

## 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.

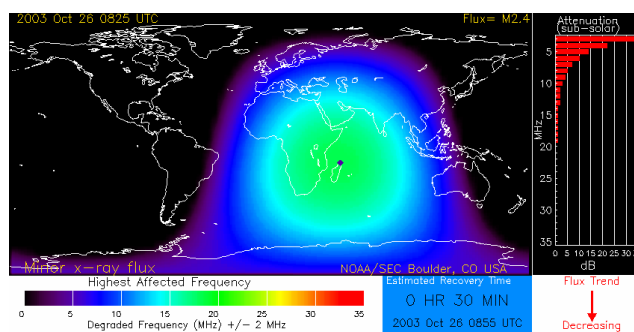
L'assorbimento è quindi dominante, pertanto le condizioni migliori sono presenti quando l'attenuazione è minore e quindi nei periodi di scarsa attività solare e come già detto durante le lunghe notti invernali (specie nelle prime ore che precedono l'alba), d'estate, infatti, il numero maggiore di ore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

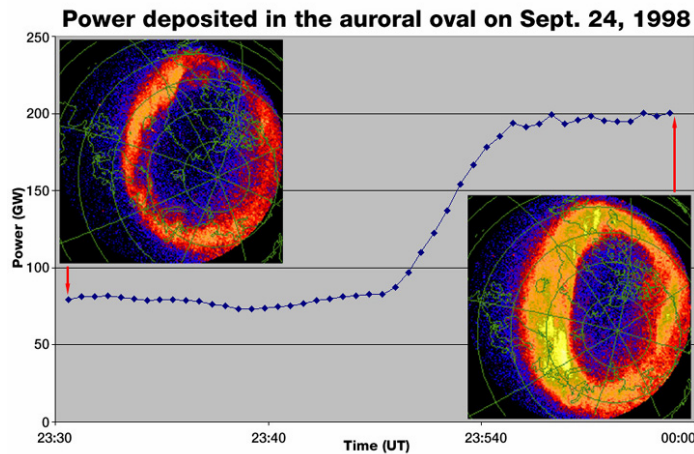
### Strato D

È 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

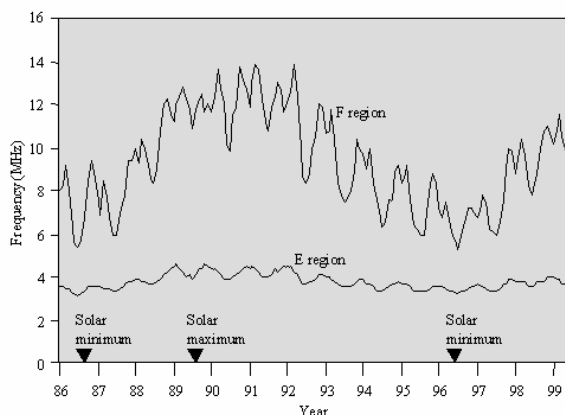
Purtroppo le frequenze delle onde medie sono soggette alla girofrequenza (3) (electron-gyrofrequency) dell'elettrone che è approssimativamente compresa tra 630 e 1630 chilocicli, la gamma dei 160 metri (in Italia 1810-1850 chilocicli) è molto vicina a questa frequenza.

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.

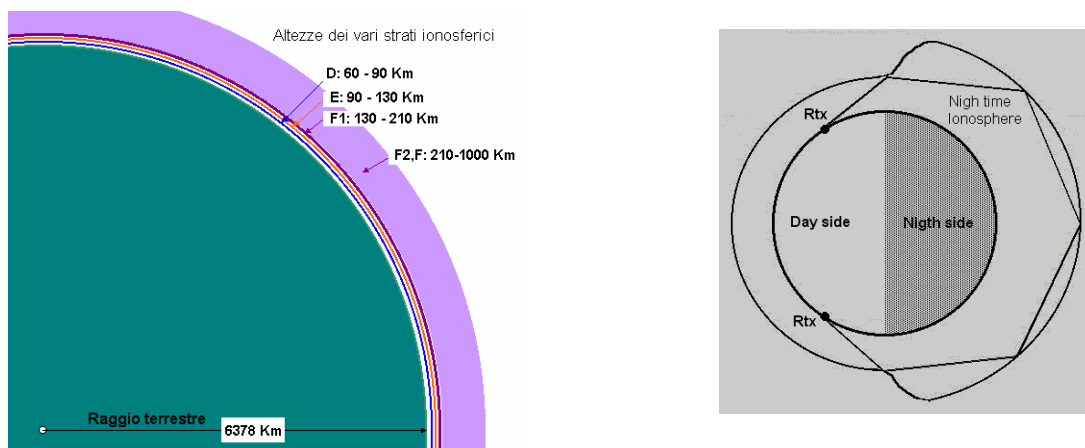
In determinate condizioni, i segnali possono entrare in una guida d'onda e propagarsi con basse perdite all'interno della ionosfera Terrestre, a mio parere, questo tipo di propagazione è molto più diffuso di quanto si creda e supporta la propagazione anche per le frequenze più elevate dello spettro HF.

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](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](mailto:flavio.egano@schneiderelectric.it) web: [www.qsl.net/ik3xtv](http://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