

# Meteor Scatter nelle VHF

F.Egano, ik3xtv data: Maggio 2013

Riassunto della presentazione al Convegno Nazionale VHF & UP 2013  
ARI - Associazione Radioamatori Italiani

## Il Flusso meteorico

Si calcola che quotidianamente entrino nell'atmosfera alla velocità dell'ordine dei 100.000 Km/ora qualche decina di miliardi di micro meteoriti di diametro variabile da qualche micron (pulviscolo cosmico) a qualche mm, senza contare le particelle di dimensioni più grandi. L'ablazione avviene all'altezza dello strato E, dove le possibilità di collisione con le molecole dei gas sono maggiori (per effetto dell'elevata densità).

Abbiamo due tipi di flusso meteorico:

- Random Meteor Stream
- Meteor Shower (si tratta degli sciami periodici come per esempio le Perseidi ad Agosto)

## Processi di dissipazione di una scia ionizzata

Quando una meteora entra nell'atmosfera terrestre, per attrito si surriscalda con conseguente formazione di una scia altamente ionizzata. Avviene poi una dissipazione dove concorrono vari processi:

1. Diffusione elettronica nell'ambiente circostante e lungo la traccia
2. Ricombinazione elettronica con gli ioni
3. Associazione degli elettroni con le molecole dell'aria

Il processo di ablazione avviene a circa 100 Km di quota, dove la densità molecolare diventa elevata. Il picco massimo di flusso meteorico avviene attorno al 6:00 AM ora locale. Tra la mezzanotte e l'alba la terra si muove impattando direttamente il flusso meteorico. In questo intervallo le meteore raggiungono la massima velocità di entrata. C'è da considerare che le Scie meteoriche notturne presentano una durata maggiore rispetto a quelle diurne, questo perché la densità di elettroni è al suo minimo durante la notte.

## Il periodo migliore

Il periodo migliore è il mattino prima dell'alba in quanto si sommano due effetti favorevoli: il maggior numero di meteore e la minima ionizzazione della ionosfera. Come si vede dal grafico del TEC (Total Electron Content) il contenuto di elettroni nella ionosfera è al suo minimo durante la notte, con un ulteriore picco minimo poco prima dell'alba. Quindi, data la bassa densità di ioni notturna, i tempi di ricombinazione sono più lunghi con il risultato di una maggiore persistenza di elettroni liberi nella scia. (Gli elettroni liberi sono i responsabili della riflessione dell'onda radio incidente).

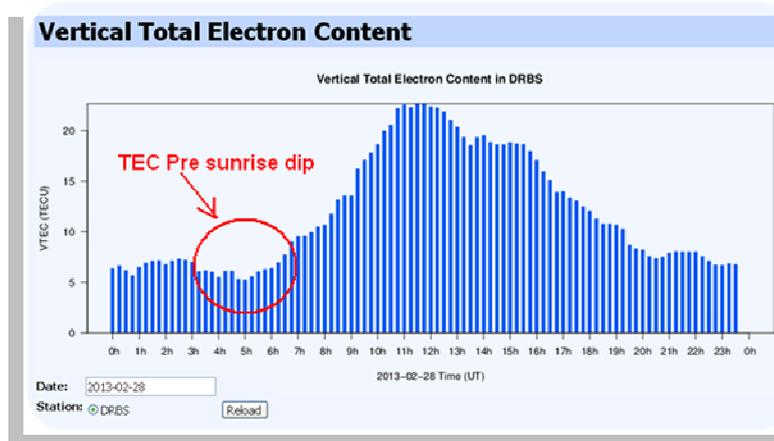


Fig.1 : Esempio di Curva del TEC giornaliero. Courtesy: ROB Royal Observatory Dourbes - Belgium

## Variazioni del flusso meteorico

Il flusso di meteoriti non è costante ma presenta delle significative variazioni giornaliere e stagionali. Il picco massimo si verifica al mattino prima dell'alba, poi decresce progressivamente. C'è anche una significativa variazione stagionale con un marcato incremento durante i mesi estivi. (Il flusso è circa 6 volte superiore e questo è dovuto all'inclinazione di 23° dell'asse di rotazione terrestre)

## La riflessione dell'onda radio

La scia meteorica è formata da particelle ionizzate rappresentate da una miscela di ioni positivi, elettroni negativi e molecole neutre. Quando un'onda elettromagnetica incide sulla scia, il campo elettrico dell'onda produce uno spostamento degli elettroni e degli ioni; lo spostamento degli ioni è assai più ridotto di quello degli elettroni, perché uno ione pesa assai più degli elettroni. L'intensità del segnale riflesso dipende dalla densità elettronica e da come questa varia nel tempo. Sono gli elettroni liberi che interagiscono con l'onda radio e quindi i responsabili della rifrazione.

### Proprietà di riflessione delle tracce ionizzate

Le Meteore possono avere una massa variabile da  $10^{-5}$  a  $10^{-1}$  grammi (con diametro di 0,2 fino a 2 mm) Producono scie adatte per comunicazioni. Queste scie si localizzano ad altitudine media di 100 km, con una lunghezza tipica di 15 km , anche se in alcune casi sono state registrate tracce meteoriche di lunghezza fino a 50 km. Il raggio iniziale della scia è tipicamente nell'ordine di m 0,5-4, e si espande per diffusione, di solito la dissipazione avviene in pochi secondi, o decimi di secondo Il raggio iniziale della scia che al momento della sua formazione è all'incirca di una decina di centimetri. Poi si espande progressivamente per diffusione.

### Underdense and Overdense trail

Il modo in cui una meteora riflette le onde radio dipende essenzialmente dalla densità di elettroni liberi nella scia ionizzata. Qui parleremo di due casi limite:

- 1-Densità elettronica molto basse, (underdense trail) caratterizzate a livello pratico dai cosiddetti "pings"
- 2-Densità elettroniche molto elevate (overdense trail) (Burst)

La densità elettronica di una scia meteorica è abbastanza elevata da riflettere la RF. L'intensità della riflessione diminuisce all'aumentare della frequenza. All'interno della scia, elettroni e ioni si ricombinano lentamente, riducendo la ionizzazione e quindi la capacità di riflessione della traccia. Anche la durata della capacità di riflessione della traccia diminuisce rapidamente con l'aumentare della frequenza. Con FSK441 la durata di un messaggio è di 100 msec , quindi in 144 mhz anche dei pings molto brevi sono sufficienti per un QSO .

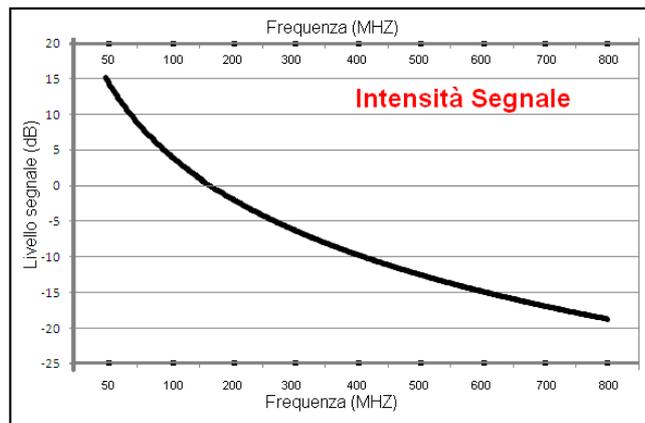
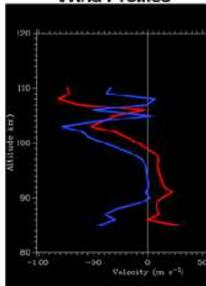


Fig.2: Intensità relativa del segnale in base alla frequenza

### Doppler frequency: l'effetto dei venti ionosferici

Vi sono due tipi di velocità in un evento meteorico. La velocità della stessa meteora, (qualche decina di Km/sec, e la velocità della traccia ionizzata che è uguale alla velocità dei venti in quota. Questi forti venti ionosferici (fino a 100 m/sec) deformano e spostano la traccia ionizzata (plasma) con la conseguenza che il segnale riflesso è afflitto da doppler. Il plasma è deviato dai venti ionosferici presenti a queste quote. C'e' movimento della scia per velocità dei venti in quota, e quindi un mini-doppler che allarga la frequenza ricevuta. Abbiamo quindi un mini doppler da allargamento della scia, con conseguente allargamento dello spettro e un doppler da spostamento della scia dovuta ai venti neutri.

#### Zonal and Meridional Wind Profiles



#### SEEK2 TMA Release, Kochi Site, 3 August 2002

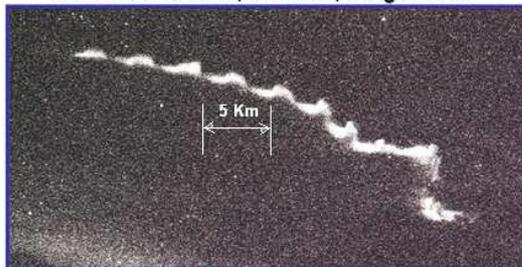


Figure 7: Upleg portion of the TMA trail during the SEEK2 experiment.



Fig.3: Immagine a sinistra: esperimento di diffusione da venti ionosferici fatto con dei traccianti in quota.

Immagine a destra: esempio di riflessione lunga in VHF con associato mini doppler da allargamento e doppler da movimento della scia. (source Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University, Uji, Kyoto, Japan)

### Tracce persistenti in VHF 144 MHz

Esistono dei rari eventi di echi di lunga durata che vanno da alcuni secondi a qualche minuto. Sono stati osservati in HF (15 MHz) e VHF (50 MHz). Ma sono possibili anche in VHF (144 MHz). Questo tipo di riflessioni presentano una ben distinta forma di Doppler spettrale caratterizzata da una biforcazione. In VHF (144 MHz) sono state registrate tracce di durata fino a 160 secondi.

### Connessione con l'E sporadico?

Ma perché queste riflessioni durano così a lungo? Purtroppo, la risposta non è facile. Le riflessioni di lunga durata restano un mistero da molti anni. Dato che le strutture di doppler evidenziate possono essere causate dalla frammentazione della scia dal wind shear verticale. Si ipotizza quindi che la ionizzazione potrebbe essere mantenuta dalla convergenza di elettroni liberi, come nel caso delle formazioni di E sporadico sotto l'azione dei venti zionali inversi che con l'aiuto della Forza di Lorentz convergono elettroni verso la scia ionizzata.

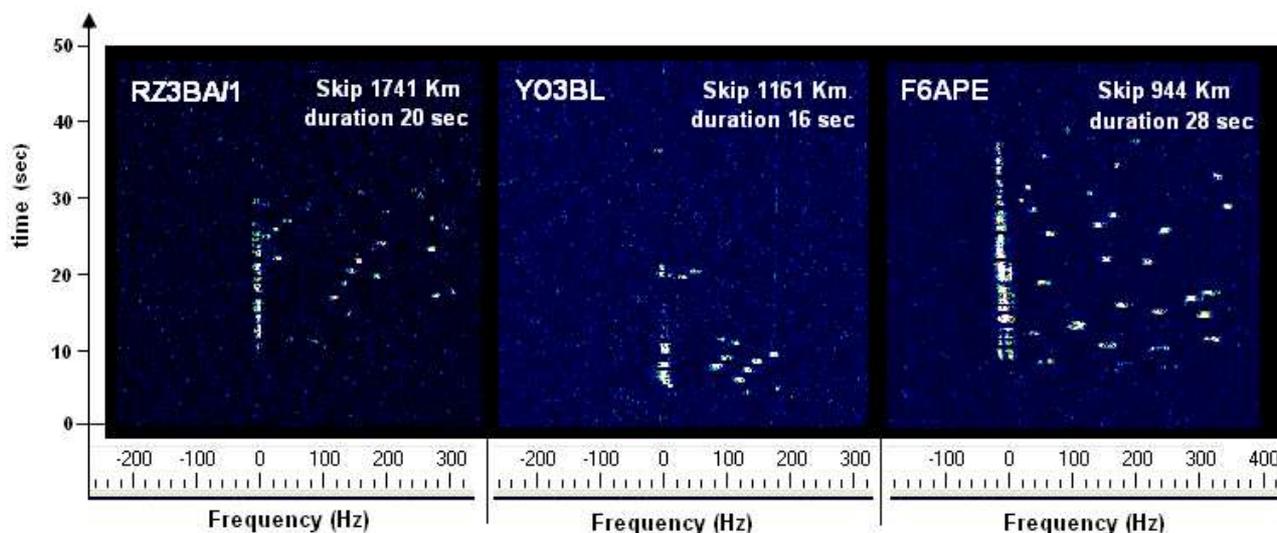


Fig.4: Esempi di riflessioni lunghe in VHF (144 Mhz). Esperimenti fatti con JT65B.

### I modi digitali piu' utilizzati: WSJT

- ❑ **JT6M:** utilizzato per meteor scatter communication in 50 e 70 MHz. Adatto per riflessioni più lunghe e deboli. Può lavorare con segnali che sono fino a 13 dB più deboli di quelli richiesti per FSK441.
- ❑ **FSK441:** Utilizzato per meteor scatter communication in 144 Mhz e 432 Mhz più adatto per riflessioni brevissime ma forti. FSK441 è in grado di decodificare pings fino a 100 msec di durata.

### Distanze e angoli di irradiazione

Le riflessioni MS avvengono ad un'altezza approssimativa di 100 km. Per un angolo di irradiazione < 10 gradi si ottiene una distanza di QSO di oltre 1.100 km. Il limite massimo teorico è di 2400 Km con angolo di irradiazione prossimo a 0 gradi. Le meteore sono casuali e non tutte le scie si trovano esattamente a 100 km. Per questo la distanza di skip non è costante. Il limite pratico massimo è attorno ai 2000 Km. La distanza di QSO più facile è compresa tra 1200 e 1500 Km.

### Estensione tropo del meteor scatter

In casi eccezionali, è possibile una estensione della distanza di collegamento grazie al contributo della propagazione tropo. Sono stati fatti degli esperimenti per esempio tra Australia e Nuova Zelanda con QSO MS + Tropo ducting fino a 2900 Km, in gamma 2 metri con FSK441 (Fonte Dubus 04/12)

### Collaborazioni

Giorgio Marchi, IK1UWL