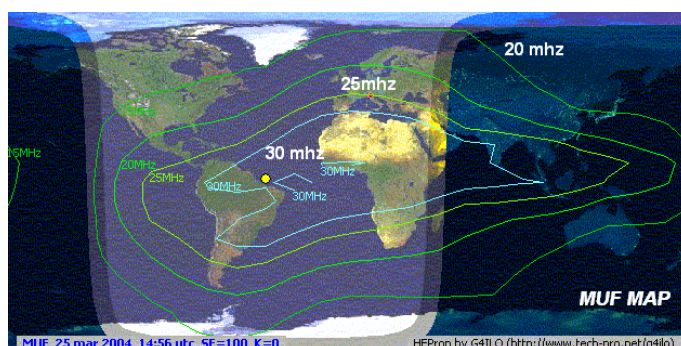


Fig.4: Grazie al programma HFPROP di G4ILO, ho elaborato questa carta indicativa con un flusso solare pari a 100 e calma geomagnetica, ricavata in uno dei momenti stagionalmente migliori per il DX, cioè a cavallo degli equinozi. In Estate per esempio, il sole più alto per molte ore al giorno è causa di maggiori attenuazioni, le regioni D ed E presentano una densità più alta, con la conseguenza che la gamma (il discorso vale anche per i 10 metri) nei pomeriggi estivi è migliore dei 17 e 20 metri. La mappa riassume parzialmente i discorsi fatti precedentemente, in altre parole delle MUF progressivamente decrescenti dai poli all'equatore, le MUF sull'Italia stazionano attorno ai 25 Mhz, rendendo teoricamente agibile la gamma dei 12 metri.

Zona d'ombra

Vorrei approfondire in quest'occasione il concetto di zona d'ombra ossia della distanza limite entro la quale il segnale non è ricevibile, distanza che dipende oltre che dalla frequenza, dall'intensità del flusso solare e del valore del campo geomagnetico Deducibile dall'indice K. Essa aumenta con la frequenza e diminuisce con alti valori del flusso solare SFI, perché il punto di riflessione ionosferica si abbassa progressivamente. La zona d'ombra sui 12 metri è piuttosto ampia e in ogni caso comunemente superiore ai 1000 Km, lo skip aumenta per la propagazione in direzione nord e tende a diminuire verso sud.

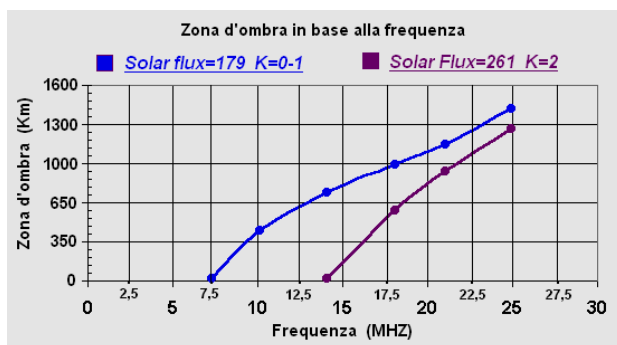


Fig.5: Il diagramma riporta la relazione della zona d'ombra con la frequenza e mostra come le distanze possono variare notevolmente in base ai valori del flusso solare. Si tratta lo stesso di curve riferite a valori elevati di flusso solare.

Grey Line

Allo stesso modo di quanto avviene per le gamme più basse, è possibile sfruttare il positivo effetto della grey line, contrariamente però a quanto avviene nella parte bassa dello spettro HF, dove le condizioni migliori per lavorare lungo il terminatore si hanno in genere passando dalla notte al giorno e quindi di primo mattino, sulle gamme più alte come i 12 metri, le condizioni favorevoli si hanno sul lato illuminato che si va oscurando con la sera. Il "tempo utile" è legato al momento del ciclo solare.

Posizione geografica

Sulle frequenze più elevate e in particolare per il Dx, assume una particolare importanza la posizione geografica. Con un'orizzonte coperto anche di pochi gradi i collegamenti via F2 su gamme come i 12 e i 10 metri sulla lunga distanza, diventano difficili, (per i collegamenti a skip corto i problemi diminuiscono notevolmente, così come diminuiscono notevolmente per il dx nelle gamme inferiori delle onde corte, le gamme basse infatti, sono meno penalizzanti a livello di posizione geografica). Mi ha colpito e condivido un articolo pubblicato su Radio Rivista molti anni orsono, scritto da Edo Bini, i2bat, che grazie a delle intelligenti considerazioni e a dei calcoli trigonometrici, riferiva come il dx diventi davvero proibitivo per quelle stazioni che hanno l'orizzonte coperto e andando anche oltre fornisce dei limiti critici che dovrebbero essere i seguenti:

- 6° per i 10 metri
- 7° per i 12 metri
- 8° per i 15 metri
- 15° per i 20 metri

A conferma di tutto questo vorrei sottolineare il fatto che alcuni OM che abitano in prossimità delle Alpi mi hanno riferito della grande difficoltà a collegare stazioni dx in direzione Nord (west Coast del Nord America e soprattutto l'Alaska), nonostante l'utilizzo di stazioni efficienti.

Propagazione sui 30 metri

Caratteristiche generali

La propagazione di questa gamma presenta delle caratteristiche davvero interessanti soprattutto per il fatto di essere meno influenzata dal ciclo solare e perché unisce contemporaneamente le caratteristiche delle gamme diurne e notturne. Le tipiche variazioni stagionali e giornaliere sono meno marcate e permette ottimi collegamenti dx in quasi tutti i periodi, si tratta però di una gamma poco conosciuta e poco studiata anche perché si può trasmettere solo in telegrafia e questo ne limita il bacino d'utenza, e contribuisce a diminuire l'interesse per lo studio. Le condizioni sono simili ai 40 metri ma soprattutto nel periodo estivo possiamo riscontrare molte delle caratteristiche della gamma dei 20 metri, durante il giorno si riscontra uno skip compreso tra i 600 e i 2000 Km. che si allunga progressivamente verso le ore notturne dove è possibile cercare il dx verso l'emisfero buio, la gamma quindi è aperta 24 ore al giorno. Tuttavia la banda è soggetta al livello di ionizzazione della regione E e F e alla notte negli anni di ciclo solare al minimo è

spesso sopra le MUF per molti percorsi Dx, mentre durante il giorno, nella fase più bassa del ciclo, è spesso la più alta frequenza utilizzabile.

Assorbimento

L'assorbimento gioca ancora un ruolo importante, i collegamenti dx vanno cercati sempre sui percorsi prevalentemente crepuscolari. Rispetto ai 40 metri però le aperture possono essere più lunghe e il dx favorito dal livello di rumore sia atmosferico sia locale, notevolmente più basso, anche per questo la gamma è ottima per il qrp.

Sono favorite le direzioni con il percorso prevalentemente in ombra, quindi alla sera verso est, e nella direzione opposta al primo mattino.

Meteorologia spaziale e Propagazione

La gamma non è eccessivamente sensibile al flusso solare, però ha bisogno di indici geomagnetici bassi. La propagazione anche qui necessita di bassi valori degli indicatori Geomagnetici K ed A soprattutto per i collegamenti sulle distanze più lunghe e tra i due emisferi, quando il segnale necessita di transitare sull'equatore. Valori elevati del campo geomagnetico ostacolano la propagazione soprattutto su percorsi polari e inibiscono parzialmente o totalmente l'effetto positivo della propagazione crepuscolare (importante anche per la gamma dei 30 metri). Noi sappiamo che quando gli indici sono molto alti, si ha un progressivo deterioramento della regione D con conseguente incremento dell'assorbimento, la gamma infatti risente ancora in modo importante dell'attenuazione D. La regola generale è sempre la stessa: le condizioni sono migliori quando l'attività geomagnetica è bassa anche nelle 24/36 ore precedenti e il valore del flusso solare SFI si mantiene, questo perché a causa della costante di tempo, gli effetti di un rialzo dell'attività si risentono dopo qualche giorno, pertanto per una previsione più attendibile, è consigliato un monitoraggio sul medio-lungo periodo.

Di seguito riporto alcuni dati indicativi sulle condizioni degli indici relativi alla gamma dei 30 metri:

- Indice K <1 (indice A <4) – SFI flusso solare da 120 a 150 -----à Propagazione ottima
- Indice K da 2 a 3 (indice A da 7 a 16) – SFI flusso solare da 90 a 120-----à Propagazione buona
- Indice K >3 (indice A > 27) – SFI flusso solare da 70 a 90-----à Propagazione normale
- Con indici K>4 e A >48 e valori di SFI flusso solare < 70 -----à Propagazione scadente

Abbiamo fin qui parlato di fase alta e bassa del ciclo, poiché però questo non è un valore numerico quantificabile, riporto di seguito una situazione oggettiva e quantificata numericamente di come sia considerata la situazione del ciclo solare in base ai valori del numero di macchie e del Flusso solare:

- Numero di macchie SSN < 50 – Flusso solare SFI < 100 -----à Fase bassa del ciclo
- Numero di macchie SSN da 50 a 90 – Flusso solare SFI da 100 a 140 -----à Fase media del ciclo
- Numero di macchie SSN da 90 a 120 – Flusso solare SFI da 140 a 170 -----à Fase medio alta del ciclo
- Numero di macchie SSN >120 – Flusso solare SFI >180 -----à Fase alta del ciclo

Ricordo che la relazione tra numero di macchie e flusso solare, anche se proporzionale non segue una legge lineare

L'indici di flusso parte da un valore minimo di 67, mentre il valore massimo è stato fissato a 300, perché è il valore più alto registrato e finora mai superato.

Propagazione via strato E

La regione E si trova compresa tra i 90 e i 130 km di quota e tende a sparire durante la notte, la ionizzazione più intensa, infatti, si riscontra qualche ora dopo la levata del sole e diminuisce progressivamente dopo il tramonto, rimane però un più o meno denso livello di ionizzazione residua che talvolta influenza anche la propagazione notturna. In linea di massima questo strato supporta la propagazione diurna nella gamma dei 30 metri, mentre il residuo notturno può favorire concorrere alla propagazione sulle lunghe distanze analogamente a quanto avviene nella bande più basse per la formazione delle guide d'onda ionosferiche.

Conclusione

Si conclude qui la serie di articoli dedicata allo studio della propagazione su tutte le gamme amatoriali delle HF che è stata realizzata Abbinando la parte teorica all'esperienza operativa dell'autore e di altri OM. La vasta letteratura dedicata alla propagazione Ionosferica ed HF, si limita a fare dei brevi cenni sulle caratteristiche della propagazione su ogni singola gamma, l'obiettivo di questa ricerca è quello di approfondire ulteriormente la materia e di stimolare l'interesse alla ricerca e allo studio sulla propagazione HF. Per chi interessa la serie è così composta:

- Propagazione sui 160 metri
- Propagazione sugli 80 metri
- Propagazione sui 40 metri
- Aurora sui 40 metri
- Propagazione sui 20 metri
- Propagazione sui 15 metri
- Propagazione sui 10 metri
- Propagazione sulle bande WARC 30, 17 e 12 metri

Note:

(1) Riporto di seguito una tabella che riassume, in base ai gradi di latitudine, le tre fasce che convenzionalmente vengono distinte Quando si parla di propagazione.

Scala latitudine geomagnetica:

- Alte latitudini: 0-20 gradi
- Medie latitudini: 20-60 gradi
- Basse latitudini: 60-90 gradi

F.Egano, ik3xtv Amateur Radio Propagation studies web: 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

Solar physicist David Hathaway - (*NASA's Marshall Space Flight Center*)

Hathaway, Wilson, and Reichmann *J. Geophys. Res.* 104, 22,375-22,388 (1999)

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

Indagine sulla propagazione - Skip corto e concentrazioni ionosferiche sulle varie bande. E.Bini, i2bat – Radio Rivista

Arrl - American radio relay league

Luxorion project www.astrosurf.com

Ionospheric Physics of Radio Wave Propagation Edwin C. Jones, MD, PhD (AE4TM) Department of Physics and Astronomy, University of Tennessee

Elaborazione mappe propagative con il programma HFPROP di J.Moss, g4ilo.

Propagazione sui 160 metri

Caratteristiche Generali

Più che banda HF si tratta di una banda in onde medie (per convenzione le onde medie vanno da 300 KHz a 3 Mhz), è quasi inutilizzabile di giorno per il forte rumore atmosferico e per la forte attenuazione dovuta allo strato D della Ionosfera terrestre.

La regione D di notte in sostanza scompare permettendo la riflessione dei segnali .

L'effetto dello strato D è selettivo, secondo l'inverso del quadrato della frequenza, è massimo in 1,8 Mhz e trascurabile per le Vhf.

L'assorbimento è quindi dominante, pertanto le condizioni migliori sono presenti quando l'attenuazione è minore e quindi nei periodi di scarsa attività solare e come già detto durante le lunghe notti invernali (specie nelle prime ore che precedono l'alba), d'estate, infatti, il numero maggiore di ore di luce e il sole più alto produce un livello d'assorbimento notevolmente più elevato.

Sono convinto che la propagazione delle onde corte sia tutta un gioco d'assorbimenti, per i 160 metri, questo è ancora più vero.

La relativa vicinanza in frequenza con la banda degli 80 metri, può indurre a considerare che le due frequenze abbiano comportamenti propagativi simili, niente di tutto questo, la top band è un mondo a parte dalle caratteristiche propagative imprevedibili.

Nella Top List del DXCC ci sono stazioni con più di 280 paesi confermati, resta lo stesso il fatto che si tratta di una banda difficile, governata dagli assorbimenti e che richiede tempo, pazienza e grandi antenne.

La discussione che segue è incentrata sulla propagazione dell'onda di spazio, e ho tralasciato intenzionalmente alcune considerazioni sulla propagazione dell'onda di terra, ritenendola meno interessante per la nostra attività'.

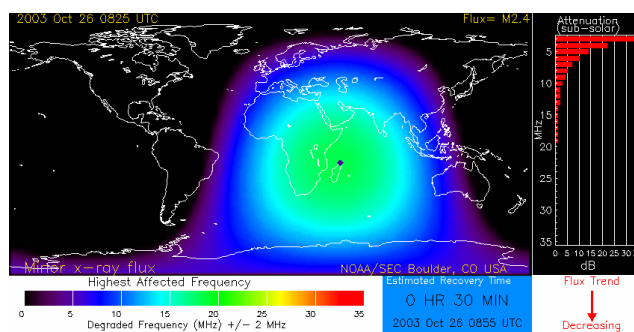


Fig.1: Cono di massimo assorbimento indotto dallo strato D, sul lato illuminato del globo. La propagazione della Top band è governata dagli assorbimenti. (dati disponibili in tempo reale sul sito http://www.sec.noaa.gov/rt_plots/dregion.html del NOAA National Oceanic and Atmospheric Administration).

Attenuazione

Gli assorbimenti ionosferici sono sostanzialmente due, quello deviativo riferito a quella parte della ionosfera dove l'indice di rifrazione ha variazioni rilevanti, e quello non deviativo, che avviene sostanzialmente nella regione D, dove l'indice di rifrazione può considerarsi quasi costante, quest'ultimo è anche il più importante e ha pesanti conseguenze nella propagazione sui 160 metri, per i quali si presenta come una cortina nebbiosa.

Inoltre per la Top band abbiamo un'ulteriore fonte di assorbimento d'energia, di cui parleremo più avanti, si tratta dell'assorbimento dovuto alla girofrequenza degli elettroni.

L'assorbimento è funzione della ionizzazione pertanto il massimo assorbimento avviene nel mezzogiorno solare nel punto di riflessione e durante la stagione estiva, inoltre l'indice di assorbimento della regione D è massimo quando l'attività solare è alta, questo poiché la ionizzazione dello strato D è molto legata alla luce solare, dopo il tramonto, la ionizzazione decade rapidamente e lo strato D svanisce. La regione D presenta un'altissima densità di particelle neutre (anche 1000 volte maggiore rispetto alla regione E)

La radiazione solare che arriva allo strato D è attenuata dall'attraversamento dagli strati più alti della ionosfera pertanto la ionizzazione è molto bassa anche perché, a causa della forte densità di ioni questi hanno molte probabilità di ricombinarsi rapidamente.

Quando la frequenza è bassa, gli elettroni dell'onda elettromagnetica entrante, hanno maggiori possibilità di entrare in collisione con le particelle neutre, e data l'elevata densità di particelle queste collisioni sono frequentissime e hanno come conseguenza che l'elettrone eccitato perde l'energia (che si trasforma in calore) nello scontro, prima ancora di averla reirradiata.

I segnali della gamma dei 160 metri risentono pesantemente dei cambiamenti di densità elettronica all'interno della regione D. Nelle ore di luce la regione D è molto ionizzata ed è la causa maggiore dell'assorbimento sui 160 metri, immediatamente dopo il tramonto, la densità elettronica cade drasticamente (anche se non sparisce completamente) e questo residuo elettronico influenza anche la propagazione notturna. Assumono una particolare importanza anche i piccoli cambiamenti di densità della regione D che possono avere una notevole influenza sull'assorbimento durante le ore notturne e quindi sulla propagazione stessa dei segnali.

Questo perché la frequenza è talmente bassa che gli scontri tra gli elettroni e gli ioni neutri sono frequentissimi.

L'attenuazione è selettiva, essendo inversamente proporzionale al quadrato della frequenza, e questo rende la propagazione sui 160 metri governata dagli assorbimenti.

Assorbimenti che sono differenti passando dall'emisfero estivo a quello invernale, influenzando la possibilità di collegamento tra corrispondenti dell'emisfero nord e sud.

I periodi migliori per la propagazione per esempio sulla via lunga, dovrebbe essere attorno agli equinozi, quando il livello di assorbimento tra gli emisferi è uguale.

Del resto è cosa nota che la propagazione, oltre che variazioni orarie ha notevoli variazioni stagionali.

Strato D

E' considerato lo strato assorbente per eccellenza, si estende, approssimativamente, da 50 a 90 km, con una concentrazione elettronica che cresce rapidamente con l'altezza. La concentrazione elettronica nello strato D presenta un'importantissima variazione diurna : raggiunge il suo massimo poco dopo mezzogiorno solare locale, mentre conserva valori veramente bassi nelle ore notturne.

In inverno, nonostante che la distanza zenitale dal sole sia molto grande, si osservano spesso concentrazioni elettroniche molto elevate, sempre tra 70 e 90 km, dovute probabilmente alla natura ed alla concentrazione dei gas che compongono l'atmosfera.

L'influenza dell'attività solare sulla concentrazione elettronica nello strato D si differenzia alle diverse altezze: tra 70 e 90 km i raggi X di origine solare sono la principale fonte di ionizzazione e questa è massima quando il ciclo solare è al suo massimo; al di sotto dei 70 km le radiazioni più attive sono quelle cosmiche e la concentrazione massima si presenta quando l'attività solare è al suo minimo, quindi la dispersione interplanetaria dei raggi cosmici di origine galattica tende a ridursi. Durante una perturbazione geomagnetica la densità

elettronica tra 75 e 90 km tende a rinforzarsi alle latitudini subaurorali ed inferiori, per l'apporto di elettroni ad alto contenuto energetico. Lo strato D può raggiungere una densità massima di 10 miliardi di elettroni per metro cubo a quote tra 50 e 90 km, con alta densità di particelle neutre poiché il tasso di ricombinazione degli elettroni liberi con gli ioni (coefficiente di cattura) è elevatissimo. Questo strato non ha, a causa della relativamente bassa densità elettronica, grande rilevanza per la riflessione delle onde che si propagano nella ionosfera, mentre assume notevole importanza nei riguardi dell'assorbimento.

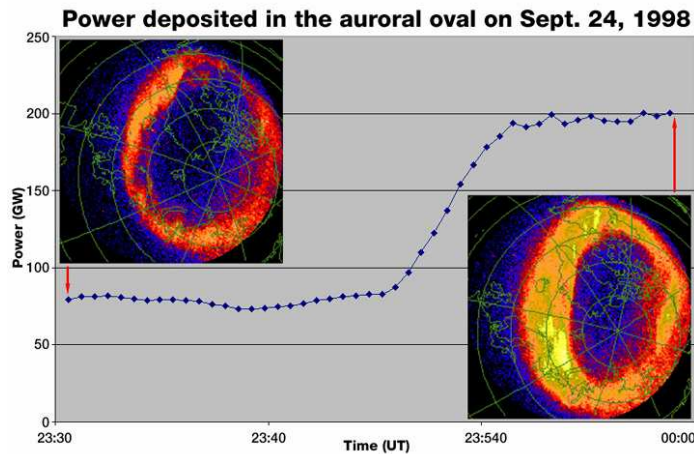


Fig.2 : La figura mostra le rapide variazioni in estensione che può avere l'ovale aurorale a causa delle perturbazioni solari e geomagnetiche, l'esempio copre un intervallo molto breve (30 minuti). Queste rapide variazioni possono avere un impatto importante sulla propagazione. (immagine e dati NASA -National Aeronautics and Space Administration-Usa)

Effetti meteorologici sulla ionosfera

Fenomeni di natura meteorologica come le onde gravitazionali atmosferiche di origine troposferica (AGW), le oscillazioni quasi biennali del livello stratosferico (QBO), il riscaldamento della stratosfera (1) e le celle atmosferiche (2), hanno un effetto negativo sullo strato D poiché provocano un aumento dell'assorbimento. Il QBO è una variazione nella stratosfera equatoriale, si tratta di un'oscillazione dei venti da est verso ovest su un arco temporale di circa due anni (26 mesi) ed è una fonte di onde gravitazionali che generano delle perturbazioni assorbenti negli strati di E e D fino a influenzare perfino la regione F. I temporali, i fulmini, i cicloni e gli uragani sono tutti fenomeni in grado di generare onde gravitazionali, così come il fenomeno degli sprite, associato ai fulmini può avere degli impatti sulla composizione chimica della ionosfera. La meteorologia assume quindi un notevole importanza nei fenomeni che supportano la propagazione sui 160 metri.

Riscaldamento stratosferico (Stratwarm)

Nell'atmosfera polare e delle medie latitudini nei mesi invernali, può verificarsi un notevole cambiamento di temperatura tra la tropopausa e la stratosfera, proprio dove inizia la regione D della ionosfera, caratterizzato da un aumento di temperatura di qualche decina di gradi, quest'inversione di temperatura ha un effetto negativo sulla ionosfera poiché aumenta l'assorbimento dei segnali.

Effetto dell'ovale aurorale

Gli ovali aurorali generalmente hanno un effetto negativo sulla propagazione delle onde medie. Per quei collegamenti che lambiscono o addirittura attraversano l'Aurora, la propagazione può subire un rapido degrado, caratterizzato da un improvviso aumento dell'assorbimento o paradossalmente un breve e improvviso forte aumento dell'intensità del segnale causato principalmente da delle inclinazioni della ionosfera aurorale che possono focalizzare momentaneamente il segnale. Il risultato è di avere una propagazione molto instabile soggetta a una rapida evanescenza, provocata da vari effetti quali percorsi multipli, rapide anomalie nell'assorbimento, e cambiamenti di polarizzazione del segnale. In coincidenza con i momenti di calma geomagnetica, le zone aurorali sono di dimensioni limitate ed è possibile che un segnale in onda media si propaghi anche nelle vicinanze dell'ovale senza esserne pesantemente assorbito. Durante questi periodi di attività geomagnetica molto bassa, le zone aurorali non si allargano mai a latitudini basse (nell'emisfero nord l'estensione della radio aurora quando l'indice K è inferiore a 2, non scende mai sotto il circolo polare artico e quindi rimane geograficamente circoscritto nell'area che grossomodo occupa il mar glaciale artico) e questo permette collegamenti a lunga distanza su svariate direzioni senza che il segnale venga in contatto con zone della ionosfera altamente assorbenti.

Girofrequenza

Purtroppo le frequenze delle onde medie sono soggette alla girofrequenza (3) (electron-gyrofrequency) dell'elettrone che è approssimativamente compresa tra 630 e 1630 chilocicli, la gamma dei 160 metri (in Italia 1810-1850 chilocicli) è molto vicina a questa frequenza.

La girofrequenza è la misura dell'interazione fra gli elettroni che si muovono con moto circolare nella ionosfera e il campo magnetico disperdendo energia, più la frequenza del segnale è vicina alla girofrequenza dell'elettrone, più alta è l'energia assorbita. Per la nostra latitudine la girofrequenza è di circa 1400 Khz ma aumenta avvicinandosi al polo magnetico e in presenza di perturbazioni geomagnetiche.

Space Weather e propagazione sui 160 metri

Noi sappiamo che la propagazione di queste frequenze è controllata dalle regioni più basse della ionosfera, dalla regione D in primo luogo, dallo strato E e in alcuni casi dalla regione F notturna ed è soggetta ai fenomeni solari e geomagnetici che influenzano la ionosfera, come per esempio i brillamenti solari e il loro negativo impatto sullo strato D dove l'intenso flusso di raggi X durante i brillamenti di maggiore intensità, ne incrementano fortemente la ionizzazione relativa, deteriorando il livello della propagazione. È buona cosa quindi, controllare la situazione degli eventi geofisici per un buon utilizzo della banda. La correlazione invece tra la qualità della propagazione e il flusso solare (o al numero di macchie) è davvero trascurabile, poiché gli strati che supportano la propagazione delle onde medie sono quelli notturni della ionosfera più bassa.

I 160 metri sono migliori nei periodi bassi del ciclo solare, dato che il livello del rumore è minore e il campo geomagnetico è tendenzialmente più calmo.

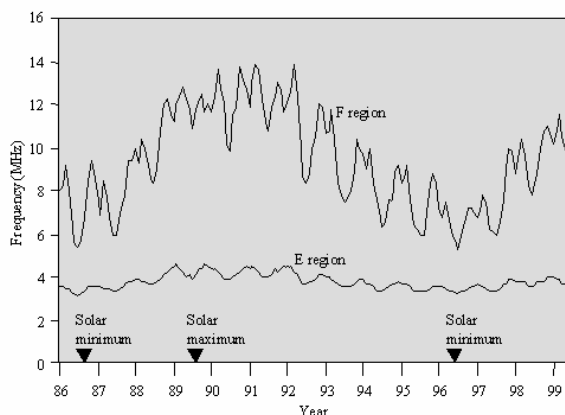


Fig.3: Il grafico è significativo poiché raffigura l'andamento della Frequenza critica ricavata da un'analisi sul lungo periodo che si sviluppa in anni di alta e bassa attività solare e ci mostra come la variazione della regione F segua fedelmente l'andamento dell'attività solare mentre la regione E è molto meno influenzata, anzi l'andamento delle frequenze verticali riflesse è quasi costante. Poiché la propagazione sui 160 metri è notevolmente soggetta alla dinamica della regione E, contrariamente a quanto avviene per le bande alte dello spettro HF, risente molto meno dall'attività solare.

Le variazioni della frequenza critica Fc (4) nella regione E tra minima e massima attività solare è mediamente del 30%. (Dati ricavati da IPS Radio & Space Service-Australia)

Guide d'onda

La maggior parte dei collegamenti sulle lunghe distanze, nella top band, sono supportati da propagazione da condotti ionosferici o da fenomeni di propagazione che gli anglosassoni chiamano "Chordal Hop" o anche propagazione a M.

Ma vediamo meglio di che cosa si tratta.

In determinate condizioni, i segnali possono entrare in una guida d'onda e propagarsi con basse perdite all'interno della ionosfera Terrestre, a mio parere, questo tipo di propagazione è molto più diffuso di quanto si creda e supporta la propagazione anche per le frequenze più elevate dello spettro HF.

Il fenomeno, che per i 160 metri avviene su percorsi notturni o crepuscolari, è supportato da un complesso gioco di assorbimenti e ionizzazioni residue.

Lo strato E infatti svolge un ruolo fondamentale nel supportare questo modo di propagazione poiché dovrebbe essere la ionizzazione residua di questo strato a sostenere la diffusione del segnale all'interno della ionosfera notturna formata in prevalenza dalla ionizzazione della regione F.

È evidente che tutte le riflessioni precedenti sulla qualità del campo geomagnetico e sulle condizioni aurorali, rimangono valide, e la diffusione dei segnali attraverso i condotti ionosferici è sostenuta da quiete geomagnetica.

Tuttavia, ho avuto il modo di riscontrare personalmente che eventi geofisici improvvisi come i brillamenti solari di piccola/media intensità, possono, almeno nella fase iniziale favorire questo tipo di propagazione poiché un improvviso aumento di ionizzazione della regione E, dovuto all'arrivo di particelle cariche di origine solare, è in grado di favorire l'ingresso dei treni d'onda all'interno della guida ionosferica.

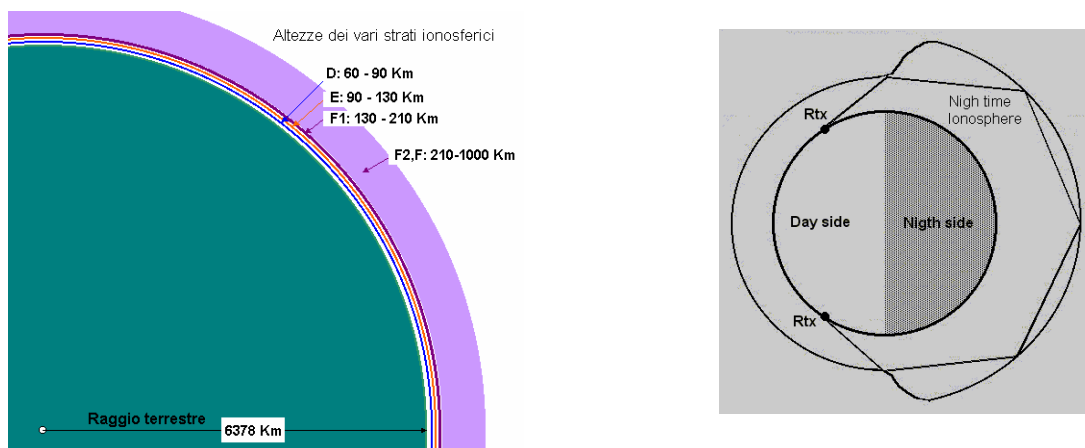


Fig.4: Per comprendere meglio la propagazione per guida d'onda, è necessario riflettere sulle reali dimensioni degli strati ionosferici, rispetto al raggio terrestre, e a tale scopo ho riportato le dimensioni in scala della terra e della Ionosfera.

È interessante un articolo scritto da un noto OM Canadese, Yuri Blarovich, VE3BMV: "Electromagnetic wave propagation by conduction", che fa un'interessante analogia tra la propagazione ionosferica e la propagazione della luce all'interno di una fibra ottica. Blarovich sostiene praticamente che la propagazione ionosferica sulla lunga distanza sia esclusivamente dovuta a questa teoria. Del resto lo stesso Marino Miceli, I4SN, ha più volte sostenuto che la propagazione Hf potrebbe avvenire in modo differente di quanto la teoria convenzionale insegna.

Irregolarità del plasma ionosferico (E sporadico)

Lo strato E è lo strato che maggiormente supporta la propagazione delle onde medie e all'interno di questa regione ionosferica avviene il fenomeno dell'E sporadico. Noi sappiamo che le nubi di E sporadico sono delle irregolarità del plasma ionosferico posizionate

all'altezza della regione E.

Così come il riscaldamento stratosferico e le differenze di temperatura e composizione troposferica, anche l'Es può a seconda delle circostanze bloccare, assorbire o anche supportare la propagazione delle onde medie in maniera del tutto imprevedibile.

Focalizzazioni

Soprattutto prima dell'alba si possono avere fenomeni di focalizzazione per quei segnali che provengono da Ovest e quindi dall'emisfero notturno dovuti presumibilmente alla pressione di radiazione(5) crescente lungo il terminatore e che potrebbero creare una temporanea multi stratificazione nella ionosfera con andamento quasi parabolico.

Gli OM Americani chiamano questo fenomeno "Skip focussing", il segnale per alcuni minuti può avere guadagni significativi per poi però decadere improvvisamente e via via scomparire inghiottito dall'attenuazione gradualmente crescente dello strato D.

Irregolarità di grandi dimensioni presenti all'interno della Ionosfera possono dar luogo a fenomeni di focalizzazione dei treni d'onda in transito, queste irregolarità sembra appunto si formino più frequentemente in prossimità del terminatore.

Rumore

Assume una particolare importanza il livello del rumore radio captato dall'antenna e proveniente dall'ambiente circostante: la principale componente è rappresentata dai disturbi atmosferici e da quelli naturali, che incrementano il rumore di fondo e impediscono l'ascolto dei segnali interessanti.

Il disturbo di tipo atmosferico è dovuto alle scariche elettriche temporalesche ed è quindi soggetto ad ampie variazioni nel tempo dipendenti dalle condizioni climatiche stagionali e giornaliere.

Le innumerevoli tempeste tropicali e i temporali alle medie latitudini che quotidianamente avvengono attorno alla terra, generano un elevato livello di scariche statiche specialmente nel periodo estivo, che fanno delle notti invernali il periodo migliore per l'ascolto e per la ricerca del dx sui 160 metri.

Curiosità

L'occasione di operare in alcuni importanti Contest internazionali quali il CQWW e il WPX, mi ha dato la possibilità di riscontrare un fenomeno strano nella propagazione notturna sulle bande basse (la cosa si presenta similmente anche sugli 80 metri).

Ho rilevato una propagazione ciclica caratterizzata da momenti di buona propagazione a periodi di quasi black-out, con cicli all'incirca variabili di 10/15 minuti.

Una possibile spiegazione potrebbe essere fornita dalla cosiddetta rotazione di Faraday, in altre parole dai cambiamenti di fase che subisce un segnale che passa attraverso la ionosfera e che è causa di fading periodico e molto negativo, oppure da cicliche variazioni negli strati (periodiche variazioni del gradiente, o movimenti in altezza, collegate forse alle onde gravitazionali atmosferiche) di cui per il momento non so dare nessuna spiegazione.

Alcune informazioni e suggerimenti di carattere generale

E infine provo a riassumere alcune considerazioni e suggerimenti di carattere generale, che non vogliono essere una guida o un vademecum, non possiedo né i titoli, né i mezzi per farlo, ho solamente raccolto alcuni dati che spero possano servire.

- Campo geomagnetico(6) calmo, con indice K non superiore a 3
- Verificare che l'indice K sia basso anche nelle precedenti 24 ore, le condizioni dovrebbero essere migliori.
- Controllare l'andamento del campo magnetico nei giorni precedenti, le condizioni sono migliori quando per alcuni giorni consecutivi è in quiete.
- Verificare il livello di assorbimento della regione D su: http://www.sec.noaa.gov/rt_plots/dregion.html
- Livello di Aurora basso, tendenzialmente non superiore a 4, o 5.
- Controllare costantemente posizione del terminatore (Grey line), i segnali scelgono sempre la via con minor assorbimento.
- Le condizioni dovrebbero essere migliori quando il livello del flusso solare non è troppo elevato (solar flux 2800 Mhz) Valori non superiori a 140.

Un sito web interessante poiché fornisce tutti gli indici geofisici in tempo reale è il seguente: <http://hfradio.org/propagation.html>

NOTE:

(1) Stratwarm (Riscaldamento stratosferico)

È il riscaldamento su grande scala dell'atmosfera polare invernale, è un fenomeno che può durare anche alcuni giorni.

(2) Celle Atmosferiche

Si tratta di circuiti atmosferici che trasferiscono calore dalle basse alle alte latitudini. Sono conosciute: la cella di Hadley (nelle zone equatoriali), la cella di Ferrel (alle medie latitudini) e le celle polari (alle alte latitudini).

(3) Girofrequenza (Fg)

Gli elettroni all'interno della Ionosfera si muovono con moto rotatorio sotto l'effetto del campo geomagnetico. Ad una frequenza di circa 1400 Khz assumono un moto circolare uniforme che causa un'altissima dispersione di energia. Forti perturbazioni magnetiche hanno il negativo effetto di alzare il valore della Fg.

(4) Frequenza critica (Fc)

La frequenza critica è la minore frequenza che con incidenza verticale è rimandata a terra (riflessa) da uno strato ionosferico (strato E o F).

(5) Pressione di Radiazione

È la forza impressa dalla radiazione solare alla ionosfera terrestre, per i fenomeni propagativi è interessante l'effetto che si ha al terminatore dove la pressione di radiazione cambia bruscamente passando dal lato in luce a quello buio generando possibili fenomeni di focalizzazione.

(6) Campo geomagnetico

Il campo geomagnetico entro ed attorno alla terra. La sua intensità superficiale è di circa 32.000 nanoTesla all'equatore magnetico e 62.000 nanoTesla ai poli. Il campo geomagnetico può essere misurato con degli strumenti chiamati magnetometri.

I dati raccolti ogni 3 ore (3-hour interval, K-index) da una rete di magnetometri danno la situazione delle condizioni geomagnetiche e una misurazione quantitativa del livello di attività geomagnetica, in quanto tale valore varia da 0 a 9 in una scala quasi logaritmica.

Esso indica la massima fluttuazione della componente orizzontale del campo magnetico terrestre (livello di induzione elettromagnetica espresso in nT) relativa ad un giorno di quiete geomagnetica, misurata in un intervallo di tempo di 3 ore. L'indice K e' necessariamente legato alla specifica locazione geografica dell'osservatorio, quindi per le localita' dove non sono presenti osservatori e' necessario prendere come riferimento il valore della stazione piu' vicina. Da una media ponderata degli indici K di una rete di osservatori geomagnetici viene calcolato l'indice Kp (indice planetario ufficiale) Che indica la situazione globale dell'attivita' geomagnetica, ed e' disponibile giornalmente nei bollettini pubblicati sulla rete web. Per un miglior monitoraggio e' stato introdotto l'indice A che si basa su una scala piu' ampia dell'indice K e che fornisce un valore medio giornaliero dell'attivita' geomagnetica poiche' e' una media di tutti gli indici K della giornata, il valore dell'indice A varia da 0 a 400.

F.Egano, ik3xtv

Amateur Radio Propagation Studies - flavio.egano@schneiderelectric.it web: www.qsl.net/ik3xtv

Bibliografia e Referenze:

50 MHz F2 Propagation Mechanisms by J. R. Kennedy K6MIO/KH6, Gemini Observatory*, Hilo, Hawaii
IPS Radio & Space Service-Australia
Articoli vari tratti da Radio Rivista di Marino Miceli, i4sn
The 160 meter band:An enigma shrouded in mistery by C.Oler and Dr.T.J Cohen, n4xx
Long path and skewed propagation in the lower shortwave frequencies by B.Tippett, w4zv
Luci e ombre di una propagazione di confine F.Magrone-radioascolto.org
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
Meteorologia-Atlanti scientifici Giunti
"Electromagnetic wave propagation by conduction" by Yuri Blanarovich, ve3bmv

Propagazione sui 40 metri

Introduzione

La banda dei 40 metri deve essere analizzata in due modi differenti; una durante il giorno e l'altra dopo il tramonto del sole. Il comportamento della propagazione e' notevolmente differente. Durante il giorno la gran parte dei segnali arriva con un elevato angolo e la propagazione e' corta, al tramonto, la propagazione via via si allunga, e durante la notte diventa possibile il collegamento Dx. I collegamenti a lunga distanza che avvengono dopo il tramonto, su percorsi in oscurita', sono dovuti alle riflessioni nella regione F, durante il giorno invece i segnali vengono curvati dagli strati piu' bassi della Ionosfera Principalmente nella regione E. Inoltre, su questa frequenza, l'attenuazione introdotta dallo strato D (anche se in maniera molto meno marcata che in 80 o 160 metri) diventa importante, e lo stesso dicasi per il rumore atmosferico, che in 40 metri non e' trascurabile, si tratta dunque di una frequenza molto interessante ma impegnativa, vero banco di prova per antenne, ricevitori e operatori.

Frequenze di lavoro e frequenze limite

Le caratteristiche di riflessione degli strati, le quali risultano molto diverse nel corso della giornata, delle stagioni e del ciclo delle macchie solari, hanno come conseguenza una propagazione marcatamente dipendente dalla frequenza. Per ciascuno strato si determina una frequenza limite inferiore (LUF) e una frequenza limite superiore (MUF), e in linea di principio soltanto nel tratto compreso fra queste frequenze limite e' possibile il traffico Dx senza limitazioni. L'intervallo MUF-LUF comprende quelle frequenze che con direzione verticale di trasmissione riescono ad attraversare due volte lo strato attenuante D, vengono riflesse da uno degli strati superiori e giungono dal corrispondente con sufficiente intensità di campo nonostante l'attenuazione introdotta dallo strato D. La frequenza LUF e' determinata esclusivamente dal fattore di attenuazione dello strato D e dato che quest'ultimo e' presente soltanto di giorno, anche la LUF esiste solo di giorno. Essa puo' essere di 10...15 mhz, ma dipende notevolmente dalla potenza di trasmissione. Con un aumento di potenza e' possibile abbassare la LUF verso frequenze piu' basse, ovviamente entro certi limiti. Con circa 100 w. Di potenza Tx essa si aggira attorno ai 5...8 mhz, con una potenza 10 volte maggiore puo' essere ulteriormente abbassata alla meta' circa; i valori sono molto diversi a seconda dell'attivita' solare. Se l'influsso della LUF non puo' essere eliminato, l'unico traffico possibile e' quello per onde terrestri, oppure occorre passare ad una frequenza più alta. La MUF, considerando le sue oscillazioni legate al decorso del giorno e della stagione, puo' essere così suddivisa:

- *strato E sui 2...4 mhz*
- *strato F1 sui 3...6 mhz*
- *strato F2 sui 3...14 mhz*

(Valori riferiti ad un numero relativo di macchie di 100)

Tutti i segnali con frequenza piu' elevata non vengono riflessi, bensì attraversano lo strato e se non vengono riflessi da uno strato superiore con una MUF piu' alta, si perdono nello spazio. Come già detto, questi intervalli LUF-MUF e le condizioni di propagazione ad esse collegate si riferiscono a tragitti verticali del segnale, che non danno portata, se si abbassa l'angolo di emissione del segnale, la MUF cresce sempre piu' man mano che l'angolo si abbassa.

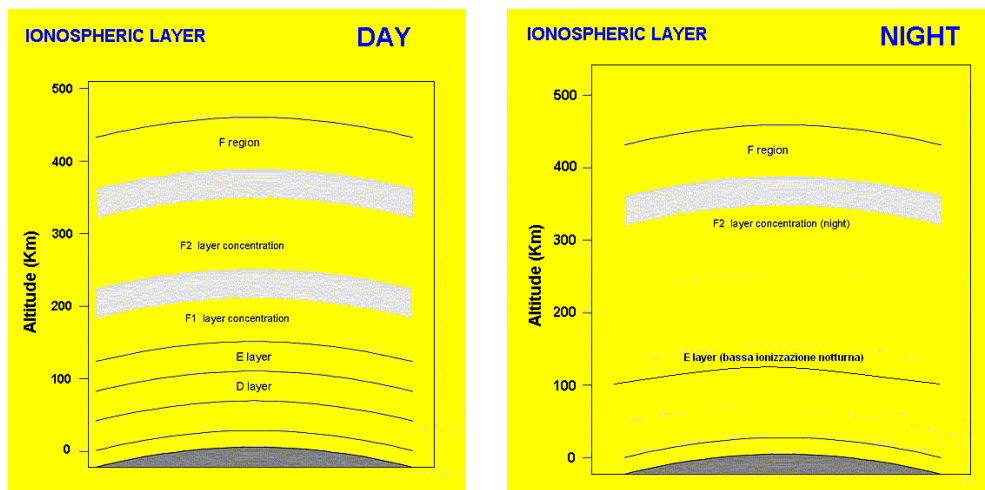
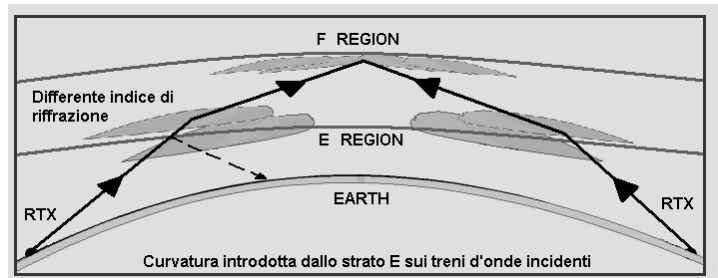
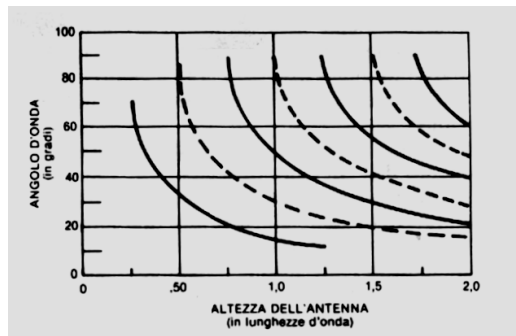


Fig.1: Variazione giornaliera degli strati ionosferici. Durante la notte scompare lo strato attenuante D, e lo strato E di cui rimane solamente una leggera ionizzazione residua. Rimane presente ancora una ionizzazione ad un'altezza di circa 300/400 Km, la regione F2 notturna.

Angoli d'irradiazione

L'angolo di irradiazione del segnale assume una grande importanza per determinare la lunghezza dello skip, sui 40 metri, data la lunghezza d'onda in gioco, non e' facile realizzare sistemi di antenna che irradiano con bassi angoli e posizionarli alti rispetto al suolo.

Pertanto gli angoli di irradiazione delle antenne sui 40 metri sono generalmente alti, questo spiega in parte i collegamenti diurni a skip corto dovuti a curvatures dei segnali introdotte dallo strato E.



Propagazione diurna

La propagazione diurna e' caratterizzata da collegamenti a skip corto, sono possibili collegamenti in un raggio fino a 400- 600 Km, ma sono possibili anche collegamenti locali, su distanze ancora piu' brevi (50 - 100 Km), dovuti alla riflessione dei segnali sullo strato E, come si vede dal grafico riportato sotto, i treni d'onde possono venire riflessi dalla regione E a quote attorno ai 100-115 Km (teoricamente l'altezza della regione E e' compresa tra 90 e 130 Km), gli angoli di irradiazione e l'altezza degli strati riflettenti determinano l'area utile per i collegamenti.

La mia opinione e' che questi limiti teorici sono solo indicativi, l'altezza delle varie regioni ionosferiche non e' sempre costante, ma subisce delle variazioni nel tempo (giornaliere e stagionali), cosi' come i confini tra i vari strati, non sono perfettamente delineati, questo e' dovuto al fatto che la ionosfera, allo stesso modo della troposfera, e' un gas in continuo movimento, dove ci sono varie turbolenze e anomalie, generate dalle continue variazioni dell'attivita' solare e geomagnetica.

Inoltre esistono anche delle stratificazioni non ionizzate, ma capaci di flettere, per i diversi indici di rifrazione, le onde radio, che concorrono ad accorciare le distanze dei collegamenti diurni.

A causa della disposizione di elettroni liberi, in strati piu' o meno definiti, dell'angolo di incidenza e della quantita' di elettroni liberi per centimetro cubo, si hanno riflessioni su stratificazioni basse, La deflessione verso terra e' tanto piu' marcata quanto piu' grande e' lo spessore dello strato attraversato e quanto piu' lungo e' il percorso delle radioonde all'interno dello strato.

Per una legge di rifrazione dell'ottica le onde piu' lunghe subiscono un maggiore incurvamento verso terra nel passaggio negli strati intermedi e nella troposfera, e' per questo che gli skip sono via, via piu' corti al diminuire della frequenza utilizzata.

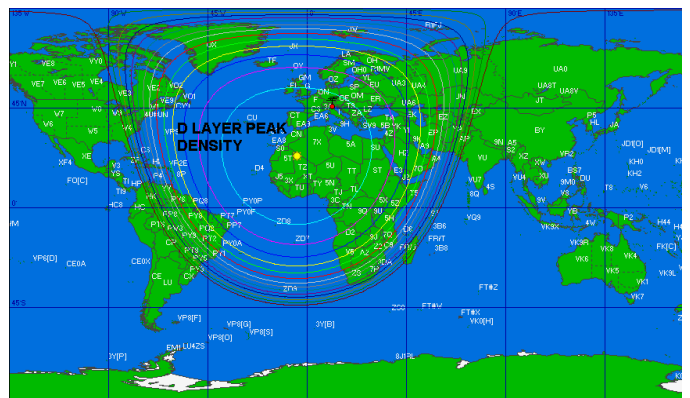
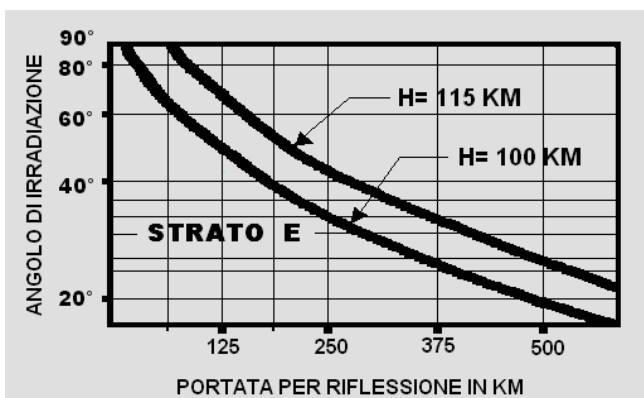
Lo skip corto e' presente solitamente di giorno, poiche' gli strati intermedi vengono attivati dalla radiazione solare, verso l'imbrunire si assiste ad un progressivo aumento della distanza dei collegamenti dovuti alla progressiva scomparsa di queste regioni non ionizzate, della quasi scomparsa dello strato E e quindi la riflessione avviene nella regione F.

L'indice di ionizzazione della regione E diminuisce progressivamente dopo il tramonto e man mano che il sole procede verso Ovest, e anche se rimane una ionizzazione residua, questa non e' piu' sufficiente a incurvare i treni d'onda.

La regione E assume secondo me un ruolo molto importante nella propagazione diurna sui 7 Mhz, poiche' determina la lunghezza dei collegamenti, i treni d'onde vengono deviati dallo strato E che ha una ionizzazione sufficiente a riflettere segnali con questa frequenza e non riescono a raggiungere la regione F piu' in alto.

Inoltre bisogna tener conto che gli strati hanno caratteristiche diverse a seconda delle stagioni dell'anno, d'estate le regioni D ed E sono fortemente ionizzate, quindi nei pomeriggi estivi, il forte assorbimento introdotto dallo strato D, non permette in genere buoni collegamenti nonostante l'alta ionizzazione della regione E, che resiste anche durante la notte

In quanto l'elevato livello di ionizzazione diurno e' piu' lento a scomparire, tendendo ad attenuare i segnali in transito verso lo strato F. E' questo uno dei motivi per cui la propagazione in 40 metri e' di norma migliore durante i mesi invernali.



La mappa in alto a destra illustra la situazione dell'assorbimento della regione D in un pomeriggio estivo, che è una delle cause della cattiva propagazione diurna estiva dei 40 metri.

Regione E

viene definita come quella parte dell'atmosfera tra i 90 ed i 140 km di altezza, anche se questi confini sono piuttosto arbitrari. Nella regione E la temperatura cresce rapidamente con la quota, e si passa dall'atmosfera, in cui i gas atmosferici sono essenzialmente mescolati tra loro, all'eterosfera, in cui i vari costituenti si separano per diffusione. Sopra gli 80 km vi è un' apprezzabile dissociazione di ossigeno molecolare O_2 in ossigeno atomico O. Il livello in cui vi è un massimo di concentrazione di O si trova tra gli 85 ed i 100 km. La regione E ha una grande importanza dal punto di vista geomagnetico, poiché, a queste quote, sono presenti sistemi di correnti, quali l'elettrogetto equatoriale e l'elettrogetto aurorale, responsabili di alcune importanti variazioni geomagnetiche. La regione E può essere suddivisa in due parti: lo strato E regolare e l'E sporadico. A sua volta lo strato E regolare può essere diviso nelle zone E₁ ed E₂. Lo strato E regolare segue l'andamento della ionizzazione per fotoionizzazione solare e, quindi, mostra il suo massimo di frequenza critica f_0E intorno al mezzogiorno locale. Durante la notte la ionizzazione dello strato E si riduce drasticamente, mentre l'E sporadico si manifesta sia di giorno che di notte. In questa regione la variazione stagionale della frequenza critica evidenzia valori maggiori durante i mesi estivi rispetto a quelli che si riscontrano durante i mesi invernali.

Gli ioni positivi che dominano la regione E sono O_2^+ e NO^+ . La produzione dello ione dell'ossigeno molecolare è dovuta all'assorbimento della radiazione C(III) e della radiazione Lyman b. Ulteriori ioni vengono prodotti da radiazioni su lunghezze d'onda tipiche dei raggi X. Nella regione E la variazione di densità elettronica è grossomodo in equilibrio con la quantità media degli ioni prodotti tramite processi di ricombinazione. Proprio a causa di tale caratteristica, ci si aspetterebbe un andamento della densità elettronica in cui, questa, durante le ore notturne, fosse praticamente trascurabile. In realtà, di notte la presenza di ioni ed elettroni nella regione E è apprezzabile. Si suppone che questo sia dovuto, oltre che a fenomeni di trasporto degli elettroni, anche alla ionizzazione provocata dalla penetrazione nell'atmosfera delle meteore, le quali, incendiandosi, emettono energie con lunghezza d'onda tipiche delle radiazioni Lyman a, Lyman b e dell'He II (30.4 nm). Si deve necessariamente menzionare anche la presenza, a queste quote, dell'ossido nitrico NO, che, con lo ione O_2^+ dà luogo alla formazione dello ione NO^+ .

Attenuazione

Gli assorbimenti ionosferici sono sostanzialmente due, quello deviativo riferito a quella parte della ionosfera dove l'indice di rifrazione ha variazioni significative, e quello non deviativo, che si verifica sostanzialmente nella regione D, dove l'indice di rifrazione può considerarsi quasi costante, quest'ultimo è anche il più importante e ha pesanti conseguenze nella propagazione nelle bande basse delle onde corte, per le quali si presenta come una cortina nebbiosa.

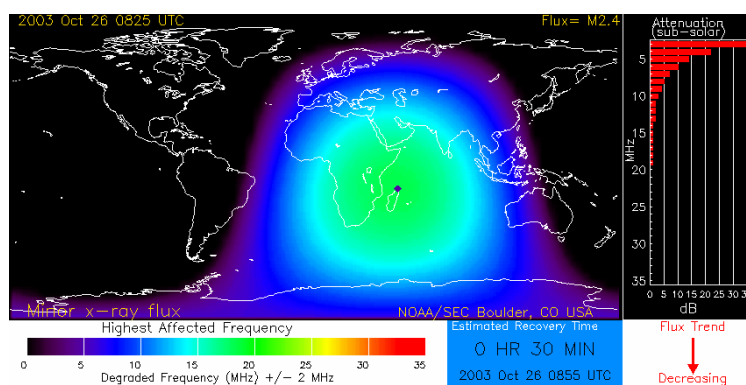
L'assorbimento è funzione della ionizzazione pertanto il massimo assorbimento avviene nel mezzogiorno solare nel punto di riflessione e durante la stagione estiva, inoltre l'indice di assorbimento della regione D è massimo quando l'attività solare è alta, questo poiché la ionizzazione dello strato D è molto legata alla luce solare, dopo il tramonto, la ionizzazione decade rapidamente e lo strato D svanisce.

La regione D presenta un'altissima densità di particelle neutre (anche 1000 volte maggiore rispetto alla regione E)

La radiazione solare che arriva allo strato D è attenuata dall'attraversamento dagli strati più alti della ionosfera pertanto la ionizzazione risulta molto bassa anche perché a causa della forte densità di ioni questi hanno molte probabilità di ricombinarsi rapidamente.

Quando la frequenza è bassa, gli elettroni dell'onda elettromagnetica entrante, hanno maggiori possibilità di entrare in collisione con le particelle neutre, e data l'elevata densità di particelle queste collisioni sono frequentissime e hanno come conseguenza che l'elettrone eccitato perde l'energia (che si trasforma in calore) nello scontro, prima ancora di averla reirradiata.

L'attenuazione è selettiva, essendo inversamente proporzionale al quadrato della frequenza.



La mappa in alto raffigura il livello di Assorbimento introdotto dallo strato D (Dati forniti in tempo reale dal NOAA.)

Regione D

Lo strato D si estende, approssimativamente, da 50 a 90 km, con una concentrazione elettronica che cresce rapidamente con l'altezza. La concentrazione elettronica nello strato D presenta una variazione diurna importante: raggiunge il suo massimo poco dopo mezzogiorno solare locale, mentre conserva valori estremamente bassi nelle ore notturne. In inverno, nonostante che la distanza zenitale dal sole sia molto grande, si osservano spesso concentrazioni elettroniche molto elevate, sempre tra 70 e 90 km, dovute probabilmente alla natura ed alla concentrazione dei gas che compongono l'atmosfera. L'influenza dell'attività solare sulla concentrazione elettronica nello strato D si differenzia alle diverse altezze: tra 70 e 90 km i raggi X di origine solare sono la principale fonte di ionizzazione e questa è massima quando il ciclo solare è al suo massimo; al di sotto dei 70 km le radiazioni più attive sono quelle cosmiche e la concentrazione massima si presenta quando l'attività solare è al suo minimo, per cui la dispersione

interplanetaria dei raggi cosmici di origine galattica tende a ridursi. Durante una perturbazione geomagnetica la densità elettronica tra 75 e 90 km tende a rinforzarsi alle latitudini subaurorali ed inferiori, per l'apporto di elettroni ad alto contenuto energetico. Lo strato D può raggiungere una densità massima di 10 miliardi di elettroni per metro cubo a quote tra 50 e 90 km, con alta densità di particelle neutre. Questo strato non ha, a causa della relativamente bassa densità elettronica, grande rilevanza per la riflettività nei riguardi delle onde usate nei radiocollegamenti via ionosfera, mentre invece assume notevole importanza nei riguardi dell'assorbimento, tanto che lo strato D può essere considerato lo strato assorbente per eccellenza. Lo strato D 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

Rumore atmosferico

Le bande basse delle Hf presentano un rumore atmosferico maggiore rispetto alla bande a frequenza più alta.

Sui 7 mhz, il rumore atmosferico è abbastanza elevato, con valori superiori di notte che di giorno, dovuti alla maggiore attenuazione subita dalla propagazione ionosferica diurna causata dalla regione D.

(Il disturbo è sempre una radiazione elettromagnetica che propagandosi all'interno della ionosfera risponde alle stesse leggi e subisce le stesse attenuazioni dei segnali veri e propri).

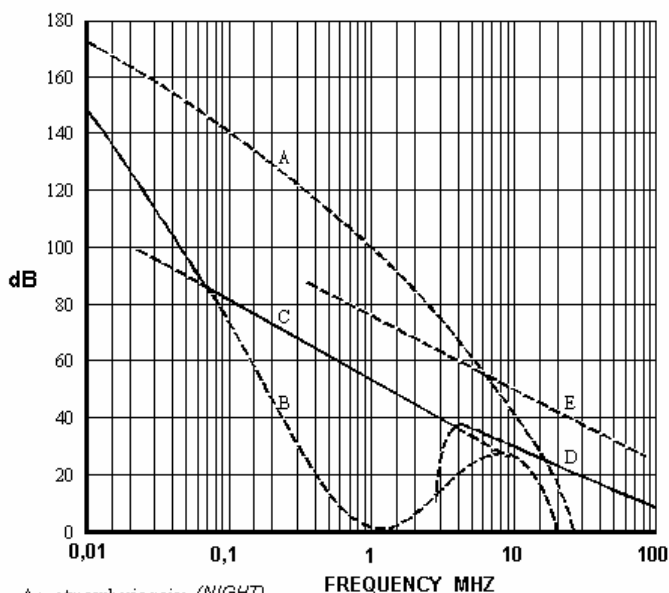
L'effetto dei disturbi atmosferici cessa quasi completamente per le frequenze superiori ai 30 Mhz, sia perché è ormai insignificante il suo contributo energetico, sia perché a queste frequenze diventa improbabile la riflessione ionosferica.

Riporto un grafico dove, in funzione della frequenza vengono raffigurati i disturbi, trascurando il rumore galattico, che risulta essere quasi costante per quasi tutto lo spettro delle Hf, il rumore atmosferico decresce progressivamente come già detto con la frequenza, al di sopra dei 22 Mhz diventa praticamente trascurabile.

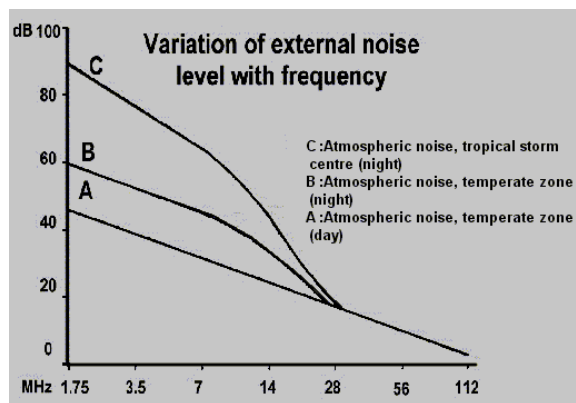
Il disturbo atmosferico è dovuto alle scariche elettriche temporalesche ed è quindi soggetto ad ampie variazioni nel tempo dipendenti dalle condizioni climatiche stagionali e giornaliere.

La banda dei 40 metri è più silenziosa d'inverno proprio perché la probabilità di temporali alle nostre latitudini è minore.

Ogni scarica causata da un temporale origina impulsi RF, con densità spettrale decrescente con la frequenza, che si propagano in tutte le direzioni (il numero medio dei temporali che avvengono contemporaneamente sulla terra è circa 1800, con un numero medio di 100 scariche elettriche/sec.). Di conseguenza, si valutano i loro effetti fino a distanze molto grandi, dato che la propagazione può avvenire per via ionosferica. Si distingue un effetto locale, causato dalle condizioni meteorologiche locali, e un effetto lontano. Il primo si presenta essenzialmente come una sequenza d'impulsi molto intensi ma distanziati nel tempo, mentre il secondo perde il carattere marcatamente impulsivo per la sovrapposizione aleatoria degli effetti dovuti ad un grande numero di scariche lontane.



- A: atmospheric noise, (NIGHT)
- B: atmospheric noise, (DAY)
- C: man-made noise, quiet receiving site
- D: galactic noise
- E: median business area man-made noise



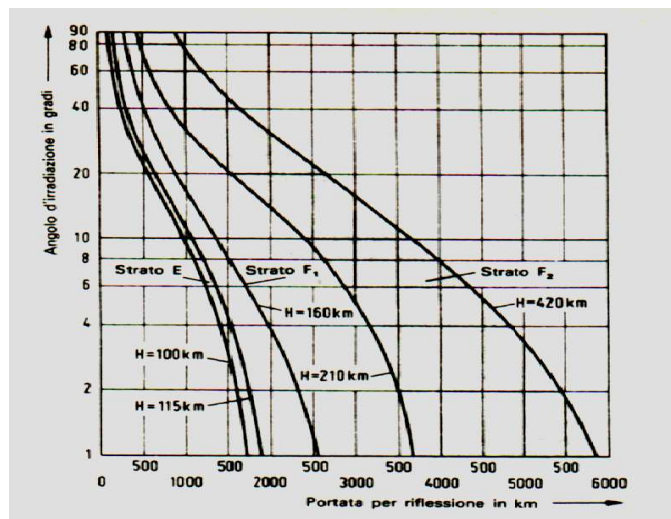
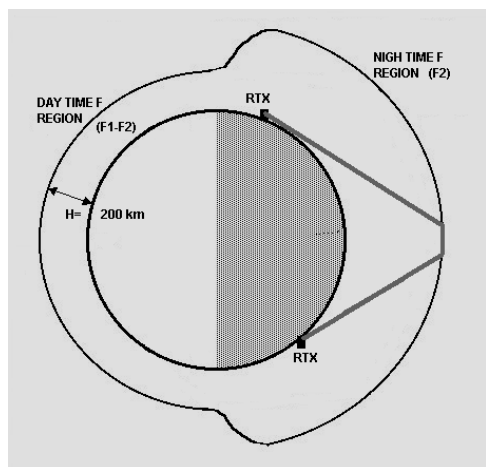
Propagazione notturna

Dopo il tramonto, lo strato D decade rapidamente e anche se in maniera più lenta, decade progressivamente anche la ionizzazione dello strato E. Gli strati ionizzati utili per le riflessioni dei treni d'onde incidenti si alzano progressivamente a causa della ricombinazione dovuta alla graduale scomparsa della pressione di radiazione solare, e questo il motivo per cui i collegamenti tendono progressivamente ad allungarsi dopo il tramonto del sole. I treni d'onde raggiungono la regione F per essere deviati molto più lontano (vedasi il grafico indicativo sulla portata per riflessione dei vari strati). Durante la notte, abbiamo alcuni fattori favorevoli per il collegamento sulle lunghe distanze, l'assorbimento dello strato D è minimo e la ricombinazione della regione F causata dalla cessata radiazione solare mantiene attiva solamente la regione F2 posta più in alto (400 Km), questi fattori da una parte spiegano il motivo dell'allungamento delle tratte in oscurità e dall'altra i collegamenti Dx. In linea di massima i collegamenti a lunga distanza hanno luogo su percorsi completamente al buio, oppure quando almeno uno dei corrispondenti si trova in prossimità del terminatore, infatti sui percorsi illuminati dal sole l'assorbimento dello strato D e l'incidenza degli strati inferiori non consentono ai treni d'onda di propagarsi per lunghe distanze. Inoltre, la presenza di una ionizzazione residua nella regione E potrebbe realizzare in alcune situazioni, una sorta di guida d'onda causata dai differenti indici di rifrazione, intrappolando i treni d'onde tra la regione F e lo

strato E, e facendoli tornare a terra dopo migliaia di chilometri, quando ad esempio, lungo il percorso le onde incontrano delle discontinuità capaci di fletterle nuovamente verso terra. Inoltre, questa ionizzazione residua, potrebbe deviare i fasci d'onde abbassandone l'angolo di irradiazione verso la regione F, allungando lo skip.

Regione F

Lo strato F inizia ad un'altezza di circa 130 km. Durante la notte lo strato F si comporta in modo diverso che di giorno, quando si divide in due differenti strati: F1 ed F2, anche se la concentrazione elettronica non presenta stratificazioni molto nette. Lo strato F1 è la zona compresa tra 130 e 210 km di altezza e la concentrazione elettronica è dell'ordine di 200 miliardi di elettroni per metro cubo. Lo strato F2, il più alto degli strati ionosferici, è quello in cui la concentrazione degli elettroni è generalmente la più densa: i suoi valori sono compresi tra 1000 miliardi di elettroni per metro cubo di giorno e 50 miliardi di elettroni per metro cubo di notte. L'"anomalia diurna" consiste nel fatto che il massimo della concentrazione elettronica dello strato F2 si produce spesso un'ora dopo il mezzogiorno solare, in genere tra le 13 e le 15 ore locali. Si sono notate sperimentalmente altre due variazioni durante il giorno, i cui massimi si collocano intorno alle ore 10-11 locali e tra le ore 22-23, sempre locali. Nell'emisfero Nord l'"anomalia stagionale" consiste in una tendenza alla concentrazione elettronica dello strato F2 intorno alle 12 locali, e ad essere più alta d'inverno che d'estate. L'"anomalia equatoriale" consiste nel fatto che nelle zone comprese tra 20 e 30 gradi, sia a Nord che a Sud dell'equatore, l'influenza della distanza zenitale del sole sulla concentrazione elettronica dello strato F2 è notevolmente diversa da quella che ci si aspetta. Nelle latitudini elevate si osservano alcune "anomalie" nelle caratteristiche dello strato F2, probabilmente associate alla caduta di particelle di alto valore energetico. Vi è infatti una depressione pronunciata nella concentrazione elettronica dello strato F2, dovuta alle linee di forza della magnetosfera e che si estende su 2-10 gradi in direzione dell'equatore, subito dopo l'ovale aurorale e da mezzogiorno a tutta la notte. Alcune osservazioni sulle concentrazioni elettroniche, al di sopra dell'altezza in cui avviene il suo massimo, sono state effettuate con radar a diffusione incoerente, con missili e sonde installate a bordo di satelliti. Queste osservazioni mostrano come la concentrazione elettronica decresce in modo approssimativamente esponenziale con l'altezza. Intorno a 100 km si ha una variazione del gradiente della concentrazione elettronica causata dalla presenza di un passaggio da ioni di ossigeno a ioni di idrogeno; l'altezza alla quale avviene questa transizione aumenta con la latitudine. A 1000 km la concentrazione elettronica è normalmente dell'ordine di 10 miliardi di elettroni per metro cubo. Le onde radio vengono riflesse dagli strati ionizzati. Se il sole ha un certo comportamento, la ionosfera avrà una certa densità e struttura; ad altri comportamenti del sole invece corrispondono altrettanti caratteri di densità e struttura. Per cui possiamo comprendere che le variazioni di propagazione sono legate ai seguenti fenomeni: alternarsi del giorno e della notte (variazione diurna) alternarsi delle stagioni (variazione stagionale) alternarsi di periodi di alta attività solare con periodi di calma (variazione del ciclo solare).



Influenza dell'attività solare sulla propagazione

Il sole è il "motore" della propagazione ionosferica, quindi la sua attività influenza in maniera diretta la propagazione su tutte le frequenze dello spettro HF. Sui 40 metri, tuttavia, l'incidenza dell'attività solare è minore rispetto alle bande alte, anzi, con il ciclo solare verso il minimo le aperture tendono ad essere più lunghe e stabili e il rumore atmosferico è minore nei periodi di attività solare scarsa. Inoltre l'assorbimento dello strato D è minore, poiché essendo inferiore il flusso solare, è più bassa anche la sua ionizzazione, per quanto riguarda la regione F, a causa della bassa attività subisce anch'essa una minore ionizzazione, rendendo problematica la riflessione delle frequenze più alte ma sufficiente a deviare le frequenze più basse.

Propagazione sui 20 metri

Dopo la serie di articoli precedentemente pubblicati, inizia qui una nuova collana dedicata allo studio della propagazione sulle gamme amatoriali più alte delle onde corte, questa ricerca si prefigge l'obiettivo di trattare nella maniera più completa ed esauriente possibile, i vari fenomeni che supportano la propagazione sui 20, 15, 10 metri e le bande Warc dei 12 e 17 metri.

Come sempre non vuole essere un manuale perché la natura imprevedibile e aleatoria della radio propagazione ionosferica non lo permette, ma il tutto è stato fatto confrontando le teorie esistenti e le nuove ipotesi scientifiche, con la mia osservazione pratica e con le esperienze di altri OM.

Caratteristiche generali

E' la gamma più usata per i collegamenti a grande distanza e quindi anche la banda più frequentata a livello internazionale.

L'influenza dello strato D comincia a diventare meno rilevante e la banda può essere aperta giorno e notte, soprattutto nei periodi di alta attività solare quando le aperture sono presso che continue. Quando il sole è tranquillo, le condizioni di propagazione sono favorevoli soprattutto durante le ore del giorno e il Dx va cercato sfruttando soprattutto la fascia crepuscolare. La zona di silenzio limita i collegamenti a distanze maggiori di 700 – 1000 Km. Possibili, soprattutto il mattino, collegamenti nazionali a Skip corto con Sud Italia e Sicilia e ovviamente con l'Europa e il Bacino del Mediterraneo. Ottime possibilità di collegamenti nel pomeriggio con i segnali che arrivano da Ovest, Nord America (Usa e Canada), possibili i collegamenti con la zona del Pacifico soprattutto il mattino. Tuttavia è molto difficile generalizzare poiché la propagazione, di per se' imprevedibile, varia con il variare delle stagioni e con l'attività solare. Le condizioni possono essere notevolmente differenti, ma anche questo contribuisce a rendere affascinante la nostra attività. Le gamme più alte delle HF hanno caratteristiche "diurne" ma con il ciclo solare al massimo le prestazioni possono essere eccezionali e le aperture presso che continue.

Nelle gamme HF, la propagazione sui 20 metri è probabilmente la più facile da prevedere, il fatto di essere una frequenza al centro dello spettro, ha comportamenti meno estremi e permette aperture più solide e durature, tutto questo concorre a rendere i 20 metri la frequenza principale per il dx.

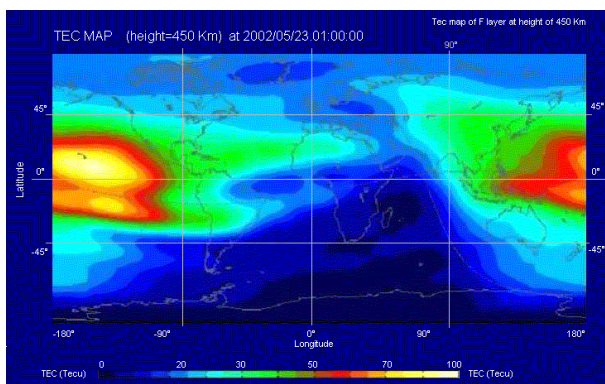


Fig.1: misurazione del contenuto elettronico totale, **TEC (1)** rilevato ad un'altezza di 450 Km (Regione F2), responsabile della propagazione sulla lunga distanza nella banda dei 20 metri. La maggior concentrazione è visibile (zone giallo-rosse) lungo la fascia equatoriale e nella parte illuminata del globo, si nota anche un residuo notturno nella fascia equatoriale e temperata, responsabile delle aperture notturne sui 20 metri. I dati si riferiscono ad un rilevamento di Maggio 2002 quindi in una fase alta del ciclo solare e durante la primavera/estate e dell'emisfero boreale, per questo motivo il residuo notturno è accentuato nell'emisfero nord.

Disturbi

Sulla banda dei 20 metri i disturbi assumono un ruolo meno importante rispetto alle bande basse. Tuttavia il **rumore (2)** non è trascurabile come illustrato nella tabella di fig.2, dalla quale si vede come il rumore più importante sia quello generato dalle attività umane (linea E), ho preso come riferimento un valore medio, che tuttavia può aumentare notevolmente secondo l'ubicazione della stazione, per esempio in grandi agglomerati urbani, zone industriali ecc. Per un buon traffico Dx le stazioni più avvantaggiate si trovano lontano dai grandi centri abitati, dove il rumore "cittadino" è quasi assente. Dalla curva A invece ricaviamo l'andamento del rumore atmosferico che è notevolmente meno importante rispetto alle frequenze più basse.

L'impiego di efficienti antenne direttive ha il vantaggio di poter attenuare l'impatto del rumore, potendo orientare il fascio e attuando per quanto possibile una certa selezione dei disturbi.

Propagazione e attività solare

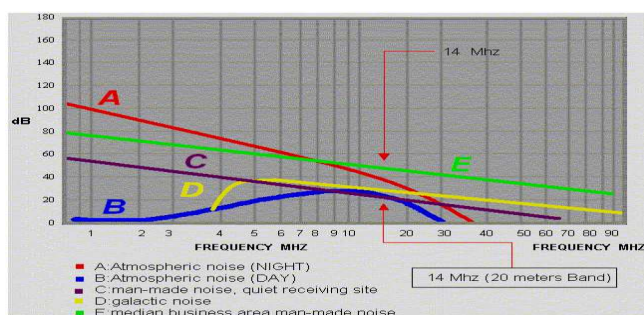


Fig.2 Diagramma del rumore, con evidenziata la situazione per la gamma dei 20 metri.

Come tutte le bande risente del ciclo solare, tuttavia l'influenza dell'attività del sole pur avendo un effetto importante ha un impatto meno estremo rispetto alle bande più alte. Nei periodi alti del ciclo, le aperture sono presso che continue per tutto l'arco delle 24 ore (come è stato confermato anche nel corso dell'ultimo picco), con periodi però più o meno intensi.

Nella fase calante o bassa del ciclo, le aperture si riducono e il dx va cercato nei periodi migliori della giornata, quando le condizioni sono più favorevoli (riduzione dell'assorbimento ionosferico, condizioni favorevoli sul percorso, focalizzazioni), quindi nelle ore che precedono e seguono l'alba e il tramonto del sole, sfruttando la propagazione crepuscolare.

Buone le condizioni anche nelle fasi intermedie del ciclo (prima fase calante e fase che precede il picco massimo).

Durante i massimi di macchie solari, la gamma dei 20 metri ha un andamento che combina le caratteristiche dei 40 e dei 15 metri, essendo aperta simultaneamente sia verso est che verso ovest per gran parte della giornata e diventando anche molto corta quasi come i 40 metri durante le ore diurne, aprendo per quei segnali che arrivano con un ampio angolo d'irradiazione. Per sfruttare al meglio queste peculiarità i migliori risultati si ottengono affiancando un semplice dipolo a mezz'onda ad un'antenna direttiva e gestendo la commutazione di entrambe. Durante la parte bassa del ciclo le aperture sono concentrate verso la parte ovest, verso quindi la parte illuminata del globo e una singola antenna direttiva è sufficiente.

Per quanto detto finora quindi, la banda dei 20 metri è la migliore per tutto il ciclo solare.

Variazioni stagionali e giornaliere

È cosa nota a tutti gli operatori Hf di come la propagazione è influenzata dal moto delle stagioni, noi sappiamo infatti che le condizioni di propagazione seguono un più o meno marcato andamento stagionale e giornaliero.

È difficile però schematizzare un andamento complessivo della propagazione e in questo caso della gamma dei 20 metri perché la propagazione ionosferica non consente certezze ma soprattutto perché le condizioni variano notevolmente da Inverno a Estate con incidenza differente secondo la fase alta o bassa del ciclo.

Vorrei provare tuttavia a fare una sintesi dei comportamenti:

- **Fase bassa del ciclo solare:** le aperture estive sono buone verso tutti i continenti, grazie al fatto che le MUF sono di poco sopra i 15 Mhz e quindi la gamma è aperta per lungo tempo, nonostante siano possibili aperture notturne, presenta caratteristiche prevalentemente diurne. Quando il ciclo è veramente basso, le aperture sono di solito diurne. In inverno il dx è da cercare nelle ore diurne, la gamma tende a chiudersi subito dopo il tramonto del sole.
- **Fase alta del ciclo solare:** d'estate specie nelle ore centrali della giornata le MUF tendono a salire troppo e quindi la propagazione sui 20 metri tende a chiudersi, le aperture sono concentrate nella prima mattinata e verso il tardo pomeriggio/sera. Con il sole in alta attività si hanno eccezionali aperture notturne, con basso assorbimento. In inverno la gamma tende a rimanere aperta per l'intera giornata.

In ogni fase del ciclo solare quindi le condizioni dipendono dalle stagioni. In linea di massima le condizioni sono migliori d'inverno, questo perché d'estate si verifica il fenomeno della Depressione estiva (3) –vedi note (una volta il fenomeno era erroneamente chiamato winter anomaly).

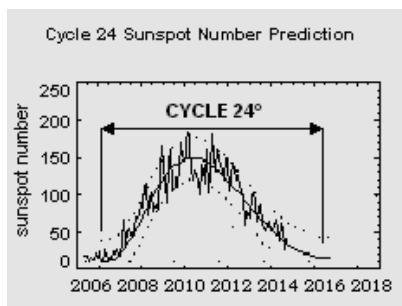
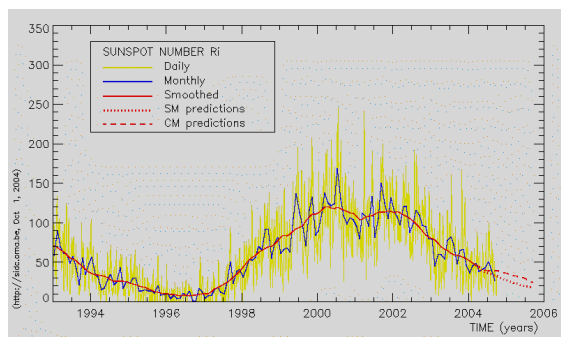


Fig.3: Previsioni per il 24° ciclo solare: Per il ciclo attuale, il 23°, il minimo è previsto per la fine del 2006, poi inizierà la risalita del nuovo ciclo e il numero di macchie tornerà ad aumentare. La fase massima del nuovo ciclo è prevista per il 2010. I fenomeni che regolano il ciclo undecennale del sole, lo sviluppo delle macchie solari e la causa delle stesse è ancora materia di studio. Una di queste ricerche è condotta dal Fisico solare Americano David Hathaway (NASA's Marshall Space Flight Center) uno degli scienziati più esperti nella previsione del ciclo solare. Nel 2004 ci sono stati tre giorni senza nessuna macchia, il 28 Gennaio, l'11 e il 12 di Ottobre. "Questo è un segno dice Hathaway, che il minimo solare è iniziato, ed è iniziato prima di quanto noi ci aspettassimo". Hathaway raccoglie tutti i dati relativi al numero di macchie e prevede con anni di anticipo quando si verificheranno i prossimi picchi massimi e minimi. Non è così facile: "Contrariamente alla credenza popolare" dice Hathaway, "Il ciclo solare non È lungo esattamente 11 anni", "La sua lunghezza, misurata da minimo a minimo, varia:" I cicli più corti sono lunghi 9 anni e i più lunghi circa 14 anni. "Cosa rende un ciclo lungo o corto? I ricercatori non sono sicuri. "Non sappiamo nemmeno se l'attuale ciclo sarà lungo o corto finché non sarà finito". Ma gli scienziati e i centri di studio stanno facendo progressi. Hathaway e il suo collega Bob Wilson, (entrambi lavorano al NASA's Marshall Space Flight Center), credono di avere trovato una semplice soluzione per prevedere la data del prossimo minimo solare. "Noi abbiamo esaminato i dati degli ultimi 8 cicli solari e scoperto che il minimo solare segue di 34 mesi il primo giorno senza macchie dopo il massimo solare" spiega Hathaway. Il più recente massimo solare si è verificato alla fine del 2000. Il primo giorno senza macchie si è verificato il 28 Gennaio 2004, così che applicando la semplice regola di Hathaway e Wilson, il minimo solare dovrebbe arrivare alla fine del 2006. Vale a dire circa 1 anno prima di quanto si pensasse precedentemente. Anche il prossimo massimo solare potrebbe arrivare prima, dice Hathaway. "L'attività solare si intensifica rapidamente dopo un minimo solare. Nei recenti cicli, il massimo solare ha seguito il minimo giusto di 4 anni." Basta fare l'addizione 2006+4=2010, per avere la data del prossimo massimo solare.

Attività Geomagnetica

Rimane sempre valida la regola del campo geomagnetico calmo. L'uniformità degli strati, garantita da una situazione di quiete magnetica e' importante per supportare la propagazione sulle lunghe distanze anche sulla banda dei 20 metri.

Questo significa anche un livello di aurora basso che favorisce i collegamenti che sfruttano i percorsi vicini alle calotte Polari. Soprattutto alle alte latitudini, che per l'Europa corrispondono alle stazioni ubicate nella penisola Scandinava, assume una particolare importanza la situazione aurorale, come confermano i dati che mi hanno riportato alcuni OM attivi da tali settori e che riferiscono di riscontrare dei veri e propri black-out in concomitanza di fenomeni aurorali intensi anche per la banda dei 20 metri. Gli stessi OM scandinavi mi hanno confermato come in certi casi l'aurora è in grado di favorire i collegamenti a skip corto per effetto di riflessioni del segnale sulle cortine aurorali.

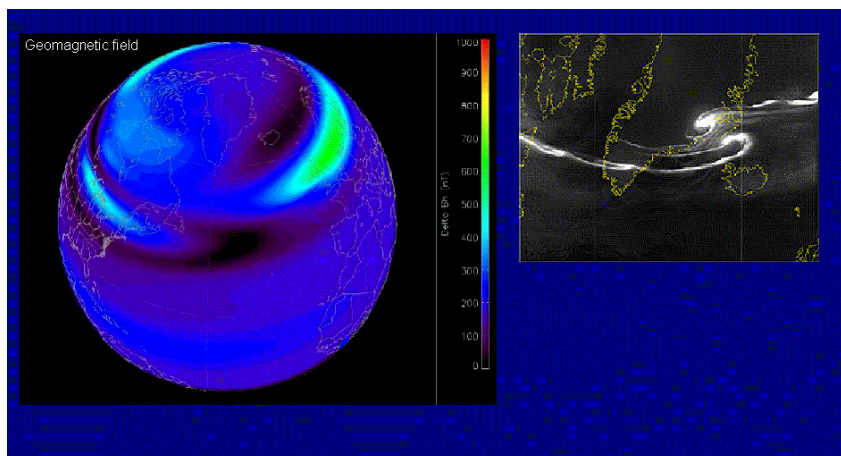


Fig.4: Misurazione satellitare delle variazioni del campo geomagnetico, (nelle zone giallo-verdi la variazione è più intensa) le variazioni più rilevanti hanno luogo alle latitudini più alte.

Come regola di carattere generale, alle alte latitudini la gamma apre dopo e chiude prima rispetto all'Italia, inoltre anche piccole variazioni magnetiche che alle nostre latitudini non hanno nessun impatto, influenzano negativamente la propagazione, questo è avvenuto anche nel corso dell'ultimo ciclo solare, come riportato da stazioni in Scandinavia e in Alaska.

Contributo dello strato E

Vale anche qui il discorso in parte già fatto per la propagazione sui 40 metri. Esiste un effetto simile anche se meno marcato di un contributo favorevole introdotto dalla ionizzazione residua della regione E, che potrebbe intrappolare il segnale in una sorta di condotto ionosferico formato tra lo strato E, e le ionizzazioni più elevate, all'altezza della regione F. Questo avviene spesso durante le ore crepuscolari e sembra si accentui agli equinozi.

Il segnale irradiato con angoli d'irradiazione inferiori almeno a 30° può entrare in questo condotto strato E-F e viaggiare con bassa attenuazione per lunghissime tratte.

La regione E, e' responsabile anche della propagazione corta durante il giorno soprattutto quando il flusso solare è elevato (Fase alta del ciclo). L'intensa attività solare è in grado di elevare la frequenza critica della regione E fino a frequenze vicine ai 14 Mhz, permettendone in sostanza il ritorno a terra a breve distanza.

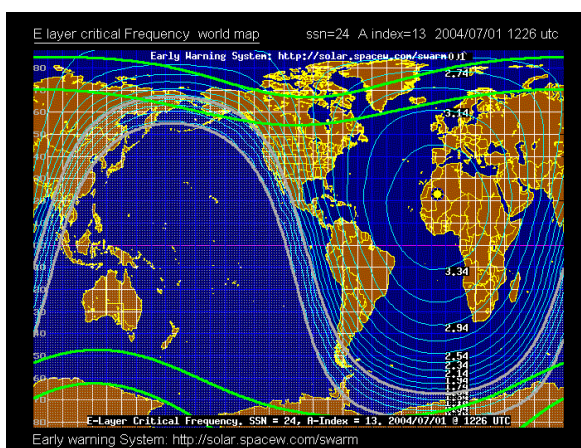


Fig.5. La figura mostra la situazione della Frequenza critica foE relativa alla regione E, esiste una relazione lineare tra la frequenza critica e la MUF e pertanto è possibile conoscere la frequenza utilizzabile. Inoltre viene evidenziata la posizione dell'ovale aurorale e la linea del terminatore alba-tramonto e la linea delle regioni del mondo dove il sole è 12 gradi sotto l'orizzonte, si tratta della fascia all'interno della quale si presume un miglioramento della propagazione Hf. Mappe come questa sono disponibili sulla rete web, come per esempio <http://www.spacew.com/www/foe.html> e forniscono un'indicazione attendibile sulla situazione della regione E, la consultazione di queste carte è importante per gli operatori delle bande basse, soprattutto dei 40 metri ma è utile anche per il traffico sui 20 metri.

Comportamento della Ionosfera

La Ionosfera è formata da tre strati principali denominati D, E ed F. Lo strato F è lo strato più in alto e in determinate condizioni è quello che maggiormente supporta la propagazione HF sulle lunghe distanze, ma come sappiamo essa è un mezzo molto selettivo. Gli elettroni liberi nella regione F interagiscono con il radio segnale, e l'effetto di quest'interazione è la curvatura verso terra del treno d'onde, gli elettroni reagiscono più facilmente con i segnali radio a frequenza più bassa.

Di conseguenza una leggera ionizzazione di F è sufficiente a propagare le onde a frequenza inferiore come avviene appunto nelle ore notturne, quando la ionizzazione residua della regione F è sufficiente a supportare la propagazione dx sulle gamme dai 160 fino ai 40 metri. Gli elettroni liberi non reagiscono così facilmente con le oscillazioni più veloci delle onde radio a frequenza più alta, così che per la propagazione dei segnali sulla gamma dei 20 metri è richiesta una densità elettronica maggiore e man mano che la frequenza aumenta, la densità elettronica necessaria diventa sempre più alta.

La ricombinazione elettronica si presenta più rapidamente nella regione E perché la densità è maggiore, è presente quasi esclusivamente durante le ore di luce e supporta la propagazione diurna e a salto corto nelle gamme dai 160 ai 40 metri, normalmente.

La densità elettronica dello strato E non è sufficiente a rimandare a terra le onde dei 20 metri e superiori.

Nello strato D (presente solo di giorno) la ricombinazione è ancora più rapida e la densità è ancora più grande, pertanto gli elettroni liberi sono pochissimi.

La regione D assorbe i segnali a frequenza più bassa specialmente nelle gamme 40-80-160 metri, le gamme degli 80 e dei 160 metri sono chiuse durante il giorno a causa dell'assorbimento.

La maggiore fonte di ionizzazione ionosferica è l'energia ultravioletta proveniente dal sole, e anche piccole variazioni del livello d'energia ricevuta, hanno un rilevante impatto sulla qualità della propagazione HF. Nei giorni in cui i livelli d'energia sono relativamente più alti, la ionizzazione dello strato F aumenta, migliorando le comunicazioni HF (le MUF salgono).

Viceversa se l'energia UVA diminuisce le comunicazioni HF si deteriorano, e le gamme superiori ai 15 metri diventano inutilizzabili.

La propagazione sui 20 metri risente meno di queste variazioni e in molti casi la gamma può essere l'unica agibile per i collegamenti a lunga distanza.

Ho intenzionalmente riportato questo modello propagativo in modo semplicistico e molto convenzionale, in realtà l'esperienza e l'osservazione pratica mi hanno confermato che la propagazione si sviluppa molto spesso in maniera del tutto diversa e imprevedibile rispetto a questo modello classico.

Bastano piccole variazioni del livello d'energia per causare grandi variazioni nel comportamento del plasma ionosferico, le ricombinazioni elettroniche dei vari strati non sono così lineari, influenzando sia le riflessioni che gli assorbimenti e inoltre altri agenti, di natura meteorologica possono migliorare o peggiorare le condizioni.

La pratica mi ha insegnato che la gamma dei 20 metri, proprio forse per la sua posizione di mezzo, è quella che più si avvicina al modello tradizionale della propagazione HF e pur nella canonica difficoltà è forse la più facile da prevedere, anzi forse è meglio dire, come recentemente mi suggeriva un OM Americano, la meno difficile.

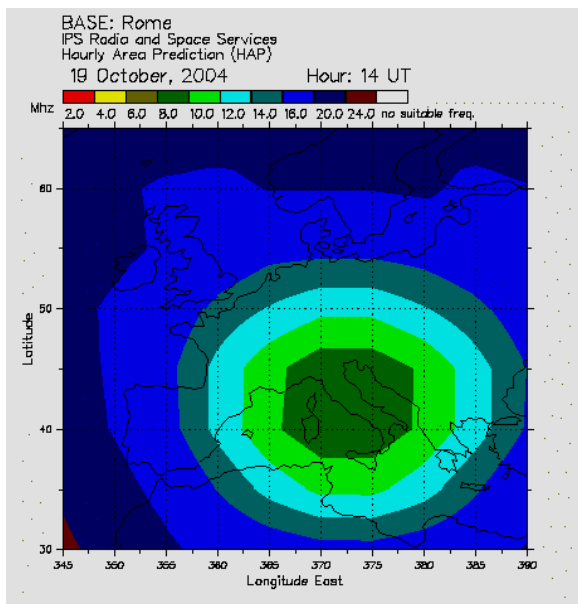


Fig.6: La rete web è uno strumento decisamente importante per chi si dedica allo studio della radio propagazione poiché permette di consultare tutta una serie di dati in tempo reale. Un portale web molto interessante è quello dell'Istituto Australiano di meteorologia spaziale IPS (www.ips.gov.au) perchè rende disponibili una notevole quantità di dati e varie mappe ionosferiche molto interessanti. Qui ho riportato una mappa HAP- (Hourly Area Prediction) si tratta di una mappa disponibile per varie aree geografiche, in questo caso centrata su Roma, che indica le condizioni della ionosfera aggiornate ogni ora e riporta le frequenze utilizzabili a seconda della distanza della stazione da collegare. Mappe come questa sono utili per capire le condizioni di propagazione.

Importanza del flusso solare

Pur essendoci una relazione abbastanza lineare tra il numero di macchie e il flusso solare (4), io preferisco basarmi sui valori del flusso poiché è una misura più diretta. Noi sappiamo infatti che la qualità della propagazione dipende dalla quantità e dall'intensità di radiazione solare che arriva dal sole, e il flusso solare è una misura di tale intensità.

I valori di flusso solare possono variare da un valore minimo di 50 a un valore massimo di 300. Durante i picchi più alti di macchie solari, il flusso è quasi sempre superiore a 200 permettendo eccellenti comunicazioni in tutto lo spettro alto delle HF, dai 20 ai 10 metri. Durante il periodo minimo di macchie solari, i valori di flusso variano da 50 a 80, rendendo le comunicazioni difficili nelle gamme superiori ai 40 metri.

Un aumento del flusso per un periodo di parecchi giorni indica generalmente un miglioramento nelle comunicazioni HF a lunga distanza. Per esempio, le MUF saliranno repentinamente se da valori di flusso di circa 110 si passa ad un valore di 130 persistente per parecchi giorni, viceversa, le MUF diminuiranno se il flusso scende sotto 90.

Riporto una tabella che mostra le condizioni di propagazione in base ai valori del flusso solare.

Flusso solare	Condizioni di propagazione previste
50 - 70	Gamme superiori ai 40 metri inutilizzabili
70 - 90	Da scadente a sufficiente propagazione sui 20 metri e gamme inferiori
90 - 120	Propagazione sufficiente fino ai 15 metri
120 - 150	Da sufficienti a buone condizioni su tutte le gamme fino ai 10 metri
150 - 200	Eccellenti condizioni fino ai 10 metri con possibili aperture via F2 sui 6 metri
> 200	Propagazione aperta su tutte le gamme fino ai 6 metri

I dati in tempo reale del Flusso solare sono consultabili su: <http://hfradio.org/propagation.html>

Note:

(1) TEC: Total Electron Content (Contenuto elettronico totale)

Il numero d' elettroni lungo il percorso dell' onda elettromagnetica misurato in elettroni/cm quadrato, Il TEC è usato per determinare il ritardo e i cambiamenti di direzione dell' onda che si propaga nella ionosfera, si tratta quindi di un valore di riferimento importante per quantificare il livello di ionizzazione della ionosfera terrestre e di conseguenza della qualità della propagazione.

(2) Rumore

Rumore Atmosferico

Il rumore atmosferico è causato principalmente dalle scariche elettriche temporalesche.

Quindi dipende dalla frequenza di ricezione, dall'ora e dalle condizioni atmosferiche, dalla stagione e dalla posizione geografica. Nella fascia di HF, questo rumore è caratterizzato da impulsi corti ascoltabili sopra il rumore di fondo.

Rumore Artificiale

L'ampiezza del rumore artificiale diminuisce con l'aumento della frequenza e varia considerevolmente da posizione a posizione. Il rumore proviene dai motori elettrici, dalle insegne al neon, dalle linee elettriche e dai sistemi d'accensione localizzati ad alcune centinaia di metri dall' antenna di ricezione. Si propagano solitamente lungo la rete elettrica e sfruttando l' onda di terra, tuttavia, per le frequenze inferiori ai 20 Mhz, la propagazione può avvenire anche attraverso la riflessione ionosferica.

Rumore Galattico

Questa forma di rumore ha origine fuori della terra e dalla relativa atmosfera. Il rumore che raggiunge la superficie terrestre si estende da ~15 MHz fino a 100 GHz (per le frequenze più basse è limitato dall' assorbimento ionosferico e per le altre dall' assorbimento atmosferico). Il rumore galattico è dominante nella gamma di frequenza da 40 a 250 megahertz, oltre i 250 megahertz, predomina il rumore interno del ricevitore, sotto i 40 megahertz, invece si deve considerare il rumore atmosferico e artificiale.

(3) Depressione estiva

La forte radiazione solare estiva fa espandere la ionosfera (la ionosfera è un gas che quando viene riscaldato si espande) e provoca una maggiore rarefazione degli atomi ionizzati, la densità elettronica N per metro cubo diminuisce e poiché le condizioni di propagazione sono fortemente legate alla ionizzazione della Ionosfera (indice N), le condizioni risultano deteriorate. Questo fenomeno un tempo era anche chiamato anomalia Invernale.

(4) Flusso solare

Un' importante indicatore del livello dell' attività solare è il flusso di radio emissioni dal sole alla lunghezza d' onda di 10.7 cm (Frequenza di 2.8 Ghz). Il flusso viene misurato quotidianamente dal 1947 ed è un indicatore molto importante perché tende a seguire i cambiamenti dell' intensità della radiazione ultravioletta del sole che influenza l' alta atmosfera e la ionosfera.

Noi sappiamo che l' energia ultravioletta è la più importante fonte di ionizzazione degli strati ionosferici.

F.Egano – ik3xtv

Amateur Radio Propagation Studies www.qs1.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

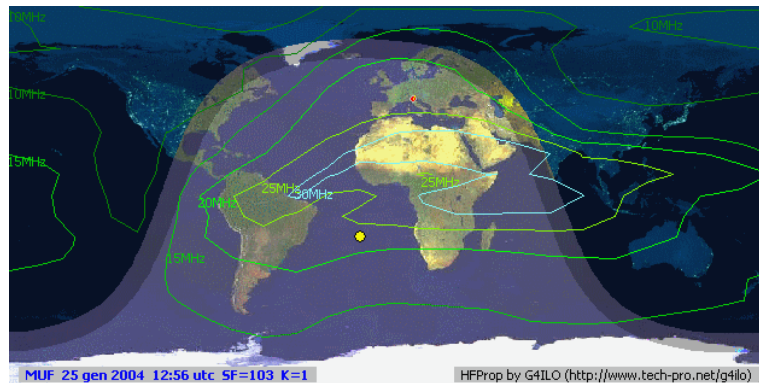
NASA National Aeronautics and Space Administration
RadioAstrolab di Flavio Falcinelli
Solar physicist David Hathaway - (*NASA's Marshall Space Flight Center*)
Hathaway, Wilson, and Reichmann *J. Geophys. Res.* 104, 22,375-22,388 (1999)
<http://hfradio.org/propagation.html>

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

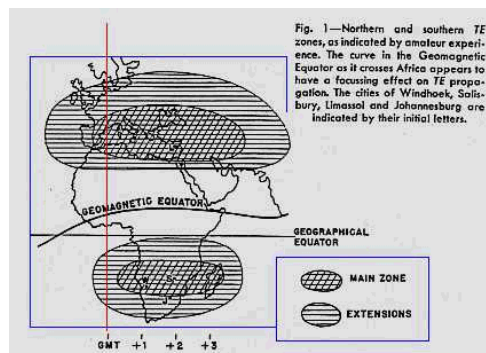


Fig.2 La mappa illustra le zone principali e le aree secondarie soggette alla propagazione TEP che interessa l'area Europea.

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.

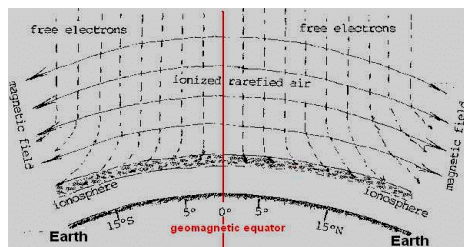


Fig 3: La figura schematizza la situazione che avviene all'equatore geomagnetico, dove le particelle energetiche (elettroni liberi), tendono ad allinearsi lungo le linee del campo magnetico.

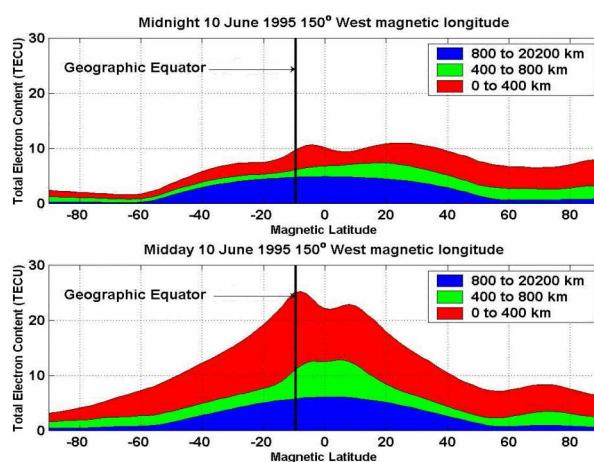


Fig 4: La figura mostra un esempio dove il contenuto elettronico totale TEC è stato calcolato tra i poli nord e sud a 150° di longitudine magnetica, misurato a varie altezze ionosferiche. L'esempio mostrato è riferito ad un periodo di minimo solare. Rispettivamente a mezzanotte e mezzogiorno. La variazione 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.

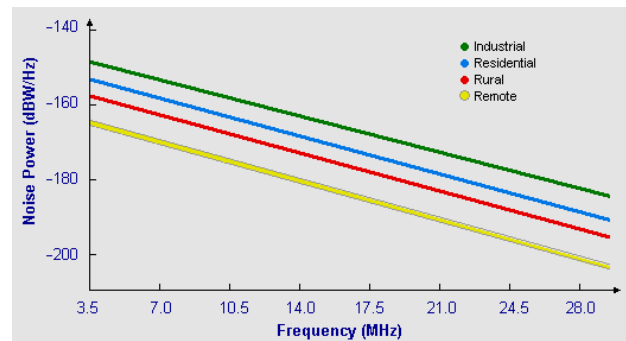
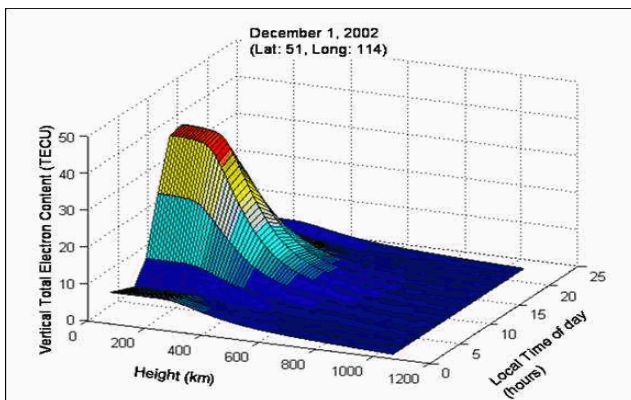


Fig.5a: La gamma dei 15 metri è una gamma diurna, perché richiede un elevato contenuto elettronico, situazione possibile durante le ore illuminate dal sole. Questo grafico è interessante poiché è un esempio che riporta la distribuzione del contenuto elettronico totale TEC, all'interno della Ionosfera 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.

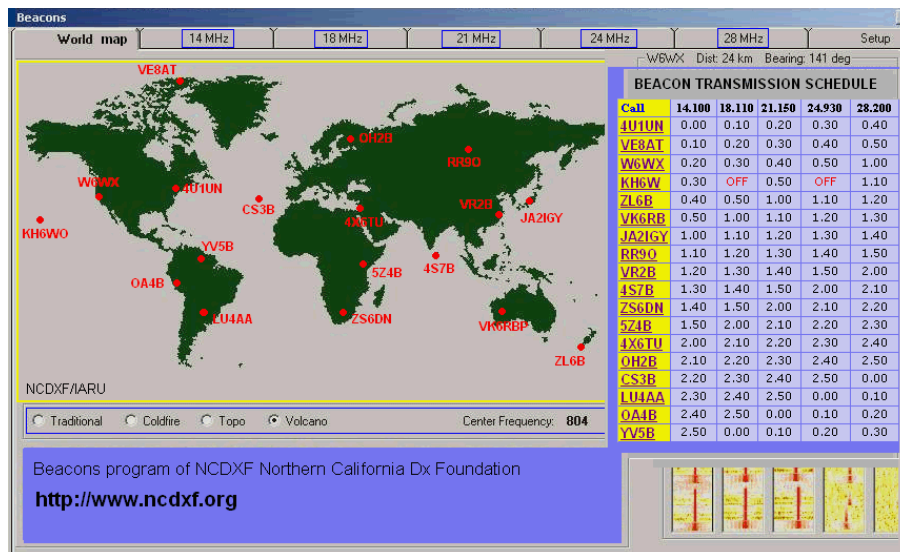


Fig.6: Questa figura e' importante poichè è riportata la mappa con la dislocazione dei beacons della NCDXF. Per chi e' interessato si possono avere maggiori informazioni sul sito web di questa fondazione: www.ncdxf.org dove, oltre a tutta una serie di dati come per esempio la scheda con gli orari e le 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 giornalieri

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

Propagazione sui 10 metri

Caratteristiche generali

Sono possibili collegamenti a brevi distanza sfruttando una moderata curvatura delle onde dovuta alla troposfera, che permette collegamenti oltre la portata ottica. Soprattutto nel periodo estivo sono possibili collegamenti entro un raggio di 2000 – 2200 Km per mezzo di riflessioni dovute allo strato E sporadico. Nei periodi di alta attività solare e durante le ore di luce, sono possibili eccezionali collegamenti a lunga distanza, anche con poca potenza, poiché la fortissima ionizzazione dello strato F rende possibile la riflessioni di onde di 28 MHz e oltre. Con il diminuire dell'attività solare i tempi di apertura si accorciano progressivamente. L'attenuazione dovuta allo strato D è del tutto trascurabile e il rumore atmosferico è molto basso, questo permette di ascoltare anche i segnali più deboli. Le aperture a Skip corto sono molto frequenti, anche perché sono molto spesso dovute all'E sporadico. In 28 Mhz, così come in 50 Mhz, è possibile lavorare deboli segnali su distanze dai 1500 ai 4000 Km per diffusione ionosferica (Iono scatter), questi segnali hanno la caratteristica, oltre che essere molto deboli, di essere accompagnati da una sensibile e lenta evanescenza, comunque la quasi assenza del rumore atmosferico ne favoriscono la ricezione. Nei periodi migliori è possibile lavorare tutto il globo anche con poca potenza e ottimi segnali. Il fatto di essere una gamma al limite superiore dello spettro HF, così come avviene analogamente per la gamma dei 160 metri, al limite opposto, la rende difficile da interpretare e da prevedere e si trova maggiormente esposta al variare delle condizioni, la propagazione ha notevoli e repentine escursioni in base al variare degli indici geofisici.

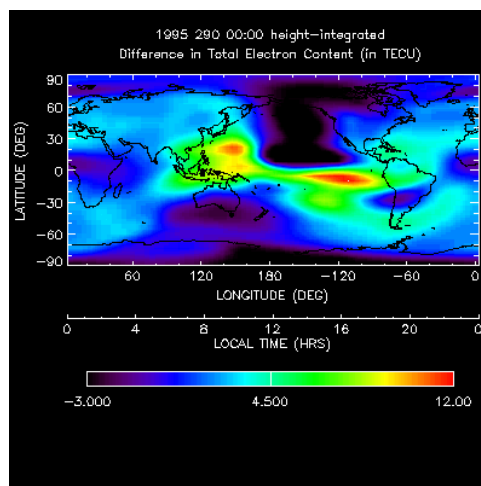
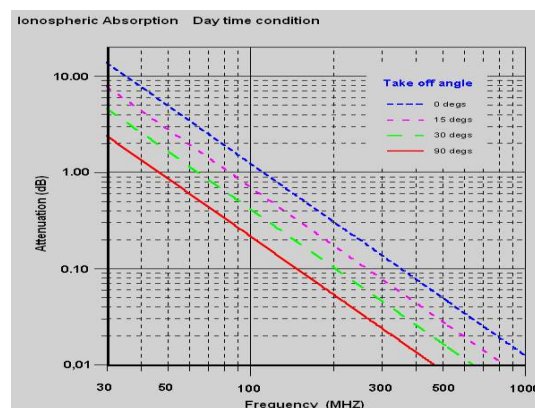


Fig.1 Sono evidenziate le differenze del contenuto elettronico totale in base alla latitudine e all'ora locale, la concentrazione è massima nelle ore centrali della giornata con una maggiore concentrazione nella fascia tropicale, queste concentrazioni elettroniche che determinano poi il livello di ionizzazione degli strati, sui 10 metri assumono un'importanza ancora maggiore rispetto alle alte frequenze delle HF.

Assorbimento

Uno dei vantaggi di questa banda è il basso livello di assorbimento ionosferico, noi sappiamo che per le onde corte l'attenuazione introdotta dalla regione D è la forma di assorbimento più importante, ma l'intensità dell'assorbimento è inversamente proporzionale al quadrato della frequenza, cioè significa che per frequenze vicine ai 30 Mhz, l'attenuazione incomincia a diventare sempre meno importante e consente collegamenti anche a grande distanza, con poca potenza, il limite è che non sempre la ionosfera è in grado di supportare la propagazione.

Nel diagramma in basso è riportata la curva di attenuazione della propagazione ionosferica partendo dai 30 Mhz fino alle Vhf.



E sporadico

Verso la fine della Primavera e l'inizio dell'Estate il traffico sulla banda dei 10 metri aumenta e incominciano ad arrivare dei segnali più o meno forti che possono scomparire rapidamente o durare tutto il giorno e provenire dalla stessa direzione geografica oppure arrivare da varie direzioni ma da distanze quasi mai superiori ai 2000 Km. Questo accade anche se l'attività solare è bassa.

Si tratta della propagazione per E sporadico supportata da grandi zone altamente ionizzate nello strato E della ionosfera la cui origine non è certa ma probabilmente dovute all'azione dei forti venti ionosferici che ammassano gli ioni metallici presenti nella ionosfera in dense nubi di plasma capaci di rimandare a terre i segnali Hf e talvolta la densità di ionizzazione è tale che anche le frequenze di 144 Mhz possono essere rimandate a terra con successo. Le ionizzazioni si trovano ad un'altezza di circa 100 Km. E questo limita il salto attorno ai 2000 Km, sono possibili anche salti doppi, ma a causa della natura irregolare delle ionizzazioni, questi ultimi sono più rari. Gli orari più probabili dove cercare l'Es sui 10 metri sono dalle 0900- 1100 e 1900 - 2300 ora locale, anche se può accadere in qualunque momento della giornata, il periodo tipico va da Maggio ad Agosto, con una ripresa secondaria invernale (Dicembre-Gennaio). Quando il salto diventa molto corto, la ionizzazione è molto densa, quando i 10 metri sono aperti per Es, sono aperti anche i 12 e i 15 metri e spesso anche i 17 e i 20 metri, ma con salto più corto, la distanza di salto diminuisce con il diminuire della frequenza poiché il segnale viene deviato ad altezze via via inferiori per effetto della diminuzione di frequenza.

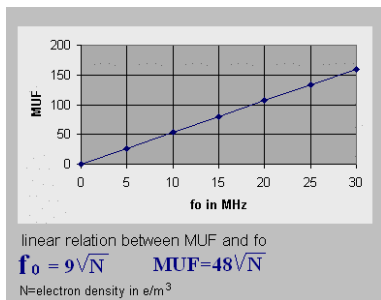


Fig.3

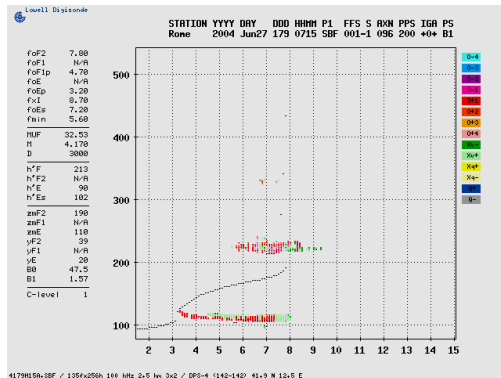


Fig.4

Fig.3: Il diagramma in alto a sinistra mostra la relazione lineare tra la MUF e la frequenza critica fo (I) che deriva dalla formula riportata sotto il grafico. L'esperienza tuttavia insegna come la formazione dell'E sporadico non segua completamente questa relazione lineare, cioè nonostante questa discussione è importante per comprendere i principi di base.

Fig.4: Diagramma della Ionosonda dell'Istituto nazionale di geofisica di Roma, del 27 Giugno 2004 alle 07.15 ut. La fo Es era salita a 7,2 Mhz, in grado di supportare la propagazione sui 10 metri verso sud come confermato dall'ascolto della Sicilia si tratta di una leggera formazione di E sporadico in grado di supportare tuttavia la propagazione sui 10 metri, non sufficiente però a deviare segnali di 50 Mhz. Per esperienza diretta, quando la foEs sale fino ai 12/14 Mhz, lo strato è in grado di supportare la propagazione fino alle Vhf superiori (144 Mhz). L'occorrenza dell'Es diventa via via minore al salire di frequenza. L'evento di E sporadico può verificarsi nel settore superiore delle HF, dai 18 ai 28 Mhz, e estendersi più o meno rapidamente alle frequenze VHF, l'improvviso accorciarsi dello skip sui 28 Mhz, può essere un'indicatore che le MUF d'E sporadico sono salite fino alla gamma dei 6 metri, e in casi eccezionali fino ai 2 metri, anche se su questa frequenza l'occorrenza di Es è molto più bassa. Esempio: Collegamenti corti, con skip inferiore ai 400 Km, possono significare che le MUF salgono oltre i 50 Mhz.

Direzioni favorevoli

Da varie osservazioni e discussioni con l'amico Tony de Longhi, iz3esv (Tony è un noto dxer e un assiduo frequentatore della banda dei 10 metri) è emerso che sembra esistano delle direzioni favorevoli e ripetitive in occasione delle aperture d'E sporadico ma non solo. L'ipotesi, che non ha ancora un fondamento scientifico, è che la direzione dei collegamenti segua delle possibili anomalie geomagnetiche presenti sulla crosta terrestre e concentrate in alcune aree geografiche, anomalie che potrebbero concentrare le nubi ionosferiche più frequentemente in certe aree.

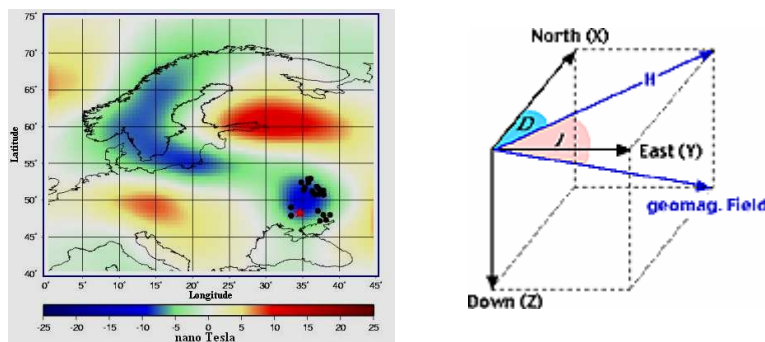


Fig.5: La cartina mostra alcune zone dell'Europa dove si localizzano delle aree soggette a delle anomalie geomagnetiche che sembrano coincidere con le ripetitive aperture favorevoli verso queste direzioni. Da notare la zona rossa localizzata grossomodo sopra l'Ungheria e conosciuta anche dagli Om attivi sui 144 Mhz e responsabile di aperture propagative supportate dal FAI.

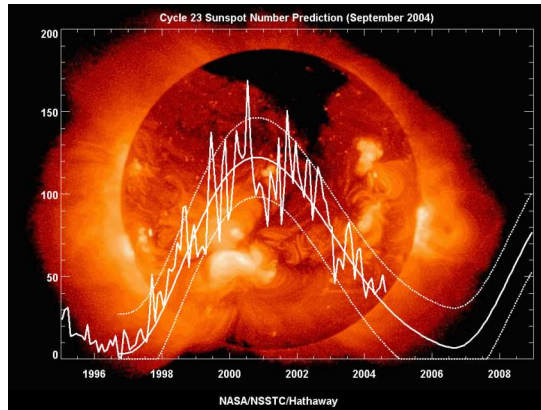
Propagazione e ciclo solare

La propagazione sulla fascia dei 10 metri è in gran parte determinata dal ciclo undecennale del sole. A parte la propagazione per E sporadico, i collegamenti DX sui 10 metri sono supportati dagli strati superiori della Ionosfera, in primo luogo dalla regione F che viene ionizzata dall'intensità della radiazione solare (10,7 cm radio flux) pertanto la propagazione

della banda risente più di tutte le altre frequenze HF dell'intensità del ciclo solare, nei periodi di sole tranquillo la banda appare quasi sempre chiusa e l'attività dx e' concentrata prevalentemente nella fase alta del ciclo.

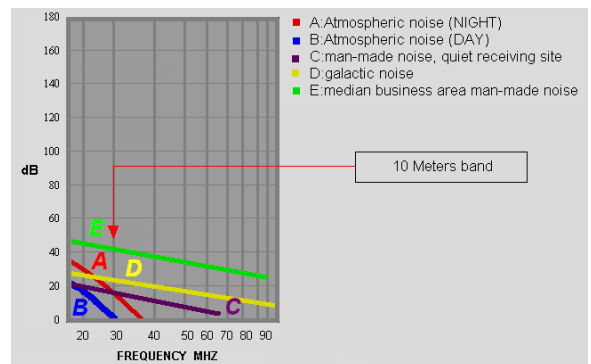
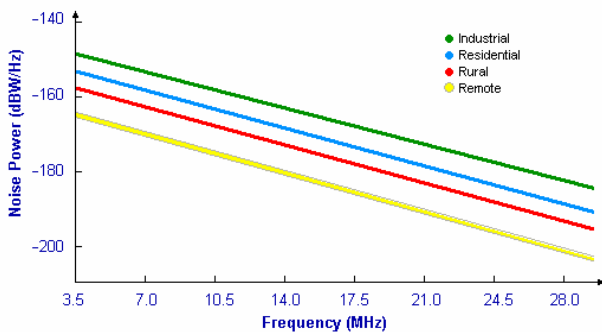
Anche nel corso della fase calante ci sono aperture casuali che sono causate da ionizzazioni provvisorie degli strati ionosferici, alcune di queste circostanze sono dovute a particelle ionizzate che si presentano casualmente come nubi ionizzate nell'atmosfera superiore (E sporadico ma non solo) Durante l'inizio degli anni 80, l'intensa eruzione del vulcano St.Helen ha migliorato il livello della propagazione per parecchi mesi. L'incidente nucleare russo nella metà degli anni 80 ha prodotto un miglioramento simile sulla propagazione. A volte, la propagazione migliora senza nessun motivo rendendo i 10 metri una delle frequenze più difficili da interpretare e allo stesso tempo più affascinanti.

La scarsità di traffico e di stazioni che frequentano i 10 metri e' tale che la frequenza appare chiusa molto più spesso di quanto lo sia veramente.



Rumore

Il rumore e' trascurabile, la banda e' la più silenziosa delle HF, il rumore atmosferico diventa praticamente trascurabile. E come si vede dal diagramma in basso, la forma di rumore più importante e' il rumore artificiale proveniente dalle attività umane, seguito dal rumore galattico che però non si sente poiché si confonde con il rumore di fondo del ricevitore. In linea generale, contrariamente alle gamme basse, i livelli di rumore più elevato si ha nelle ore centrali della giornata e tuttavia, sui 10 metri il rumore non e' quasi mai un problema.



Ionoscatter (diffusione ionosferica)

Si tratta della diffusione delle onde radio nella ionosfera provocato da turbolenze o da irregolarità nella distribuzione elettronica che causano variazioni dell'indice di rifrazione, questo avviene prevalentemente all'altezza della regione D tra i 70 e i 90 km di quota. La propagazione per ionoscatter e' teoricamente possibile per tutto l'arco delle 24 ore poiché le irregolarità di cui abbiamo appena parlato sono sempre presenti nella struttura della ionosfera, e risulta essere poco dipendente dalla meteorologia spaziale (space weather), tuttavia le condizioni migliori dovrebbero essere nelle ore centrali della giornata, quando lo strato D presenta la massima ionizzazione per lo stesso motivo sembra ci sia un'incidenza maggiore nei periodi di sole attivo. La caratteristica del segnale supportato da propagazione ionoscatter e' di essere molto debole con lento fading, nell'ordine di alcuni minuti, e soggetto molto spesso a flutter fading. Il range può andare dagli 800 fino a 2200 Km, esiste quindi un'ampia zona d'ombra non coperta dalla diffusione ionosferica. A causa della notevole dispersione del segnale sono necessarie antenne direttive efficienti e discreta potenza, almeno qualche centinaio di wats, si consideri, a tal proposito che anche se l'antenna direttiva ha un buon guadagno, l'ampiezza del fascio trasmesso non e' minore di 60° e questo significa che la superficie di riflessione a qualche centinaio di chilometri ha una larghezza enorme con la conseguenza, da una parte di una grande dispersione, e dall'altra aumenta fortemente la possibilità di trovare delle anomalie. All'interno di un volume ionosferico così ampio, si trovano molteplici irregolarità che oltre a supportare la propagazione per effetto della diffusione introducono continue variazioni di polarizzazione e di fase causa appunto del caratteristico flutter fading. La possibilità di elevare l'antenna può migliorare la qualità del segnale oltre che accorciare lo skip.

Propagazione tropo

Il contributo della propagazione troposferica sulla banda dei 10 metri assume un significato importante e risulta maggiore rispetto alle altre bande dello spettro hf. Sono possibili collegamenti di qualche centinaio di chilometri sfruttando la rifrazione troposferica,, così come avviene per esempio per la banda vhf dei 2 metri, tuttavia le distanze raggiungibili risultano minori rispetto ai 2 metri poiché l'apporto della propagazione tropo è minore a causa della lunghezza d'onda più alta e per la difficoltà di ottenere antenne ad alto guadagno tipo vhf.

Backscatter

Normalmente due stazioni vicine non riescono ad ascoltarsi a causa della zona di silenzio più o meno ampia che le circonda.

Sui 10 metri questa zona di silenzio, propagazione tropo a parte, può essere stimata attorno ai 200-300 Km, sulle bande basse delle Hf, questa distanza è molto più corta o addirittura non esiste.

In alcuni casi, quando le condizioni della ionosfera lo permettono, due stazioni all'interno della zona d'ombra possono ascoltarsi per effetto della propagazione back scatter oppure side-scatteer.

Quando la frequenza del segnale trasmesso è vicino al limite della MUF, esso viene riflesso verso terra nella regione E o F, ma una parte di questa emissione viene riflessa indietro in un'area condivisa da entrambe le stazioni, e all'interno della teorica zona d'ombra. Il segnale appare molto modulato e facilmente riconoscibile poiché appare privo di evanescenza ma caratterizzato da un forte effetto eco, l'impiego di antenne direttive accentua il fenomeno che appare concentrato maggiormente nelle bande dai 18 Mhz in su.

Propagazione via strato F2

Nel periodo estivo anche in periodi di sole calmo, è probabile che le MUF salgano sopra i 30 Mhz in una fascia che si trova circa un migliaio di chilometri a sud dell'Italia, si tratta di una zona utile per varie riflessioni supportate dalla Ionosfera a latitudini più basse, a conferma della regola sempre valida che la propagazione presenta importanti variazioni geografiche. A tal proposito vorrei introdurre un concetto sull'angolo d'irradiazione dell'antenna che assume particolare importanza soprattutto per il dx sui percorsi più critici, come per esempio i circuiti Trans-polari verso l'Alaska e il Canada Settentrionale, può sembrare banale ma la presenza di montagne più o meno alte riduce drasticamente la possibilità di effettuare il collegamento e paradossalmente, in questo caso un'antenna a basso angolo d'irradiazione può penalizzare anziché favorire il dx.

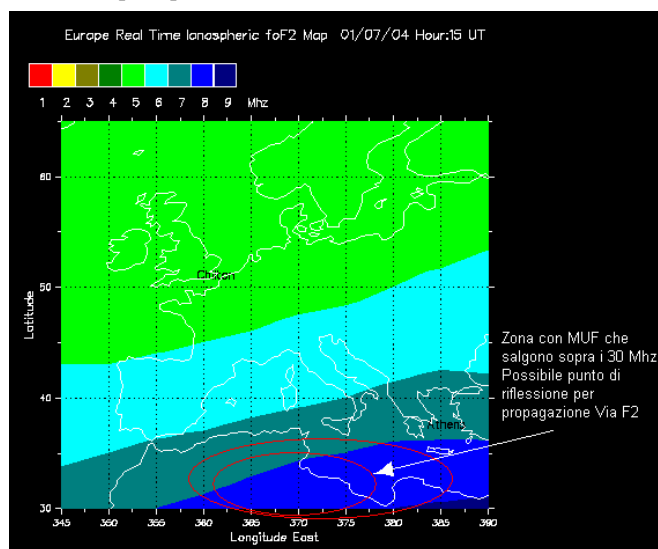


Fig. La figura mostra un'area localizzata a sud del nostro paese dove le frequenze critiche F2 possono salire temporaneamente sopra i 9 mhz e far salire quindi le MUF F2 sopra i 30 Mhz, creando una possibile zona di riflessione, si tratta di una situazione che può avvenire anche nei periodi bassi del ciclo solare.

Durante i picchi del ciclo la regione F2 può estendere le MUF anche fino a 60 Mhz consentendo aperture verso le Americhe, l'Africa e l'Oceania per quelle stazioni dx operanti su queste frequenze o anche inferiori.

L'attività via F2 è grande in alta attività solare poiché vale come regola generale la relazione che all'aumentare dell'attività del sole, aumentano proporzionalmente le MUF F2.

La propagazione via F2 nelle Vhf è abbastanza improbabile in periodi di bassa attività solare e tende ad avere dei picchi nei mesi primaverili e autunnali, concentrandosi nelle ore del giorno poiché è una propagazione che dipende direttamente dalla radiazione del sole e quindi risente molto della posizione geografica intesa come latitudine.

Esempio operativo

A titolo di esempio operativo riporto di seguito i dati relativi ad una eccezionale apertura propagativa sulla gamma 10 metri del 23 Ottobre 2004 dalle 13 UTC e per tutto il pomeriggio, gamma chiusa alle 16.30 Utc (subito dopo il tramonto).

Propagazione aperta nella direttrice est-ovest (USA east coast, Cile e Argentina) con ottimi segnali.

Riporto di seguito gli indici geomagnetici e il grafico della ionosonda dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia di Roma, dal quale si deduce una MUF salita oltre i 32 Mhz. A chi interessa gli ionogrammi aggiornati in tempo reale sono consultabili sul sito dell'Istituto: <http://dps-roma.ingv.it>

Indici solari e geomagnetici del 23/10/2004

Sun Spots: **134** as of 10/22/2004 :: Flux: **123** | Ap: **5** | Kp: **1 (05 nT)**

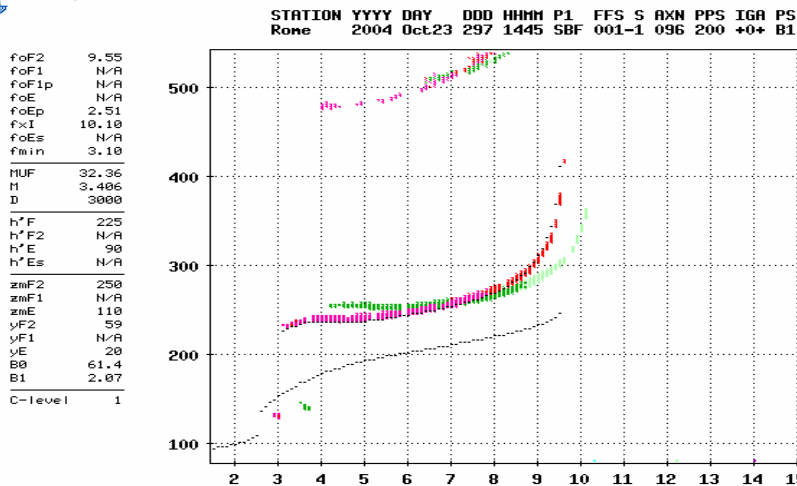
Solar Wind: **352 km/s** at **6.8 protons/cm**

On 2004 Oct 23 1438Z: Bz: 3.5 nT

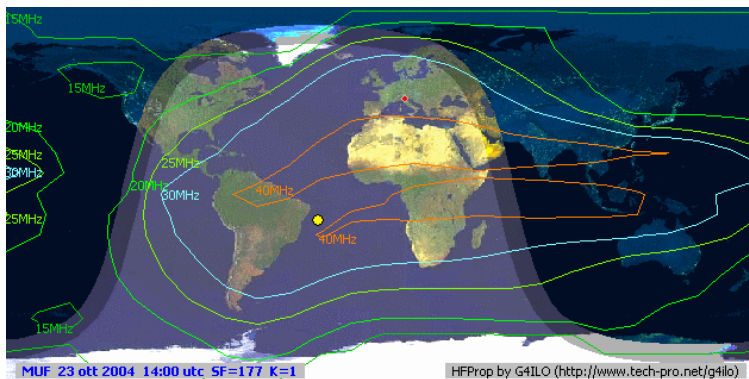
Bx: 4.6 nT | By: -1.9 nT | Total: 6.1 nT

Aurora Activity Level was 3 at 1202 UTC

Lowell Dissonde



4297045A-SBF / 135fx256h 100 HHz 2.5 km 3x2 / DPS-4 (142-142) 41.9 N 12.5 E



Note:

1-fo **frequenza critica**: la frequenza critica e' quella frequenza con incidenza verticale che uno strato ionosferico (E o F) e' in grado di riflettere verso terra.

F.Egano ik3xtv

Amateur radio Propagation Studies 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

NOAA National Oceanic and Atmospheric Administration

NASA National Aeronautics and Space Administration

RadioAstrolab di Flavio Falcinelli

Solar physicist David Hathaway - (NASA's Marshall Space Flight Center

Hathaway, Wilson, and Reichmann *J. Geophys. Res.* 104, 22,375-22,388 (1999)

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

Meteorite e Anomalie geomagnetiche - M.Martinucci, Radio Rivista 7/88

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

Propagazione sui 6 metri

Caratteristiche generali

La gamma dei sei metri associa le caratteristiche propagative delle HF e delle VHF e permette di sperimentare svariati modi di propagazione. Sono possibili collegamenti sfruttando la propagazione tropo, lo ionoscatteer oppure la propagazione via strato F. E' possibile sperimentare l'E sporadico, il meteor scatter, la riflessione via Aurora e per le stazioni meglio attrezzate persino l'EME (Earth-moon-Earth). Le caratteristiche della propagazione possono cambiare nel giro di pochi minuti, passando da una banda chiusa ad aperture sulle lunghe distanze o viceversa. Come per i 10 metri, la propagazione dx via strato F risente moltissimo dell'attività solare, ma nei momenti favorevoli grazie al minore assorbimento e alla possibilità di utilizzare efficienti antenne direttive permette meravigliosi collegamenti con tutti i continenti anche alle stazioni Qrp.

L'intenzione dell'autore è approfondire i vari fenomeni i che supportano la propagazione sui 50 Mhz, avvalendosi come sempre dell'esperienza pratica personale e d'altri OM , e dal confronto con le attuali teorie sulla propagazione.

Propagazione troposferica (tropo-scatter)

Analogamente a quanto avviene per la gamma VHF dei 2 metri, è possibile utilizzare la troposfera per il supporto dei segnali. La distanza dei collegamenti è mediamente inferiore rispetto alla gamma dei 2 metri ma non piu' di tanto.

L'impressione generale fra gli OM è che la propagazione tropo non sia qualitativamente paragonabile alla gamma dei 144 Mhz. La mia esperienza tuttavia, è che se la stazione è ben attrezzata , collegamenti sui 700 chilometri sono possibili con una certa regolarità'.

Interessante la possibilità' di sfruttare i condotti troposferici che si possono formare in presenza di condizioni favorevoli soprattutto sopra il mare.

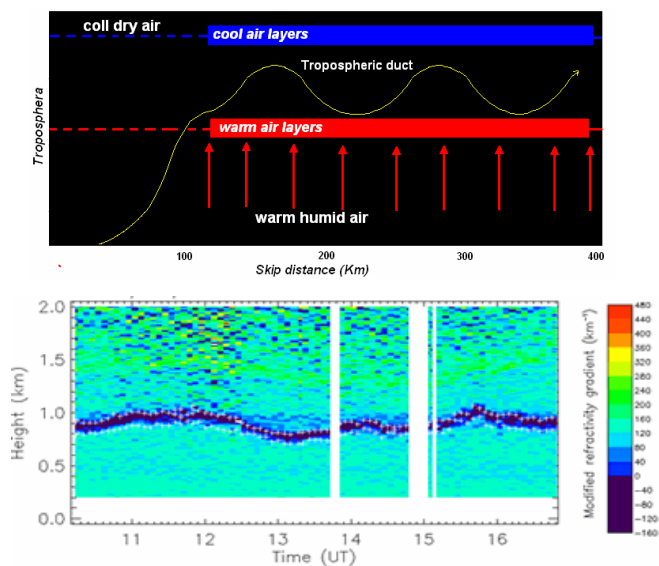
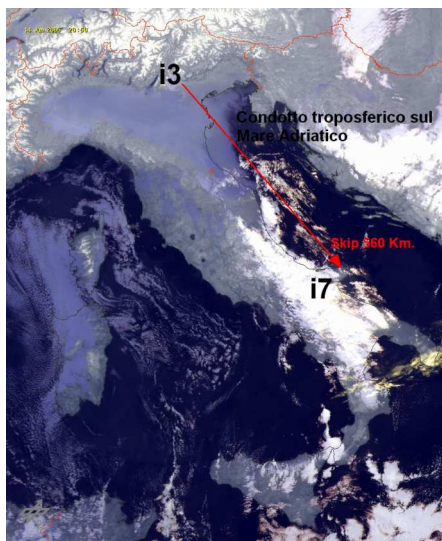
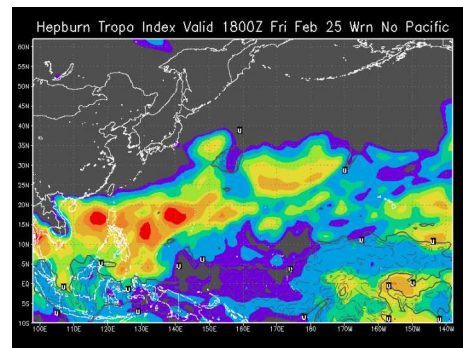
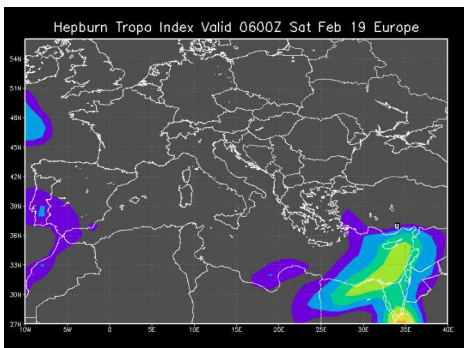


Fig.1: a titolo d'esempio, la carta mostra la geografia di un condotto troposferico che si forma frequentemente sul mare Adriatico e che permette ottimi collegamenti con segnali spesso eccezionali tra il Veneto e la Puglia, dal Gargano fino al Salento, talvolta il condotto si estende fino al Mar Ionio (Skip di circa 1000 Km.), consentendo di collegare l'Isola di Corfù e le coste della Grecia. La sperimentazione sul campo ha confermato che tale condotto troposferico è accessibile sia per le frequenze di 144 Mhz che di 50 Mhz , come ho potuto sperimentare personalmente nel corso dell'Estate 2003 collegando contemporaneamente il Gargano in 2 e 6 metri. Rimane aperto un interrogativo: potrebbe il condotto essere agibile anche per la gamma HF dei 10 metri?

Le due figure a destra mostrano il principio di formazione del condotto troposferico innescato da una variazione repentina del gradiente di rifrazione come riportato nel diagramma dal quale si può dedurre che un'altezza di formazione del condotto attorno ai 1000 metri, i condotti che si formano sull'Adriatico, dovrebbero stazionare a quote inferiori, probabilmente attorno ai 400/500 metri (questo diagramma è ricavato per mezzo di radiosondaggi verticali.)



Sul sito di William Hepburn (VHF/UHF Tropospheric ducting Forecast del TV e Radio DX Information centre) è possibile consultare tutta una serie di mappe su scala internazionale che studiano la situazione troposferica ed elaborano una previsione in tempo reale sulla possibilità che si formino dei condotti troposferici l'indirizzo di quest'interessante portale è il seguente: http://home.cogeco.ca/~dxinfo/tropo_eur.html.

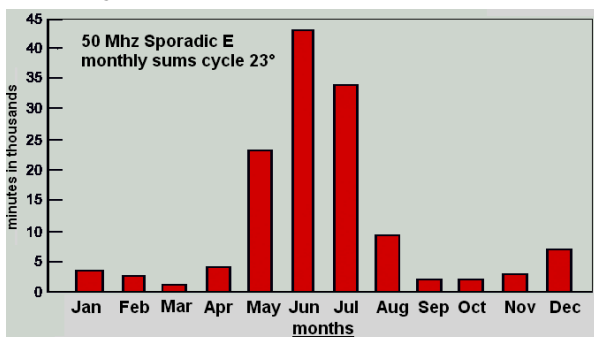
E sporadico

L'E sporadico è forse uno dei modi più diffusi di propagazione sulla gamma dei 6 metri. Del fenomeno ne abbiamo già parlato in modo ampio e articolato in un precedente articolo pubblicato su Radio Rivista, dove sono stati analizzati i meccanismi di formazione e discusse varie ipotesi scientifiche. Vorrei quindi approfondire altri aspetti e se possibile fornire ulteriori spunti di riflessione e stimoli per la ricerca. Sembra esista una relazione tra la formazione dell'Es e i temporali. Quest'ipotesi trova conferma anche da recenti studi condotti dal Dr. Volker Grassmann - DF5AI, il quale ha trovato una correlazione tra l'attività dei fulmini e le aperture propagative di Es in Europa. Nonostante non sia possibile affermarlo con certezza scientifica, appare probabile una correlazione con la formazione dell'Es.

L'ipotesi si riferisce agli effetti convettivi di un temporale che genera onde gravitazionali (1) (Vedi note) che si propagano dalla bassa atmosfera all'atmosfera superiore innescando il fenomeno. E' possibile che avvenga un processo dinamico alle medie



latitudini simile a quanto avviene nell'atmosfera tropicale dove alcuni fenomeni come TID (Disturbi ionosferici mobili) e spread F equatoriale sono davvero causati dai moti convettivi dei temporali. Si tratta di un'ipotesi che vorrei discutere ulteriormente e materia per pubblicazioni future. Com'è noto, l'E sporadico alle medie latitudini può accadere in qualsiasi momento, ma nel nostro emisfero, nella gamma dei 6 metri è più comune nei mesi di Maggio, Giugno e Luglio. Gli orari migliori sono dalle 9 alle 12 e soprattutto dalle 17 alle 20. Le aperture possono durare solo alcuni minuti oppure prolungarsi per parecchie ore. La caratteristica peculiare delle aperture in Vhf e quindi anche in 6 metri è che tendono ad essere molto selettive geograficamente. Spesso anche distanze di 20/30 Km. possono introdurre una certa differenza fra sentire una stazione molto bene o non sentirla affatto. Vediamo quindi alcuni possibili indicatori sulle aperture: il fenomeno si può verificare sulle gamme più alte delle HF (21/28 MHz) ed estendersi più o meno velocemente sulle frequenze più elevate. Un improvviso accorciamento dello skip sui 28 Mhz (400-500 Km) può essere un buon indicatore che le Muf Es hanno raggiunto i 50 Mhz, così come un improvviso accorciamento dello skip sui 50 Mhz (500/700 Km) può indicare una Muf in grado di sostenere la propagazione sui 144 Mhz. Un altro indicatore efficace è il comparire tra i 45 e i 70MHz di segnali televisivi, (sincronismi, audio e spesso addirittura immagini chiare e definite). E' possibile quindi dedurre verso quali direzioni s'indirizza l'apertura. Dopo anni di ricerca, ho sviluppato la convinzione che l'Es sia legato indissolubilmente alla meteorologia (2) e che la radiazione solare non abbia niente a che fare con la propagazione per E sporadico.



Distanze di Propagazione via Es sui 50 mhz

Riporto di seguito una guida generale delle distanze possibili con Es, 2 Es a propagazione Es multisalto

Es singolo salto

distanza minima 500 – 650 chilometri
distanza ottimale 1500 – 2000 chilometri
distanza massima 2200 – 2400 chilometri

Es doppio salto

distanza minima 2800 – 3000 chilometri
distanza ottimale 3200 – 4000 chilometri
distanza massima 4400 – 5000 chilometri

Es triplo salto

distanza ottimale 4800 – 6400 chilometri
distanza massima 6900 chilometri

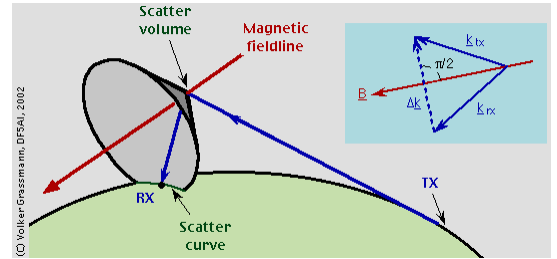
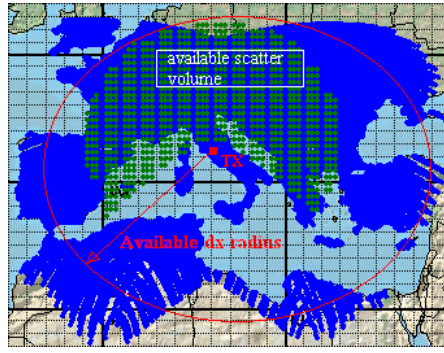
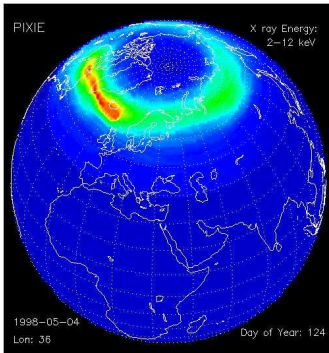
Es multi salto

Massima distanza record: ~ 12,500 km - 48.2597 chE2 Iran ricevuto via multi-salto sporadic E, da N5HV New Mexico - USA

Fig.2 Il diagramma in alto riporta l'incidenza delle aperture d'Es in gamma 6 metri nel corso dell'ultimo ciclo solare (23°) e dal quale si può dedurre come i mesi migliori siano Maggio, Giugno e Luglio. Nella tabella a destra invece ho riportato le distanze indicative dei collegamenti via Es in gamma 6 metri

Propagazione via Aurora

Le zone aurorali hanno una considerevole influenza sulla propagazione radio nella gamma VHF perché quando l'attività aurorale è elevata, è possibile utilizzare la cortina aurorale come diffusore del segnale. Gli orari migliori vanno dalle 16 alle 20 locali e possono essere previsti controllando gli indici dell'attività geomagnetica: un incremento improvviso dell'indice K può essere un segnale importante di possibile attività aurorale, anche se sulla rete web sono presenti dei portali specifici dedicati all'osservazione dell'Aurora che consentono un monitoraggio perfetto in tempo reale. Generalmente l'aurora attiva tende a degradare i segnali in gamma HF ma può supportare collegamenti emozionanti per gli operatori delle VHF con qso anche di 2000 Km. Sui 6 metri eventi eccezionali hanno portato a collegamenti oltre i 2200 km. L'impiego d'antenne direttive è essenziale perché c'è la necessità di irradiare verso l'attività aurorale, nonostante questo la qualità del segnale aurorale è notevolmente degradato per effetto dello scintillamento provocato dalla natura instabile e disturbata delle particelle aurorali. I segnali sono quindi distorti e più larghi del normale. Le comunicazioni sono più facili quando l'attività aurorale è bassa e visibile sul radio orizzonte, tuttavia sono possibili

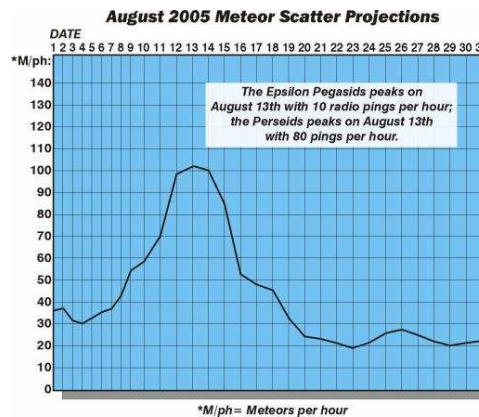
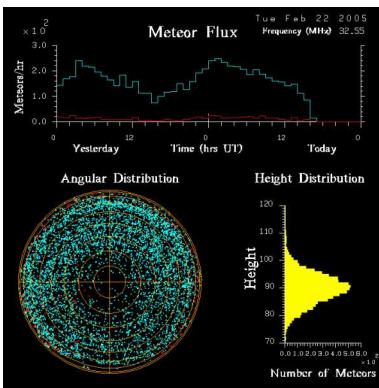


collegamenti anche quando l'attività aurorale dista anche 1000 km e quindi ben sotto l'orizzonte visibile. Questo significa che dall'Italia settentrionale le occasioni sono superiori di quanto si pensi, anche se richiede circostanze speciali. Gli orari migliori sono verso la fine del pomeriggio e le prime ore della sera. Le occasioni migliori invece si hanno attorno alla mezzanotte locale durante le tempeste geomagnetiche importanti.

Fig. 3 Cartina elaborata grazie al programma di DF5AI, e centrata sul nostro paese che raffigura geometricamente le possibilità di collegamenti via Aurora. In verde e' raffigurato l'area di diffusione e in blu il raggio all'interno del quale e' possibile il dx nella propagazione via Aurora. Si consideri che il colore verde corrisponde ad una localizzazione nella Ionosfera ad un'altezza di 105 Km, mentre il blu si localizza al suolo.

Meteor scatter

I collegamenti meteor scatter sfruttano la traccia ionizzata formata dall'ablazione delle meteoriti che entrano nell'atmosfera terrestre alla velocità di 100.000 Km/orari. Questo fenomeno avviene soprattutto nella regione E, dove le possibilità di collisione con le molecole dei gas sono maggiori. Questa traccia ionizzata anche se il corpo che l'ha generata e' piccolo, al momento della formazione e' un cilindro dal diametro di 20 cm. E al suo interno la densità d' elettroni liberi e' molto più elevata che nell'atmosfera circostante, nella dispersione successiva diminuisce il valore d' elettroni liberi ma per tempi più o meno lunghi un treno d'onde in vhf indirizzato verso la traccia subisce una riflessione non specular (scatter) in grado di supportare collegamenti ben oltre l'orizzonte ottico. La natura diffusa della riflessione fa' sì che il segnale sia notevolmente distorto.



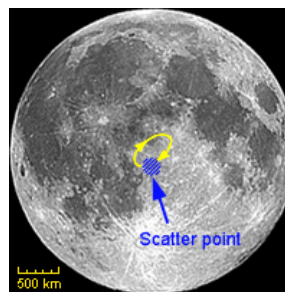
Sul sito di Jim Thomas e' possibile consultare un grafico aggiornato mensilmente che riporta l'attività meteorica e che fornisce quindi un'utile indicazione su come pianificare l'attività per quest'affascinante modo di propagazione. L'indirizzo web e' il seguente: <http://members.cox.net/fmdxweb/thomas.html>. E' possibile anche consultare il calendario meteorico sul seguente sito web: <http://www.amsmeteors.org/imo-mirror/calendar/cal05.html>.

Caratteristiche del METEOR SCATTER / METEOR SKIP

- Periodo migliore: Agosto e da Ottobre fino ai primi di Gennaio
- Picco giornaliero: dalle 0500 alle 1200 ora locale (per sciami notturni)
- Distanza di ricezione: da 1000 a 2000 km.
- Puntamento antenne: E / NE (sebbene qualsiasi direzione sia possibile)
- Durata del segnale: micro-scatter, 1 sec., Generale, 2-3 sec, Elapsed scatter, 10-20 sec, scatter maggiori, da 30 sec a 1 min.

EME

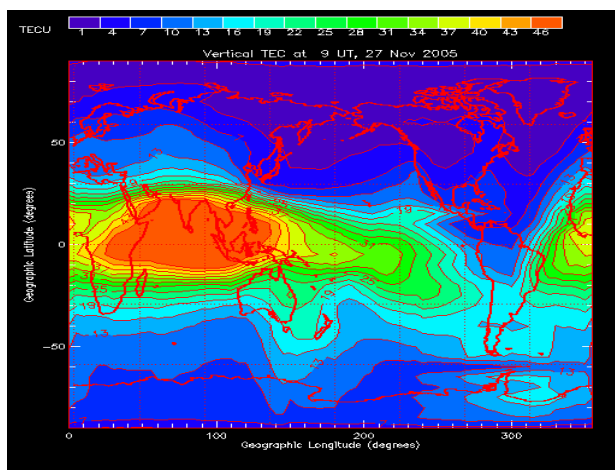
I collegamenti di tipo EME (Earth-moon-earth) sfruttano la superficie del nostro satellite per la riflessione del segnale. Il percorso terra-luna-terra, consente portate paragonabili ai collegamenti via regione F ionosferica, ma e' realizzabile solamente da stazioni d'elevatissima efficienza e dotate di notevole potenza. Il tragitto del segnale di oltre 700.000 km. assorbe tantissima energia. Lo scatter lunare poi introduce un'altra fonte d'ulteriore dispersione, anche se il disco lunare visibile presenta delle differenti proprietà di diffusione.



Negli anni 50 infatti e' stato scoperto che le onde radio, cosi' come la luce visibile e le radiazioni infrarosse Sono riflesse indietro verso la terra, principalmente da piccole regioni localizzate al centro del disco visibile. La luna infatti sembra avere un comportamento differente per le onde radio rispetto alla luce visibile.

Propagazione e attività solare

Le aperture convenzionali via regione F sono concentrate nel periodo d'alta attività solare. Nella fase bassa del ciclo la Rispondenza propagativa e' deludente. Tuttavia eventi solari di una certa importanza, collegati di solito a perturbazioni geomagnetiche, causano un'improvviso rialzo della frequenza critica F_c anche se le probabilità che la gamma apra sono scarse. Abbiamo già visto come, quantomeno nella prima fase d'eventi solari importanti, si possano verificare le circostanze per un'improvviso miglioramento su tutte le gamme e questo e' vale anche per i 6 metri. Mentre le gamme più basse poi vengono penalizzate dall'aumentare dell'assorbimento, i 50 Mhz sono pressoché immuni dai fenomeni dell'assorbimento ionosferico, anche quando nella parte alta della ionosfera si riscontra una fortissima ionizzazione. Assume un ruolo importante la quiete magnetica Soprattutto quando si opera con segnali di debole potenza come le stazioni amatoriali. La ionosfera e' un magnetoplasma, ovvero un plasma immerso nel campo geomagnetico, quindi la sorte di un segnale che penetra in uno strato dipende e non poco, dall'attività magnetica.

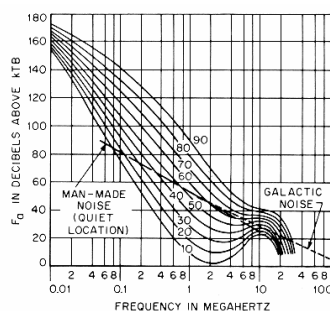


Angoli d'irradiazione dell'antenna

Un altro aspetto fondamentale circa la possibilità di effettuare il collegamento riguarda l'angolo di irradiazione dell'antenna. Soprattutto in una gamma come i 6 metri quando le condizioni del mezzo ionosferico sono spesso al limite e un basso angolo verticale di irradiazione diventa importante per sfruttare le aperture via F2.

Rumore

Il livello del rumore atmosferico è molto più alto sui 50 megahertz che sui 144 megahertz. Sui 50 megahertz, una stazione ubicata in posizione tranquilla ha una temperatura di rumore forse di 4.000 K = dB 12 confrontata con 1.000 K = dB 6 sulla gamma dei 144 megahertz. In città, il rumore artificiale è più alto a 50 megahertz. La situazione e' tuttavia sempre migliore rispetto alle gamme HF poiché sui 50 mhz il rumore dominante e' quello galattico.



Propagazione via strato F2

Nella fase alta del ciclo solare, le MUF ionosferiche possono salire oltre i 50 mhz rendendo agibile la propagazione sulle lunghe distanze anche per la gamma dei 6 metri, Sono possibili quindi fantastici collegamenti intercontinentali caratterizzati da ottimi segnali, cosi come avviene per la gamma Hf dei 10 metri. La possibilità di propagazione in tutto il mondo via regione F è particolarmente affascinante da studiare. Anche chi si avvicina per la prima volta ai 6 metri, noterà presto che le aperture sono imprevedibili anche se un'osservazione più approfondita porta poi a ipotizzare un certo numero di modelli prevalenti. Tuttavia è molto difficile predire quando la gamma si aprirà, in particolare modo per la previsione sul corto termine (previsione giornaliera). Purtroppo, non ci sono risposte semplici a questo dilemma, ci sono alcune parti della propagazione via F2 che sono conosciute e capite e ad alcuni fenomeni rimangono davvero misteriosi. Per capire quando la gamma si aprirà, è essenziale soprattutto

comprendere perché la propagazione si apre via F2. Una discussione sul perché i segnali si propagano, deve cominciare con alcune considerazioni di base su come le onde radio si comportano nella ionosfera. Gli elementi di base sono tre:

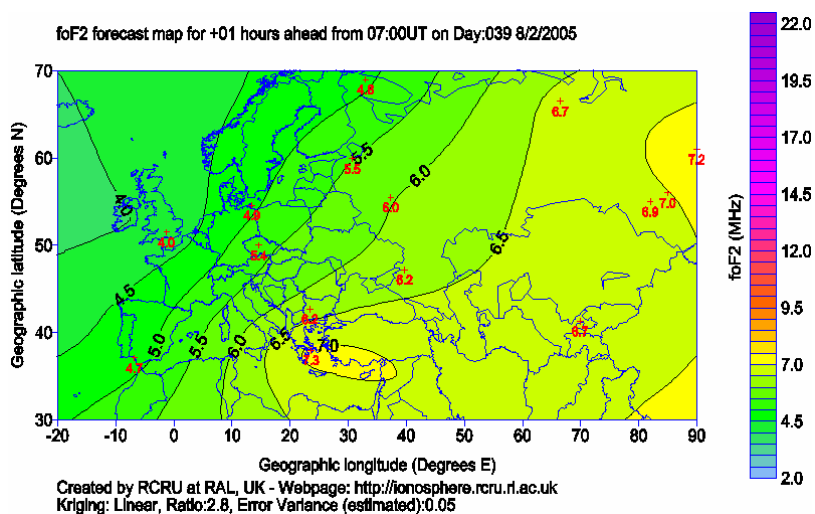
1. La quantità di ionizzazione presente

2. L'angolo di irradiazione del segnale

3. La presenza di grandi o piccole irregolarità nella ionizzazione

Si tratta di parametri chiave nel processo di propagazione via strato F e anche se ci sono molte cose esterne che influenzano la condizione di questi 3 termini, alla fine, la propagazione è una combinazione di questi tre fattori.

Dal punto di vista statistico le aperture via F2 sono molto improbabili e se da una parte questo può sembrare evidente, dall'altra ha una conseguenza molto importante. Gli eventi improbabili nei sistemi fisici complessi sono spesso il risultato di una combinazione di fattori, alcuni dei quali possono anche essere ragionevolmente improbabili. Questo è certamente il caso delle aperture F2 sui 6 metri, dove la propagazione è quasi sempre molto vicina al limite possibile. In sintesi possiamo affermare che non conosciamo ancora bene tutti i fattori e conosciamo ancora meno come loro interagiscono. Nonostante lo strato F2 mantenga una debole ionizzazione notturna, la propagazione via F2 sui 6 metri è circoscritta alle ore diurne. C'è una buona correlazione tra la media sul lungo termine del flusso solare (10 cm radio-flux) e la propagazione F2 (per effetto del numero di macchie, conteggio dei flare e molte altre misurazioni dell'attività solare). Se il flusso solare si mantiene come media elevato mese dopo mese, la propagazione sarà probabilmente buona. Tuttavia, gli ionogrammi a incidenza verticale non mostrano una correlazione giorno per giorno tra le fluttuazioni del flusso e la frequenza critica misurata (f_c) che fissa la MUF corrispondente. Con questo non si vuole ridimensionare il ruolo del flusso solare, esso è un indicatore molto importante dell'attività solare. È certamente vero che lunghi periodi con valori elevati del flusso solare implicano buona propagazione ma è molto difficile stabilire le aperture di un determinato giorno quando il flusso è a 300 oppure un giorno quando il flusso è a 150. Dei singoli giorni con un elevato valore sono meno importanti di molti giorni con elevati valori circoscritti negli ultimi 30, 40 giorni.

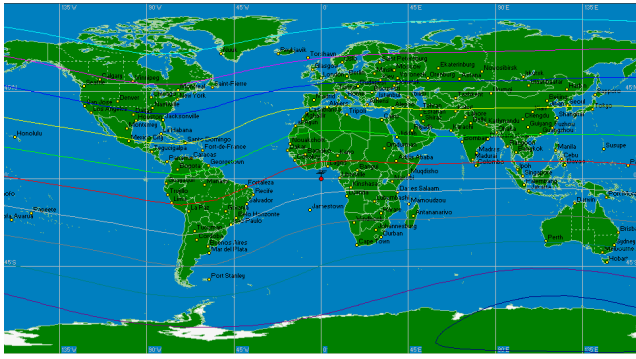


Anomalia invernale

L'anomalia invernale introduce le maggiori fluttuazioni stagionali in prossimità del massimo solare, dove possiamo rilevare MUF giornaliere invernali anche due volte maggiori delle rispettive MUF giornaliere estive. Questo significa che in media, la propagazione F2 tra due stazioni dello stesso emisfero risulta migliore in Inverno e durante il massimo solare. Nel caso di collegamenti multi salto nella direttrice nord-sud, l'anomalia invernale gioca un ruolo differente. In un emisfero è estate mentre è inverno nell'altro. Questo penalizza i collegamenti tanto che il periodo migliore per questa direttrice è la Primavera e l'autunno quando gli effetti dell'anomalia invernale sono omogeneamente distribuiti nei due emisferi (miglioramento equinoziale della propagazione). L'anomalia invernale non è l'unico effetto stagionale.

Propagazione Transequatoriale (TEP)

Nelle zone comprese tra 20 e 30 gradi, sia a Nord che a Sud dell'equatore, l'influenza della distanza zenitale del sole sulla concentrazione elettronica dello strato F2 è notevolmente diversa da quella che ci si aspetta, si tratta dell'anomalia equatoriale. In quest'area la ionosfera assume una forma cupolare. Per effetto di un'azione combinata tra i campi elettrici east-ovest nella regione E equatoriale e dei venti ionosferici, ci troviamo di fronte ad un'iniezione di elettroni dalla regione E alla regione F. Questo implica un aumento della densità elettronica nello strato F2. Questo fenomeno è più marcato nel pomeriggio e nelle prime ore della sera. La struttura cupolare equatoriale produce due regioni, una a nord e l'altra a sud dell'equatore geomagnetico dove la ionosfera è sistematicamente inclinata e dove si formano delle aree allineate secondo le linee di forza del campo magnetico terrestre che soprattutto se questo è in quiete presentano 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. (meta' a nord e meta' a sud dell'equatore) segnali di frequenza più alta della MUF ordinaria. Perché questo meccanismo funzioni è necessario che le regioni cupolari localizzate a Nord e a sud dell'equatore abbiano un grado di ionizzazione sufficientemente alto, se per esempio il livello di ionizzazione su un versante dell'equatore non è abbastanza elevato, la guida d'onda può risultare inagibile. In HF la cosa è molto più semplice e il margine è maggiore. Soprattutto nel tardo pomeriggio-sera, la gamma dei 17/15 metri HF, risultano sistematicamente aperte su questo percorso. In gamma 6 metri la situazione è decisamente più critica e la ionosfera è più esigente. Le occasioni migliori si hanno quando entrambi gli emisferi ricevono la stessa radiazione solare e questo avviene durante gli equinozi d'autunno e primavera, quando il sole è più vicino sopra l'equatore, e quindi fine marzo e fine settembre. Tuttavia il campo magnetico è inclinato rispetto alle coordinate geografiche, come evidenziato nella mappa mondiale rettangolare in basso. Nell'emisfero occidentale, l'equatore magnetico è 11° più a sud dell'equatore geografico.



...tico in quiete, buone condizioni meteo supportate da estesi fronti di alta
 normalmente essere nei periodi equinoziali. A causa quindi della declinazione
 mese prima (Febbraio e Agosto) per collegamenti tra il Nord e sud America.

ha un grande significato. Per le stazioni in Nord America invece, c'è da considerare che anche per percorsi spostati verso est o verso ovest gli equinozi magnetici si verificano prima di quelli geografici, di conseguenza la data dell'equinozio magnetico dipende dallo scostamento rispetto l'asse nord-sud della componente est-ovest. C'è anche da tenere presente un'interazione tra l'effetto degli equinozi magnetici e l'effetto dell'anomalia invernale (che è geografica e non magnetica). Per esempio, se si considera un percorso tra il nord e il sud America, si registra che in parte come conseguenza della posizione dell'equatore magnetico, le MUF sono frequentemente in sud America che in America del nord.

Grey line

Appare evidente che per avere una buona propagazione dx sulla gamma dei 6 metri dobbiamo avere delle condizioni particolari in grado di innalzare le MUF, ma il margine degli strati ionosferici è critico per produrre aperture propagative interessanti. Un altro modo per avere uno strato ionosferico attivo è semplicemente l'effetto del sorgere o tramontare del sole che aumenta la ionizzazione della regione F. Nel lato notturno lungo il terminatore, il livello di riflessione per una determinata frequenza tende ad aumentare, la densità particellare è bassa e le collisioni sono meno frequenti. Abbiamo quindi una situazione dove la ionizzazione rimane più a lungo senza l'effetto del sole. Nell'altro lato, quello illuminato, l'azione dei raggi solari attiva gli ioni attivando gli strati anche a quote relativamente basse. L'effetto è di avere due strati curvi che costantemente si muovono attorno alla terra. Grazie a queste regioni ionosferiche curve si innescano fenomeni di focalizzazione che si ripercuotono sui segnali creando anche fenomeni di super propagazione come per esempio delle guide d'onda ionosferiche che trattengono il segnale all'interno di un condotto ionosferico, rimandandolo a terra a qualche migliaio di km. Questo fenomeno noto anche come chordal-hop supporta la propagazione per molti dei percorsi che superano l'equatore magnetico o lungo la grey line.

Scatter

Irregolarità su piccola scala e condotti ionosferici sono chiaramente delle irregolarità nella ionosfera che come è noto possono supportare la propagazione in maniera più complessa di una semplice riflessione ionosferica. In effetti delle irregolarità locali possono produrre interessanti effetti soprattutto quando si verificano in grande quantità. La propagazione sulla lunga distanza nella gamma dei 6 metri è spesso il risultato di un insieme di fattori. Lo scatter ionosferico gioca un ruolo in molti percorsi, molti effetti sono positivi, altri negativi. Per capire come avviene il fenomeno dello scatter dobbiamo immaginare la situazione differente dalla rappresentazione canonica dove l'intera sezione orizzontale della ionosfera contribuisce alla riflessione. Lo scatter ionosferico ha uno skip differente supportato da una moltitudine di strati riflettivi o rifrattivi normalmente molto piccoli. Il fenomeno quindi si verifica quando il segnale incontra una grande quantità di celle. Questo meccanismo può essere pensato come la rifrazione di una bolla di gas ionizzato, la taglia di queste celle può variare dalla decina di metri a parecchie centinaia di km. Quando un'onda incontra una di queste bolle viene sparpagliata in tutte le direzioni da questo deriva la parola scatter. Poiché le celle si possono trovare a distanze differenti dal punto di trasmissione o ricezione, il segnale arriva con percorsi differenti e quindi con fase differente e siccome normalmente le celle si muovono nella ionosfera, si aggiunge anche un'effetto doppler. Ci sono due regioni magneto-geografiche dove lo scatter ionosferico è più comune. Una nei tropici magnetici e l'altra vicino ai poli magnetici. Ai tropici il fenomeno è associato all'anomalia equatoriale. La forte corrente che muove elettroni dalla regione E ed F1 alla regione F2, produce enormi agglomerati di plasma turbolento che si allineano con le linee del campo magnetico. Questi agglomerati sono composti da un notevole numero di celle di plasma che producono significativi fenomeni di scatter. Nel caso della ionosfera testata da ionosonde per misurare la frequenza critica, anziché visualizzare un singolo strato F, gli echi di ritorno evidenziano una diffusa zona di echi che partendo dalle normali quote della regione F si estendono fino a 800 km di altezza: questa condizione è conosciuta come "Spread F". Lo scatter supportato dallo spread F equatoriale si intensifica stagionalmente in occasione degli equinozi e viene quasi annullato quando il campo geomagnetico è disturbato. Abbiamo precedentemente parlato della presenza di strati anomali vicino ai poli simili ai rigonfiamenti ionosferici equatoriali, anche se l'allineamento in questo caso anziché orizzontale è posizionato verticalmente lungo le linee del campo magnetico. Ci troviamo anche in questo caso in presenza di regioni di scatter supportate da spread F, anche in questo caso si registra un'intensificazione durante gli equinozi con un decadimento nei mesi estivi e invernali. Sembra anche che il fenomeno s'intensifichi nei periodi di massima attività solare. L'effetto è responsabile della modulazione metallica che spesso affligge i segnali che attraversano le aree polari.

Considerazioni finali

Le tre condizioni basilari per un'apertura propagativa sono: ionizzazione, angolo d'irradiazione e la presenza d'irregolarità ionosferiche, il tutto nella giusta combinazione. Ma la comprensione di molti fenomeni ionosferici è ancora lontana, per esempio non conosciamo il comportamento delle distorsioni su media scala della regione F. La Ionosfera è idealmente rappresentata come una superficie completamente sferica. Si tratta di una visione assai lontana dalla situazione reale. In effetti gli strati sono superfici complesse, soggette alla pressione della radiazione solare, attraversati da forti venti e correnti ionosferiche e soggetti all'influenza degli eventi meteorologici nella troposfera. Esistono parecchie strutture di disturbi mobili che possono causare l'ondulazione del plasma e produrre inclinazioni in grado di interagire con l'angolo d'irradiazione e quindi di riflettere i segnali in transito e innalzare localmente le MUF. Un ruolo importante è svolto a mio parere dalle onde gravitazionali atmosferiche associate soprattutto ai fenomeni meteorologici. La radiazione ultravioletta solare è la fonte principale di ionizzazione, di conseguenza il sole è la sorgente principale di questi fattori, tuttavia l'intera scala di fattori e soprattutto il modo in cui interagiscono tra loro non è conosciuto. Le variazioni diurne, il ciclo solare, la rotazione solare, i brillamenti, l'anomalia equatoriale e tutta una varietà d'effetti meteorologici sappiamo che apportano il loro contributo. La prevedibilità delle aperture rimane ancora un sogno.

In linea di principio le situazioni migliori per una stazione localizzata alle medie latitudini sono:

Stesso emisfero (Nord-sud)

Dal sorgere al tramonto del sole, inverno locale (Da Novembre a Maggio nell'emisfero nord), vicino al massimo solare, durante il picco di due settimane del ciclo 27 giorni di rotazione solare, più una serie di fattori sconosciuti

Percorsi trans-equatoriali

Dal sorgere al tramonto del sole, Ottobre-novembre e Marzo Aprile, vicino al massimo solare, durante il picco di due settimane del ciclo di 27 giorni di rotazione solare, più una serie di fattori sconosciuti.

NOTE:

1- Onde gravitazionali atmosferiche

Le onde di gravità atmosferiche sono oscillazioni di tipo elastico che si propagano nell'atmosfera per effetto della sua stratificazione termica. La lunghezza d'onda varia da poche centinaia di metri a centinaia di chilometri, con periodi che vanno da pochi minuti ad alcune ore. Le oscillazioni dell'aria che ne derivano causano piccole fluttuazioni delle variabili atmosferiche (pressione, temperatura, umidità...) ma hanno un notevole impatto sulla struttura della Ionosfera. Negli ultimi anni, la ricerca scientifica sulla Ionosfera e sulla radiopropagazione ha dato grande risalto al ruolo delle onde gravitazionali in quanto hanno un ruolo determinante nell'assetto della Ionosfera e quindi nella propagazione delle onde radio. Le o.g. interagiscono con: Formazione dell'E sporadico - Propagazione troposferica - influenza sulla regione F - Disturbi ionosferici - Assorbimento ionosferico Regione D - Ammassamento/spostamento di ioni all'interno della Ionosfera. L'influenza delle o.g. sembra più marcata nella formazione dello strato F2 notturno, dove contribuirebbero a fornire una piccola ma continua sorgente di nuova ionizzazione, contribuendo al mantenimento della ionizzazione residua notturna.

2-Meteorologia

Le recenti ricerche sulla radio propagazione stanno focalizzando l'attenzione sull'influenza delle meteorologie sulla ionosfera. L'influenza avviene sia su piccola scala (variazioni locali) per esempio formazioni temporalesche, che su larga scala (variazioni globali), come per esempio El-Nino, le correnti a getto, gli anticicloni e le grandi aree di alta o bassa pressione. E' probabile che parecchi modi di propagazione sui 50 Mhz e 144 Mhz, siano indotti dalla troposfera e dagli eventi meteorologici eccetto per Aurora e F2.

F.Egano – Amateur radio propagation studies www.qsl.net/ik3xtv

Un particolare ringraziamento al Dr. Volker Grassmann, DF5AI per aver consentito la pubblicazione di alcuni studi e per la preziosa consulenza.

Bibliografia

Propagation studies – DF5AI Dr. Volker Grassmann

Articoli vari di Marino Miceli, i4sn - Radio Rivista

Troposcatter a 50 megahertz - 700 chilometri QSOs in qualunque momento - Palle Preben-Hansen, © OZ1RH

A Seven Year Study of 50 mHz Sporadic-E Propagation BY PAT DYER,* WA5IYX

Ionospheric Radio, Kenneth Davies, Peter Peregrinus Ltd., London, 1990

Introduction to Ionospheric Physics, Henry Risbeth and Owen K. Garriott, Academic Press, New York, 1969

Ionospheric Radio Waves, Kenneth Davies, Blaisdell Publishing Company, Waltham MA, 1969

Estimated range of distances for sporadic E propagation modes Todd Emslie

50 MHz F2 Propagation Mechanisms by J. R. Kennedy K6MIO/KH6, Gemini Observatory*, Hilo, Hawaii

Comitato studi sulla propagazione del RSGB

Mappe realizzate con il programma DX ATLAS

Propagazione sui 2 metri

Troposfera e tempo meteorologico

La troposfera è lo strato più basso dell'atmosfera terrestre, che alle nostre latitudini geografiche si estende circa fino a 11 km d'altezza. Tutti i processi che determinano il nostro tempo meteorologico si svolgono nella troposfera, questa è limitata superiormente dalla tropopausa. Se le masse d'aria troposferiche sono ben mescolate, la temperatura e l'umidità relativa dell'aria decrescono abbastanza regolarmente, con l'aumento dell'altezza. Questa situazione però non è riscontrabile molto spesso in nessun luogo della terra. Una difformità interessante si manifesta per esempio in presenza di alta pressione meteorologica, caratterizzata notoriamente da belle giornate con poco o nessun vento. In tale caso l'aria troposferica non è mescolata in modo uniforme, ma vi è aria più calda, più asciutta e perciò più leggera disposta sopra altra aria più fresca, più umida e perciò più pesante. Nella zona di contatto tra le due masse d'aria la temperatura e l'umidità variano piuttosto repentinamente. Questo passaggio è chiamato inversione di temperatura. Queste inversioni, offrono interessantissime possibilità di collegamenti dx sulle VHF. Le condizioni per i migliori collegamenti avvengono con situazione di tempo bello, caldo, anticiclonico. Vediamo di seguito i vari modi di propagazione nella troposfera.

Troposfera

La troposfera è lo strato dell'atmosfera a diretto contatto con il pianeta e contiene la più alta percentuale della massa di tutta l'atmosfera. È caratterizzata dalla densità dell'aria e la temperatura media varia verticalmente di 6 °C per chilometro. La troposfera ospita l'80% della massa d'aria e il 99% di tutto il vapore acqueo dell'atmosfera. Il vapore acqueo gioca un ruolo notevole nella regolazione della temperatura dell'aria perché assorbe l'energia solare e la radiazione termica dalla superficie del pianeta. La temperatura e la quantità di vapore acqueo decrescono rapidamente con l'altitudine. La temperatura diminuisce verso l'alto perché il suolo è la fonte indiretta del calore solare, e raggiunge il minimo a -60°C, -70°C, nella tropopausa. La concentrazione del vapore acqueo varia anche con la latitudine. Essa è massima all'altezza dei tropici, dove può superare il 3%, e diminuisce verso le regioni polari. Tutti i fenomeni atmosferici avvengono all'interno della troposfera, tuttavia le turbolenze possono estendersi fino alla porzione inferiore della stratosfera. Troposfera vuol dire "regione di mescolamento" ed è così chiamata a causa delle vigorose correnti d'aria convettive che avvengono al suo interno. Il confine superiore dello strato varia in altezza da 8 km alle alte latitudini a 18 km sopra l'equatore. La sua altezza inoltre varia con le stagioni, maggiore in estate e minore in inverno. Una stretta zona chiamata tropopausa separa la troposfera dallo strato successivo, la stratosfera. La temperatura dell'aria nella tropopausa rimane costante all'aumentare dell'altitudine.

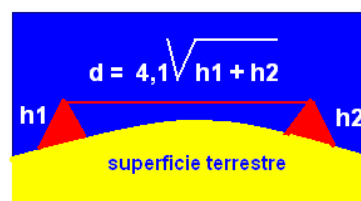
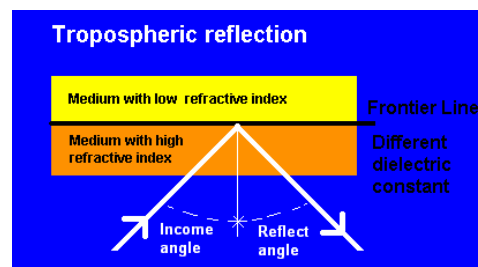
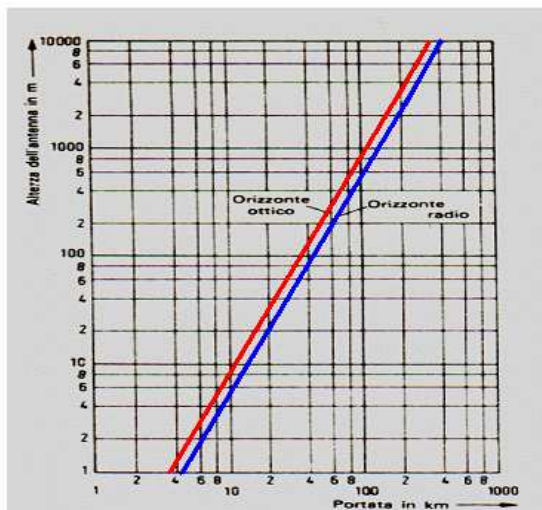
Rifrazione di un'onda elettromagnetica

La teoria di Maxwell dice, che nel mezzo più denso, la luce (la radiazione elettromagnetica, si comporta analogamente alla radiazione luminosa) rallenta la sua corsa e perciò subisce una deviazione, ossia rifrazione, perché ogni fascio d'onde trasversali (di cui è costituita) varia la lunghezza d'onda per mantenere costante la frequenza per soddisfare la relazione fondamentale: Frequenza = velocità della luce/lunghezza d'onda. Il raggio di luce propagandosi nel mezzo più denso rallenta, e la parte superiore di ogni onda frontale sorpassa la parte inferiore, con il risultato che il raggio si incurva verso il basso. L'ampiezza di questo "incurvamento" è direttamente proporzionale all'indice di rifrazione, che è strettamente legato alla densità ottica del mezzo. L'indice di rifrazione è funzione della costante dielettrica. La radiazione elettromagnetica, che si propaga attraverso la troposfera terrestre, quindi in un mezzo più denso del vuoto, subisce una deviazione (rifrazione) sulla superficie di separazione fra i due mezzi aventi costante dielettrica diversa, alla stessa maniera della luce che passando da un mezzo meno denso ad un più denso è deviata. Interpretando la teoria elettromagnetica di Maxwell, il termine più denso sta a significare, avente costante dielettrica maggiore.

Portata ottica

Il collegamento può avvenire in qualsiasi momento poiché le antenne "si vedono". La distanza massima copribile è limitata dalla curvatura terrestre e dipende dall'altezza delle antenne dei due corrispondenti. La portata ottica può essere calcolata con la seguente formula empirica, che tiene conto anche dell'indice di rifrazione dell'aria (d è espresso in Km e h è espresso in metri): $d = 4,1 \sqrt{h_1 + h_2}$

Il limite di questi collegamenti è dato dall'orizzonte ottico, anche se la presenza della troposfera migliora la situazione teorica, poiché l'indice di rifrazione dell'aria è maggiore di 1 (1,00033), e questo causa sempre una certa rifrazione che può aumentare la portata ottica anche di un 20%.



Propagazione per rifrazione e diffrazione troposferica

Le onde possono seguire leggermente la curvatura terrestre estendendo il radio orizzonte. Le onde subiscono un incurvamento verso il basso, (rifrazione) causato dalla presenza di masse d'aria stratificate in regioni aventi costante dielettrica diversa. Le distanze copribili possono essere indicativamente attorno ai 100 – 150 km. La diffrazione e' una propagazione non rettilinea dell'onda elettromagnetica incidente sul contorno degli oggetti. Se ci sono delle montagne in direzione della stazione corrispondente e nel caso di un alto angolo d'irradiazione che colpisce la montagna ci puo' essere una diffrazione del segnale che, nonostante molti dB di attenuazione, puo' consentire buoni collegamenti dx e che permette di svolgere un discreto traffico via tropo in vhf, anche a quelle stazioni che operano per esempio nelle valli alpine. Esistono poi fenomeni di superirrefrazione, come le inversioni di temperatura, che meritano un discorso a parte.

Propagazione per inversione di temperatura

La causa forse piu' comune di rifrazione atmosferica e' dovuta alla cosiddetta *inversione termica*. Normalmente la temperatura nella bassa atmosfera (100 m. – 3000 m.) diminuisce regolarmente e in maniera costante con l'aumentare dell'altezza, se per motivi atmosferici in una certa zona, questa costante diminuzione non e' rispettata, cioe' la temperatura ricomincia ad aumentare, avviene il fenomeno dell'inversione di temperatura che da' luogo ad un incurvamento delle onde superiore al normale. Le portate per riflessione ottenibili dipendono dall'altezza dell'inversione, che in casi eccezionali puo' essere anche a 8 km. di altezza, e anche dall'angolo d'irradiazione dei segnali. Con un'altezza di irradiazione di 8 km. si ottiene dunque una portata di circa 800 km, pero' in pratica le altezze sono minori, per cui e' raro il caso di giungere oltre i 300 Km. Il dx per inversione e' spesso riconoscibile da una lenta evanescenza con poca profondita'. I collegamenti su percorsi prevalentemente marittimi sono favoriti dal fatto che il mare si presenta come una superficie uniforme, mentre in terra, a parte gli ostacoli naturali, le stesse varie condizioni del terreno influenzano gli strati d'aria superiori.

Troposcatter

Questo tipo di propagazione troposferica e' provocato da turbolenze al limite superiore della troposfera che generano in continuita' delle inversioni in miniatura, la diffusione si deve alle rifrazioni multiple di agglomerati d'aria di diversa densita', che fanno da rifrangente per i segnali, per dare meglio l'idea, la diffusione (scatter=irradiazione diffusa) e' composta da simultanee rifrazioni da moltissimi piccoli oggetti. I collegamenti tropo-scatter sono possibili in qualsiasi momento anche se richiedono apparecchiature ed antenne efficaci, poiche' l'attenuazione provocata da questi ripetuti "rimbalzi" e sparpagliamenti, e' molto maggiore che non nella normale propagazione troposferica. La distanza dei collegamenti dipende molto dalle attrezzature, poiche' il segnale in arrivo per diffusione e' di norma debole, comunque con una stazione media sono possibili collegamenti di 500-800 e anche piu' Km. I segnali per diffusione troposferica, sono caratterizzati da una forte evanescenza, causata dal continuo mutare delle condizioni delle microcelle di diffusione e dai percorsi casuali che possono fare i segnali riflessi giungendo fuori fase al ricevitore (distorsione).

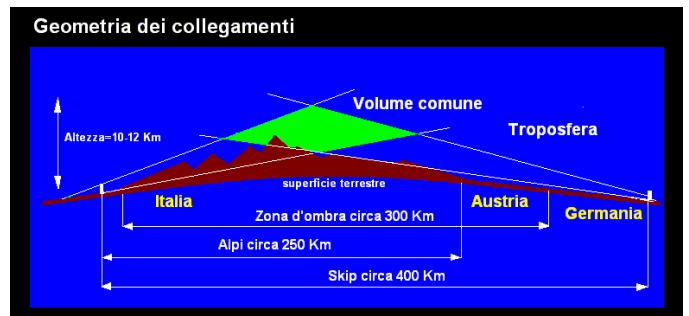
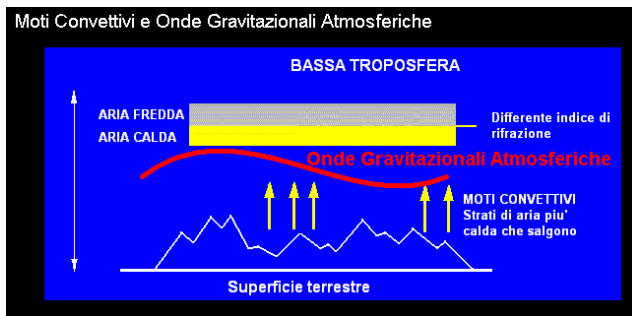
Propagazione per Condotti (Duct) Troposferici

Nel caso di inversioni di temperatura con superficie molto estesa, che si formano soprattutto sopra i mari, possono avvenire rifrazioni multiple dei segnali ad opera dell'inversione, e riflessioni multiple ad opera della superficie terrestre, quindi si ha una propagazione per salto doppio o multiplo. L'inversione di temperatura innesca una caduta del contenuto di umidita' in quota (100- 1000m.) che determina la formazione del condotto. La variazione di indice di rifrazione e' dovuta al diverso tenore di umidita' nei vari strati dell'aria. Le onde radio sono bloccate come dentro una guida d'onda fra uno strato di inversione e la terra o fra due strati di inversione, seguendo perfettamente la curvatura terrestre, riuscendo a coprire distanze considerevoli. In questo caso si ha una debole attenuazione del segnale, che spesso e' ascoltabile solo alle estremita' di questa "guida d'onda" e le condizioni sono buone su aree geografiche relativamente piccole. Il fenomeno di propagazione per "Ducting" troposferico, si verifica spesso, principalmente nei mesi caldi, tra il Veneto e la Puglia, i condotti si formano sopra il mare Adriatico e consentono collegamenti su percorsi di 700 – 800 Km., in casi eccezionali il condotto puo' estendersi fino alla Grecia. Personalmente ho realizzato parecchi collegamenti tra il mio qth (Thiene –Vi, wwl: jn55rq) e la Puglia, con segnali fortissimi, lo stesso fenomeno avviene anche per i 50 Mhz. La scorsa estate ho ascoltato alla stessa ora del pomeriggio, via ducting, due stazioni in zona 7, dal Gargano, che trasmettevano rispettivamente una in 144 mhz e l'altra sui 50 mhz, a dimostrazione che se la guida d'onda e' presente per i 2 metri, puo' essere accessibile anche per i 6 metri. Come gia' detto, in alcune zone della terra, soprattutto sopra i mari, le inversioni termiche sono presenti quasi con continuita', e ad altezze molto modeste, infatti la zona piu' comune per la formazione dei condotti troposferici si estende da 100 m fino a 1000 m di altitudine, difficilmente si verificano a quote superiori, presumibilmente poiche salendo in quota la densita' dell'aria diminuisce progressivamente, riducendo sempre di piu' la probabilita' che si formi il condotto troposferico. Le condizioni meteo necessarie perche' si formino questi condotti sono: Alta pressione barometrica (su un'area piuttosto vasta), buona insolazione e assenza di vento. Per mezzo del ducta si possono superare lunghissime distanze, 1000 Km non sono una rarita', i 2000 Km. sono stati superati ripetutamente e sono stati effettuati collegamenti record via ducting, tra le coste della California e le isole Hawaii, in pieno Oceano Pacifico, con uno skip di 4000 Km. Una caratteristica della propagazione per ducting troposferico e' che i due corrispondenti devono trovarsi dentro o nelle vicinanze del condotto. Nel caso in cui le antenne si trovino in posizione elevata, e il condotto si formi solamente a pochi metri dal suolo, il segnale non riesce ad entrare nel condotto stesso. I condotti si possono formare solamente su superfici piatte o a bassa curvatura (e quindi altitudine)

Propagazione per mezzo di celle convettive

Il modo di propagazione e' simile all'ordinaria propagazione troposferica, ma che trae vantaggi sostanziali da piccole variazioni locali nell'atmosfera, come la formazione di celle convettive, che producono una serie di rifrazioni lungo il percorso. I collegamenti tra il mio qth e le stazioni a nord delle Alpi, e' da attribuirsi a mio avviso a questo tipo di propagazione, la morfologia del terreno (montagne elevate e valli profonde) agevola la formazione delle celle convettive, responsabili di quelle turbolenze e variazioni nella densita' a umidita' dell'aria che come gia' detto producono una curvatura del radio segnale. La mia ipotesi e' che le aperture verso la Germania che interessano il mio qth siano da attribuirsi alla rifrazione dovuta alla presenza di piu' celle convettive lungo il percorso favorite anche dalla morfologia del terreno (montagne elevate e valli profonde), la natura accidentata del suolo agevola la

formazione delle celle, che grazie alle già citate irregolarità di pressione, umidità e temperatura potrebbero causare un'efficace rifrazione del radiosegnale. Quindi l'allineamento di una serie di celle convettive lungo la tratta, renderebbe possibile la diffusione del segnale radio vhf permettendoli di superare le alpi e, in altre parole, potrebbero essere viste come un treno di lenti con capacità rifrangenti. L'efficacia di questa rifrazione è abbastanza elevata, anche se non paragonabile in termini di intensità dei segnali a quella dovuta alla "Ducting propagation", poiché le perdite lungo il percorso possono essere notevoli. Inoltre, rispetto alla rifrazione per "Ducting" troposferici è molto più instabile e l'evanescenza è molto più marcata. Tuttavia i collegamenti sono possibili anche con antenne di modeste dimensioni, personalmente ho utilizzato anche una log periodica da 5 elementi con buoni risultati. Le celle convettive normalmente iniziano vicino al suolo e salgono di circa 1 km ogni 3 ore, pertanto in un pomeriggio estivo, alle ore 15 possono trovarsi ad un'altezza di 3 chilometri. Questa è l'altezza necessaria per superare le montagne e infatti i collegamenti sono molto più facili nelle ore del pomeriggio. Questo tipo di propagazione è stato confermato (anche se non ancora provato) da recenti studi del comitato di ricerca per la propagazione dell'RSGB. Ritengo che la forte evanescenza e instabilità dei segnali sia accentuata dalla mia vicinanza alle montagne (8 km.) che possono anche causare delle riflessioni indesiderate, introducendo ulteriori perdite, un progressivo allontanamento dovrebbe migliorare lo skip e attenuare la presenza del qsb negativo.

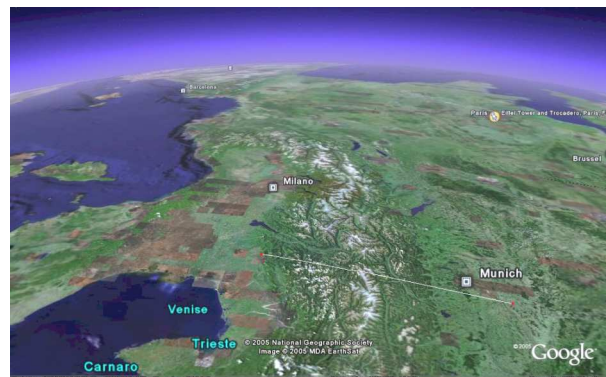
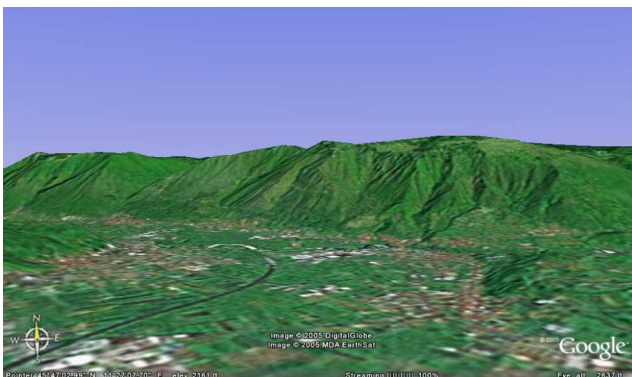


L'Irraggiamento del sole e la Morfologia del territorio determinano la Formazione delle celle Convettive

L'irradiazione solare sulla superficie terrestre ha un ruolo molto importante sulla propagazione dei segnali VHF all'interno della troposfera, poiché determina il riscaldamento degli strati d'aria. La morfologia del territorio influenza in maniera determinante le condizioni di propagazione nella troposfera, noi sappiamo che i collegamenti su percorsi marini, sono favoriti oltre che dalla mancanza d'ostacoli naturali anche dalle migliori condizioni troposferiche indotte dalle masse d'acqua che possono formare vaste aree d'inversione di temperatura che si possono trasformare in veri e propri condotti troposferici, all'interno dei quali i treni d'onde possono viaggiare con relativamente bassa attenuazione. Dalla conformazione della terra dipende quindi una serie di fattori quali: la diversa distribuzione dei raggi solari sulle varie zone della superficie terrestre, la diversa capacità termica delle varie zone della terra, la differente disponibilità di vapore acqueo, la deviazione delle masse d'aria in movimento alle quote più basse. Ciascuna conseguenza ha una diretta ricaduta sulla dinamica e sulle condizioni dell'atmosfera. Venendo al percorso troposferico in esame, siamo in presenza di una tratta prevalentemente montuosa, con vette molto alte e vallate profonde, difficile quindi da analizzare poiché la morfologia del terreno è complessa. Tuttavia, la presenza di profonde vallate sembra favorire per effetto del diverso riscaldamento del suolo, la formazione di moti convettivi che dovrebbero essere il sostegno della propagazione verso la Germania. Il possibile allineamento di queste celle convettive dovrebbe formare un insieme di lenti capaci di portare i segnali oltre le alpi. Quest'allineamento non sempre è possibile e non sempre è in grado di sostenere la propagazione, a conferma della forte instabilità dei segnali soggetti a rapida e improvvisa evanescenza. Le stazioni arrivano anche molto forti per poi scomparire e ricomparire nuovamente dopo alcuni minuti.

Ho avuto modo di discutere con il Dr. Volker Grassmann, DF5AI, che è stato in passato ricercatore al Max Planck Institute (Facoltà di Aeronautica) circa le varie condizioni di propagazione troposferica. DF5AI mi faceva notare come la propagazione via Tropo non può essere generalizzata, ma bensì studiata in relazione alla morfologia locale del territorio dove si svolge il collegamento. Ogni tratta ha le sue caratteristiche indotte dalla conformazione fisica del territorio, cioè dalla presenza di masse d'acqua, valli e catene montuose che influenzano significativamente i movimenti d'aria nella troposfera.

Analisi dei collegamenti Transalpini



La città di Thiene si trova al margine estremo della pianura veneta ai piedi dell'altopiano di Asiago. Le pendici delle montagne si trovano a circa 8 km di distanza e il take off verso nord risulta completamente coperto (foto in alto a sinistra). Tuttavia i collegamenti con le stazioni del sud della Germania sono abbastanza frequenti, nonostante sulla carta siano quasi impossibili.

Ho cercato di spiegarmi quale tipo di fenomeno supporti la propagazione sulle tratte transalpine, come evidenziato nella foto in alto a destra.

Celle convettive

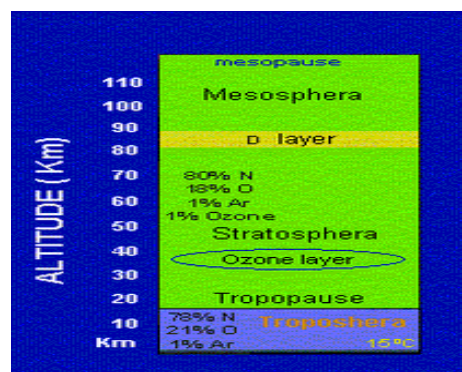
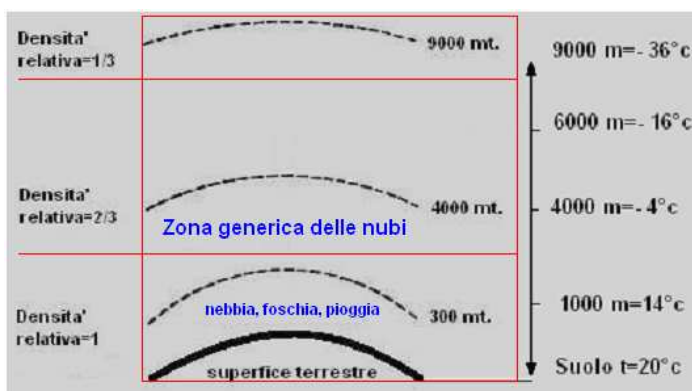
L'aria si muove perché la superficie terrestre è riscaldata in modo diseguale. Al variare della temperatura, varia la densità dell'aria e quindi la pressione atmosferica, si formano quindi delle forze che tendono a ripristinare l'equilibrio barico, mettendo in moto l'aria. Come nella realtà ciò avvenga è piuttosto complesso, perché molte sono le variabili che entrano in gioco, ma in termini ideali la cosa è piuttosto semplice. Prendendo a prestito il classico esempio della pentola d'acqua posta su un fornello, avremo che l'acqua immediatamente sopra la fonte di calore si riscalda e dilatandosi diviene più leggera e si porta verso l'alto, determinando una parziale diminuzione di pressione sul fondo della colonna centrale e un aumento di pressione in superficie. Si è, in tal modo, creata una disomogeneità barica tra la colonna centrale, sopra il fornello, e le pareti laterali (fredde), nascono così delle forze che tendono a ripristinare l'equilibrio alterato, mettendo in moto l'acqua: dal centro verso le pareti, in superficie, e dalle pareti verso il centro, sul fondo. Avremo così, quella che, in termini tecnici, assume il nome di **cella convettiva**. Il sistema appena descritto vale pari pari anche in atmosfera ogni qual volta il sistema di circolazione sia di dimensioni relativamente limitate (dalle decine di metri fino alle decine di chilometri come nel caso delle brezze). In termini generici, i moti delineati caratterizzano anche la circolazione generale dell'atmosfera terrestre, determinata dalla differente insolazione tra polo ed equatore. Su grandi scale però altri fattori, conseguenza della rotazione terrestre e della diseguale distribuzione di mari e terre emerse, divengono importanti, determinando così, ad esempio, la formazione della fascia dei grandi *anticicloni perenni*, come l'Anticiclone delle Azzorre, ma anche di venti superficiali caratteristici come gli *alisei*. Le aree più favorevoli all'instaurarsi di celle convettive a piccola o media scala sono quelle ove il suolo presenta grande varietà per copertura e per natura (brezze mare-terra), o dove il terreno risulti particolarmente accidentato (brezze valle-monte), infatti, la variabilità di pendenza crea una disomogeneità di riscaldamento in conseguenza della diversa esposizione del suolo ai raggi solari.

Azione delle Onde Gravitazionali Atmosferiche

Un contributo importante che sostiene la propagazione VHF sopra le Alpi, viene a mio avviso dalle onde Gravitazionali Atmosferiche. La presenza della catena delle Alpi genera una serie di onde gravitazionali che si propagano dalla superficie fino ai limiti della troposfera e anche oltre. L'azione delle O.G. sulle bolle d'aria sostenute dai moti convettivi sarebbero la causa delle irregolarità che causano il variare dell'indice di rifrazione e quindi in grado di supportare la propagazione delle onde elettromagnetiche.

Limite della troposfera

La distanza dei collegamenti dx, in VHF viene influenzata dall'altezza della troposfera, o meglio dall'altezza di quella parte della troposfera dove la densità dell'aria e di conseguenza di quelle variazioni di cui ho già precedentemente parlato, e' ancora sufficiente per consentire una rifrazione dell'onda elettromagnetica. Fino a 300 metri dal suolo, la densità dell'aria e' uniforme, per ridursi a 2/3 ad un'altezza di 4000 metri e di 1/3 a 9000 metri dal suolo. La troposfera contiene il 90% dell'atmosfera terrestre e il 99% del vapore acqueo; e' formata per il 21% di ossigeno molecolare (O₂), per il 78% di azoto molecolare (N₂) e sono presenti in quantità del tutto trascurabile (1-2%) anche altri gas. La zona dove e' più probabile trovare le condizioni per un'efficace rifrazione, per quanto detto sopra, si trova negli strati più bassi della troposfera. Fino a 300 metri di altezza, troviamo particelle di polvere, foschia, umidità e variazioni di temperatura, man mano che si sale l'atmosfera diventa via via più pura e meno densa, riducendo progressivamente le capacità di rifrazione. E' questo il motivo per cui gli strati di inversione (Condotti troposferici) sono presenti fino ad altezze indicative che arrivano ai 1000 m. Per consentire il collegamento, la rifrazione deve avvenire in un'area definita della troposfera, denominata "volume comune". Nella Tropopausa, la temperatura e' costante (-60 gradi C°), la densità dell'aria e' molto bassa e quindi non sono possibili variazioni dell'indice di rifrazione di nessun genere. In linea di principio, la temperatura della terra diminuisce di circa 6 gradi centigradi ogni 1000 metri di altitudine, questo a causa della progressiva riduzione della densità dell'aria



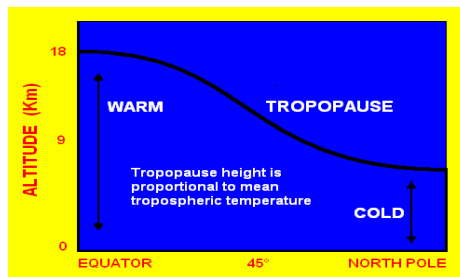
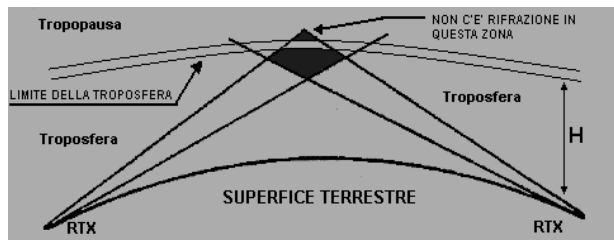
Altezza della troposfera

Una ragione delle migliori condizioni estive per il dx sulle Vhf potrebbe essere la maggior rifrazione per il radio orizzonte più grande, dovuto alla maggiore umidità dell'aria più calda e al maggiore gradiente di temperatura. L'altezza della troposfera varia a seconda delle stagioni e della latitudine. Questo influenza le possibilità dei nostri collegamenti a lunga distanza. La tropopausa e' il limite superiore della troposfera, che contiene le celle di diffusione in grado di diffondere (Scatter) i nostri radio segnali. Il limite della tropopausa e' quindi il punto più alto dove possiamo trovare queste celle. Uno dei motivi delle migliori condizioni di propagazione dei mesi estivi, potrebbe essere dovuto alla maggiore altezza della tropopausa in estate. A proposito dell'aumento del radio orizzonte, e' stato calcolato che per effetto del riscaldamento dell'aria e del contenuto di vapore acqueo, il raggio reale della

terra di 6375 Km, possa assumere un valore virtuale due volte e mezzo maggiore, come se fosse 16000 Km. Questo significa che l'attenuazione su un percorso puo' ridursi di ben 60 dB (incremento di 1000 volte della tensione in arrivo), rendendo un collegamento a oltre 300 Km di distanza, da impossibile ad abbastanza buono.

Volume comune

E' quella zona nella troposfera dove puo' avvenire la rifrazione del segnale , e' un'area ampia e indefinita , e che dipende tra le altre cose dagli agli angoli di irradiazione delle antenne , e' legata alle continue variazioni e turbolenze dell'atmosfera comunque per quanto gia' detto si puo' trovare ad altezze in genere fino a 3 – 4 Km. In quest'area i fasci d'onda dei corrispondenti si incrociano per cosi' dire in un volume "comune" della troposfera, il posizionamento in altezza di questa zona ,influenza la distanza del collegamento. Quest'area ha come limite superiore la tropopausa, sopra di essa, non essendoci variazioni di alcun genere non puo' esserci rifrazione.



Evanescenza

A causa della diffusione del segnale dovuta a tantissime riflessioni simultanee che possono arrivare fuori fase al ricevitore, ci puo' essere una piu' o meno forte distorsione del segnale, per avere una buona ricezione e' necessario che tutti i piccoli segnali risultanti dalle micro rifrazioni arrivino in fase al ricevitore. Il fading lento dei segnali tropo e' da attribuire soprattutto ai cambiamenti nelle condizioni di rifrazione nell'atmosfera, mentre il fading rapido e' causato dai movimenti delle irregolarita' su piccola scala che sono responsabili del processo di "scatter".

E sporadico iper denso

Lo strato Es puo' raggiungere livello di densita' elettronica anche piu' del doppio rispetto all'E ordinario diurno.

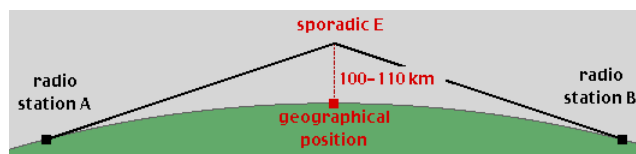
Dalla densita' di ionizzazione delle nubi di E sporadico, dipende la frequenza che è rimandata a terra, il dx sui 144 Mhz si presenta nell'1% dei casi in cui è accertato l'Es utile per le frequenze HF. Per elevare le MUF oltre i 50 Mhz, sono necessari agglomerati iperdensi con concentrazione elettronica N elevatissima e in grado di Deviare raggi radenti fino a 200 Mhz, questo accade in maniera meno marcata rispetto ad esempio ai 50 Mhz, dove nei mesi estivi, le aperture sono quasi giornaliere.

L'improvviso accorciarsi dello skip sui 50 Mhz , puo' essere un' indicatore che le MUF d'E sporadico sono salite fino alla gamma dei 2 metri . Ma che cosa innesca il repentino aumento delle MUF? A questa domanda non sappiamo dare una risposta.

E' solo possibile formulare delle ipotesi come:

- ablazione meteorica
- fenomeni meteorologici (temporali)

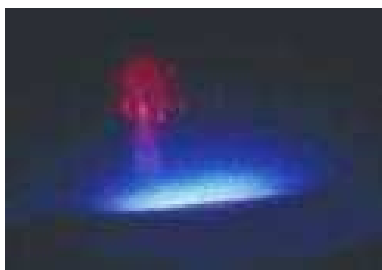
Vorrei di seguito approfondire quest'ultima ipotesi che deriva da una ricerca condotta dal Dr. Volker Grassmann-DF5AI.



E sporadico e il ruolo dei temporali nella generazione delle irregolarita' del plasma

Ogni anno tra Maggio e Agosto i radioamatori realizzano centinaia di collegamenti sulla lunga distanza (800-3.500 km) in 144 MHz.

Tutte queste comunicazioni sono possibili grazie a delle irregolarita' nel plasma ionosferico all'altezza della regione E , chiamate E sporadico. Si hanno quindi collegamenti a singolo e talvolta anche a doppio salto. Occasionalmente forti temporali si verificano in prossimita' del centro (punto di riflessione) dei percorsi dei radio collegamenti L'ipotesi e' quella che i temporali siano una possibile fonte d'innesco per l'E sporadico soprattutto per i fenomeni piu' intensi, responsabili dell'innalzamento delle MUF sopra i 144 mhz. Questa ipotesi tuttavia non e' del tutto accettata dalla comunita' internazionale dei radioamatori poiche' l'effetto dei temporali sulla formazione dell'E sporadico non e' stata ancora dimostrata con convinzione scientifica, anche se recentemente e' stata pubblicata una recensione sull'autorevole rivista scientifica „Nature“ dove si discute in merito alla connessione tra temporali e ionosfera la cui traduzione e' riportata di seguito.



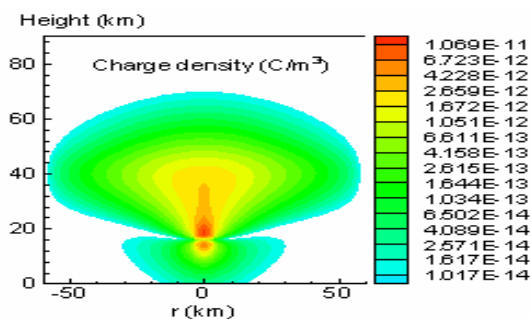
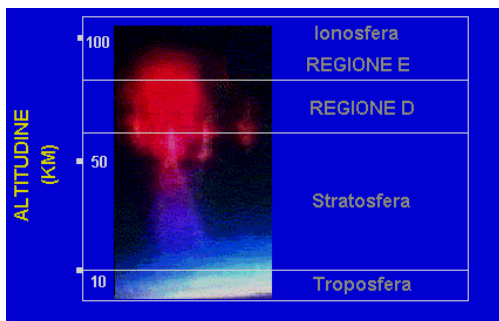
Lightning-induced intensification of the ionospheric sporadic E layer

C. J. Davis and C. G. Johnson - Nature 435, 799-801 (9 June 2005) | doi: 10.1038/nature 03638

TRADUZIONE: Una possibile correlazione tra i temporali e la ionosfera è stata ipotizzata fin dagli anni 20. Per spiegare questa relazione sono stati proposti parecchi meccanismi e misurazioni. Che dimostrano come i fulmini interagiscono con la bassa ionosfera ed evidenziano come all'interno dello strato E sporadico si localizzino strutture con elevata densità elettronica nella regione E della ionosfera alle medie latitudini che interagiscono con la propagazione delle onde radio. Queste strutture possono essere modulate dai temporali. In questo caso identifichiamo a livello statistico, un'intensificazione e un'abbassamento in altitudine dell'Es alle medie latitudini sulla ionosfera soprastante i temporali. Poiché non si è trovato un analogo responso nella regione E senza fulmini, possiamo concludere che queste intensificazioni localizzate di Es possono essere attribuite ai fulmini. Con molta probabilità il fenomeno può essere spiegato con le onde gravitazionali che propagandosi verticalmente, trasferiscono energia dal luogo del fulmine alla ionosfera o scariche elettriche verticali, oppure da una combinazione di questi due meccanismi.

Possibili effetti legati agli sprites

Si tratta di fenomeni simili ai fulmini che si sviluppano però nella stratosfera ad un'altezza compresa tra i 10 e i 100 chilometri, avvengono quindi delle scariche elettriche della durata di qualche decimo di secondo che si sviluppano a causa della differenza di potenziale tra le nubi e l'alta atmosfera. Tali eventi arrivano ad interessare la regione E e potrebbero impattare in maniera significativa sulla struttura della ionosfera.



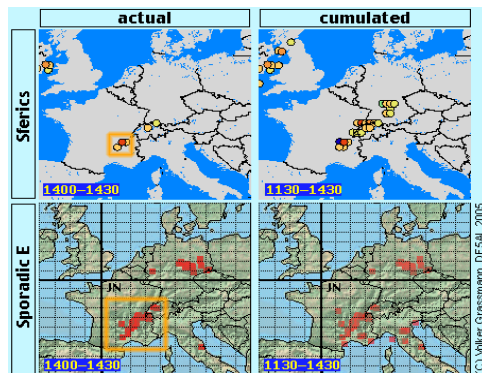
Sviluppo in verticale di uno sprite, la scarica si propaga dalla troposfera fino ad un'altezza di 100 chilometri, coinvolgendo direttamente la Ionosfera (regione D e regione E). Gli eventi più estesi hanno un diametro che può arrivare a 100 Km. e possono propagarsi in un volume di 10000 chilometri cubi.

Il progetto

Il progetto consiste nell'investigare la correlazione spazio-temporale tra le aperture di Es in 144 MHz e i temporali.

Propagazione sui 144 MHz: costantemente monitorata attraverso i report di molti OM attivi che registrano data, ora, frequenza e posizione geografica.

Temporali: rappresentata dalla registrazione delle sferiche (impulsi radio a bassa frequenza emessi dai fulmini) pubblicati da vari istituti meteorologici su internet.



Utilizzando le osservazioni di molti OM, abbiamo registrato la distribuzione spazio-temporale dell'apertura di Es nell'Europa centrale avvenuta il 27 Giugno 2004 confrontandola con la registrazione meteorologica delle sferiche sull'Europa

Discussione

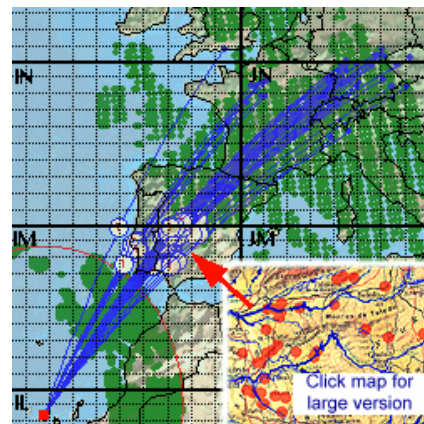
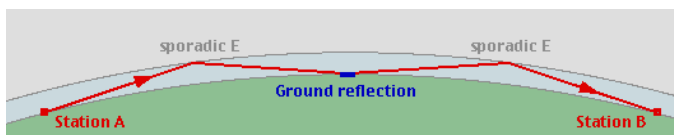
Durante il mese di Giugno un'alta attività di E sporadico e di sferiche sono molto comuni; e non è una sorpresa che entrambe possano verificarsi nella stessa posizione geografica. In questo caso particolare tuttavia, l'E sporadico e la posizione delle sferiche, mostra una distribuzione spazio-temporale molto simile. Questi risultati indicano che gli effetti convettivi di un temporale generando

onde gravitazionali che si propagano dalla bassa atmosfera all'atmosfera superiore stimolino la generazione dell'E sporadico? E' possibile che questo risultato indichi un processo dinamico alle medie latitudini simile a quanto avviene nell'atmosfera tropicale dove alcuni fenomeni come TID (Disturbi ionosferici mobili) e spread F equatoriale sono davvero causati dai moti convettivi dei temporali? Non possiamo al momento rispondere a questa domanda perché i dati raccolti non sono ancora sufficienti e non è possibile addirittura escludere del tutto un risultato casuale. Tuttavia noi crediamo che questi risultati siano motivo di ulteriori e più approfonditi studi e motivo di una più stretta collaborazione tra gli esperti scientifici e gli OM operanti sulle VHF (simile a quanto avvenne negli anni 60' e 70' con la ricerca sull'Aurora). Le osservazioni dei radio amatori possono solamente rilevare la presenza dell'apertura di Es e la presenza contemporanea di temporali. I dati scientifici sono invece necessari per analizzare il fenomeno nel dettaglio per esempio con l'utilizzo di radar ionosferici e ionosonde nell'area dell'Europa centrale

Propagazione E sporadico a doppio salto

IPOTESI: La riflessione al suolo al centro del percorso potrebbe essere supportata da importanti corsi d'acqua, come analizzato per una serie di qso tra le Canarie e la Germania in uno sud. Infatti estrapolando i dati di entrambe le stazioni è possibile stabilire il punto mediano di riflessione. La superficie terrestre è un riflettore piuttosto scarso dei segnali VHF. Quando nel punto centrale di riflessione c'è acqua (un oceano o un grande lago) la riflessione è molto più efficiente. Questo appare ancora più vero dalle analisi di alcuni qso fatte dall'amico Volker DF5AI, dove appare evidente come la riflessione terrestre nel punto mediano sia supportata da alcuni importanti corsi d'acqua. Nella figura in basso infatti evidenzia una serie di collegamenti tra le isole canarie e Germania dove il punto mediano coincide con un'area geografica in Estremadura - Spagna ricca di fiumi. Questa discussione focalizza l'attenzione sulla posizione geografica delle riflessioni al suolo, molte altre osservazioni sembrano correlate con la posizione di laghi o fiumi importanti in grado di supportare una riflessione dell'onda incidente. Tuttavia il concetto della riflessione attraverso laghi e fiumi deve essere considerata una speculazione che è davvero supportata da molti esempi anche se una verifica finale non è ancora disponibile. Anche se questo fenomeno veramente esiste, non può spiegare tutti i casi di propagazione Es a doppio salto. In alcuni casi sembra che le riflessioni siano correlate alla posizione delle rotaie delle linee ferroviarie.

La capacità riflettente della terra varia da eccellente a estremamente scarsa. Dipende dalla posizione geografica: l'acqua salata presenta una costante dielettrica $K=81$ e una conduttività $G=5$ S/m, area agricole o coperte da foreste presentano una costante dielettrica $K=13$ e $G=0,006$ S/m mentre le aree urbane e industriali in genere presentano un $K=3$ e $G=0,001$ S/m.



Propagazione transequatoriale sui 144 mhz

La propagazione trans equatoriale è basata sulla riflessione delle onde radio nella regione F2 ionosferica che si estende da 250 a 500 Km di altitudine. Questo strato non riflette i segnali VHF e perfino i 50 mhz vengono riflessi solo in determinati momenti favorevoli e durante i periodi di alta attività solare. Perché in certe circostanze sono possibili collegamenti sui 144 Mhz tra stazioni situate all'incirca alla stessa latitudine ma in emisferi opposti?

La massima frequenza riflessa dalla regione F2 dipende dalla combinazione di parecchi fattori:

- Densità di ionizzazione presente
- L'angolo di irradiazione del segnale nella ionosfera
- La presenza di irregolarità nella ionizzazione
- Collegamenti a singolo salto non sono possibili in 144 mhz perché la ionizzazione non è mai così alta da permettere ad un segnale di superare l'orizzonte per raggiungere lo strato F2 con un angolo di incidenza così piccolo da essere riflesso.

Una possibile spiegazione del fenomeno è da ricercarsi nella presenza di molte irregolarità che assieme ad elevate ionizzazioni e bassi angoli incidenti, permettono al segnale di essere riflesso verso terra anziché perdersi nello spazio.

Un'anomalia che senza alcun dubbio influenza il meccanismo è l'anomalia equatoriale, una curvatura ionosferica a cavallo dell'equatore geomagnetico, dove per 20° a nord e a sud (significa una fascia larga circa 4000 Km.), la ionosfera ha uno sviluppo cupolare. Questa struttura presenta due regioni, una a nord e l'altra a sud dell'equatore dove la ionosfera è inclinata verso l'alto. La curvatura fa sì che il segnale arrivi con un'angolo di attacco più basso e sufficiente e deviarlo verso l'emisfero opposto dove viene riflesso nuovamente verso terra. In questa regione ionosferica curva, si crea in determinate circostanze una gigantesca guida d'onda in grado di supportare il segnale per migliaia di chilometri.

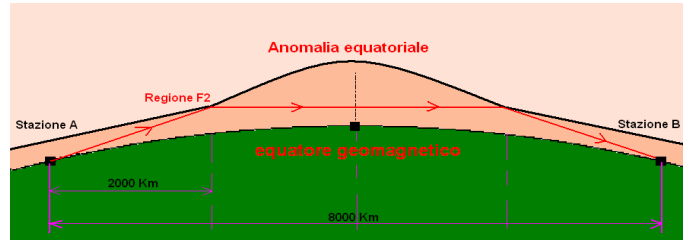


Fig. ANOMALIA EQUATORIALE: Perché il meccanismo della TEP funzioni è necessaria un'elevata ionizzazione in entrambi i lati della regione ionosferica curva. Sui 144 mhz la ionosfera è molto esigente e critica, pertanto le condizioni favorevoli in grado di supportare le aperture sono davvero rare. Lo strato F deve avere di base un'elevata ionizzazione residua e questo si verifica durante la fase massima del ciclo solare. Inoltre gli emisferi devono essere equamente illuminati dal sole (periodi equinoziali) con condizioni di tempo meteorologico buono corrispondente ad estesi fronti di alta pressione in entrambi i lati dell'equatore. Nella figura è illustrato in sintesi il percorso del segnale: la prima riflessione avviene nella regione F2 ad una distanza di oltre 2000 Km. dal trasmettitore. Sui 144 Mhz, grazie alle antenne direttive ad alto guadagno e poste a parecchie lunghezze d'onda dal suolo è possibile ottenere angoli d'irradiazione molto bassi e quindi per un semplice effetto trigonometrico è possibile ottenere distanze di salto decisamente più lunghe rispetto alle gamme HF.

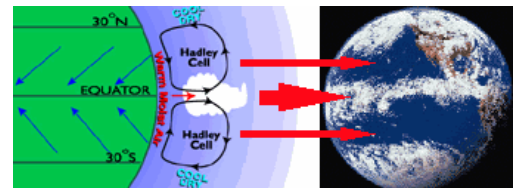
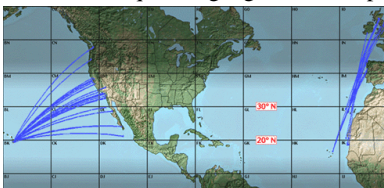
Comportamento della Ionosfera in VHF

Riporto di seguito una tabella che riporta il comportamento della ionosfera in VHF. I dati sono riferiti ad un segnale che transita per una sola volta e irradiato con un'angolo di 90°. Per effetto delle fisiologiche variazioni del plasma (attività solare, posizione geografica, ora) i dati possono variare di un fattore di +/- 10. Per un'elevazione di 10° tutti i numeri diventano circa 4 volte più grandi.

Influence of the ionosphere at VHF	100MHz	200MHz
Change of phase path length	-400m	-100m
Change of group path length	+400m	+100m
Refraction	0.02deg	0.005deg
Phase change	-48000deg	-24000deg
Frequency shift	6Hz	3Hz
Time shift	1.3microsec	0.3microsec
Polarisation rotation	380deg	95deg
Absorbion	0.05dB	0.012dB

Collegamenti troposferici sulle lunghissime distanze e celle di Hadley: Analisi dei collegamenti troposferici superiori ai 3000 km di distanza.

I qso troposferici su distanze che superano i 3000 km devono essere considerati come una rarità. Non mancano però le segnalazioni di parecchi collegamenti dx su portate da 3000 fino a 6000 km, dai 144 mhz ai 5,78 ghz, che evidenziano un numero sistematico di possibilità. Tutti questi eventi si localizzano in 4 aree geografiche ben definite, caratterizzate dal fatto di trovarsi in una fascia a cavallo dell'equatore geografico, compresa tra 20° e 30° a nord e a sud della linea equatoriale.



I percorsi propagativi si estendono sopra larghe superfici marine. La frequenza degli eventi sembra evidenziare degli anni di alta e bassa attività. Infatti, tutti questi straordinari qso sono strettamente correlati. Per esempio: i qso tra le Hawaii e gli USA continentali, tra le isole Canarie e le isole Britanniche, tra Capo Verde e la penisola Iberica, tra le Reunion nell'Oceano Indiano e l'Australia occidentale e anche tra l'Australia e la Nuova Zelanda, possono essere interpretati nella stessa maniera. Su entrambi i lati dell'equatore, noi troviamo le Celle di Hadley, che creano una fascia dove si localizzano: calma di venti, alte temperature e cielo libero da nuvole con il risultato finale di avere degli strati d'inversione troposferica sopra gli oceani.

Questa è la spiegazione principale dei collegamenti dx ma non abbiamo ancora capito i dettagli. A prima vista, l'occorrenza dei collegamenti appare correlata con il movimento annuale del sole e con la variazione annuale della temperatura della superficie del mare, che raggiunge il picco uno o due mesi dopo il solstizio d'estate (emisfero nord) e con il solstizio d'inverno (emisfero sud) rispettivamente. Questo approccio può spiegare i massimi di Agosto delle aperture dx sopra i 3000 km nel settore Africa/Europa e nel settore Australiano in Dicembre e Gennaio, ma non è in grado di spiegare per esempio i collegamenti tra Hawaii e California. Qui ci possiamo aspettare una intensa stagione di dx perché nel pacifico orientale sono presenti spesso intense inversioni troposferiche. Il numero di qso tuttavia mostra un netto picco nel mese di Luglio, difficile da spiegare. Questi eccezionali collegamenti troposferici possono essere interpretati come delle guide d'onda troposferiche, ma ci sono numerosi fattori ancora poco chiari e che richiedono una maggiore investigazione.

Conclusion

Con questo articolo si conclude la serie dedicata allo studio della propagazione sulle gamme amatoriali HF e VHF. Per chi interessato il piano completo dell'opera pubblicata su Radio Rivista e' il seguente:

- Propagazione sui 160 metri
- Propagazione sugli 80 metri
- Propagazione sui 40 metri
- Aurora sui 40 metri
- Propagazione sui 20 metri
- Propagazione sui 15 metri
- Propagazione sui 10 metri
- Propagazione sulle gamme Warc
- Propagazione sui 6 metri
- Propagazione sui 2 metri

Un ringraziamento particolare al Dr. Volker Grassmann, DF5AI , per la preziosa consulenza. Il materiale relativo all'effetto dei temporali sulla propagazione e alla propagazione Es doppio salto, deriva dalle ricerche condotte dall'amico Volker.

Flavio Egano - ik3xtv

Amateur radio propagation studies www.qsl.net/ik3xtv

Bibliografia:

Propagation studies- DF5AI Dr. V.Grassmann

“Arbeits und Stationspraxis im Funkfernverkehr” di G.Gerzelka

“Antenne linee e propagazione” di N.Neri, I4NE

“Come si diventa Cb e Radioamatore” di M.Miceli, I4SN

Top of pageRutherford Appleton Laboratory, Chilton, Oxfordshire OX11 0QX, UK

“Everyday vhf,uhf, and shf propagation” di P.Hansen, OZ1RH

ARRL Handbook

Nature 435, 799-801 (9 June 2005) | doi: 10.1038/nature03638

vhfdx.net – EA6VQ

Mappe geografiche realizzate con Google Earth

Foto dei fulmini tratta dal sito web del corriere della sera www.corriere.it

Elementi di Radio Propagazione

E Sporadico

Le riflessioni che avvengono sullo strato E-sporadico sono prodotte al seguito di movimenti opposti dei venti solari all'interno dello strato E che provocano la ionizzazione sporadica. La frequenza massima utilizzabile via ES può raggiungere a volte anche i 200 MHz. Sui 6 m. E' possibile contattare anche tutta l'Europa e l'Africa del nord per lunghi periodi della giornata in particolare fra le 08:00 e le 22:00 GMT soprattutto nei mesi di maggio e ottobre. I segnali sono spesso molto forti (S9), a volte si osservano anche dei salti multipli che aumentano la distanza dei collegamenti in modo considerevole ad esempio Europa Africa centrale e anche a volte Europa America del nord costa est.

Gli strati più alti dell'atmosfera terrestre sono dunque ionizzati a causa dell'attività solare; le radiazioni uva, raggi x, e raggi gamma, le particelle emesse dal sole creano dei livelli con diversa concentrazione di carica elettromagnetica, aventi altezze variabili da 80 ad oltre 400 Km. I

- regione D: compresa fra circa 50, 95 km,
- regione E: compresa fra circa 95, 130 km,
- regione F: oltre 140 km suddivisi in due strati:
- strato F1: compreso fra circa 160, 250 km,
- strato F2: compreso fra circa 250, 400 km.

Le radiazioni EUV ionizzano la regione F (grande attività solare) e consentono quindi l'utilizzo di frequenze più alte per comunicazioni a lunga distanza.

Le radiazioni UVA e X ionizzano la regione D ed impiegano un tempo di ritardo pari ad 8 minuti per raggiungere la terra dal sole, poichè tali emissioni viaggiano a velocità della luce.

D'altro canto, l'emissione delle particelle avviene in duplice modo:

- particelle ad alta energia (protoni ad alta energia e particelle alfa);
- particelle a bassa energia (protoni a bassa energia ed elettroni).

Le prime viaggiano a velocità considerevolmente più bassa rispetto alla luce, raggiungendo la terra dopo un tempo che varia dai 15 minuti a diverse ore. Esse causano un fenomeno di notevole assorbimento presso le regioni polari e costituiscono pericolo di radiazione per i sistemi satellitari e per il personale orbitante in veicoli spaziali.

Le particelle a bassa energia viaggiano a velocità inferiori rispetto alle prime (pervengono a terra dopo circa 20, 40 ore) e causano tempeste magnetiche, aurore boreali, alto assorbimento presso i poli ed il fenomeno dello *strato E sporadico*.



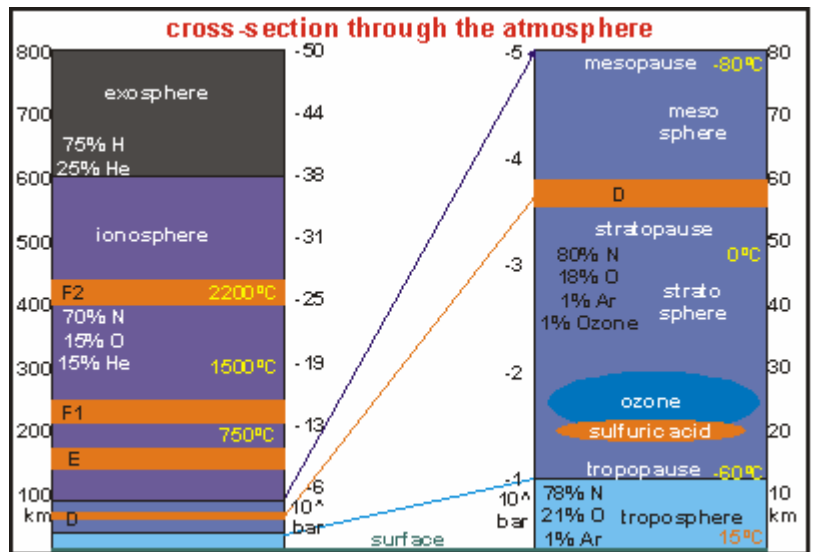
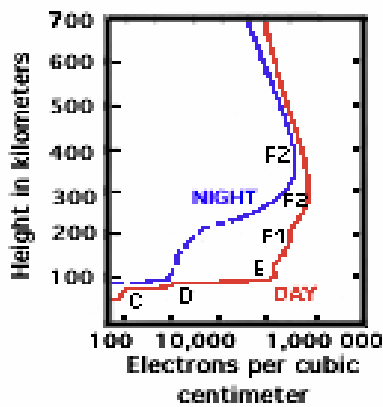
La diffrazione è un fenomeno fisico complesso grazie al quale è possibile spiegare come un'onda elettromagnetica possa superare un ostacolo posto sul suo cammino e propagarsi anche nella zona d'ombra prodotta dall'ostacolo. Tale fenomeno si giustifica utilizzando il principio di Huygens che stabilisce che ciascun punto di un fronte d'onda si può considerare come una sorgente puntiforme che irradia in tutte le direzioni. Pertanto, quando un fronte d'onda investe un ostacolo, i punti del fronte vicini all'estremità dell'ostacolo irradiano energia in tutte le direzioni; parte di tale energia si propaga quindi anche nella zona d'ombra.

La diffusione è un fenomeno analogo alla diffrazione ed è dovuto alla presenza di inomogeneità nella struttura dell'atmosfera come, ad esempio, pulviscolo atmosferico, variazioni termiche, particelle di vapore acqueo, turbolenze atmosferiche, temporali, ecc. Tutto ciò produce una variazione locale dell'indice di rifrazione dell'atmosfera che provoca deviazioni casuali nella direzione di propagazione delle onde elettromagnetiche.

L'attenuazione del suolo è dovuta al fatto che la terra si può assimilare ad un conduttore non ideale dotato di una certa conducibilità. Se il suolo fosse un conduttore ideale, il vettore campo elettrico sarebbe perpendicolare al suolo stesso (polarizzazione verticale). In realtà le onde superficiali penetrano nel suolo generando una componente di campo elettrico parallela al suolo che produce un movimento di cariche elettriche con conseguente dissipazione di energia. Pertanto, le onde che si propagano in direzioni orizzontali al suolo subiscono un'attenuazione maggiore di quelle che si propagano nello spazio libero. Il vettore campo elettrico si inclina nella direzione di propagazione dell'onda modificando anche il piano di polarizzazione dell'onda elettromagnetica. L'attenuazione del suolo dipende dalla frequenza delle onde e dalla distanza percorsa. Si può dimostrare che, a parità di frequenza, il mare produce una minore attenuazione della terra.

L'assorbimento atmosferico è dovuto alla natura e alla concentrazione degli elementi e composti presenti nell'atmosfera. In particolare la presenza di pioggia, grandine, neve o nebbia sono causa di assorbimento soprattutto per le frequenze superiori a qualche GHz. Le onde elettromagnetiche nel propagarsi nell'atmosfera interagiscono con le molecole presenti che assorbono parte dell'energia dell'onda. Ciò si traduce in una attenuazione della potenza della radiazione elettromagnetica. Il coefficiente di attenuazione per assorbimento dipende dalla costituzione chimica e fisica dell'atmosfera e dalla frequenza dell'onda.

Il fading per interferenza si manifesta sull'apparato ricevente sotto forma di evanescenza del segnale ricevuto. Tale fenomeno è dovuto all'interferenza tra i diversi segnali che partendo dall'antenna trasmittente seguono molteplici percorsi prima di giungere al ricevitore. I segnali captati dal ricevitore hanno ampiezza e fase continuamente variabili poichè dipendono dalla natura del suolo (mare, monti, ecc.) e dalla non uniformità dell'indice di rifrazione dell'atmosfera.



Lo strato E sporadico si manifesta all'interno della regione E ed è caratterizzato da un'alta densità elettronica. Queste "nubi" ad alta concentrazione elettronica, risiedono prevalentemente alla quota di 110 km.

La concentrazione elettronica di tali nubi relativamente sottili, dai 500 ai 2000 metri, è di parecchie volte più alta dello strato E che le circonda.

Sembra che alla formazione di queste nubi, concorrano anche fenomeni, quali meteoriti e raggi cosmici.

Il fenomeno dell'assorbimento è causato dalle collisioni degli elettroni, posti in oscillazione da un'onda radio, con le molecole circostanti. La ionosfera pertanto assorbe tanta energia termica dall'onda radio, quanto più è bassa la frequenza dell'onda stessa; infatti, al crescere della frequenza, le oscillazioni degli elettroni hanno ampiezza minore, con minore possibilità di perdita di energia a causa degli urti.

Bisogna considerare, infine, il non trascurabile effetto del campo magnetico terrestre sulla ionosfera.

Le emissioni di particelle dal sole disturbano il campo, variandone l'intensità e causando perdite di segnale nelle regioni polari, aurore boreali e de ionizzazione della regione F2 a medie latitudini (*tempesta ionosferica*). Questi fenomeni contribuiscono ad influenzare negativamente le radiocomunicazioni, impoverendo le condizioni operative per tutta la durata della tempesta.

Attività solare

L'attività solare segue un ciclo di circa undici anni con un'intensità di radiazione che ha un andamento a campana, salendo da un minimo ad un massimo per scendere nuovamente. Il flusso solare è in relazione poi con il numero di macchie solari visibili dalla terra. Questo è indicato facendo uso del numero di Wolf R, dato dalla formula $10g + t$, con g numero di gruppi e t numero di macchie; infatti queste formazioni si presentano spesso riunite a gruppi. Il sole ruota sul suo asse nel corso di 27 giorni, pertanto il numero delle macchie può variare notevolmente da giorno a giorno se la loro distribuzione non è uniforme. La concentrazione elettronica degli strati è massima al massimo del ciclo solare. Nell'arco della sua variazione si hanno scostamenti della MUF dell'ordine del 30%. L'influenza dell'attività solare sulla concentrazione elettronica dello strato D si differenzia alle diverse altezze: fra 70 e 90 Km i raggi X di origine solare sono la principale fonte di ionizzazione; al di sotto dei 70 Km le radiazioni più attive sono quelle cosmiche e la concentrazione massima si presenta pertanto quando l'attività solare è al suo minimo, cioè quando la dispersione interplanetaria dei raggi cosmici di origine galattica tende a ridursi.

Considerazioni generali sulla propagazione

La ricezione a grande distanza è assicurata dalla riflessione delle onde da parte della ionosfera. La ionosfera è una parte dell'atmosfera di altezza dal suolo compresa tra circa 50 e 400 Km. È costituita da strati man mano più rarefatti di gas, a causa delle radiazioni provenienti dal sole e dal cosmo gli elettroni sono estratti dagli atomi, si ha la costituzione di ioni positivi ed elettroni, dato poi che il numero non è elevato è difficile che uno ione incontri un elettrone libero in modo da ricostituire un atomo neutro, per tale motivo la ionizzazione persiste per un certo tempo, anche in assenza di radiazione solare. Gli strati che compongono la ionosfera cambiano dal giorno alla notte. Di giorno si formano 4 strati: D (50-90 Km), E (90-130 Km), F1 (130-250 Km), F2 (250-400 Km). Di notte gli strati D ed E scompaiono mentre gli strati F1 e F2 si fondono a formare un unico strato F (350 Km). Vi è poi la possibilità sia di giorno che di notte che si formi uno strato molto ionizzato, di comparsa casuale, detto E sporadico (100 Km); tale strato ha presenza aleatoria e sporadica, pare che la sua ionizzazione sia dovuta a meteoriti e fenomeni cosmici.

Lo strato D può raggiungere una densità massima di 10 miliardi di elettroni per metro cubo a quote tra 50 e 90 Km, questo strato non ha, a causa di tale bassa densità elettronica, grande rilevanza per la riflessione delle onde, mentre ha notevole importanza nell'assorbimento delle stesse. Lo strato E raggiunge una concentrazione di 100 miliardi di elettroni per metro cubo intorno ai 110 Km di altezza. Lo strato F1 ha una concentrazione dell'ordine di 200 miliardi di elettroni per metro cubo, lo strato F2 ha una concentrazione di elettroni che è generalmente la più densa arrivando a valori di 1000 miliardi di elettroni a metro cubo.

Dipendenza dalla frequenza

A seconda della frequenza dell'onda gli strati ionosferici si comportano in maniera diversa. Le frequenze più basse, al di sotto della LUF (frequenza minima utilizzabile) subiscono fenomeni di assorbimento. Salendo di frequenza si ha la rifrazione delle onde ad opera degli strati inferiori, man mano che l'onda raggiunge parti maggiormente ionizzate è respinta verso quelle che lo sono meno, tale sequenza di rifrazioni comporta un ripiegamento dell'onda che viene così riflessa verso la superficie terrestre, dalla quale, se la potenza è sufficiente, può nuovamente rimbalzare verso la ionosfera e così via. Su frequenze più elevate gli strati inferiori operano un'attenuazione per assorbimento parziale, mentre gli strati più alti rifraggono l'onda. Al di sopra della MUF (frequenza massima utilizzabile) anche lo strato F2 è attraversato e le onde si perdono nello spazio. Si definisce poi la FVC (frequenza critica verticale), la frequenza massima che trasmessa verticalmente è riflessa al suolo. Le frequenze appena citate possono poi essere determinate strato per strato e su varie distanze, in particolare si definisce la MUF 1000, MUF 1500, MUF 3000 (misurate rispettivamente a 1000, 1500 e 3000 Km).

Distanze raggiungibili

Lo skip, distanza raggiunta dai segnali, nel caso della riflessione dipende dallo strato in causa e dall'angolo di incidenza dell'onda, può raggiungere i 4000 Km nel caso dello strato F2 e 2000 Km nel caso dello strato E. La zona compresa tra l'area di diffusione dell'onda diretta e quella raggiunta dall'onda riflessa dalla ionosfera non riceve i segnali trasmessi e è chiamata zona d'ombra. In generale maggiore è la frequenza utilizzata tanto maggiore è la distanza che può essere coperta; più basso è l'angolo di irradiazione sull'orizzonte maggiore è lo skip ottenibile.

Variazioni con le ore del giorno

La scomparsa degli strati ionizzati è legata ai tempi di ricombinazione e ai valori di ionizzazione, la radiazione solare è massima alle grandi altezze e diminuisce col penetrare verso la superficie terrestre, la densità dei gas è invece maggiore alle quote basse e al suo aumentare i tempi di ricombinazione diminuiscono. Pertanto lo strato D scompare rapidamente dopo il tramonto, lo strato E se ne va nelle ore notturne, gli strati più in alto, F1 ed F2, sono quelli maggiormente ionizzati, ciò spiega pertanto la loro persistenza, sotto forma di un unico strato, anche nelle ore notturne. L'anomalia diurna consiste nel fatto che il massimo della concentrazione elettronica dello strato F2 si produce spesso un'ora dopo il mezzogiorno solare, in genere tra le 13 e le 15 ora locale; si notano poi altre due variazioni durante il giorno, i cui massimi si collocano intorno alle ore 10-11 locali e tra le ore 22-23 locali.

Variazioni con le stagioni dell'anno

Con il cambiare delle stagioni la radiazione solare passa dal valore massimo dell'estate a quello minimo dell'inverno. In estate si ha l'incremento dei valori della MUF e della FVC, gli strati sono fortemente ionizzati, ciò comporta l'apertura delle bande alte e l'attenuazione di giorno, ad opera degli strati D ed E fortemente ionizzati, di quelle più basse. In autunno e primavera si realizzano condizioni intermedie. In inverno data la minore intensità dei raggi solari gli strati sono poco ionizzati, F1 ed F2 si formano ad altitudini leggermente inferiori a quelle estive e lo strato F2 risulta essere meno spesso. In generale maggiore è l'incidenza del sole su una data zona, più elevata sarà la ionizzazione. Tuttavia in inverno si verifica quella che viene detta anomalia invernale: nelle ore centrali della giornata la concentrazione raggiunge valori molto elevati, superiore a quelli estivi, per poi cadere velocemente al tramonto; ciò accade soprattutto nello strato D tra i 70 e 90 Km e nello strato F2 dell'emisfero Nord, intorno alle ore 12 locali. Una possibile spiegazione è data dalla minore temperatura invernale che fa sì che l'atmosfera si comprima più in basso, offrendo alle radiazioni solari strati d'aria meno rarefatti. Lo strato E sporadico è più frequente nei mesi da maggio a settembre nelle ore di luce e con minor frequenza nelle ore notturne e durante l'inverno.

Variazioni con la posizione geografica.

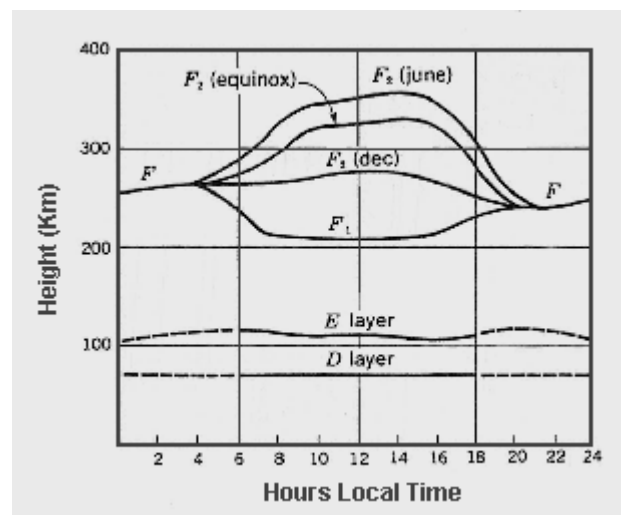
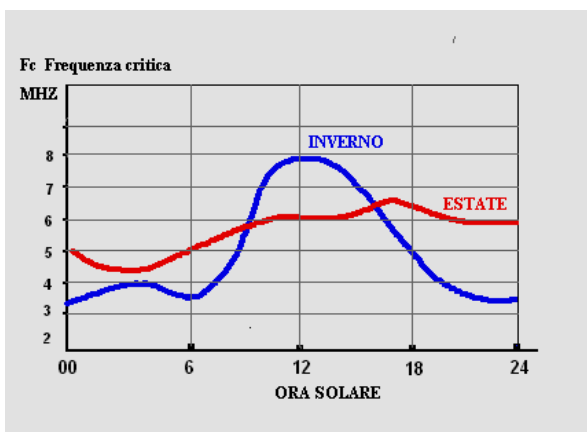
Le condizioni di insolazione della fascia equatoriale determinano su tale regione ionizzazione elevata durante tutto l'anno, ciò determina propagazione sulla lunga distanza verso sud (se siamo in Italia), detta propagazione transequatoriale. Al contrario le basse condizioni di insolazione sulle alte latitudini determinano una ionizzazione di scarsa entità, che ha i valori minimi ai poli dove si hanno le caratteristiche di propagazione transpolare; inoltre le emissioni corpuscolari del sole creano ai poli condizioni particolari, come le aurore boreali che possono influenzare positivamente la propagazione via nord. Durante perturbazioni geomagnetiche la densità elettronica dello strato D tra 75 e 90 Km tende a rinforzarsi alle latitudini subaurorali ed inferiori. L'anomalia equatoriale consiste nel fatto che nelle zone comprese tra 20 e 30 gradi, sia a Nord che a Sud dell'equatore, l'influenza della distanza zenitale del sole sulla concentrazione elettronica dello strato F2 è notevolmente diversa da quella che ci si aspetta. Nelle latitudini elevate vi è poi una depressione della concentrazione di tale strato, associata alla caduta di particelle di alto valore energetico; ciò è dovuto alle linee di forza della magnetosfera e si estende su 2-10 gradi in direzione dell'equatore, subito dopo l'ovale aurorale, da mezzogiorno a tutta la notte. Al contrario degli altri strati della ionosfera lo strato E sporadico compare frequentemente alle alte latitudini. Il campo magnetico terrestre determina anch'esso alcune variazioni fra le condizioni di ionizzazione delle differenti aree della terra.

Anomalie

L'*anomalia diurna*" consiste nel fatto che il massimo della concentrazione elettronica dello strato F2 si produce spesso un'ora dopo il mezzogiorno solare, in genere tra le 13 e le 15 ora locale. Si sono notate sperimentalmente altre due variazioni durante il giorno, i cui massimi si collocano intorno alle ore 10-11 locali e tra le ore 22-23, sempre locali. Nell'emisfero Nord l'*anomalia stagionale*" consiste in una tendenza alla concentrazione elettronica dello strato F2 intorno alle 12 locali, e ad essere più alta d'inverno che d'estate. L'*anomalia equatoriale*" consiste nel fatto che nelle zone comprese tra 20 e 30 gradi, sia a Nord che a Sud dell'equatore, l'influenza della distanza zenitale del sole sulla concentrazione elettronica dello strato F2 è notevolmente diversa da quella che ci si aspetta. Nelle latitudini elevate si osservano alcune "anomalie" nelle caratteristiche dello strato F2, probabilmente associate alla caduta di particelle di alto valore energetico. Vi è infatti una depressione pronunciata nella concentrazione elettronica dello strato F2, dovuta alle linee di forza della magnetosfera e che si estende su 2-10 gradi in direzione dell'equatore, subito dopo l'ovale aurorale e da mezzogiorno a tutta la notte. Alcune osservazioni sulle concentrazioni elettroniche, al di sopra dell'altezza in cui avviene il suo massimo, sono state effettuate con radar a diffusione incoerente, con missili e sonde installate a bordo di satelliti. Queste osservazioni mostrano come la concentrazione elettronica decresce in modo approssimativamente esponenziale con l'altezza. Intorno a 100 km si ha una variazione del gradiente della concentrazione elettronica causata dalla presenza di un passaggio da ioni di ossigeno a ioni di idrogeno; l'altezza alla quale avviene questa transizione aumenta con la latitudine. A 1000 km la concentrazione elettronica è normalmente dell'ordine di 10 miliardi di elettroni per metro cubo.

Le onde radio vengono riflesse dagli strati ionizzati. Se il sole ha un certo comportamento, la ionosfera avrà una certa densità e struttura; ad altri comportamenti del sole invece corrisponderanno altrettanti caratteri di densità e struttura. Per cui possiamo comprendere che le variazioni di propagazione sono legate ai seguenti fenomeni:

- alternarsi del giorno e della notte (variazione diurna)
- alternarsi delle stagioni (variazione stagionale)
- alternarsi di periodi di alta attività solare con periodi di calma (variazione del ciclo solare)



Variazioni stagionali delle frequenze critiche della regione F al 44° parallelo nord, con un'attività solare medio alta. Le frequenze critiche estive sono minori delle invernali, questa anomalia viene definita "Depressione estiva".

STRATI IONOSFERICI

Strato D

Lo strato D si estende, approssimativamente, da 50 a 90 km, con una concentrazione elettronica che cresce rapidamente con l'altezza. La concentrazione elettronica nello strato D presenta una variazione diurna importante: raggiunge il suo massimo poco dopo mezzogiorno solare locale, mentre conserva valori estremamente bassi nelle ore notturne.

In inverno, nonostante che la distanza zenitale dal sole sia molto grande, si osservano spesso concentrazioni elettroniche molto elevate, sempre tra 70 e 90 km, dovute probabilmente alla natura ed alla concentrazione dei gas che compongono l'atmosfera. L'influenza dell'attività solare sulla concentrazione elettronica nello strato D si differenzia alle diverse altezze: tra 70 e 90 km i raggi X di origine solare sono la principale fonte di ionizzazione e questa è massima quando il ciclo solare è al suo massimo; al di sotto dei 70 km le radiazioni più attive sono quelle cosmiche e la concentrazione massima si presenta quando l'attività solare è al suo minimo, per cui la dispersione interplanetaria dei raggi cosmici di origine galattica tende a ridursi. Durante una perturbazione geomagnetica la densità elettronica tra 75 e 90 km tende a rinforzarsi alle latitudini subaurorali ed inferiori, per l'apporto di elettroni ad alto contenuto energetico. Lo strato D può raggiungere una densità massima di 10 miliardi di elettroni per metro cubo a quote tra 50 e 90 km, con alta densità di particelle neutre. Questo strato non ha, a causa della relativamente bassa densità elettronica, grande rilevanza per la riflettività nei riguardi delle onde usate nei radiocollegamenti via ionosfera, mentre invece assume notevole importanza nei riguardi dell'assorbimento, tanto che lo strato D può essere considerato lo strato assorbente per eccellenza.

Strato E

Tra 90 e 130 km si colloca lo strato E, che comprende lo strato E normale e lo strato E sporadico. Lo strato E normale è uno strato molto regolare e si trova ad un'altezza nella quale la temperatura ha una escursione da -80 a +80 gradi °C. La concentrazione elettronica dipende strettamente dalla distanza zenitale dal sole. Vi è un massimo giornaliero verso mezzogiorno ed un massimo stagionale in estate. Il massimo della concentrazione elettronica si colloca intorno ai 110 km ed è circa di 100 miliardi di elettroni per metro cubo. Con questa concentrazione il plasma elettronico ha una sua propria frequenza di riflessione di circa 3 MHz. Durante la notte, invece, la ionizzazione dello strato E si riduce drasticamente. La concentrazione elettronica è massima al massimo del ciclo solare. Nell'arco del ciclo solare si hanno variazioni della frequenza del plasma intorno al 30%. Una parte dello strato E, a circa 120 km, viene chiamata E Sporadico, proprio per il fatto che la sua presenza è sporadica. Pare che la sua ionizzazione sia dovuta a meteoriti e fenomeni cosmici non legati all'attività solare. La sua presenza è più frequente d'estate che d'inverno.

Strato F

Lo strato F inizia ad un'altezza di circa 130 km. Durante la notte lo strato F si comporta in modo diverso che di giorno, quando si divide in due differenti strati: F1 ed F2, anche se la concentrazione elettronica non presenta stratificazioni molto nette. Lo strato F1 è la zona compresa tra 130 e 210 km di altezza e la concentrazione elettronica è dell'ordine di 200 miliardi di elettroni per metro cubo. Lo strato F2, il più alto degli strati ionosferici, è quello in cui la concentrazione degli elettroni è generalmente la più densa: i suoi valori sono compresi tra 1000 miliardi di elettroni per metro cubo di giorno e 50 miliardi di elettroni per metro cubo di notte.

L'"anomalia diurna" consiste nel fatto che il massimo della concentrazione elettronica dello strato F2 si produce spesso un'ora dopo il mezzogiorno solare, in genere tra le 13 e le 15 ore locali. Si sono notate sperimentalmente altre due variazioni durante il giorno, i cui massimi si collocano intorno alle ore 10-11 locali e tra le ore 22-23, sempre locali. Nell'emisfero Nord l'"anomalia stagionale" consiste in una tendenza alla concentrazione elettronica dello strato F2 intorno alle 12 locali, e ad essere più alta d'inverno che d'estate. L'"anomalia equatoriale" consiste nel fatto che nelle zone comprese tra 20 e 30 gradi, sia a Nord che a Sud

dell'equatore, l'influenza della distanza zenitale del sole sulla concentrazione elettronica dello strato F2 è notevolmente diversa da quella che ci si aspetta. Nelle latitudini elevate si osservano alcune "anomalie" nelle caratteristiche dello strato F2, probabilmente associate alla caduta di particelle di alto valore energetico. Vi è infatti una depressione pronunciata nella concentrazione elettronica dello strato F2, dovuta alle linee di forza della magnetosfera e che si estende su 2-10 gradi in direzione dell'equatore, subito dopo l'ovale aurorale e da mezzogiorno a tutta la notte. Alcune osservazioni sulle concentrazioni elettroniche, al di sopra dell'altezza in cui avviene il suo massimo, sono state effettuate con radar a diffusione incoerente, con missili e sonde installate a bordo di satelliti. Queste osservazioni mostrano come la concentrazione elettronica decresce in modo approssimativamente esponenziale con l'altezza. Intorno a 100 km si ha una variazione del gradiente della concentrazione elettronica causata dalla presenza di un passaggio da ioni di ossigeno a ioni di idrogeno; l'altezza alla quale avviene questa transizione aumenta con la latitudine. A 1000 km la concentrazione elettronica è normalmente dell'ordine di 10 miliardi di elettroni per metro cubo.

Le onde radio vengono riflesse dagli strati ionizzati. Se il sole ha un certo comportamento, la ionosfera avrà una certa densità e struttura; ad altri comportamenti del sole invece corrisponderanno altrettanti caratteri di densità e struttura. Per cui possiamo comprendere che le variazioni di propagazione sono legate ai seguenti fenomeni:
alternarsi del giorno e della notte (variazione diurna)
alternarsi delle stagioni (variazione stagionale)
alternarsi di periodi di alta attività solare con periodi di calma (variazione del ciclo solare)

Propagazione grey line

Quando tutto il percorso è in oscurità si ha il minimo assorbimento e perciò vi sono le migliori possibilità per le lunghe distanze. Il massimo possibile si verifica quando all'alba e al tramonto da noi, il corrispondente è nella situazione inversa.

Al levar del sole e per qualche ora la regione F è particolarmente dinamica e la sua rifrattività ha un gradiente che si alza con il sole.

Sulla linea grigia, si ha quindi una somma di fattori favorevoli come frequenze critiche crescenti, assorbimento dello strato D ancora lieve, pressione di radiazione che fa inclinare la ionosfera.

Inoltre, al mattino, nella fascia del terminatore, le MUF salgono rapidamente e le rifrazioni sono più marcate

Proprio quando il gradiente cambia bruscamente

MUF: Max usable frequency, è la più alta frequenza che in funzione della densità di ionizzazione viene rimandata a terra. A parità di condizioni la MUF dipende sensibilmente dall'angolo verticale di radiazione.

Sebbene per la geometria terrestre, si affermi che non possono verificarsi salti maggiori di 4000 km, per segnali con angolo di radiazione prossimo allo zero, lo strato F2, può introdurre una curvatura progressiva, che determina salti fino a 7000 km, sperimentato con MUF oltre 50 Mhz.

Analizziamo che cosa succede.

Quando si è ancora in oscurità lo strato F, comincia ad essere illuminato (essendo più in alto è il primo strato ad essere illuminato dal sole) e inizia il processo di ionizzazione.

Al sorgere del sole, si ionizzano anche gli strati bassi, compreso lo strato D ma l'assorbimento introdotto dagli strati inferiori della ionosfera è ancora lieve poiché l'assorbimento inizia, quando hanno raggiunto il loro livello di ionizzazione massimo. Prima, sono parzialmente ionizzati e creano un

gradiente progressivo di ionizzazione, insufficiente ad assorbire il segnale DX ma sufficiente a rifrangerlo, abbassandone l'angolo di incidenza verso lo strato F che invece è già pronto a portarlo fino a noi senza rimbalzi intermedi.

Un basso angolo di incidenza è importantissimo per il collegamento a lunga distanza.

Quando il sole illumina una zona ionosferica che si trova 2000 km a ovest del

trasmettitore: ovvero, quando il sole illumina il primo punto di rifrazione

ionosferica e gli strati bassi sono già molto ionizzati, l'assorbimento è quindi forte e

l'angolo di incidenza diventa irrilevante, con queste condizioni i segnali dx iniziano dapprima ad affievolirsi per poi scomparire.

Focalizzazioni

Quando il sole si è levato da poco e la luce continua a procedere verso ovest, le alte quote sono illuminate per prime e le basse più tardi.

Si forma così vicino al terminatore un bordo di luce che si sposta verso ovest con una multistratificazione dello strato F, ad andamento quasi parabolico.

Abbiamo insomma lungo il terminatore una specie di riflettore parabolico che focalizza i segnali.

Questa focalizzazione e' rilevata dall'improvviso aumento dell'intensita' dei segnali provenienti da ovest, che, arrivati ad un valore massimo, decadono di li a poco, quando l'illuminazione scende fino alla regione D, facendone crescere l'opacita'. Piu' e' bassa la frequenza, piu' e' corta la durata del fenomeno, dopo un picco breve ma accentuato.

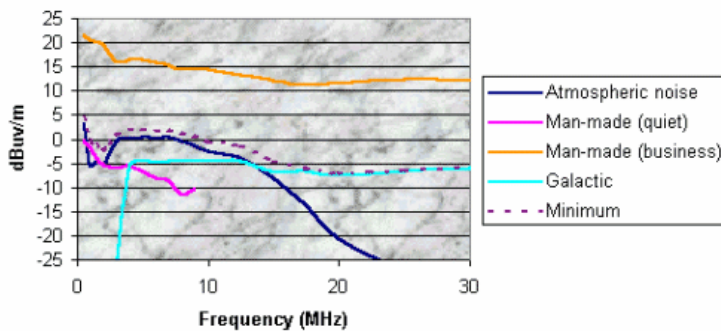
Rumore

Le bande alte delle Hf presentano un rumore atmosferico molto minore rispetto alla bande a frequenza piu' bassa.

Riporto una tabella dove, in funzione della frequenza vengono raffigurati i disturbi, trascurando il rumore galattico, che risulta essere quasi costante per quasi tutto lo spettro delle Hf, il rumore atmosferico decresce progressivamente con la frequenza, al di sopra dei 22 Mhz diventa praticamente trascurabile.

Sui 10 e 12 metri, con buoni ricevitori si possono lavorare segnali debolissimi, impossibili da sentire su altre gamme.

In corrispondenza delle frequenze inferiori a 1 MHz diventa particolarmente elevato il livello del rumore radio di fondo captato dall'antenna e proveniente dall'ambiente circostante: la principale componente e' rappresentata dai disturbi atmosferici e da quelli naturali, in grado di mascherare facilmente la ricezione dei segnali che ci interessano. L'ampiezza di tali disturbi decresce abbastanza rapidamente all'aumentare della frequenza, diventando assai meno significativa nella banda delle VHF. Mentre e' possibile



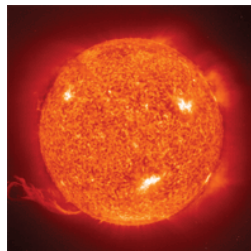
Livello d'ampiezza di diverse sorgenti di rumore

minimizzare l'effetto dei disturbi artificiali scegliendo opportunamente il sito d'installazione della singola stazione ricevente e la tipologia d'antenna utilizzata, molto più difficile è eliminare il disturbo di tipo atmosferico, soprattutto quello lontano. Esso è dovuto alle scariche elettriche temporalesche ed è quindi soggetto ad ampie variazioni nel tempo dipendenti dalle condizioni climatiche stagionali e giornaliere.

Ogni scarica causata da un temporale origina impulsi RF, con densità spettrale decrescente con la frequenza, che si propagano in tutte le direzioni (il numero medio dei temporali che avvengono contemporaneamente sulla terra è circa 1800, con un numero medio di 100 scariche elettriche/sec.). Di conseguenza, si valutano i loro effetti fino a distanze molto grandi, dato che la propagazione può avvenire per via ionosferica. Si distingue un effetto locale, causato dalle condizioni meteorologiche locali, e un effetto lontano. Il primo si presenta essenzialmente come una sequenza d'impulsi molto intensi ma distanziati nel tempo, mentre il secondo perde il carattere marcatamente impulsivo per la sovrapposizione aleatoria degli effetti dovuti ad un grande numero di scariche lontane. Oltre alla diminuzione dell'intensità del disturbo con la frequenza, si registrano valori nettamente superiori di notte rispetto al giorno, dovuti alla maggiore attenuazione subita dalla propagazione ionosferica diurna: si ha quasi la scomparsa dell'effetto a frequenze superiori a 30 MHz, sia perché è ormai insignificante il suo contributo energetico, sia perché a queste frequenze diventa improbabile la riflessione ionosferica.

Il radio sole e gli effetti ionosferici associati

Il Sole è stato uno dei primi oggetti studiati dai radioastronomi, non tanto per le sue particolari caratteristiche emissive, quanto per la vicinanza alla Terra che lo rende molto "brillante" oltre che nel visibile, anche in banda radio. Numerosi sono i fenomeni elettromagnetici che si originano nel Sole, fenomeni che possono essere studiati senza troppe difficoltà da appassionati volenterosi e motivati: nelle note seguenti forniremo alcune indicazioni introduttive, utili per inquadrare le reali possibilità di sperimentazione in questo campo.



Semplificando la fenomenologia, si classificano le radioemissioni solari in 3 principali componenti:

1. componente termica del "Sole quieto" (quella relativa ad un periodo di minima attività delle macchie solari), sempre presente;
2. emissioni lentamente variabili;
3. componenti del "Sole attivo" causate dall'attività delle macchie solari e dei brillamenti.

Le ultime due componenti sono legate all'attività delle macchie solari: quella lentamente variabile, d'origine termica, proviene dalle regioni del disco sopra le macchie, dove è più elevata la densità d'elettroni. La temperatura di queste regioni supera i due milioni di

gradi, contribuendo ad aumentare sensibilmente il livello medio d'emissione associato alla radiazione del "Sole quieto", con intensità lentamente variabile e proporzionale al numero di macchie presenti sul disco (il flusso radio legato a questo meccanismo segue il ciclo undecennale delle macchie solari). Conseguenza di un brillamento sulla superficie del Sole è una forte tempesta (burst) d'energia elettromagnetica proiettata nello spazio.

I burst si classificano come:

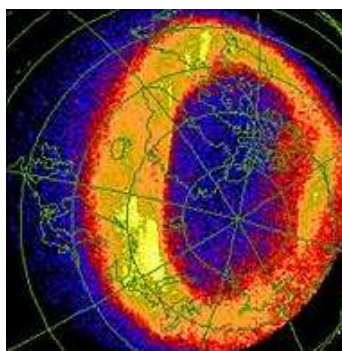
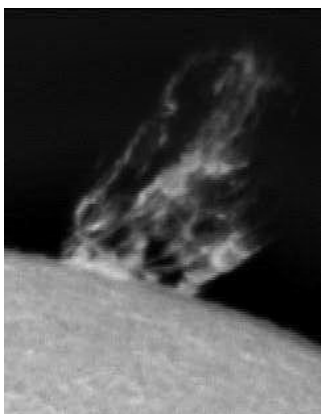
Tipo 1: eventi brevi a banda stretta che, di solito, si verificano contemporaneamente ad emissioni continue a larga banda. Hanno durata variabile da poche ore ad alcuni giorni.

Tipo 2: emissioni che si manifestano con una lenta deriva spettrale dalle frequenze più alte a quelle più basse. Mostrano spesso una struttura caratterizzata da una frequenza fondamentale e da una seconda armonica.

Tipo 3: emissioni caratterizzate da rapida deriva spettrale dalle frequenze alte a quelle basse. In molti casi si evidenziano armoniche e sono spesso accompagnati da rapidi "flash" di fase dovuti ad intense esplosioni d'energia elettromagnetica (flares).

Tipo 4: emissioni continue a banda larga associate a brillamenti (flares).

Tipo 5: emissioni continue a larga banda che possono apparire insieme a burst di tipo III. Hanno durata pari a circa 1 o 2 minuti, maggiore al diminuire della frequenza.



L'attività alla superficie del Sole è evidenziata dalla densità di macchie solari, che appaiono come aree scure sulla fotosfera, fluttuando in frequenza entro un ciclo d'attività approssimativamente pari ad 11 anni. Sono regioni scure perché più "fredde" rispetto al fondo: la loro temperatura è dell'ordine di 4000°K, mentre quella della superficie circostante è di 6000°K.

Nelle macchie solari si localizzano intensi campi magnetici e, sulla parte immediatamente superiore dell'atmosfera, si verificano spesso intensi brillamenti (flares) che producono potenti bursts di radio energia a frequenze comprese fra circa 5 MHz e 300 MHz. Spesso, durante i brillamenti più intensi, è emesso un intenso flusso di particelle cariche (raggi cosmici) ad alta energia viaggianti alla velocità di 500-1000 Km/s: quando tali particelle raggiungono il campo magnetico terrestre sono causa d'intensi disturbi radio e tempeste magnetiche, con formazioni di aurore.

La mappa delle radioemissioni solari dovute ai brillamenti appare molto più ampia di quella occupata dalle macchie solari. A differenza della radiazione proveniente dalla maggioranza delle radiosorgenti celesti, che risulta non polarizzata, quella associata ai brillamenti solari è a polarizzazione circolare, essendo causata dalle traiettorie a spirale degli elettroni che seguono il locale, intenso, campo magnetico associato al brillamento.

Gli studi radioastronomici sul Sole sono condotti sia con osservazioni dirette, sia osservando e registrando gli effetti della radiazione solare sulla ionosfera terrestre.

Ulteriore metodo (indiretto) largamente utilizzato per monitorare i brillamenti solari, quindi rivelare i cosiddetti effetti ionosferici, prevede il monitoraggio permanente, in banda VLF (tipicamente a frequenze inferiori a 150

KHz), di un forte e stabile segnale proveniente da una stazione radio abbastanza distante, registrando le variazioni d'intensità dell'emissione nel tempo. Quando si verificano intensi brillamenti solari, sono emessi fasci di radiazione X che investono la ionosfera terrestre (lo strato di particelle elettricamente cariche dell'atmosfera superiore), "perturbando" le sue capacità di riflessione verso le radioonde e causando un accentuato fading, con progressivo e lento decadimento d'intensità del segnale ricevuto. Questo sistema è considerato abbastanza affidabile per il monitoraggio dei brillamenti. Per garantire una corretta ricezione del segnale è indispensabile utilizzare un ricevitore stabile in frequenza e con il circuito dell'ADC (controllo automatico del guadagno) disattivato: solo in questo modo si ha la certezza che le variazioni d'intensità del segnale non siano causate da instabilità del sistema ricevente. I brillamenti solari emettono anche particelle cariche ad elevata velocità che in un paio di giorni raggiungono la superficie della Terra (mentre le radioonde ed i raggi X impiegano circa 9 minuti), interagendo con il campo magnetico terrestre e deformandolo. Alcune particelle sono incanalate e "guidate" lungo le linee di forza del campo attraverso i poli, producendo il caratteristico fenomeno delle aurore polari. La distorsione del campo magnetico terrestre produce il fenomeno chiamato "tempesta geomagnetica" (geomagnetic storm), osservabile con i magnetometri.

Qualsiasi corpo irradia onde elettromagnetiche in proporzione alla sua temperatura fisica: tale meccanismo di radiazione è chiamato termico, in quanto strettamente legato alla temperatura fisica dell'oggetto emittente (legge di Planck). La componente radio del "Sole quieto" è un'emissione termica proveniente dal gas caldo ionizzato, corrispondente ad una temperatura superficiale della fotosfera pari a circa 6000°K.

Magnetismo terrestre (Geomagnetismo)

Un campo magnetico può essere matematicamente rappresentato da un vettore, insieme di numeri che rappresentano l'ampiezza e la direzione della variabile, in ciascun punto di una superficie o di un volume. Il campo magnetico terrestre è generalmente descritto da un'ampiezza e da due angoli che fissano il suo orientamento, noti come inclinazione e declinazione. Alcuni strumenti di misura sono sensibili solo ad alcune componenti del campo magnetico, come nel caso della bussola che indica l'orientamento orizzontale (declinazione), ma non quello verticale (inclinazione) o l'ampiezza.

La distribuzione spaziale del magnetismo terrestre è generalmente approssimata con quella che sarebbe prodotta da un corto ed intenso dipolo, localizzato vicino al centro della Terra e spostato rispetto all'asse di rotazione. L'introduzione di ulteriori dipoli (caratterizzati da minore intensità e con differenti orientamenti) consente di perfezionare tale modello ed adattarlo alle caratteristiche locali. Il campo misurato alla superficie terrestre, oltre a non essere costante nel tempo (con oscillazioni a lungo termine dell'ordine di anni), è sensibile alla distribuzione di depositi minerali locali ed interagisce con le particelle elettricamente e magneticamente cariche provenienti dal Sole. L'attività geomagnetica terrestre è quindi un fenomeno indotto dal vento solare, flusso costituito da un plasma di elettroni liberi e ioni espulsi dal Sole: in presenza di forti perturbazioni sulla stella, il vento solare può aumentare considerevolmente la sua velocità d'interazione con la magnetosfera terrestre alterandone la distribuzione e producendo brusche ed improvvise variazioni del campo. Si osservano anche variazioni giornaliere dovute all'azione combinata del riscaldamento solare che induce correnti elettriche circolanti nella parte superiore dell'atmosfera, e all'effetto marea causato dall'azione gravitazionale solare che ridistribuisce il plasma ionosferico. Sono registrabili simili variazioni (anche se con intensità molto inferiore) prodotte dall'effetto mareale della Luna che induce deboli correnti ionosferiche. Altre variazioni non periodiche sono prodotte da fenomeni fisici identici a quelli responsabili del vento solare: in corrispondenza di zone peculiari della corona, chiamate buchi coronali, il locale campo magnetico consente una libera uscita del vento solare. Alcune particelle "spazzolano" la magnetosfera terrestre che, in risposta, subisce espansioni e contrazioni. I brillamenti solari sono sorgenti d'intensa radiazione elettromagnetica, raggi X, radiazione ultravioletta e particelle cariche (elettroni, protoni, nuclei più pesanti). Tale radiazione aumenta la percentuale di ionizzazione della ionosfera terrestre, mentre le particelle sono generalmente deviate dal campo magnetico terrestre. Le distorsioni più ampie della magnetosfera terrestre sono causate da espulsioni di massa coronale.

L'intensità del campo magnetico totale misurabile sulla superficie terrestre varia fra 0.1 e 1.0 Gauss (0.00001 e 0.0001 Tesla), generalmente diretto verso i poli magnetici con direzione orizzontale predominante verso i tropici e le medie latitudini, ed è inclinato, in direzione verticale, verso le regioni polari. Si registrano variazioni temporali più piccole di due o più ordini di grandezza durante il giorno e la notte, su scale di tempo che variano da pochi secondi a diverse ore (fino ad un giorno intero).

Fasce di Van Allen

Le Fasce di Van Allen (sono una componente importante della magnetosfera terrestre, quella regione dello spazio in cui il moto delle particelle cariche del vento solare e della radiazione cosmica non troppo energetica viene condizionato dal campo magnetico terrestre).

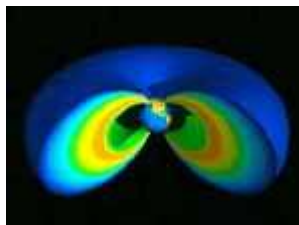
Le fasce sono formate da particelle cariche, per lo più di origine cosmica e solare, intrappolate nel campo magnetico: sono state scoperte all'inizio dell'era spaziale, nel 1958, con i rivelatori di particelle posti a bordo dei satelliti "Explorer 1 e 2" da James Van Allen, da cui hanno preso il nome.

Le particelle cariche delle fasce (una interna e l'altra più esterna) sono elettroni e protoni con energie cinetiche che vanno dal Kev ai GeV. La distribuzione spaziale delle particelle è molto complessa e variabile nel tempo (specie per la fascia esterna). Le particelle si muovono lungo le linee di forza del campo magnetico terrestre seguendo traiettorie a spirale e oscillando in latitudine tra i punti coniugati di riflessione negli emisferi boreale e australe. C'è anche un moto delle cariche in longitudine che forma una corrente di tipo anulare attorno alla Terra.

La distribuzione approssimata delle particelle è la seguente (1 Rt = 6378 km, raggio terrestre):

- 1 - Distanze fra 2.5 e 5.8 Rt: protoni poco energetici (ca. 3 Mev)
- 2 - Distanze fra 1.5 e 1.7 Rt: protoni energetici (> 30 Mev)
- 3 - Distanze fra 3 e 4.3 Rt: elettroni poco energetici (ca. 2 Mev)
- 4 - Distanze fra 1.6 e 8.5 Rt: elettroni molto energetici (> 40 Mev)

La vita media delle particelle nella fascia interna è di circa 10 anni, le particelle vengono poi perse per cattura atmosferica. Nella fascia esterna invece, soggetta a forti perturbazioni a causa dei brillamenti solari, la vita media non ha un valore ben definito. Addirittura, recentemente la NASA ha individuato l'esistenza di una terza fascia, poi scomparsa, formatasi durante un periodo caratterizzato da un'elevata attività solare.



La cintura magnetica interna, scoperta dagli Explorer 1 e 2, deve la sua esistenza alla straordinaria stabilità delle orbite attorno alla Terra. Essa è un prodotto della radiazione cosmica che da sola ha un'intensità piuttosto bassa: l'ammontare dell'energia ricevuta dalla Terra dai raggi cosmici è comparabile a quella che riceve dalla luce stellare. Solo l'accumularsi delle particelle nel corso degli anni rende la fascia magnetica interna tanto intensa.

I raggi cosmici sono composti da veloci cariche positive, che bombardano la Terra da ogni direzione. Sebbene il loro numero sia piccolo, l'energia di ogni particella è alta, cosicché quando questi ioni urtano i nuclei dei gas dell'atmosfera, i frammenti vanno rimbalzando verso differenti direzioni. Molti frammenti vengono assorbiti dall'atmosfera o dal suolo, ma alcuni vengono espulsi nuovamente nello spazio.

Se essi sono elettricamente carichi, ad esempio elettroni o ioni, essi vengono quasi sempre catturati dal campo magnetico terrestre. Nessuno di questi, comunque, dura molto a lungo.

Alcuni dei frammenti sono neutroni, particelle simili ai protoni ma non caricate elettricamente. Per questo, i neutroni non subiscono l'influenza del campo magnetico terrestre e muovendosi troppo velocemente perché la gravità possa trattenerli, essi solitamente sfuggono nello spazio.

Il neutrone è comunque radioattivo: nel giro di circa 10 minuti esso si divide in un protone, che assume la maggior parte dell'energia, un elettrone ed un neutrino, privo di massa. Dieci minuti però sono molti per una particella veloce, abbastanza per arrivare a metà strada per Marte. Comunque il tempo di decadimento è stato calcolato statisticamente e, se i 10 minuti rappresentano la media, un basso numero di neutroni decade presto, quando ancora essi si trovano all'interno del campo magnetico terrestre. In questo modo i protoni che derivano dai neutroni spesso possono rimanere intrappolati in orbite fisse per tempi piuttosto lunghi.

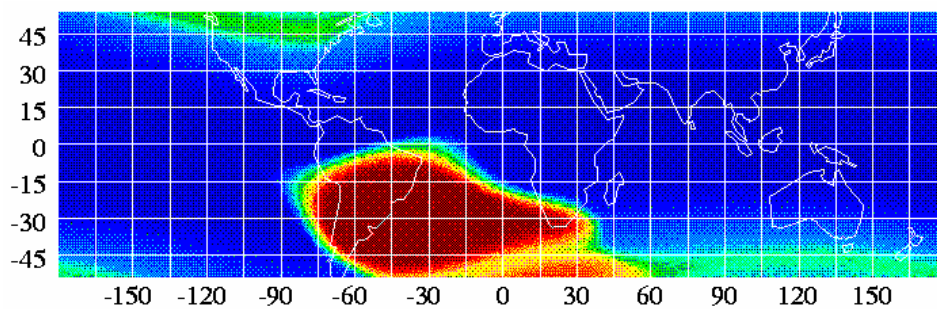
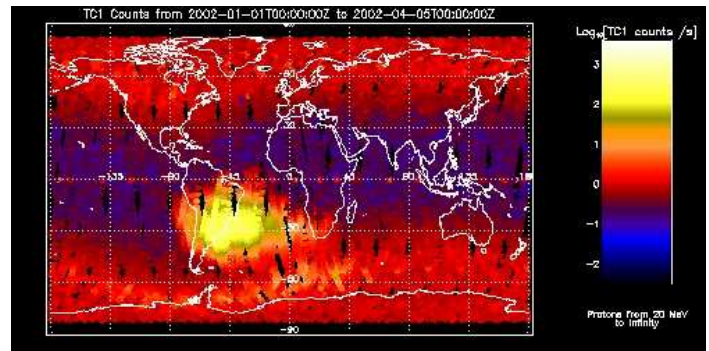
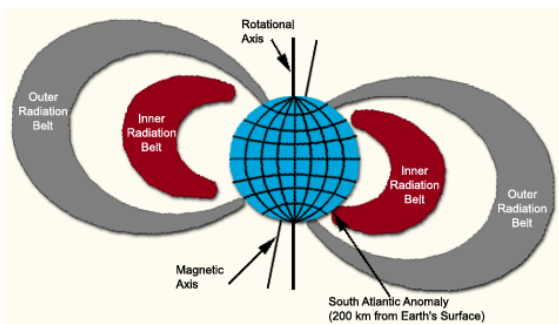
Mi ha colpito l'articolo di IXIRPJ (Roberto Joyeusaz), pubblicato sul sito ufficiale dell'ARI che parla di "E-sporadico e fasce di Van Allen", che ritengo molto interessante.

Le Fasce di Van Allen sono centrate con l'asse magnetico terrestre, che è inclinato rispetto all'asse geografico. Questa sfasatura tra l'asse geografico e l'asse magnetico, fa che la distanza delle Fasce di Van Allen non sia omogenea rispetto a tutta la superficie terrestre. Sopra l'Oceano Atlantico meridionale la parte più interna delle Fasce di Van Allen è molto vicina alla terra, fino a toccare la parte alta dell'atmosfera terrestre.

I fenomeni di riflessione e rifrazione delle onde radio dipende proprio dalle zone ionizzate dell'alta atmosfera e sappiamo anche che i fenomeni più frequenti di E-Sporadico, avvengono proprio tra l'Europa ed il Sud America, sfruttando gli strati altamente ionizzati che si trovano sopra l'Oceano Atlantico meridionale, nella stessa zona della Anomalia Sud Atlantica.

Dovrebbe esserci una correlazione tra i due fenomeni.

Le Fasce di Van Allen risentono in maniera notevole dell'intensità del vento solare, dei brillamenti solari e dei raggi cosmici. La propagazione è sempre legata alla stessa tipologia di fenomeni, o a altri fenomeni che sono comunque legati in maniera biunivoca a questi, come le macchie e/o il flusso solare



Ipotesi

Esiste la possibilità un fenomeno strano sulle bande alte, ovvero può capitare di ascoltare i propri echi di ritorno, con un ritardo stimabile nell'ordine di 300 – 400 milli secondi.

Il fenomeno, e' riscontrabile su frequenze indicativamente superiori ai 21 Mhz .

Potrebbe trattarsi di una riflessione "esterna" su strati piu' elevati, influenzati dalle fasce di Van Allen, o di zone ad elevata ionizzazione indotte dalle fasce che in determinati punti si avvicinano all'atmosfera terrestre.

Queste "anomalie" localizzate al di sopra dello strato F2, potrebbero indurre una riflessione e spiegare il motivo di questi percorsi molto lunghi (e quindi il ritardo dei segnali) sulle bande piu' alte delle HF, e favorire certi collegamenti dx anche con piccola potenza.

Studi della NASA hanno dimostrato l'esistenza di queste irregolarita', una di queste viene chiamata "Anomalia sud Atlantica", poiche' in questa zona e' stata accertata un'anomalia di questo tipo.

Potrebbero verificarsi, in certi casi altre anomalie, magari di natura anche temporanea, indotte da irregolarita' del campo magnetico terrestre.

Forse e' un'ipotesi azzardata (che comunque vale la pena di essere approfondita), gli echi potrebbero essere causati dai segnali, che in determinate condizioni e con il ciclo solare al massimo possono fare anche piu' di un giro del mondo e arrivare quindi in ritardo di qualche frazione di secondo.

Guide d'onda

Talvolta la regione F2 si presenta , in certe particolari condizioni, come una gigantesca guida d'onda che intrappola i fasci incidenti e li fa tornare a terra a distanze grandissime; questo si puo' verificare specialmente quando i fasci lambiscono la zona crepuscolare tra notte e giorno, dove la ionosfera , al comparire del sole, subisce repentini cambiamenti; fenomeni analoghi si possono avere per quei treni d'onde che lambiscono la zona del polo nord , in coincidenza con aurore boreali, allora si hanno collegamenti eccezionali con potenze piccolissime.

Back scatter

La diffusione di segnali che dopo essere stati riflessi da un salto ionosferico tornano a terra e al contatto con il terreno ruvido si sparpagliano in ogni direzione e' detta "backscatter", cosi' puo' accadere che la m.u.f. sia favorevole in una certa direzione e porti i segnali in una certa area.

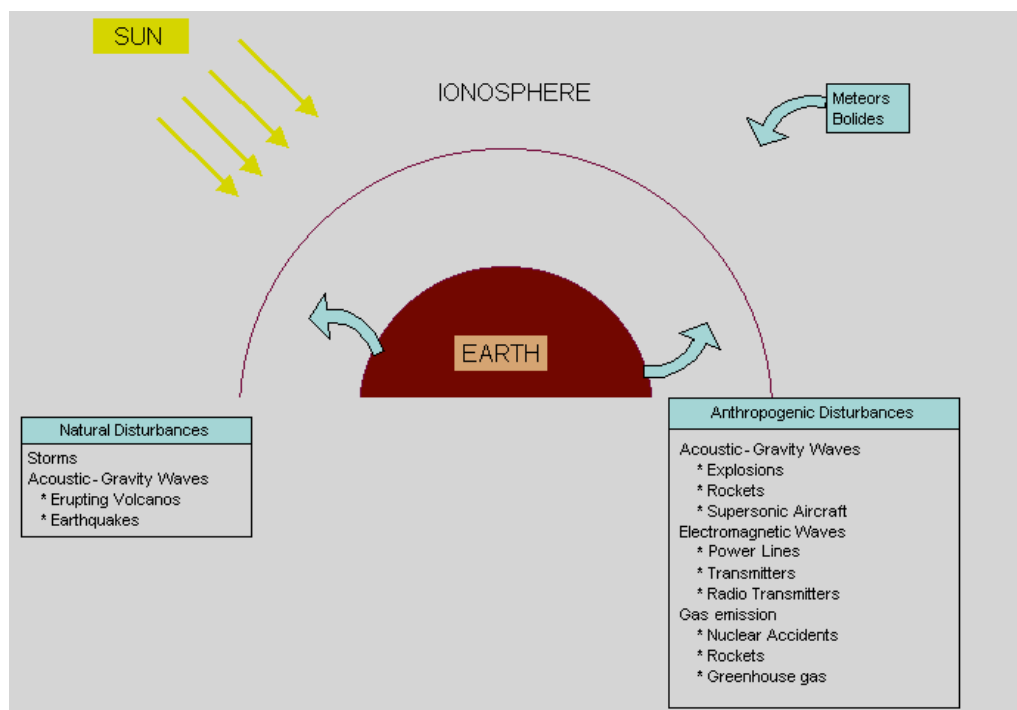
In questa si verifica il back scatter che permette di ascoltare stazioni indirettamente puntando le antenne direttive non nella direzione del corrispondente, ma talvolta 30 o 60 gradi spostate rispetto ad esso.

Il collegamento si realizza infatti non con il puntamento diretto, ma indirizzando le antenne dei due corrispondenti verso l'area dove avviene la diffusione.

Disturbi nella Ionosfera

La figura in basso mostra le varie fonti di disturbo che possono influenzare la ionosfera.

La maggior fonte di disturbo e' tuttavia di origine solare.



Flavio Egano IK3XTV

www.qsl.net/ik3xtv *Propagation Observatory*

Bibliografia:

"Il Radio-sole e gli effetti ionosferici associati" dal sito web di Flavio Falcinelli www.radioastrolab.it

"ARRL" Handbook 1996

"Manuale di Radiotelegrafia" di Carlo Amorati I4ALU

"Antenne linee e propagazione" di Nerio Neri I4NE

INFLUENZA DEL SOLE SUI COLLEGAMENTI LOCALI

Prendendo spunto da un collegamento locale effettuato in banda 21 Mhz il giorno 22 Novembre 2002 con l'amica Gabriella IK3CXG Volevo analizzare l'influenza della ionosfera e quindi del sole anche per quei collegamenti su percorsi cortissimi.

La distanza tra Thiene e Piovene (dove si trova la stazione di Gabriella) e' di circa 7 chilometri.

In un collegamento su una distanza cosi' corta il segnale ricevuto non e' cosi' stabile come si potrebbe in un primo momento pensare.

Il segnale di IK3CXG alle 15.16 UTC era di 9+10 dB, alle 16.30, circa 50 minuti dopo il tramonto era sceso a 5/5 per scendere ulteriormente a 5/1 circa 15 minuti dopo.

Essendo rimasti costanti tutti i parametri in gioco, tranne uno (l'irradiazione solare), il motivo della diminuzione dell'intensita' del segnale

COLLEGAMENTO tra IK3CXG e IK3XTV su 21,255 MHz del 22/11/2002

UTC TIME	SEGNALE	INTENSITA'
15.16	5/9+10 dB	320 micro volt
16.30	5/5	6,25 micro volt
16.45	5/1	0,39 micro volt

E' da attribuirsi alla differente irradiazione del sole sull'atmosfera terrestre.

Analizzando la dinamica del segnale ricevuto si nota che partendo da un livello molto alto (ragionando sul valore dell'intensita' di campo ricevuto, espresso in micro- volt) di 320 micro-volt , l'intensita' di campo e' rimasta in pratica costante fino al tramonto del sole

Che in questa stagione a Thiene avviene alle 15.37 Utc, dopo il tramonto l'intensita' del campo ha iniziato a scendere per arrivare a 6,25 micro-volt alle 16.30 utc , per scendere molto rapidamente a 0,39 micro-volt 15 minuti dopo, alle 16.45 utc.

ONDA DI SUPERFICIE

Le onde che si propagano dall'antenna e rimangono a contatto con il suolo sono dette onde di superficie, in onde corte, soprattutto per frequenze maggiori di 3 Mhz, l'attenuazione e' elevata, e l'intensita' di campo diminuisce rapidamente con la distanza dalla sorgente di emissione inoltre l'irradiazione piu' efficiente per l'onda di terra si ha con antenne a polarizzazione verticale.

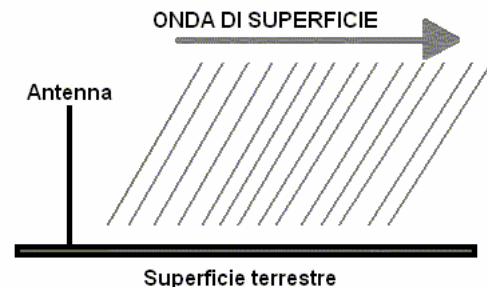
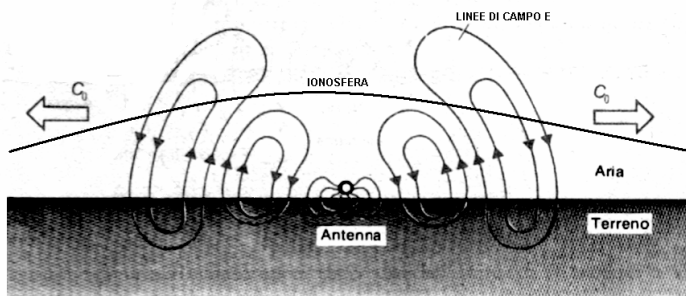
La superficie della terra vista elettromagneticamente e' un misto di cattivi conduttori e di cattivi non-conduttori (isolanti), pertanto la terra provoca perdite.

L'attenuazione e' funzione della frequenza e delle caratteristiche del terreno.

L'onda terrestre genera nel terreno, come in un qualsiasi conduttore, una tensione, e quindi in corrispondenza scorre una corrente la cui intensita' dipende dalla conducibilita' del terreno.

Il fatto che l'attenuazione cresca con la frequenza, si spiega con le correnti indotte disperse.

Pertanto l'onda terrestre nel campo delle HF , scompare gia' a brevi distanze dall'antenna.



La figura in alto a sinistra mostra le linee di campo che si propagano dall'antenna seguendo la superficie terrestre, per effetto dell'attenuazione geometrica e degli assorbimenti del terreno, l'intensita' di campo diminuisce rapidamente gia' a brevi distanze dalla sorgente di emissione.

Viceversa, l'onda terrestre delle onde ultra lunghe, con lunghezze d'onda di qualche migliaio di metri, viene cosi' poco attenuata, che puo' estendersi lungo tutto il globo terrestre.

Le perdite per attenuazione nella propagazione di un'onda terrestre sono circa le stesse ad ogni ora del giorno o tempo dell'anno e per tutte le condizioni meteorologiche, la distanza che essa puo' raggiungere e' quindi molto costante nel tempo.

La onde terrestri possono essere generate soltanto per mezzo di antenne polarizzate verticalmente e pertanto le antenne riceventi devono essere poste sullo stesso piano, per ottenere risultati ottimali.

Questo fatto deve essere sottolineato in modo particolare in quanto esso si distingue dalla propagazione delle onde spaziali che e' possibile con qualsiasi polarizzazione.

La potenza di emissione necessaria per i collegamenti quasi ottici e' molto bassa.

Per i collegamenti in cw e in fonìa fra stazioni poste sulla superficie terrestre e' sufficiente la potenza di trasmissione di pochi watt

Su un semplice dipolo per collegare un ricevitore di media qualita', anche se i raggi dei due orizzonti radio sono molto grandi.

Purtroppo pero' la cosa vale soltanto ad una condizione, le antenne corrispondenti devono trovarsi a 3 lunghezze d'onda o piu' sopra il terreno (e polarizzate verticalmente), quindi considerando i 15 metri le antenne per una irradiazione ideale dovrebbero trovarsi ad almeno 45 metri da terra.

Se l'altezza e' di una lunghezza d'onda e' necessaria una potenza 10 volte superiore.

Il motivo di questo fenomeno sta' nell'angolo di irradiazione dell'antenna, il quale risulta sempre piu' ripido con la diminuzione dell'altezza relativa dell'antenna, per cui esso tende a guardare oltre la zona di ricezione.

Mentre il motivo per cui la polarizzazione deve essere verticale sta' nel fatto che il suolo si comporta come un conduttore discreto particolarmente per le frequenze basse ed una delle leggi dell'elettromagnetismo richiede che le linee di campo elettriche che toccano

la superficie di un conduttore lo facciamo perpendicolarmente alla stessa, se la polarizzazione e' orizzontale, le linee di campo sono parallele al conduttore (terreno) e quindi si troverebbero dal terreno corto circuitate.

ONDA SPAZIALE

L'onda spaziale e' quella parte del fronte d'onda irradiata dall'antenna che è riflessa dalla ionosfera.

Gli strati riflettenti della ionosfera non hanno caratteristiche costanti.

Essi variano in altezza, nel grado di ionizzazione e di intensità per effetto delle radiazioni solari, non solo con l'alternarsi del giorno e della notte e delle stagioni, ma anche in dipendenza del ciclo undecennale delle macchie solari.

Questa moltitudine di fattori influenti spiega come la propagazione dell'onda spaziale non sia costante.

La variabilità della propagazione per onda spaziale e' ancora più accentuata dal fatto che essa dipende pure dall'angolo di incidenza dell'onda spaziale riflessa, dalla sua frequenza e dal grado di ionizzazione (gradiente) dello strato riflettente.

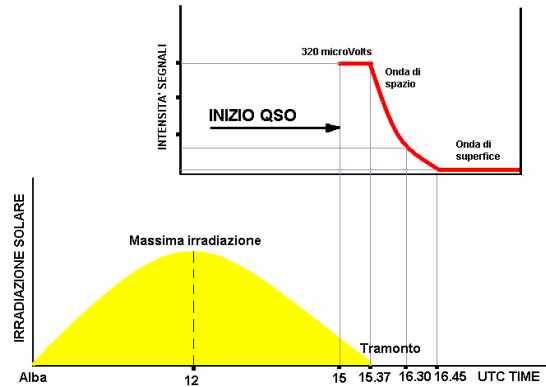
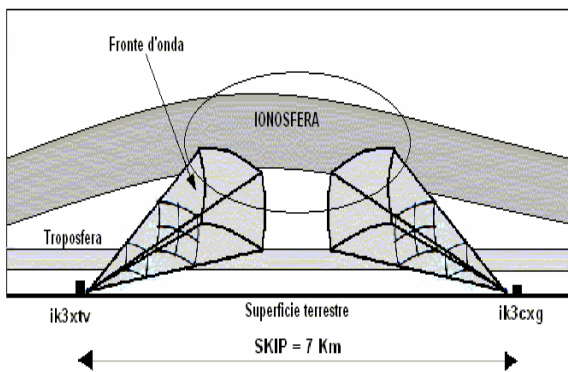
INFLUENZA DELLA IONOSFERA

Il fronte d'onda emesso dall'antenna e' amplissimo e, soprattutto nel mio caso a polarizzazione Orizzontale (dipolo rotativo)

Le condizioni di emissione dell'onda di terra sono le peggiori possibili.

Come già detto il fronte d'onda amplissimo e polarizzato orizzontalmente si propaga nello spazio circostante (che e' la ionosfera curva) La frangia principale del fronte d'onda entra nella ionosfera terrestre e per riflessioni diffuse viene curvato progressivamente anche a migliaia di chilometri di distanza.

Per una comprensione della propagazione dobbiamo immaginarci il radio segnale non come un raggio distinto (una linea retta) ma come una sfera di energia che avvolge lo spazio circostante compresa la ionosfera in alto.



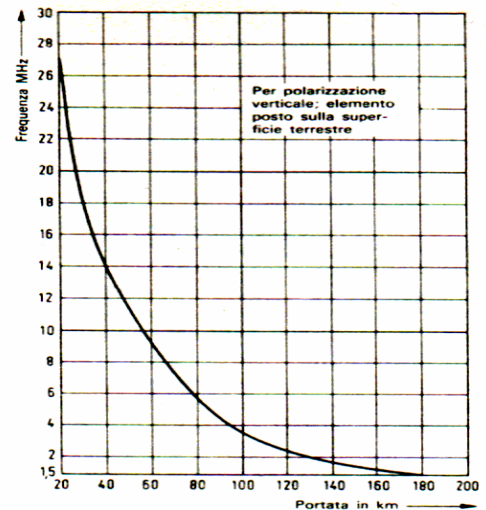
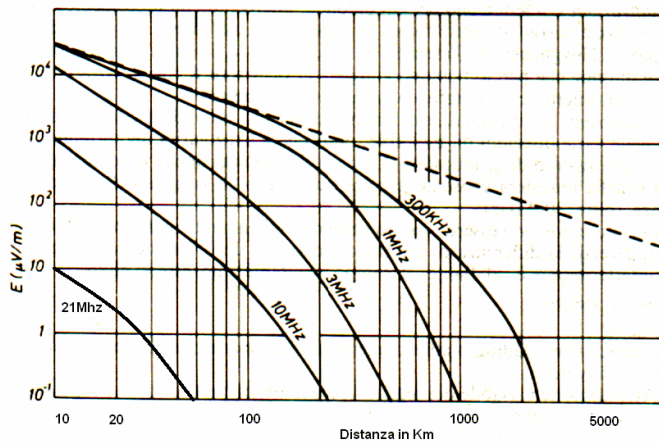
La figura in alto a sinistra (le proporzioni non sono esatte, ma solo esplicative) vuole evidenziare l'emissione del fronte d'onda che entrando in contatto con gli strati attivi della ionosfera terrestre viene riflesso verso terra rendendo l'onda spaziale dominante anche per collegamenti a brevissima distanza.

Mentre la figura di destra illustra l'andamento dell'intensità del segnale in relazione all'irradiazione solare.

C'è da considerare che il segnale è proporzionale all'irraggiamento del sole ma per l'influenza sulla propagazione c'è una sorta di isteresi dovuta alla non immediata deionizzazione della ionosfera dopo il tramonto.

Una parte dell'energia di questa sfera, quando nel mezzo trova le condizioni ideali per una riflessione (nella ionosfera ionizzata), viene curvata verso terra e quindi captata dal ricevitore, avviene a mio avviso una riflessione diffusa favorita dagli strati ionosferici in alto, anche se la distanza tra le due stazioni è piccola.

Un altro aspetto importante da considerare è il take-off del segnale (l'angolo di irradiazione), nel mio caso irradiando con un dipolo rotativo, il take off è alto e quindi essendo la componente verticale del fronte d'onda importante, "migliora" la riflessione da parte della ionosfera soprastante spargendo il segnale per così dire attorno al qth, viceversa bassi angoli di irradiazione, consentono una irradiazione del fronte d'onda più basso sull'orizzonte e quindi migliore per la lunga distanza, in altre parole c'è una minore dispersione di energia verso l'alto.



Il diagramma in alto a sinistra raffigura i valori del campo elettrico per diverse frequenze, rapportate alla distanza dalla sorgente di emissione, mentre il diagramma a destra mostra la portata (per polarizzazione verticale) in base alla Frequenza utilizzata. Si tratta comunque di diagrammi indicativi.

CONSIDERAZIONI

Dall'analisi della dinamica dei segnali rapportati all'irradiazione del sole (come riportato nelle mappe in basso) si può vedere come l'intensità del campo sia massima quando il sole è ancora alto e quindi gli strati ionosferici sono fortemente ionizzati, inoltre l'intensità di campo è rimasta praticamente costante fino a quando il sole non è tramontato (15.37 utc), anzi poiché il livello di ionizzazione scende progressivamente dopo il tramonto ma non immediatamente (ionizzazione residua), il livello di intensità di campo è sceso drasticamente circa 50 minuti dopo il tramonto (valore di 6,25 micro-volt), per scendere ancora a 0,39 micro-volt, 15 minuti dopo, quando probabilmente la ionizzazione non era più sufficiente a diffondere il segnale e il valore del campo elettrico era determinato dalla sola onda di superficie.

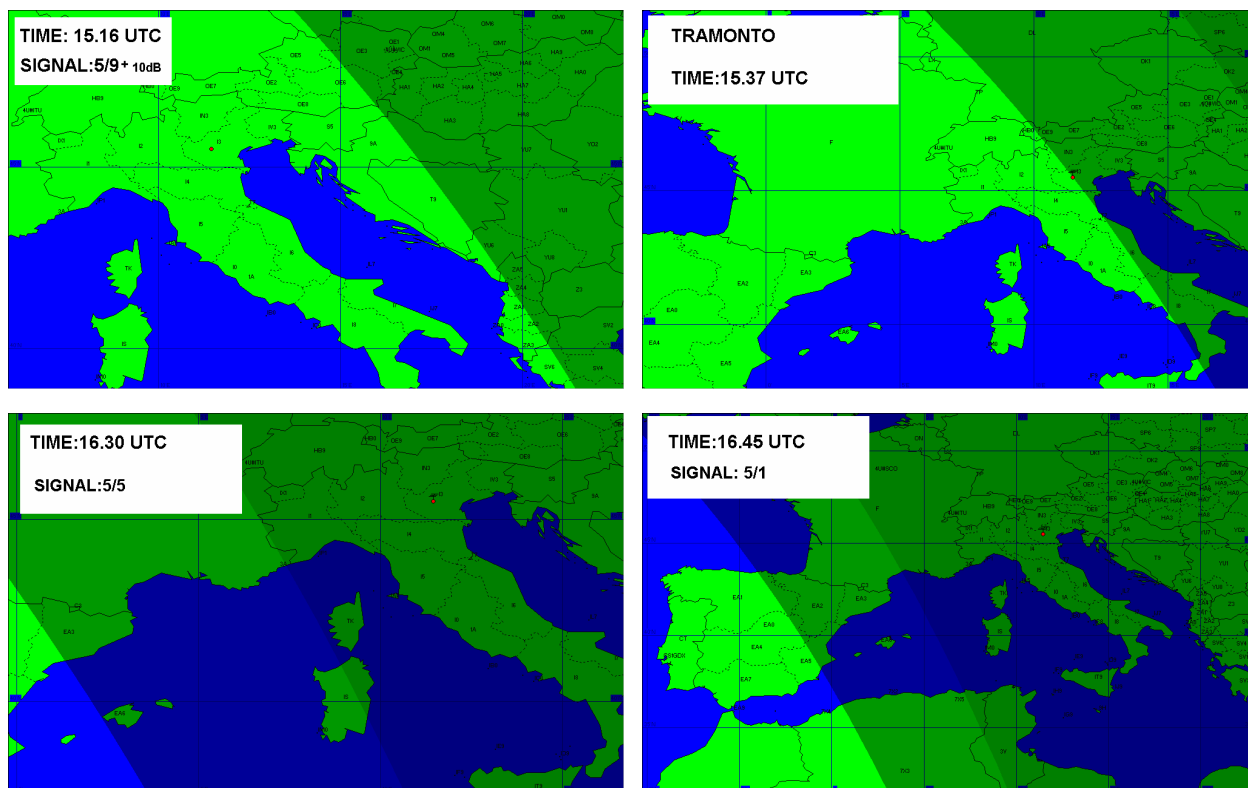
Inoltre bisogna considerare che gli strati riflettenti essendo più in alto, "vedono" il sole per un periodo più lungo rispetto al suolo. Quindi esiste una sorta di isteresi sulla ionizzazione degli strati dopo il tramonto, anche se in ogni caso l'impressione è che si tratti di una deionizzazione rapida (almeno su questa frequenza di 21 MHz) poiché la progressiva diminuzione dell'intensità di campo, dopo il tramonto è stata molto rapida.

Una conferma alle considerazioni appena fatte viene anche dal fatto che alcune volte ho collegato in 15 e 17 metri, la stazione IN3LQB Da Rovereto, durante le ore del giorno e con segnale presso che simile a quello di Gabriella (5/9+)

Rovereto, rispetto a Thiene, si trova ad una distanza di circa 50 chilometri ma soprattutto nel fondo valle dietro alle montagne del Pasubio alte 2300 metri, la propagazione per onda di superficie in questo caso distanza a parte, è impossibile, è evidente quindi che il meccanismo di propagazione che entra in gioco è lo stesso di quello appena descritto.

L'influenza della ionosfera e quindi del sole (soprattutto sulle frequenze più alte dello spettro HF) è determinante anche sui collegamenti vicinissimi, e l'onda spaziale è praticamente la sola componente importante.

Le variazioni di intensità di campo si sono rivelate elevatissime (maggiori a 300 micro volt).



Le cartine in alto mostrano cronologicamente l'andamento del sole e l'evoluzione del segnale ricevuto. L'assorbimento degli strati inferiori della ionosfera (regione D) in 21 Mhz è trascurabile, pertanto le differenze di intensità sono dovute alla maggiore o minore ionizzazione degli strati riflettenti della ionosfera, attivati dal flusso solare. Per completezza di informazione gli indici solari del 22-12-2002 sono i seguenti:

A index=25

Sunspot number=125

Solar flux=150

Riporto di seguito le considerazioni di un caro amico OM, Tony De Longhi, IZ3ESV, a seguito della nostra discussione sull'argomento, le osservazioni fatte da Tony mi trovano perfettamente d'accordo.

Propagazione HF a cortissima distanza: fuori dalla “zona d’ombra”?

(Di IZ3ESV Tony De Longhi)

I percorsi delle onde radio, condotte, riflesse e veicolate verso zone più o meno distanti del globo terrestre, sono un aspetto dell’attività radioamatoriale che di speculativo hanno davvero poco; lo studio della propagazione e dei comportamenti stagionali della ionosfera è la chiave di volta dell’attività DX, e non solo, tanto da essere oggetto di una vasta letteratura specializzata.

Storicamente quindi la propagazione delle onde radio è diventata sinonimo di grandi distanze, di collegamenti antipodali, di *long* e *short path*. In realtà nella pratica comune di noi radioamatori possono capitare fenomeni propagativi a breve distanza, nel raggio di circa 200-500 Km, dovuti essenzialmente a riflessioni da E sporadico e anomalie ad esso collegate. Tali fenomeni, associati il più delle volte a segnali straordinariamente forti, si hanno prevalentemente in estate e qualche volta anche durante la stagione invernale, nelle ore che seguono il tramonto e che precedono la chiusura della banda. Si devono infatti considerare, nel nostro discorso, solo le gamme “alte” delle HF, dai Venti ai Dieci metri, poiché nelle bande più basse la propagazione a breve distanza ha una costanza e una consistenza diverse, tale da consentire collegamenti a livello nazionale lungo tutto l’arco della giornata.

Tuttavia possono verificarsi condizioni particolari per cui ci si riesca ad ascoltare anche tra stazioni poste nel raggio di una decina di chilometri, collegamenti spesso tra stazioni nella stessa provincia o regione, con segnali decisamente buoni, spesso associati alla cosiddetta “portata ottica”, ossia al collegamento per via diretta, senza cioè alcun ruolo svolto da parte della propagazione più “classica”. Questo punto di vista deriva, come diceva il buon Marino Miceli, da un condizionamento puramente didattico: la schematizzazione secondo cui la componente principale dell’energia irradiata dall’antenna vada, secondo un angolo di uscita più o meno basso, a rimbalzare nella ionosfera verso lidi più esotici e che una componente inferiore vada a irradiare un’area poco estesa nelle vicinanze della stazione trasmittente, permettendo quindi il contatto per via diretta, a prescindere dalla propagazione stessa. Una serie di osservazioni ci ha permesso invece di osservare come in realtà ci siano degli indizi consistenti a carico della ionosfera anche nei collegamenti ad un range di una decina o poco più di chilometri. Queste osservazioni hanno messo in luce come il segnale di una stazione (Gabiella, IK3CXG) posta a circa 10 Km dall’osservatore (Flavio, IK3XTV) avesse una consistenza decrescente col progredire dell’oscurità, tanto da perdere quel carattere di “località” mano a mano che la gray line sopraggiungeva determinando l’impoverimento della banda, nello specifico i 15 metri. In sostanza, il segnale calava di intensità in maniera proporzionale al calo di intensità dei segnali a media e lunga distanza, rimanendo comunque intellegibile e comprensibile, ma tuttavia senza quel vigore che l’aveva caratterizzato in precedenza. Una condizione di osservazione del tutto particolare, poiché il QSO si era protratto per gran parte del pomeriggio, permettendo quindi un monitoraggio pressoché costante dell’intensità dei segnali.

Essendo quindi Flavio un buon osservatore, un curioso per natura e un grande appassionato di propagazione, la nostra attenzione si è spostata su quale sia la relazione tra il fenomeno osservato e la propagazione delle onde radio per via ionosferica. Se esiste una relazione, infatti, la stessa fenomenologia dovrebbe essere osservata anche da altri colleghi, e questo è un invito a tutti per raccogliere delle esperienze significative.

A nostro avviso, infatti, quella che viene comunemente definita “zona d’ombra”, non ha un carattere totale di oscurità del segnale, proprio per quel valore puramente didattico e scarsamente pratico che ha la propagazione vista come un percorso a rimbalzo unidirezionale. Abbiamo ipotizzato dunque che esista una buona componente dell’energia irradiata che non segua un percorso a lunga distanza, ma che per vari fattori, tra cui le caratteristiche dell’antenna e il suo take off, vada a irradiare per via diretta aree più o meno vicine e che vada a colpire strati più o meno perpendicolari alla sorgente del segnale (dove il segnale tende a non essere riflesso del tutto). Va da sé che per la rotondità della sfera terrestre e della volta che racchiude l’atmosfera, questi segnali tendano ad essere rispediti con minore intensità verso terra, ma a distanze decisamente minori rispetto alle distanze coperte durante un’apertura DX determinando comunque una propagazione di tipo ionosferico. Con il venire meno dunque dello strato ionizzato (chiusura della banda, tramonto del sole) anche la componente ionosferica del segnale a breve distanza lascerebbe il posto alla sola irradiazione per via diretta, che non avrebbe mai cessato di esistere ma che sarebbe stata sostenuta e accresciuta in intensità grazie alle componenti riflesse di cui si ipotizza l’esistenza. In pratica si deve immaginare l’antenna come una sorgente di energia che irradia:

per una percentuale piuttosto elevata verso quegli strati della ionosfera responsabili del DX (segnali a takeoff basso);

per una percentuale minore direttamente nell’area circostante, favorendo la via diretta indipendente da ogni ingerenza propagativa;

per una percentuale più o meno equivalente alla precedente diretta invece ad un angolo molto elevato (tra i 70° e i 90°, segnali ad alto takeoff) verso gli strati ionosferici soprastanti, e da qui riflessa verso aree vicine alla stazione trasmittente con intensità inferiore a causa della non totale riflessione delle onde incidenti ad angolo molto elevato nella ionosfera;

Per queste tre ragioni, un segnale a breve distanza avrebbe un’intensità direttamente proporzionale alla “quantità” di propagazione presente in un determinato momento in una determinata banda. In sostanza, un segnale HF, a partire dai 20 metri in su, ha un destino scritto nel momento in cui nasce, un destino fatto di riflessioni ad alta quota!

Da questo punto di vista la cosiddetta “zona d’ombra” non sarebbe del tutto in ombra, ammettendo l’ipotetica esistenza quindi di una “zona di penombra” o di “visibilità ionosferica” vicina alla sorgente trasmittente la cui presenza sarebbe direttamente correlata alla presenza di strati ionizzati. E in questa area, non più ampia di qualche decina di chilometri, i segnali arriverebbero sia per via diretta che per via ionosferica; e questo potrebbe spiegare, oltretutto, quella sorta di eco che si ha nei collegamenti tra stazioni distanti al massimo 200 Km, molto simile allo scintillamento (fluttering) proprio dei segnali transpolari e spesso imputata a non meglio precisate “riflessioni”. Il condizionale in sostanza è d’obbligo, le nostre sono solo osservazioni e supposizioni, tentativi di soluzione a quesiti che incuriosiscono e che rendono la nostra attività estremamente affascinante. La ionosfera riserva sempre delle sorprese, e il suo studio sistematico ha permesso nel corso degli anni di arrivare a tracciare un quadro dettagliato e tuttavia incompleto a causa della enorme serie di variabili che si presentano nella nostra pratica quotidiana, rendendo ogni schematizzazione troppo rigida per poter assurgere al ruolo di teorema. Il nostro sia quindi considerato come un invito ad osservare non solo questi fenomeni che abbiamo tentato di spiegare, ma anche sia un invito a registrare sempre tutto quello che stimola la nostra curiosità e la nostra fantasia, convinti del fatto che mille esperienze fanno conoscenza, e che mille conoscenze fanno scienza.

FADING SUI COLLEGAMENTI LOCALI

Un altro contributo interessante per la comprensione del comportamento delle onde corte sui collegamenti locali e' quello che ho riscontrato nel corso di un collegamento con l'amico Loris, IK3PCZ.

Vorrei quindi analizzare questo strano fenomeno riscontrato sulla frequenza di 18Mhz nel corso collegamento realizzato la mattina di Domenica 16 Marzo 2003, con IK3PCZ.

Loris irradiava con un'antenna verticale posta sul tetto della propria abitazione mentre il sottoscritto operava con la solita Yagi 2 elementi per i 17 metri.

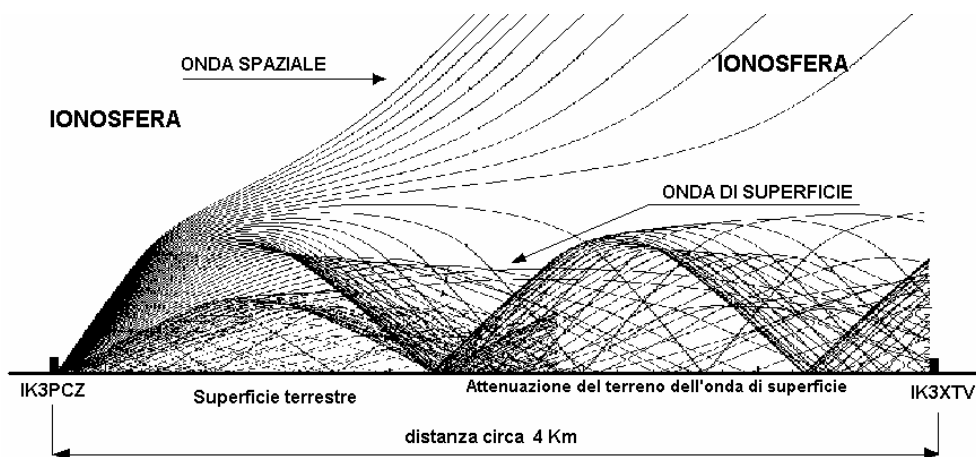
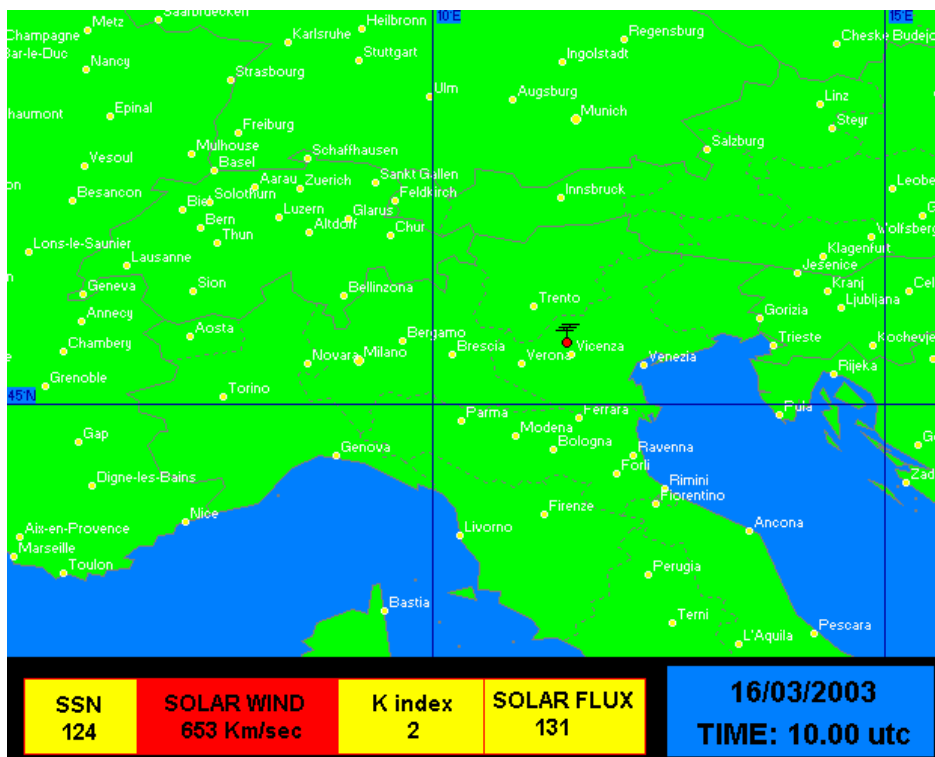
La stranezza del fenomeno si riferisce al fatto che il segnale emesso da Loris con la sua verticale era soggetto ad un profondo fading, (da S1 fino a S9) in termini di intensita' di campo la variazione e' molto elevata, variabile da 0,2 a 50 micro volt.

Abbiamo provato con un'antenna diversa (Rombica 2 elementi) e il segnale era stabile.

La potenza di emissione (mantenuta sempre costante) per entrambi era pari a 10 watts, quindi molto bassa.

Quindi ci deve essere un'interazione (particolare e anomala) con l'emissione elettromagnetica capace di rendere instabile l'intensita' di campo.

La stazione di IK3PCZ si trova a Marano Vicentino, ad una distanza approssimativa di circa 4 chilometri dalla mia abitazione di Thiene.



La figura in alto mostra le due componenti dell'onda radio, spaziale che viene diffusa dalla ionosfera e di superficie che giungono entrambe alla stazione ricevente dopo percorsi pero' differenti.

FADING

Si definisce come fading o affievolimento la fluttuazione casuale del segnale ricevuto.

Il fading e' dovuto a:

-Interferenza fra le onde che arrivano al ricevitore seguendo percorsi diversi.

Si tratta di variazioni rapide che influiscono sul segnale sia in ampiezza che in frequenza.

-Attenuazione variabile del segnale a causa delle variazioni temporali delle caratteristiche del mezzo dove avviene la propagazione delle onde.

Questa attenuazione e' molto lenta nel tempo.

Considerazioni sul fading del segnale

A mio parere il rapido fading dei segnali di IK3PCZ, potrebbe essere causato dal fatto che le onde elettromagnetiche che giungono al ricevitore possono aver seguito percorsi differenti.

Poiche' Loris irradiava con un antenna verticale, l'onda di superficie era dominante e anche se in 18 Mhz le attenuazioni sono elevate, la lunghezza molto limitata della tratta non e' tale da introdurre attenuazioni eccessive.

Tuttavia, oltre alla componente superficiale e' presente anche una onda di spazio (in questo caso secondaria), la quale diffusa dalla ionosfera, segue quindi un percorso diverso.

Generalmente l'energia proveniente secondo un percorso e' dominante nel nostro caso e' dominante la componente di superficie, pero' gli altri contributi possono provocare affievolimenti (fading) di durata breve o lunga, a seconda delle caratteristiche dei diversi modi di propagazione, nel nostro caso il fading e' rapido probabilmente perche' gli effetti aleatori si sommano e le variazioni sono repentine.

La contro prova e' data dal fatto che quando IK3PCZ irradiava con antenna a polarizzazione orizzontale, quindi l'onda di superficie era quasi irrilevante, il segnale non era afflitto da fluttuazione.

- *Un ringraziamento a Gabriella Mollura, ik3cxg, a Tony de Longhi, iz3esv, e a Loris Ik3pcz, per la preziosa collaborazione.*

Bibliografia:

Antenne linee e propagazione di Nerio Neri

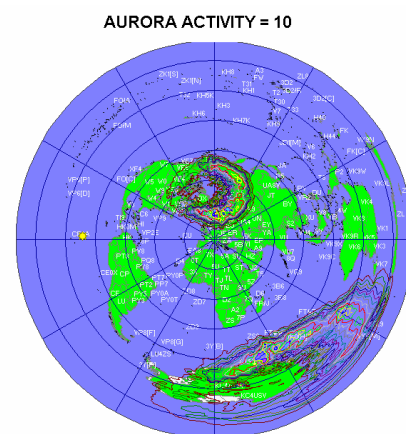
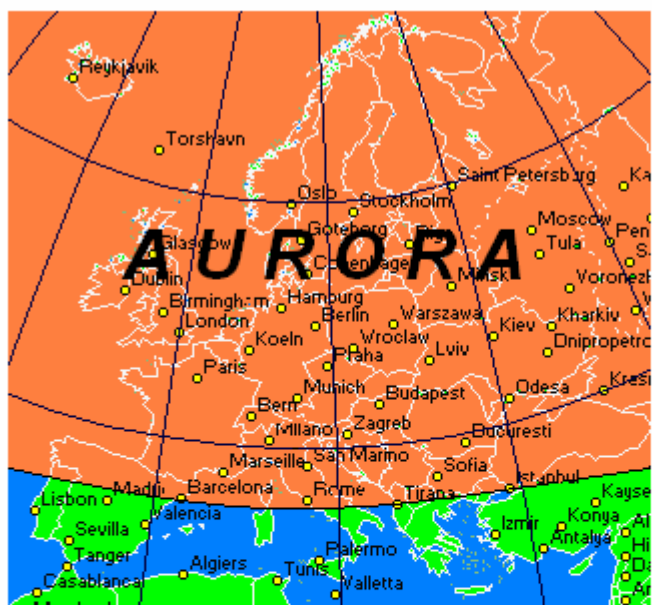
ARRL Handbook

Collaborazione di Tony de Longhi - Iz3esv

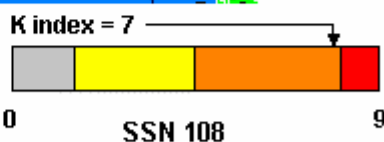
Aurora sui 40 metri

Influenza dell'Aurora sulla propagazione nella banda dei 40 metri

Con quest'articolo vorrei analizzare lo strano fenomeno propagativo cui ho personalmente assistito nella serata di Mercoledì 20 Novembre 2002. Attorno alle 18.30 UTC stavo operando sulla banda dei 40 metri, la frequenza era stranamente (per quell'ora) silenziosa, non c'era il consueto rumore tipico di questa frequenza. Alle 18.51 collegavo la stazione JV5C dalla Mongolia, che arrivava con un ottimo segnale (5/9+), l'impressione è stata subito quella di una propagazione eccezionale, verso est, (verso il lato in oscurità), e con basso livello di rumore. Sempre con segnali forti arrivavano delle stazioni Indonesiane tra cui YB0AI da Giacarta con 5/9+10 dB. Contemporaneamente la propagazione a Skip corto era ancora aperta e qui ecco la cosa più strana che personalmente non mi era mai capitato di sentire sui 40 metri (mi era capitato di ascoltare qualcosa del genere sulle bande più alte delle HF per quei segnali provenienti per esempio dalla costa ovest Americana, su percorsi polari, caratterizzati da "scintillamento" ma in maniera meno marcata), i segnali arrivavano con una forte distorsione e per così dire fluttuanti, tanto che in taluni momenti erano quasi incomprensibili. Il fenomeno interessava solo i segnali a skip corto (i segnali Dx provenienti da oriente, YB, JT, erano normali, forse perché riflessi dalla regione F?), l'impressione era che le stazioni situate entro una determinata area, subissero questa distorsione, ho collegato o ascoltato stazioni con segnale distorto da queste aree: I3, I4, I1, I6, IV3, I7, I2, DL, SP, S5, EI, G, non ho ascoltato segnali dalla Scandinavia (forse troppo dentro l'ovale aurorale e da questi bloccati?) mentre i segnali provenienti dalla penisola Iberica e a maggior ragione dalle isole canarie erano esenti dal fenomeno, non subivano effetto di distorsione (forse perché lontani e quindi fuori dell'influsso dell'ovale aurorale?) Alcuni OM italiani mi confermavano la ricezione distorta e la stranezza dell'evento che, dalle informazioni che ho raccolto era udibile fino alla zona I7. Attorno alle 20 UTC rispondo alla chiamata di una stazione tedesca, dalla Germania centrale, l'OM tedesco, oltre a confermarmi che anche il mio segnale arrivava distorto, m'informava che c'era una forte attività aurorale. Per chi come me si dedica allo studio della propagazione la cosa è di sicuro interesse, anche perché associato a questo fenomeno c'era una buonissima propagazione sulle lunghe distanze. Attorno alle 23 UTC la situazione è tornata quasi normale, quasi, perché (ulteriore conferma che ero di fronte a qualcosa di veramente anomalo) la propagazione era ancora buona a salto corto, poiché ascoltavo bene le stazioni italiane, anche molto vicine (zona Italia 2 e Italia 4), e vista l'ora la cosa è da considerarsi un'anomalia. (L'effetto distorto era in ogni caso cessato). Probabilmente c'erano stratificazioni basse non ionizzate e strato E ancora attivo, un qualche evento solare/geomagnetico aveva per così dire momentaneamente modificato la tradizionali caratteristiche della propagazione sui 40 metri. Ho monitorato contemporaneamente (dalle 19 UTC in poi) anche le bande alte delle HF (20 metri compresi) e erano chiuse. Ho cercato quindi di approfondire l'argomento, raccogliendo una serie di dati e tabelle relativi all'attività solare e geomagnetica riferita al 20/11/2002, prima e dopo il verificarsi del fenomeno, e ho cercato di mettere in relazione i dati con le mie conoscenze sulla dinamica della propagazione ionosferica, confrontando i dati con gli scritti e le teorie di Marino Miceli, I4SN che considero un maestro.



DATA 20/11/2002
FREQUENZA: 7 MHZ
TIME: 19 UTC



Zona soggetta a forte Scintillamento

Nella cartina ho cercato di ricostruire l'area all'interno della quale presumibilmente era presente l'effetto distorto sui segnali, la ricostruzione è basata sulle stazioni ascoltate dal mio qth situato a 45°42' N 11°25' E. La stazione più a sud ascoltata si trovava in zona I7

Solar flares (Brillamenti solari)

L'attività alla superficie del Sole è evidenziata dalla densità di macchie solari, che appaiono come aree scure sulla fotosfera, fluttuando in frequenza entro un ciclo d'attività approssimativamente pari ad 11 anni. Sono regioni scure perché più "fredde" rispetto al fondo: la loro temperatura è dell'ordine di 4000°K, mentre quella della superficie circostante è di 6000°K.

Nelle macchie solari si localizzano intensi campi magnetici e, sulla parte immediatamente superiore dell'atmosfera, si verificano spesso intensi brillamenti (flares) che producono potenti burst di radio energia a frequenze comprese fra circa 5 MHz e 300 MHz. Spesso, durante i brillamenti più intensi, è emesso un intenso flusso di particelle cariche (raggi cosmici) ad alta energia viaggianti alla velocità di 500-1000 Km/s: quando tali particelle raggiungono il campo magnetico terrestre sono causa d'intensi disturbi radio e tempeste magnetiche, con formazioni di aurora. La mappa delle radioemissioni solari dovute ai brillamenti appare molto più ampia di quella occupata dalle macchie solari. A differenza della radiazione proveniente dalla maggioranza delle radiosorgenti celesti, che risulta non polarizzata, quella associata ai brillamenti solari è a polarizzazione circolare, essendo causata dalle traiettorie a spirale degli elettroni che seguono il locale, intenso, campo magnetico associato al brillamento. In ogni caso i brillamenti solari danno luogo ad un getto di radiazione elettromagnetica, che va' dal campo delle HF ai raggi X e gamma oltre che espulsione di materia dalla corona solare, tutto questo è emesso nello spazio interplanetario e quindi anche in direzione della terra, il cui campo magnetico cattura il plasma che si allinea seguendo le linee di forza del campo magnetico terrestre, concentrandosi sui poli, in prossimità dell'ovale aurorale. L'esplosione di energia che avviene durante un brillamento è enorme, paragonabile ad un'esplosione atomica di 10 Miliardi di megatoni. Le comunicazioni radio possono essere immediatamente influenzate dopo il flare, oppure gli effetti possono farsi sentire da uno a due giorni dopo l'inizio del flare.

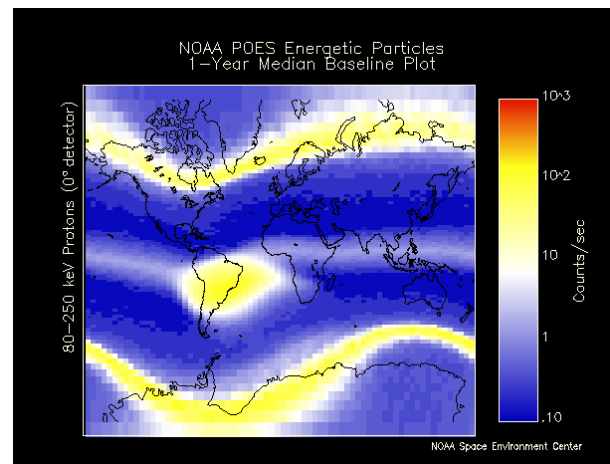
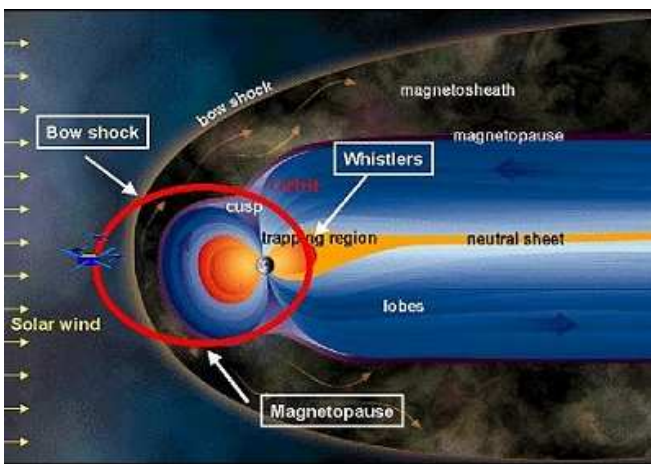
Per convenzione i flares solari sono suddivisi in 3 classi, C, M e X che dipendono dall'ammontare del flusso di energia sviluppato.

Flare classe C è il meno potente e non influenza immediatamente la ionosfera, sebbene le particelle emesse possono influenzare la ionosfera diverse ore dopo.

Flare classe M è un flare di media energia ed è sufficiente a influenzare la ionosfera terrestre immediatamente dopo l'evento, ma anche a produrre effetti ritardati di radiazione solare.

Flare classe X sono i più potenti e distruttivi e possono provocare forti tempeste geomagnetiche e lunghi black-out sulle comunicazioni.

Le radiazioni elettromagnetiche di un flare attivo, i raggi ultravioletti, i raggi X, la luce visibile e lo spettro radio, viaggiano alla velocità della luce e raggiungono la terra con un ritardo di circa 8 minuti, così che gli effetti sulla ionosfera possono iniziare nel medesimo tempo in cui il flare è osservato visivamente.



La figura in alto a sinistra mostra la magnetosfera terrestre, con le linee di forza indotte dal vento solare, centrate sui poli geomagnetici. Il nostro pianeta e la sua atmosfera si trovano immersi in questo plasma, pertanto è plausibile che tutti gli eventi di radio propagazione siano strettamente collegati alla dinamica e all'interazione di: Sole - vento solare - Attività Geomagnetica - Ionosfera - terra. La ionosfera inoltre, non è inerte, ma allo stesso modo della troposfera terrestre è un gas in continuo movimento, sottoposto alla pressione di radiazione solare e a perturbazioni e interazioni continue, così come la schematizzazione convenzionale delle varie regioni (strati D-E-F) e più che altro didattica e indicativa, non corrisponde alla situazione reale, che è estremamente dinamica, dove le altezze e i confini tra strato e strato, non sono sempre ben delineati e sono sottoposti a continue variazioni. L'illustrazione a destra mostra il flusso di particelle energetiche (zone di colore giallo) concentrate nelle zone polari, poiché catturate dalle linee di forza del campo magnetico terrestre che convergono verso i poli, la zona gialla localizzata sul Sud America è dovuta all'Anomalia Sud Atlantica.

Attività Geomagnetica

La Ionosfera è un magnetoplasma ossia un plasma immerso nel campo geomagnetico, quindi la riflessione dei segnali negli strati ionosferici, dipende in maniera diretta dall'attività magnetica. Una perturbazione magnetica, anche se non forte, mette in agitazione il plasma ionosferico e rompe l'uniformità degli strati. Per un'analisi sulle condizioni di propagazione, entrano in gioco i seguenti indici, solari e geomagnetici: Solar Flux, A index, Kp index, velocità del vento solare, numero di macchie, emissione di raggi X.

Aurora

Il vento solare fa' giungere sulla terra una grande quantità di particelle cariche che sono elettroni e protoni dissociati.

Questo vento è generato dalla corona solare che è di norma caldissima.

Il plasma solare giungendo in prossimità della terra, ne deforma il campo magnetico, si ha una compressione delle linee di forza nella parte esposta al sole, mentre dal lato oscuro le linee di forza si allungano.

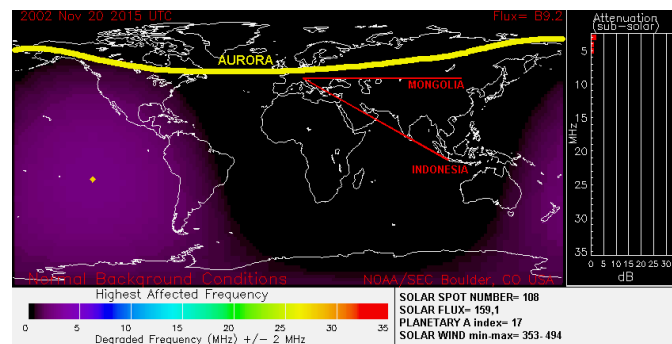
Le particelle del plasma non penetrano direttamente dal lato illuminato, ma convogliate dalle linee di forza magnetiche si allontanano verso il lato oscuro e infine precipitano addensandosi nelle fasce di Van Allen, dove, con effetti di precipitazione secondaria, vanno ad addensarsi attorno al polo geomagnetico (78,5° N-69°W, all'estremo nord della Groenlandia).

La zona di maggiore densità di ionizzazione forma l'ovale aurorale, che si localizza attorno ai poli geomagnetici e la sua estensione dipende dall'attività solare. In occasione di flares (brillamenti) sulla superficie solare intorno alle macchie o per surriscaldamenti della corona, il vento solare aumenta in maniera considerevole con la conseguenza che aumenta anche il volume del plasma, questo per la terra, significa tempeste magnetiche ed ionosferiche nonché aurore più o meno importanti. L'ovale aurorale per effetto dell'intensa precipitazione particellare, si allarga verso sud, l'intensità di ionizzazione è elevatissima, tanto che in Vhf, in certi casi, vengono sfruttate le cortine aurorali per riflettere i segnali. Il fenomeno si verifica ad una altitudine approssimativa variabile da 80 a 150 Km, all'interno della regione E o nella parte superiore della regione D. Normalmente i fenomeni aurorali si hanno attorno ai poli geomagnetici (65 - 70 gradi), durante forti tempeste geomagnetiche l'ovale aurorale può allargarsi verso sud fino a 45 -50 gradi di latitudine.

Quella di cui abbiamo parlato può essere definita anche Radio Aurora, mentre l'Aurora visibile, è una fluorescenza che avviene all'altezza della regione E, dovuta alla cessione di energia, emessa sotto forma di luce da parte degli elettroni emessi dalla corona solare (raggi X e raggi gamma) che si scontrano con le molecole presenti nell'atmosfera terrestre, il fenomeno dell'aurora visibile E' da imputarsi più che a flares solari, a emissioni di energia dai buchi della corona solare.

Noaa

Tutti i dati raccolti provengono dal NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) che attraverso una rete di satelliti (NOAA POES) in orbita polare a bassa altitudine (850 Km), svolge un monitoraggio in tempo reale dell'attività solare e degli eventi geofisici.



La cartina sopra mostra (colore viola) l'area dove è attivo lo strato D che corrisponde alle aree illuminate dal sole e le rispettive frequenze soggette ad un assorbimento maggiore, i dati sono stati raccolti dal sito web del NOAA e riportano la situazione reale alle 20.15 UTC del 20 Novembre 2002. Ho riportato l'estensione approssimativa dell'ovale aurorale la cui intensità era massima (valore 9/10) e i percorsi dei segnali dx verso est, sul lato oscuro. Inoltre ho riportato i dati dell'attività solare riferiti a Mercoledì 20/11/02, il valore dell'A index, (che è un importante indicatore dell'attività geomagnetica era a 17 (valore non alto ma che indica un campo geomagnetico attivo) per poi salire, a valori attorno a 50 il giorno successivo ma la cosa più evidente è Mercoledì 20/11/2002 nella tarda serata l'indice K ha raggiunto un valore pari a 7 il che significa una forte attività geomagnetica, infatti mentre l'indice K è un indice più immediato che per valutazioni di questo genere assume un ruolo più significativo rispetto all'indice A che è utile per previsioni più a lungo termine.

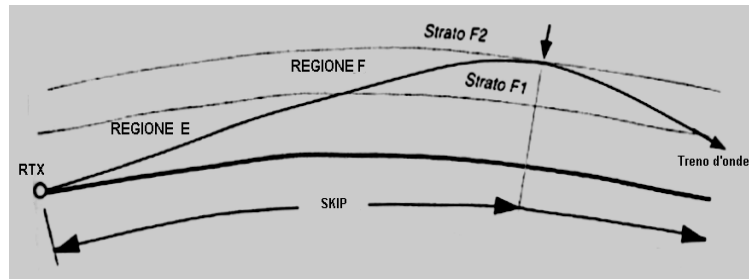
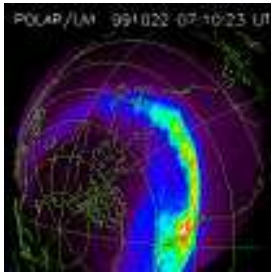
Considerazioni

Nella prime ore della sera di Mercoledì 20/11 alle 18.11 UTC si è verificato un brillamento solare di classe M1, la cui energia ha innescato una perturbazione geomagnetica con impatti negativi sulla ionosfera terrestre anche nei giorni successivi, tuttavia, per un periodo di tempo limitato e immediatamente successivo al fenomeno, ci potrebbe essere stato un impatto positivo tale da favorire la propagazione sui 40 metri, per la concomitanza di alcuni eventi favorevoli. L'aumento di intensità del vento solare provocato dal flare, ha messo in agitazione il plasma ionosferico, rompendo l'uniformità degli strati e causando quindi l'aumento delle MUF ordinarie, favorendo la riflessione nella regione F (i segnali provenienti da est, venivano curvati fino a noi dallo strato F serale). Inoltre, l'aumentare dell'assorbimento dello strato D causato dalle particelle emesse dal brillamento solare, sul lato illuminato, potrebbe aver bloccato una parte del rumore proveniente dall'emisfero illuminato, da noi, essendo già da qualche ora in oscurità il livello dello strato D era praticamente trascurabile, e questo, soprattutto sulle bande basse è determinante per il dx. Questo potrebbe spiegare la quasi assenza di rumore presente in gamma (bloccato dall'elevato assorbimento della regione D, dalla parte illuminata e chiuso ai poli dalla cappa aurorale).

C'è da dire inoltre che l'evento solare scatenante è un flare di categoria M1 cioè del tipo medio, normalmente i flares che inducono dei black-out totali e persistenti sulle comunicazioni sono del tipo X, flares abnormi di elevatissima energia, quindi alle nostre latitudini, la propagazione potrebbe almeno temporaneamente e nella fase iniziale, aver tratto giovamento più che deteriorarsi a causa del brillamento solare.

L'effetto negativo si è avuto nei giorni successivi, quando la situazione si è per così dire stabilizzata (in senso negativo, con l'aumento dell'attività geomagnetica).

Inoltre, un possibile livello crescente di ionizzazione all'altezza della regione E (In condizioni normali la ionizzazione dello strato E dopo il tramonto decresce progressivamente fino a diventare trasparente per i 7 Mhz), causato dall'improvviso aumento del flusso solare, non ancora sufficiente alla riflessione ma in grado di curvare i segnali che lo attraversano abbassandone l'angolo di incidenza verso la regione F e favorendo il dx (Figura sotto), lo conferma il fatto che il progressivo aumento della ionizzazione della regione E ha portato poi a riflessioni a salto corto presenti alle 23 Utc.



Inoltre potrebbe formarsi una sorta di guida d'onda tra due regioni aventi un gradiente differente, tra lo strato E più in basso e la regione F in alto, capaci di trasportare per riflessione diffusa i treni d'onde per migliaia di Chilometri.

Non sono in grado di stabilire con certezza se il contemporaneo evento aurorale e la propagazione dx verso est, siano correlati, potrebbe trattarsi anche di una semplice coincidenza, anche se la stretta dipendenza della radio propagazione con gli eventi solari e con l'attività geomagnetica mi induce a pensare che tutto sia correlato.

Come non sono del tutto certo che la forte distorsione dei segnali sia direttamente da imputare a riflessioni sull'ovale aurorale, il segnale propagato dall'aurora, ovvero riflesso, appare strano e soggetto ad un rapido fading distorto causato dalle riflessioni multiple sulla nube aurorale, che non è stabile, ma si muove velocemente con differenti direzioni e velocità.

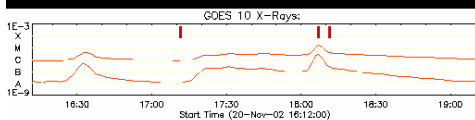
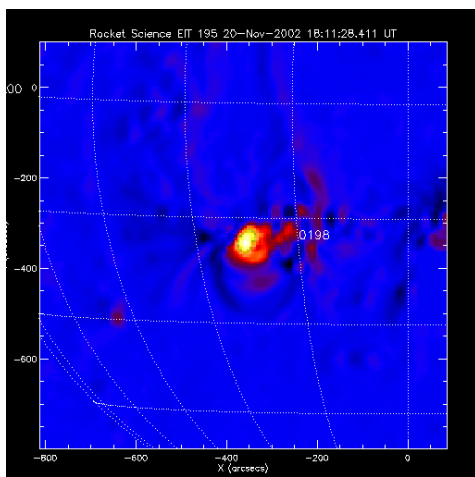
Questo fenomeno è detto anche "Flutter fading" (scintillamento). Oppure potrebbe essersi verificato anche alle nostre latitudini (quello che avviene per quei segnali provenienti dalla Costa Occidentale Americana e che lambiscono i poli) una forte agitazione del campo magnetico, con una forte instabilità del plasma ionosferico e campi elettrici agitati (dovuti alla tempesta geomagnetica causata dal flare) provocando in rapida successione una continua variazione dell'indice di rifrazione causa appunto dello scintillamento, oppure il fenomeno potrebbe essere dovuto all'interazione di entrambe le ipotesi.

Sarebbe stato interessante avere a disposizione una catena di beacons come quella gestita dalla NCDXF (Northern California Dx foundation) sulle bande alte, che avrebbe consentito di monitorare meglio la dinamica dei percorsi e dei segnali, come normalmente faccio per la sperimentazione sulle frequenze più alte.

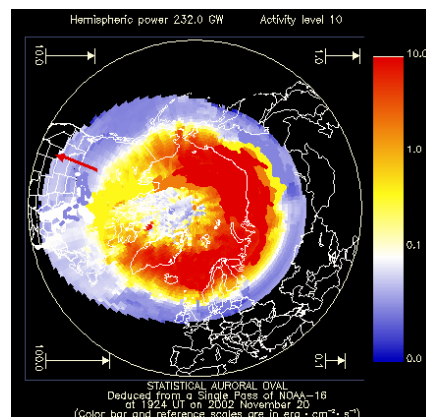
In ogni caso, la comprensione dei fenomeni solari collegati alle radio comunicazioni è una cosa altamente complessa.

Non si conoscono ancora bene come tutte le forze interagiscono, spesso si hanno buone condizioni di propagazione quando il flusso solare e tutti gli indici geomagnetici indicano che la propagazione dovrebbe essere cattiva, oppure viceversa.

Questo perché, così come per le previsioni meteorologiche, la previsione della propagazione HF non è una scienza esatta.



FLARE CATEGORIA M1 ore 18.11 UTC



Grafici

Con l'intento di analizzare più da vicino gli eventi, nelle tabelle seguenti ho raccolto i dati relativi all'attività geomagnetica riferita a Mercoledì 20 Novembre 2002, riporto l'immagine del flare di classe M1 che si è verificato alle 18.11 UTC e che ha generato l'anomalia geomagnetica, l'immagine della successiva aurora, nonché il grafico del magnetometro di Tromso in Norvegia, dal quale si vede chiaramente che da una situazione geomagnetica di quiete si passa ad una situazione notevolmente disturbata (dalle 18 Utc in avanti), in concomitanza con le osservazioni e gli eventi ascoltati in 40 metri (gli eventi anomali in 40 metri corrispondono cronologicamente ai dati riportati sui diagrammi e rilevati dagli strumenti) confermata anche dall'altro grafico che riporta il flusso di raggi X e dal quale si possono vedere i flares (In corrispondenza ai picchi della curva di colore rosso).

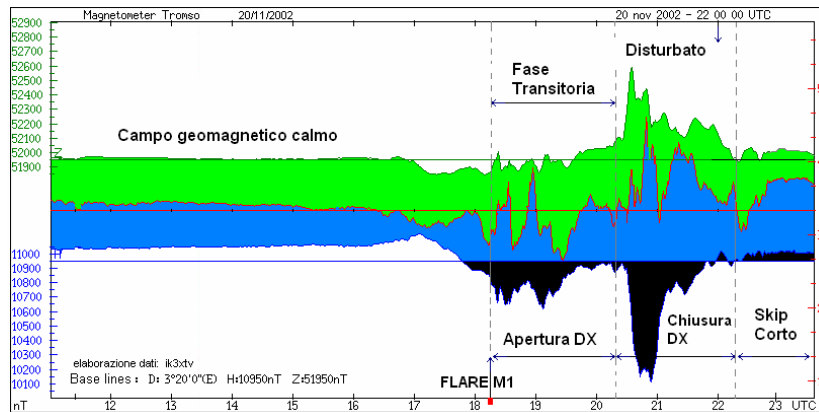
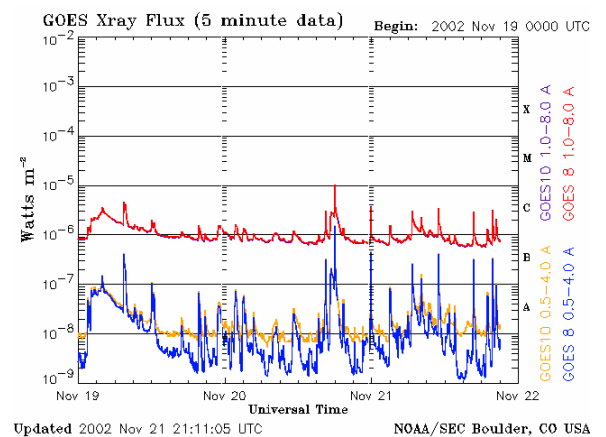
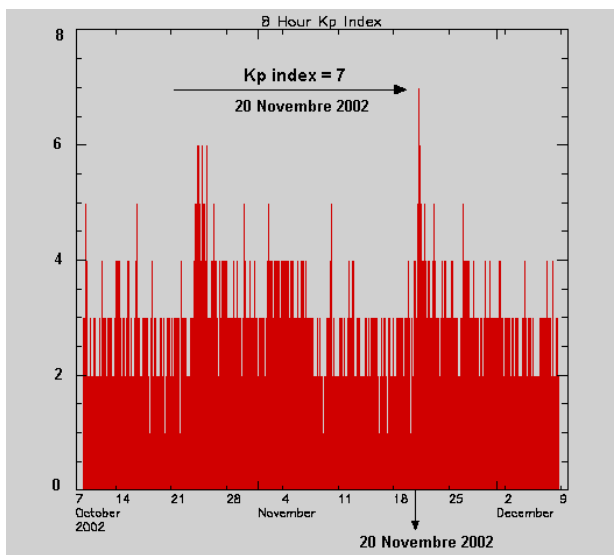


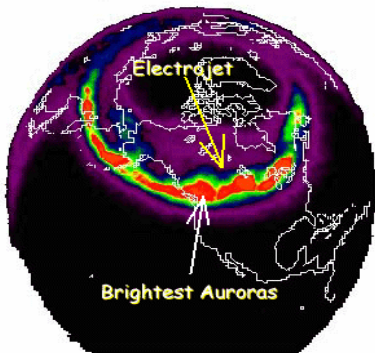
Grafico Magnetometro di Tromso: Si tratta di un diagramma davvero significativo che prova come una forte attività geomagnetica sia in grado, nella fase iniziale (Fase Transitoria) di creare delle condizioni tali da favorire la propagazione sulla lunga distanza anche sulla gamma dei 40 metri. Questo tipo di anomalia è più conosciuta e frequente sulla gamma VHF dei 6 metri, questa registrazione è importante perché è una conferma che lo stesso meccanismo è valido anche su frequenze notevolmente inferiori. L'impressione che si ricava dalle esperienze operative è che si apra una finestra propagativa tra l'inizio della tempesta magnetica e la fase che precede i picchi massimi, questo meccanismo, non del tutto chiaro, è conosciuto anche come effetto Mogel-Dellinger (1) vedi note.

Il grafico rappresenta la situazione riportata dal magnetometro di Tromso in Norvegia, si vede chiaramente che da una situazione geomagnetica di quiete, dopo le 18 UTC il campo subisce un elevato aumento dell'attività, per stabilizzarsi poi dopo le 23 UTC, la banda dei 40 metri, ha subito gli effetti di questa forte interazione.

La figura sopra illustra l'aumento dell'indice dell'attività geomagnetica K, che da valori molto bassi, è aumentato rapidamente nel corso della giornata di Mercoledì 20, raggiungendo il valore massimo di 7 (indice di una fortissima attività geomagnetica), la situazione è rimasta perturbata anche nei giorni successivi con un'elevata attività geomagnetica.



VIS Earth Camera
99/295 07:29 UT



Visible Imaging System/POLAR
The University of Iowa

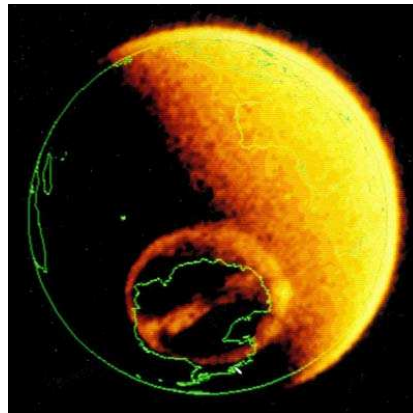


Fig.: La nuova ricerca ha trovato che la regione dei auroras più luminosi non coincide con la zona delle perturbazioni magnetiche più forti. Il electrojet auroral è trovato per rimanere situato all'posteriore (poleward) della regione delle luminosità auroral luminose. Cortesia di immagine della squadra visibile di indagini di formazione immagine all'università de Iowa attraverso la nave spaziale polare della NASA

Note:

- 1- Effetto Mogel-Dellinger: Si tratta di un disturbo della ionizzazione della ionosfera dovuto alle potenti eruzioni solari associate ai brillamenti che provocano una forte ionizzazione di tutti gli strati, lo strato D diventa bloccante per tutte le frequenze impedendo le comunicazioni. L'effetto Mogel-Dellinger si manifesta in genere con un imprevisto miglioramento delle condizioni di propagazione su tutte bande e può durare da qualche minuto ad alcune ore.

Flavio Egano - Amateur Radio Propagation Studies
www.qsl.net/ik3xtv

Bibliografia:

"Il radio sole e gli effetti ionosferici associati" di Flavio Falcinelli www.radioastrolab.it

ARRL Handbook

Attività Geomagnetica e propagazione RR 3/96 di Marino Miceli

Collegamenti a grande distanza e LUF RR 12/89 di Marino Miceli

ESA European Space Agency

Vademecum DX Siegfried W.Best