

# E SPORADICO

## Studio sulla Propagazione per E sporadico

Doc. n.09.23.237 data: 01.07.2003 F.Egano IK3XTV [ik3xtv@gmail.com](mailto:ik3xtv@gmail.com) [www.qsl.net/ik3xtv](http://www.qsl.net/ik3xtv)

### Introduzione

Il fenomeno della propagazione per E sporadico è forse uno dei più affascinanti modi di propagazione delle onde elettromagnetiche, ma allo stesso tempo anche uno degli eventi più imprevedibili e di difficile interpretazione scientifica. Esso coinvolge la parte alta dello spettro HF e nei casi estremi le bande VHF fino a frequenze di 200 Mhz. L'E sporadico si manifesta particolarmente nei periodi che vanno da Maggio a Settembre specialmente nelle ore diurne (4 ore dopo la levata del sole) o durante le prime ore serali (specie sui 50 Mhz), inoltre si nota una leggera ripresa nel mese di Dicembre. Le distanze copribili dipendono dall'altezza dello strato e dall'angolo d'irradiazione verticale dell'antenna, e in ogni modo variano dai 1000 ai 2500 chilometri, con riflessioni di un solo salto, ma in casi eccezionali ci possono essere riflessioni a due salti che aumentano la distanza fino a 4000 chilometri, mentre la riflessione a salti multipli non è conosciuta poiché è improbabile la presenza estesa e contemporanea di nubi d'E sporadico su larga scala geografica. La scoperta di questo tipo di propagazione risale agli anni 30, quando il prof. Edward J. Appleton, (premio Nobel nel 1947 per le sue importanti ricerche sugli strati ionosferici) rilevò l'esistenza di una stratificazione molto ionizzata ed anomala all'altezza della regione E, che successivamente chiamo' "Sporadic E" o Es dal fatto che il fenomeno avviene sporadicamente. Quest'articolo non vuole essere un manuale, si tratta di uno studio basato su osservazioni ed esperienze pratiche, di ricerche specifiche sull'argomento e di scambi d'idee ed opinioni con altri OM.

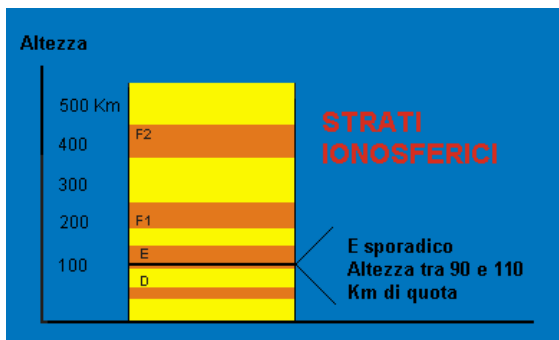


Fig.1

Struttura della Ionosfera terrestre, le nubi d'E sporadico si localizzano all'interno della regione E ad un'altezza compresa tra i 90 e i 100 chilometri di quota.

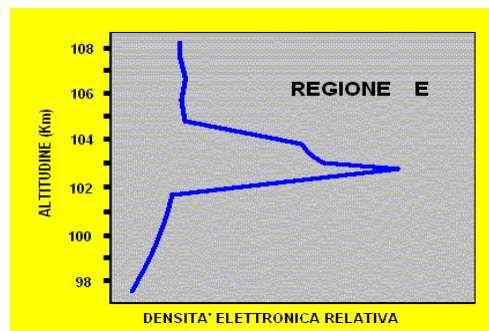
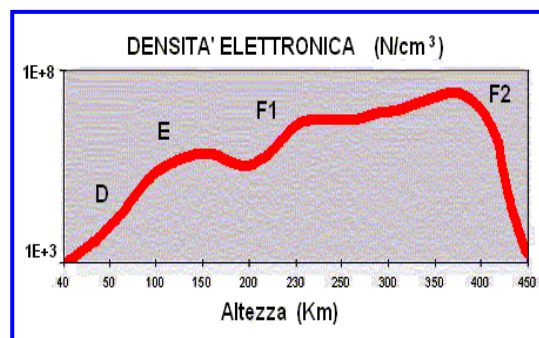
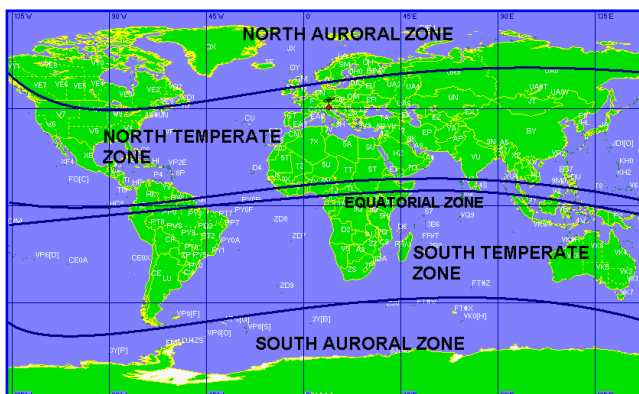


Fig.2

Densità elettronica relativa dovuta alla presenza di E sporadico all'interno della regione E, la densità elettronica raggiunge valori simili a quelli dello strato F.

### Posizione geografica

La comparsa della propagazione per E sporadico non dipende solo dall'ora e dalla stagione ma anche dalla posizione geografica. Sono identificate cinque zone geografiche distinte basate soprattutto sulle caratteristiche stagionali e orarie. Queste zone sono raffigurate nella mappa rettangolare in basso e presentano caratteristiche e condizioni propagative differenti. All'interno della zona temperata a nord dell'equatore, le nubi d'E sporadico possono comparire in qualunque momento, ma osservazioni e statistiche sul lungo periodo, indicano che il fenomeno accade con maggiore frequenza nei mesi estivi, dalla metà di Maggio fino alla metà d'Agosto, seguito da un periodo invernale (in ogni caso con minore frequenza rispetto ai mesi estivi) che va da metà Dicembre fino alla metà di Gennaio. L'incidenza è maggiore nelle ore del mattino 0900 -1200 e nel tardo pomeriggio - sera, 1900 - 2300, indipendentemente dalla stagione. Ci sono inoltre variazioni rilevanti all'interno della zona temperata nord, con caratteristiche per così dire locali. Dal mio Qth le aperture sembrano essere più frequenti e intense (come livello dei segnali) nella direttrice verso Nord-ovest (Regno Unito) e verso Est, Nord- Est (Europa Orientale, Romania). Soprattutto per la gamma dei 50 Mhz, mentre sembrano essere meno selettive scendendo di frequenza, verso le bande HF. La ionizzazione d'E sporadico si presenta più spesso sul Pacifico Occidentale, in Cina e nel sud-est Asiatico, mentre la presenza di fenomeni Es è minima sopra il Nord Atlantico e la costa orientale dell'America settentrionale, mentre negli Stati Uniti la zona dove l'Es è più frequente è la parte sud - ovest del paese. Anche nella fascia temperata a sud dell'equatore geomagnetico, la propagazione inizia con i mesi estivi dell'emisfero australe (dalla metà di Novembre fino alla metà di Febbraio, poiché è oltrepassato l'equatore, la stagione s'inverte). Nella fascia equatoriale che si estende per 10 ° a cavallo dell'equatore l'Es è quasi un fenomeno costante nell'arco di 8 ore giornaliere, concentrato al mezzogiorno locale, indipendentemente dalla stagione, ma è raro al di fuori di questi orari. E' possibile che l'elevata concentrazione di fenomeni temporaleschi lungo la fascia tropicale che sviluppano una quantità enorme d'energia, abbia delle interessanti correlazioni con la formazione dell'Es. Per quanto concerne le zone aurorali, l'Es è collegato ai disturbi geomagnetici e, spesso avviene in concomitanza con i fenomeni aurorali (le cortine aurorali si sviluppano sempre all'interno della regione E), inoltre alle alte latitudini, l'Es tende a formarsi nelle ore notturne. L'estensione delle nubi è normalmente maggiore rispetto alle medie latitudini permettendo collegamenti su distanze più grandi.



Riassumendo quindi possiamo affermare che la propagazione per E sporadico ha differenti caratteristiche e cause secondo la latitudine:

- **E sporadico equatoriale** avviene durante il giorno, senza preferenze stagionali ed è causato da turbolenze indotte da maree atmosferiche, onde gravitazionali e dall'electrojet equatoriale.
- **E sporadico alle medie latitudini**, relativamente raro e concentrato nel pomeriggio-sera dei mesi estivi, e che dovrebbe essere causato dal movimento dei venti ionosferici.
- **E sporadico polare**, concentrato prevalentemente nelle ore notturne (tarda sera- mattino presto) senza preferenze stagionali e causato dall'azione combinata del campo magnetico terrestre con l'attività aurorale.  
Alle alte latitudini, localizzare degli eventi d'Es con picchi aventi densità elettronica elevatissima causati dalla precipitazione di particelle infatti, si possono elettroniche ad alta energia convogliate verso i poli dalle linee di forza del campo magnetico terrestre e provenienti dalla magnetosfera.

### Struttura delle nubi d'E sporadico

Non si hanno certezze sulla formazione di queste cortine ad alta ionizzazione, tuttavia una delle teorie più accreditate per l'Es alle nostre latitudini riguarda la teoria dei venti ionosferici (wind-shear theory), anche se ci potrebbero essere delle influenze da parte di fenomeni meteorologici come le formazioni temporalesche o il concorso di fenomeni provenienti dallo spazio, come l'ablazione meteorica, che potrebbero fornire un'ulteriore fonte di ionizzazione.

Del resto la formazione di questi forti venti ionosferici ha cause termodinamiche (e seguono complesse leggi di scambio termico tra la superficie terrestre e l'atmosfera), la maggiore intensità di questi venti avviene verso la fine della primavera e i mesi estivi in corrispondenza pertanto con i picchi delle aperture per Es, è possibile inoltre, che alcuni fenomeni che avvengono nella troposfera, come i temporali, possano influenzare anche fenomeni che avvengono più in alto, all'altezza della regione E.

Questi venti fortissimi di direzione opposta si muovono all'interno della ionosfera e sono separati da pochi chilometri di quota, la loro azione, combinata all'azione delle **onde gravitazionali** di origine troposferica e del campo magnetico terrestre, spinge gli ioni gassosi all'interno di quest'area accumulandoli in strati che formano le nubi ionizzate (come riportato nella Fig.6)

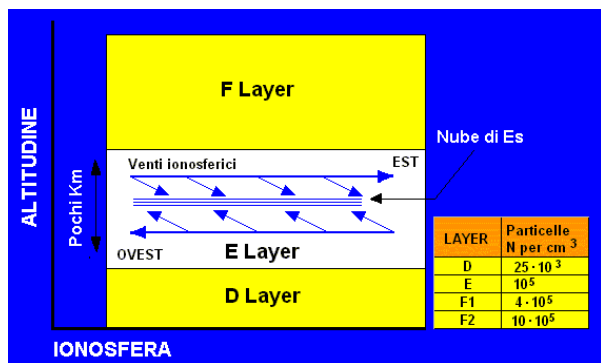


Fig.5

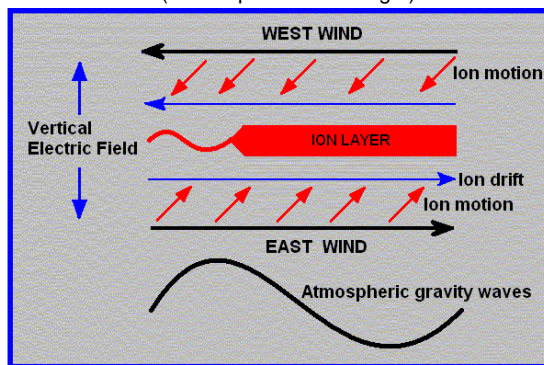


Fig.6

Si tratterebbe di una vera e propria compressione verticale di ioni che si concentra formando dei sottili agglomerati ad elevata concentrazione elettronica N, dallo spessore di 2 - 4 chilometri e ad un'altezza tra i 90 e i 110 chilometri di quota. Di norma l'estensione di queste chiazze ionizzate non è ampia, può essere di 50 - 100 chilometri di diametro (alle latitudini temperate), il loro sviluppo in superficie è di poche migliaia di chilometri quadrati, la concentrazione di elettroni per cm<sup>3</sup> è molto più elevata rispetto allo strato E ordinario. Dovrebbe trattarsi di nubi di forma irregolare (non propriamente circolari o ellissoidali) e non sempre allineate parallelamente alla superficie terrestre, è possibile che la forma delle nubi sia anche concava (struttura cupolare), misurazioni effettuate con razzi ionosferici hanno trovato delle inclinazioni anche fino a 30° rispetto all'orizzonte terrestre. La limitata estensione delle superfici ionizzate si traduce in un comportamento molto selettivo sulle aree utili per i collegamenti, e creano delle vere e proprie zone d'ombra dove il collegamento diventa impossibile. Tuttavia quest'anomalia potrebbe anche essere spiegata dalla forma cupolare delle nubi che impedisce il collegamento a 360°, come avverrebbe nel caso di nubi allineate orizzontalmente rispetto alla superficie terrestre. Il fenomeno è accentuato all'aumentare della frequenza di lavoro, a volte sui 50 Mhz e a maggior ragione sui 144 Mhz, sono possibili collegamenti solo su determinate e limitate aree geografiche (entro poche centinaia di chilometri). Non è infrequente tuttavia, specie nei periodi migliori, la formazione contemporanea (anche a livello continentale) di più aree di Es che permettono collegamenti in più direzioni, ho osservato personalmente, specie sulla gamma dei 6 metri aperture contemporanee in più direzioni, per esempio verso Est (quindi paesi come Romania, Ucraina ecc.) e verso Ovest - Nord Ovest (Regno Unito, Francia ecc.), si tratta secondo me di ionizzazioni intense della regione E in grado di deviare segnali anche di 50 Mhz, e' raro avere aperture di Es iper denso in più direzioni per la gamma dei 2 metri.

### Venti ionosferici e onde gravitazionali

Le onde gravitazionali atmosferiche (da non confondersi con le onde gravitazionali legate alla teoria della relatività di Einstein) dovrebbero contribuire, alla formazione delle cortine di Es, agendo in correlazione con i venti ionosferici, contribuendo all'accumulare gli ioni fino alla formazione delle nubi ionizzate. Le o.g. sono onde di pressione neutra a gran lunghezza d'onda (con un periodo T variabile da 10 a 180 Minuti) che si estendono all'interno della termosfera e il meccanismo che genera l'onda è un'oscillazione causata dallo spostamento di una cella d'aria che è ricollocata nella sua posizione iniziale per effetto della gravità e i movimenti che le generano hanno varia natura, nella bassa atmosfera sono attivate da diversi fenomeni meteorologici come formazioni temporalesche, azione dei venti sulla superficie terrestre, formazioni cicloniche e instabilità causate dal jet stream, mentre alle alte latitudini le o.g. si localizzano maggiormente nell'alta atmosfera e hanno cause associate al riscaldamento per effetto joule, alle forze di Lorentz, e alle precipitazioni particellari legate al campo magnetico e provenienti dal sole.

Il differente livello d'insolazione tra i due emisferi determina un forte squilibrio termico che genera una vasta circolazione di correnti nella bassa ionosfera, nell'emisfero estivo, quindi più caldo si crea una corrente ascensionale, compensata da una corrente in direzione opposta nell'emisfero freddo è questa la dinamica che genera i forti venti ionosferici.

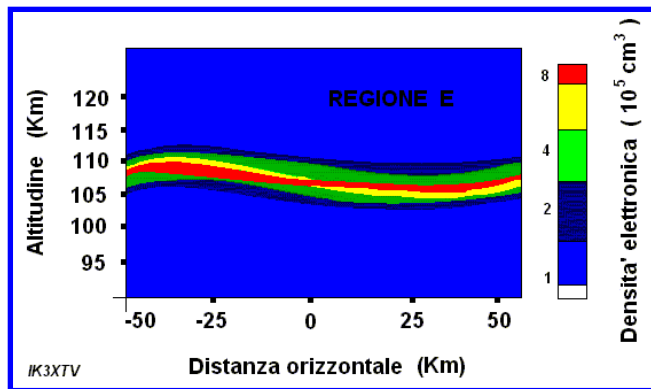


Fig.7

Queste oscillazioni alle latitudini temperate, avvengono nella bassa atmosfera (limiti della troposfera) e conseguentemente si propagano all'interno della Mesopausa (circa 90 chilometri di quota), fino alla termosfera, coinvolgendo in pieno la regione E. Lo stato di agitazione per esempio del colmo di una formazione temporalesca è fortissimo e quest'agitazione è in grado di trasmettere onde gravitazionali fino alla Mesosfera, all'interno della quale sono presenti venti impetuosi, anche di 300 Km orari.

#### Fading e movimenti delle nubi

Generalmente il collegamento per E sporadico è caratterizzato da un profondo e rapido fading, anche qui il fenomeno tende ad intensificarsi al crescere della frequenza utilizzata essendo l'indice di ionizzazione direttamente proporzionale alla MUF. Con molta probabilità l'evanescenza è dovuta al continuo variare dell'indice di rifrazione causato dai movimenti delle nubi ionizzate, che non sono stabili ma si muovono all'interno della regione E, seguendo i movimenti dei forti venti e delle correnti ionosferiche. Spesso le nubi si spostano alla stessa maniera delle perturbazioni meteorologiche con una velocità di 300-400 Km/ora con spostamenti che possono essere casuali anche se l'osservazione pratico-statistica rivela una direzione di spostamento che alle medie latitudini dell'emisfero boreale, tende andare da sud-est a nord-ovest.

#### Livello di ionizzazione

Lo strato E ordinario della ionosfera si localizza tra i 90 e i 160 chilometri di quota e la densità elettronica dipende dall'attività solare e dall'angolo zenitale del sole, quindi dall'ora solare locale. Durante le ore di luce il livello di densità elettronica e quindi di ionizzazione si può stimare di circa  $10^5$  elettroni liberi per  $\text{cm}^3$ , dopo il tramonto la densità elettronica scende progressivamente per effetto della ricombinazione elettronica fino a valori attorno a  $10^3$  e/cm $^3$ . Lo strato Es può raggiungere livello di densità elettronica anche più del doppio rispetto all'E ordinario diurno. Dalla densità 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.

#### Fonti di ionizzazione

La teoria basata sui venti di direzione est-ovest all'interno dello strato E che si muovono verticalmente per effetto delle onde gravitazionali e che in presenza del campo magnetico terrestre comprimono gli ioni in sottili ammassamenti ad alta ionizzazione, sembra particolarmente applicabile agli ioni metallici, quali gli ioni di Magnesio (Mg+) e gli ioni di Ferro (Fe+) poiché la loro capacità di ricombinazione è più lenta rispetto agli altri ioni e questo permette un'ammassamento in strati densi e sottili. Gli ioni sono atomi o gruppi di atomi dotati di una carica elettrica proveniente da atomi o gruppi di atomi neutri che hanno perso o acquistato uno o più elettroni (processo di ricombinazione). Recenti misurazioni hanno rivelato che le cortine di Es presentano un elevato contenuto di ioni metallici (Fe+ e Mg+) oltre che O $^{2+}$  e NO $^{+}$ , gli ioni principali e dominanti presenti all'interno della regione E. Gli ioni metallici sono il residuo lasciato dalla polvere meteorica che entra nell'atmosfera terrestre catturata dalla forza gravitazionale della terra. Si calcola che quotidianamente entrino nell'atmosfera alla velocità dell'ordine dei 100.000 Km/ora qualche decina di Miliardi di micro meteoriti del diametro di un decimo di millimetro, senza contare le particelle di dimensioni più grandi, e 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), inoltre sembra ci sia un rilevante incremento nel periodo Giugno-Agosto (in corrispondenza con i picchi d'Es più denso). La ionizzazione meteorica non è l'unica causa ma dovrebbe avere una **funzione catalizzatrice** nell'intero meccanismo, soprattutto per i fenomeni di Es più intenso (quello che interessa le frequenze più alte 50 e soprattutto 144 Mhz). L'intensità dell'evento di Es dipende dalla ionizzazione residua dello strato, dal numero di ioni pesanti presenti (relativi alla precipitazione meteorica) e dalla forza dei venti ionosferici soprattutto dall'ampiezza dell'indice di cambiamento della velocità del vento con l'altezza, responsabile dell'ammassamento ionizzato.

#### E sporadico e attività solare

Il rapporto tra la formazione dello strato Es e l'attività solare non è ancora del tutto chiaro.

Un'analisi sul lungo periodo del rapporto tra l'indice K e quindi dell'attività geomagnetica effettuato sui 50 Mhz ha rivelato una maggiore incidenza nella formazione di Es quando l'attività geomagnetica era bassa, in presenza di elevati valori di K e quindi in presenza di tempeste geomagnetiche, la propagazione si deteriorava velocemente.

Una situazione di quiete magnetica è sempre sinonimo di buona propagazione e questo sembra valere anche per la propagazione per Es. Infatti, ad una situazione di calma corrisponde un'uniformità delle stratificazioni all'interno della ionosfera, che da una parte riduce l'assorbimento e dall'altra consente una maggiore probabilità nella formazione delle cortine Es, inoltre in presenza di un campo magnetico agitato, l'altezza effettiva di uno strato subisce continue fluttuazioni in altezza, la densità di elettroni per  $\text{cm}^3$  diminuisce per effetto della dispersione e turbolenza, deteriorando quelle condizioni favorevoli per la formazione delle nubi riflettenti. Il rapporto tra le nubi di Es e il ciclo delle macchie solari è meno chiaro, anche se osservazioni statistiche effettuate sempre sul lungo periodo suggeriscono che tendenzialmente nei periodi bassi del ciclo undecennale (basso numero di macchie) le aperture sono più frequenti. Nei periodi di alta attività solare, il flusso solare aumenta fortemente migliorando il livello di ionizzazione dello strato F e dello strato E normale, tuttavia questo sembra non avere un impatto diretto sulla propagazione per Es sporadico.

### F.A.I. Field Aligned Irregularity

All'altezza della regione E, dove si localizzano normalmente le cortine d'E sporadico, si possono formare delle masse ionizzate di Es superdenso che a causa dei venti ionosferici si concentrano e convergono lungo le linee di forza del campo geomagnetico terrestre (come da fig.), queste masse si sviluppano quindi in senso verticale e sono inclinate secondo l'inclinazione delle linee di forza del campo che varia da 50 a 78 gradi dal sud al Nord dell'Europa. La caratteristica di questa propagazione è che per realizzare il collegamento bilaterale i segnali di entrambe le stazioni devono essere inviati verso la zona di diffusione, dove l'ammassamento è localizzato. Sembra ci siano delle zone geografiche preferenziali dove si concentrano con maggiore frequenza e regolarità le cortine iper dense, (in Europa per esempio si localizzano delle aree di riflessione all'altezza della Svizzera occidentale, e sopra l'Ungheria) e questo suppongo sia dovuto a possibili anomalie del campo geomagnetico, nonché da particolari caratteristiche legate al magnetismo interno alla crosta terrestre di certe aree che potrebbero favorire il fenomeno.

I segnali sono caratterizzati da un marcato scintillamento simile, anche se di minore intensità allo scintillamento introdotto dalle riflessioni sulle cortine aurorali, inoltre le "aperture" sono di durata limitata (decine di minuti), poiché sembra che le condizioni che supportano l'anomalia decadano velocemente. Generalmente la formazione delle masse verticali è correlato alle formazioni dell'Es, anche se non se ne conoscono ancora i legami e le interazioni. Quindi, come la propagazione per Es, i periodi migliori vanno da Maggio a Settembre e nel tardo pomeriggio, sera.

### Influenza gravitazionale della Luna

L'attrazione gravitazionale della luna ha una notevole influenza sulla terra, l'effetto forse più evidente è quello relativo ai movimenti delle masse oceaniche che generano le maree. L'attrazione gravitazionale lunare è più forte ai solstizi e dipende inoltre dalla distanza angolare che separa il sole dalla luna. Le maree più deboli avvengono sempre al primo e all'ultimo quarto di luna.

Il campo magnetico presenta fluttuazioni che seguono la posizione rispettiva della luna e del sole in rapporto alla terra.

La forza d'attrazione esercitata dal nostro satellite potrebbe avere anche una qualche influenza nella formazione dell'Es.

Questo è emerso anche da degli studi specifici eseguiti presso i laboratori di Arecibo, a Portorico. Si sono trovate delle correlazioni tra le maree lunari e lo sviluppo dei venti ionosferici, nonché possibili interazioni con il campo geomagnetico.

Del resto, le molecole d'aria subiscono l'effetto della forza di gravità e del campo magnetico, le molecole di gas, sono meno legate fra loro di quelle dell'acqua e compiono spostamenti molto ampi a causa della gravitazione solare e lunare.

### Effetti meteorologici

Le più recenti ricerche scientifiche sembrano dimostrare un'interazione tra la ionosfera e la bassa atmosfera.

L'aeronomia e la dinamica dello strato assorbente D, gli anomali assorbimenti delle radio onde nella ionosfera, la formazione e la struttura dell'Es, le correnti ionosferiche, nonché la struttura della regione F, dovrebbero essere studiate in correlazione con la situazione termodinamica degli strati ionosferici inferiori e quindi anche in relazione a quanto accade nella troposfera.

Questo è dovuto alla propagazione dalla troposfera e dalla stratosfera verso la ionosfera di un largo spettro di onde interne atmosferiche, acustiche e gravitazionali oltre che da possibili influenze gravitazionali della luna (maree).

Movimento e circolazione dei venti, turbolenze e correnti non avvengono solo all'interno della troposfera ma accadono fino all'altezza della regione E (fino a 100- 110 chilometri di altezza). La forza di interazione dipende dalle caratteristiche della circolazione atmosferica, dall'intensità e dall'origine delle onde. La teoria dell'influenza dei venti ionosferici, delle onde gravitazionali associata all'azione delle condizioni meteorologiche nella troposfera dovrebbe avere quindi una rilevante influenza nella formazione delle nubi di Es, che sembrano spesso associate a fronti di bassa pressione. La condizione migliore sembra quella in cui un'area di bassa pressione viene a trovarsi tra due fronti freddi, poiché a queste condizioni meteorologiche dovrebbero essere associate forti venti e turbolenze all'altezza della regione E, si tratterebbe proprio di quei venti ionosferici che poi creano le condizioni per addensare gli ioni creando le cortine ad alta densità di elettroni liberi, causa appunto delle rifrazioni per E sporadico.

L'azione più o meno intensa delle onde gravitazionali, combinata alla presenza di altri catalizzatori esterni quali l'ablazione meteorica e la favorevole azione del campo geomagnetico determinerebbero poi l'intensità della ionizzazione e quindi la capacità di rimandare a terra onde a frequenza elevata, sappiamo che all'aumentare della frequenza utilizzata la capacità di rifrazione dell'Es diventa sempre più rara poiché diventa sempre più critico il livello di ionizzazione necessario, questo potrebbe essere dovuto alla difficoltà di avere contemporaneamente attivi tutti i fattori di cui abbiamo appena parlato. Dovrebbe esserci inoltre una possibile correlazione tra i temporali e la formazione dello strato E sporadico. Osservazioni pratiche sembrerebbero confermare questa teoria. Molti OM, sulla banda dei 10 metri per esempio, hanno riscontrato frequentemente un significativo miglioramento delle condizioni di propagazione subito dopo un fenomeno temporalesco. Le correlazioni tra gli strati bassi e quelli più alti dell'atmosfera terrestre sembrerebbe supportare quest'ipotesi.

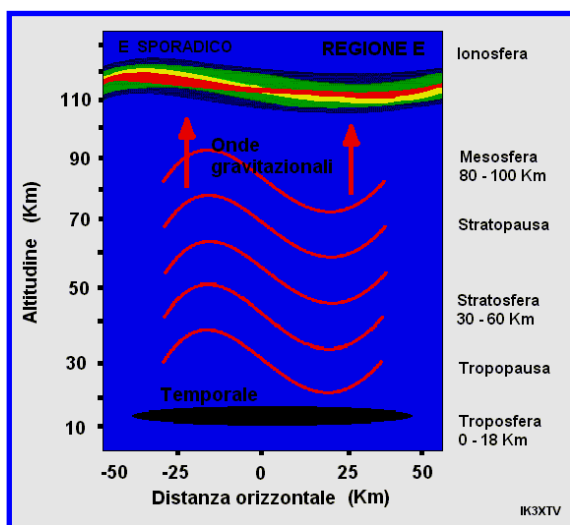


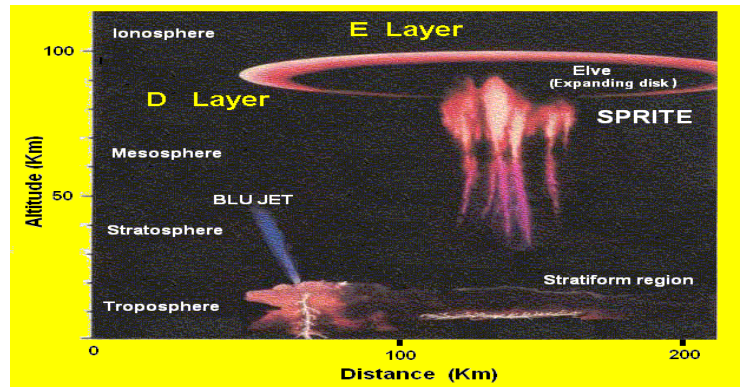
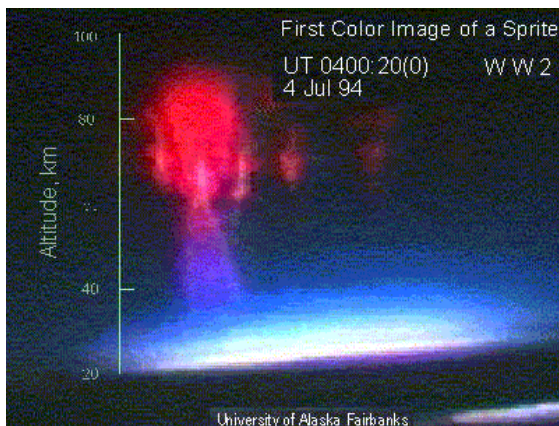
Fig.9

Le violente agitazioni presenti all'interno di un fronte temporalesco generano delle onde gravitazionali che si trasmettono fino alla ionosfera e questo potrebbe essere legato al miglioramento delle condizioni di propagazione innescate dal temporale nonche' al possibile legame tra temporali ed E sporadico. Questo legame anche se non ha ancora ottenuto un'omologazione scientifica, sembra essere sostenuto soprattutto dai radioamatori basandosi soprattutto su osservazioni pratiche e statistiche. Tuttavia la scienza ufficiale tenderebbe ad escludere tale relazione sostenendo che le zone di transizione tra la troposfera e la ionosfera, denominate tropopausa e stratopausa proteggono per così dire gli strati riflettenti da influenze sulla composizione molecolare e di concentrazione elettronica da parte di fenomeni troposferici, oltre che non trovare una relazione statistica tra il verificarsi dell'Es e i temporali. E' altresì vero comunque che sulla terra si verificano statisticamente circa 100 scariche elettriche temporalesche ogni secondo, con una concentrazione soprattutto nella fascia dell'equatore e nell'emisfero estivo (l'incidenza dell'Es è maggiore nei mesi estivi e nella fascia tropicale), recenti studi della NASA hanno trovato una maggiore frequenza di fulmini sulla terra ferma rispetto al mare e una maggiore concentrazione nella fascia tropicale Africana, in Nord America e nel sud est Asiatico. Queste scariche elettriche sviluppano una quantità impressionante di energia, abbiamo quindi un livello enorme di energia potenziale che potrebbe agire come catalizzatore di Es, è sicuro che non tutte le celle temporalesche danno luogo alla formazione di Es ma potrebbe avvenire una combinazione di eventi dove appunto l'energia elettrica potrebbe avere la funzione di innesco. Un ulteriore legame con le ipotesi appena discusse riguarda la scoperta fatta negli ultimi anni di un interessante fenomeno associato ai temporali, si tratta degli sprites rossi.

### Red sprites

Tra la fine degli anni 80 e gli inizi degli anni 90, sono stati osservati per la prima volta delle larghe emissioni luminose sopra un temporale attivo che si propagano verso la ionosfera. Si tratta di estese ma deboli scariche di luce di colore rosso (l'intensità luminosa può essere paragonata a quella di un'Aurora) della durata di pochi millisecondi, associate a fulmini nube-terra o intra-nube, durante una tempesta temporalesca, lo sprite ha un'estensione elevata, e occupa un'area che in larghezza può arrivare anche fino a 50 chilometri ed in altezza spingersi fino a 90 e più chilometri.

La parte più luminosa è localizzata attorno ai 60-70 chilometri di quota, tuttavia a causa della bassa luminosità sono visibili solamente di notte e nonostante la bassa luminosità sono visibili anche all'occhio umano, tuttavia sono necessarie delle fotocamere sensibili per registrare le immagini migliori che ovviamente sono eseguite in quota, sopra la coltre di nubi.



**Fig.10** La figura mostra la fotografia di uno sprite che si propaga dalla parte superiore di un temporale fino ai limiti inferiori della regione Es la stessa zona sede dei fenomeni di Es (foto University of Alaska, Fairbanks, Alaska -USA).

**Fig. 11** Struttura tipica di uno sprite, che è sempre associato ad una scarica elettrica positiva nube-terra e si estende da circa 40-40 Km fino a 70-90 Km, con un'estensione massima attorno ai 50-60 Km, mentre la larghezza orizzontale è di circa 25-50 Km.

Il colore rosso è dovuto all'eccitazione dell'azoto molecolare presente nella Mesosfera, mentre nella parte inferiore dello sprite l'emissione dominante è il blu a causa della differente eccitazione ionica dovuta all'altezza. Staticamente sulla terra avvengono circa 100 scariche elettriche nube-terra al secondo e poiché solamente all'1% di queste si accompagna uno sprite, teoricamente dovremo avere 1 sprite al secondo. Recentemente però si è scoperto che queste scariche si possono verificare anche in assenza di fulmini o temporali e questo rende ancora più difficile l'interpretazione scientifica del fenomeno, nonche' innescare ulteriori domande.

Raramente gli sprites avvengono singolarmente, più comunemente si verificano in raggruppamenti di due o più emissioni che in ogni caso sono rare e casuali poiché avvengono solamente con un'incidenza pari all'1% rispetto ai fulmini nube-terra.

Recentemente, inoltre si sono scoperte altre emissioni di natura non luminosa, originate sempre da un temporale.

Si tratta d'emissioni brevissime (circa 1m/sec) di raggi gamma, localizzati ad altezze di circa 30 chilometri, e di pulsazioni ad alta frequenza (VHF), TIPPS (Trans-ionospheric pulse pairs), d'intensità 10.000 volte maggiore rispetto alle sferiche generate dalle normali scariche elettriche temporalesche.

Il meccanismo più probabile che innesca la scarica sembra essere dovuto ad un accumulo di cariche elettriche negative sulla parte superiore delle nubi temporalesche, successivamente per effetto valanga si genera una forte scarica elettrica con la ionosfera Superiore che risulta invece essere caricata positivamente Sono in corso ulteriori ricerche per approfondire il fenomeno degli Sprites oltre che per verificare le possibili influenze sulla Struttura molecolare e sulla ionizzazione sia a breve sia a lungo termine, della ionosfera.

### Osservazione pratica

In occasione del contest IARU 50 Mhz, ho monitorato lo sviluppo della propagazione dal mio qth in JN55RQ per vedere il comportamento della gamma con un'osservazione sistematica (circa 150 Stazioni ascoltate in 59 locatori differenti) dalle 0830 Utc fino alle 14 utc, del 22 Giugno 2003. Un contest internazionale è una buona occasione di studio poiché sono attive contemporaneamente molte stazioni su una vasta area geografica, quindi il campione di dati disponibili è certamente attendibile. La propagazione si è rivelata notevolmente buona, la gamma è stata aperta quasi ininterrottamente per tutto l'intervallo di tempo,

e in più direzioni contemporaneamente (quindi dalla penisola Iberica, Francia, Regno Unito, Scandinavia Meridionale, Europa dell'Est fino a Romania e Bulgaria) anche se ho rilevato un andamento per così dire ciclico con picchi d'alta intensità verso una determinata direzione (predominante) seguiti poi da momenti di scarsa propagazione in tutte le direzioni (la gamma non è mai stata chiusa).

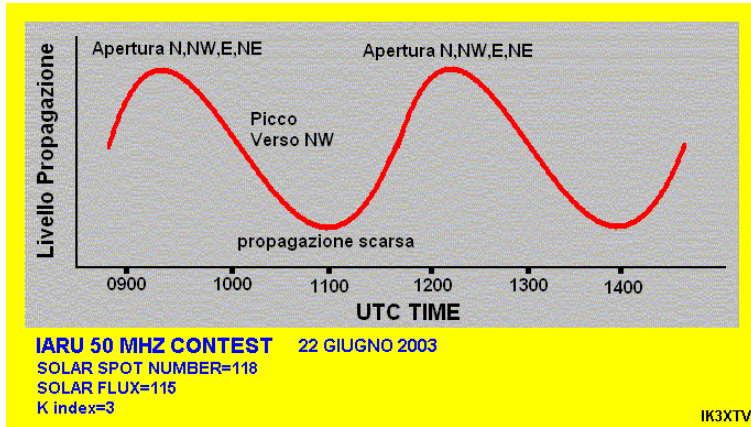


Fig.12

La Figura 12 mostra l'andamento ciclico della propagazione. La figura 20 in alto a destra (tratta dal sito skymet) mostra il flusso di meteoriti nella giornata del 22/06/03, dovrebbe esserci una relazione tra la bontà delle aperture Es e il flusso Meteorico, sembra esserci una correlazione tra l'andamento ciclico della qualità della Propagazione e il grafico (linea azzurra) che riporta la quantità di flusso meteorico.

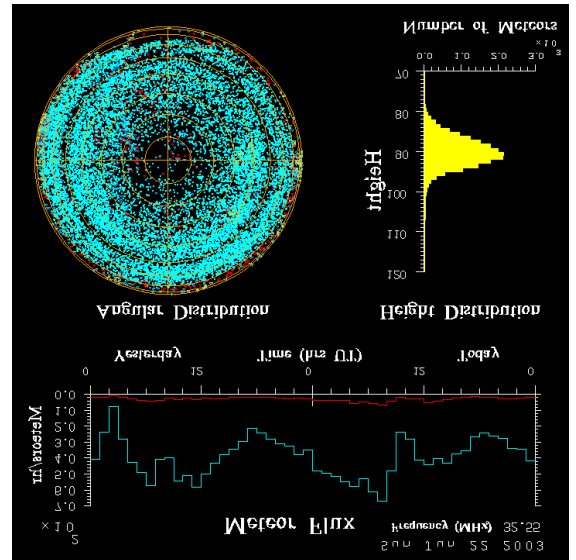
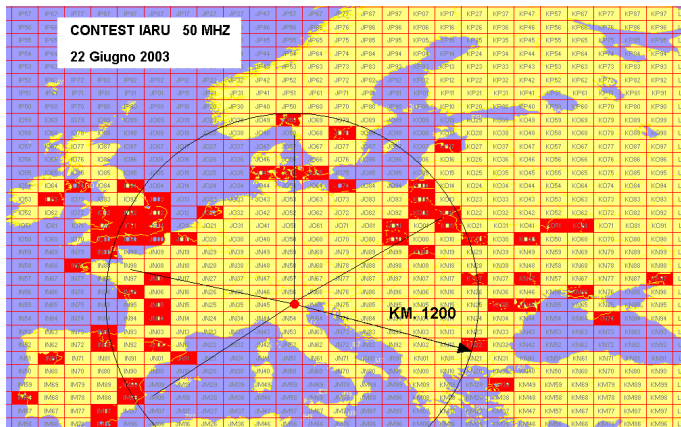


FIG.20

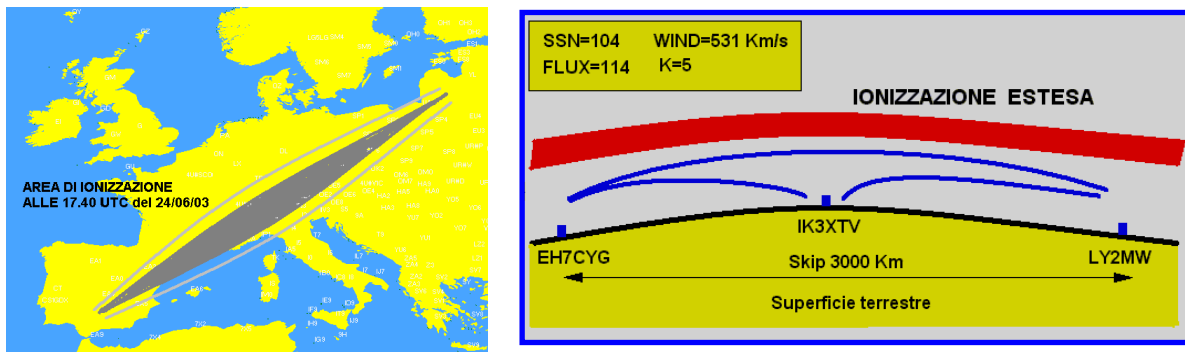
Dal versante sud invece non ho ascoltato stazioni, la propagazione in questa direzione è sempre stata chiusa. La zona d'ombra è stata di circa 800 chilometri ed uno skip preferenziale attorno ai 1100, 1200 chilometri.

La situazione meteorologica era buona, con un'aria d'alta pressione all'altezza dell'Italia e dell'Europa centrale, stretta tra due fronti di bassa pressione localizzata sul Regno Unito e sull'Europa Orientale. Gli indici solari erano rispettivamente: Numero di macchie 118, Flusso solare 115 e indice K=3.



L'osservazione pratica della banda dei 50 Mhz suggerisce altre considerazioni relative all'estensione e al movimento delle ionizzazioni. Nei momenti migliori sembra avvengano delle ionizzazioni estese che fanno salire le MUF fino a frequenze di 50 Mhz, a riprova di questo vorrei riportare alcune osservazioni fatte il 24 Giugno 2003 sulla gamma appunto dei 6 metri. Dalle 17.30 Utc la propagazione era aperta con direzione preferenziale verso nord, arrivavano segnali discreti dalla Scandinavia Meridionale, ma soprattutto verso nord-est, poiché i segnali ancora più forti dalle Repubbliche baltiche, (ES,LY). Alle 17.45 ho collegato LY2MW da Vilnius Lituania KO24PS con skip di 1400 Km, subito dopo, LY2MW collega anche una stazione Spagnola, EH7CYG da Cordoba in Andalusia, la distanza tra Vilnius e Cordoba è di 3000 Km, inusuale come skip per un collegamento estivo sui 50 Mhz e inconsueto anche il fatto che riescivo ad ascoltare entrambe le stazioni. Probabilmente esistevano delle ionizzazioni estese e allineate lungo una direttrice che partiva dalla penisola iberica, attraverso il centro Europa fino al Mar Baltico che ha reso possibile la diffusione dei segnali. Sembra, infatti, soprattutto quando le condizioni sono migliori, si formino queste aree allineate (forse anche più di una) lungo una determinata direttrice, presumibilmente legate alla direzione delle linee del campo geomagnetico terrestre che però non sono statiche ma si muovono, seguendo regole non ancora conosciute ma che penso possano essere determinate dall'influenza di azioni esterne come rotazioni terrestri, pressione di radiazione solare, correnti ionosferiche e situazione meteorologica generale, campo geomagnetico. Più tardi, attorno alle 18.35 Utc, la propagazione si è aperta verso il Regno Unito, ma contemporaneamente arrivavano segnali anche dall'Est Europa (Romania, Ucraina), quindi esisteva un'altra fascia ionizzata dalla Gran Bretagna, attraverso il centro Europa fino alla Romania. I movimenti delle cortine ionizzate rendono molto variabili la direzione delle aperture, per quanto riguarda invece l'altitudine delle riflessioni, queste tendono ad alzarsi con il procedere del sole verso ovest, poiché la distanza dei collegamenti tendenzialmente si allunga progressivamente

dopo il tramonto. Tuttavia non e' semplice capire questi meccanismi, i fenomeni di radio propagazione, proprio per la loro natura aleatoria e imprevedibile riservano sempre sorprese.



**Fig.14** La cartina dell'Europa ricostruisce la ionizzazione presente alle 17.40 del 24/06/03, si tratta di una fascia molto estesa, l'osservazione sistematica dell'andamento della propagazione m'induce a ritenere possibile il formarsi di queste intense ionizzazioni su una direttrice favorevole per esempio da sud-ovest a nord-est, come in questo caso, in altri momenti la stessa ionizzazione si forma nella direttrice opposta, da Nord-ovest a sud-est (dal regno Unito all'isola di Creta) come osservato il 26/06/03 alle 16.45 utc e l'ipotesi più verosimile e' quella che si orientino seguendo i movimenti del campo geomagnetico (dati basati sull'ascolto della gamma dei 6 metri)

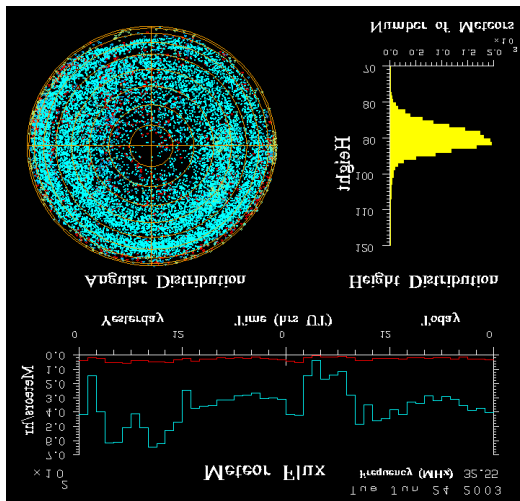
Il collegamento tra EH7CYG e LY2MW mi permette di introdurre un concetto circa la distanza di propagazione. Da semplici considerazioni di geometria risulta che la massima distanza teorica di un collegamento per Es a singolo salto e' di 2100 Km. Non e' raro assistere a collegamenti sui 50 Mhz e 144 Mhz su distanze notevolmente maggiori e questo dovrebbe essere dovuto al contributo della propagazione troposferica a inizio e fine tratta, che sostanzialmente allunga la distanza. Tuttavia la distanza di 3000 Km appare eccessiva e quindi e' possibile che il collegamento abbia goduto della propagazione a doppio salto, sfruttando l'estesa ionizzazione di cui abbiamo appena parlato.

#### Relazione tra Meteoriti ed E sporadico

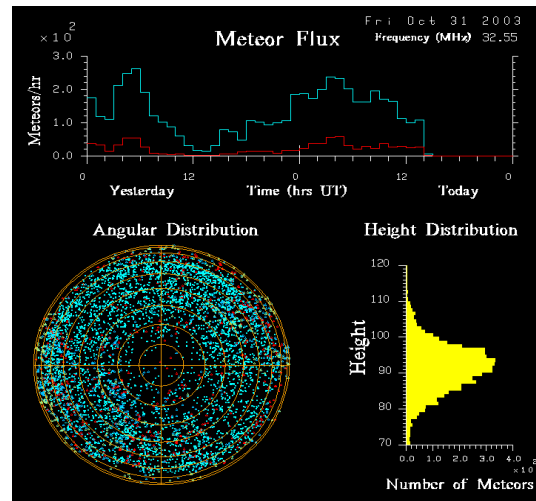
La relazione tra l'ablazione meteorica e la formazione dell'E sporadico appare più evidente dai grafici in basso, si tratta di monitoraggi radar in grado di quantificare il flusso di meteoriti che colpiscono l'atmosfera terrestre.

Nel grafico più grande di sinistra ho riportato la situazione del 24/06/03 confrontandolo con un altro grafico relativo ad un giorno Di Dicembre 2002 senza nessuna apertura. Il contenuto di meteoriti appare decisamente maggiore nella giornata del 24 Giugno, si tratta di una possibile conferma circa le ottime condizioni di propagazione Es rilevate.

#### Meteor Flux del 24/06/2003



#### Meteor Flux in condizioni normali



#### Bibliografia:

- Ha collaborato per alcune osservazioni Tony de Longhi, IZ3ESV
- NOAA (National Atmospheric and Ocean Administration)
- Articoli vari di Marino Miceli, I4SN
- Mappe realizzate con il programma DX ATLAS
- School of Physics, University of New South Wales, Sydney-Australia "The Lunar tide in Sporadic E"
- UKSMG Six news Archives
- Mid Latitude Sporadic E - Michael Hawk
- Newton - Lo spettacolo della Scienza
- Dx Radius in Aurora and FAI radio propagation Volker Grassmann, DF5AI
- Naval Research Laboratory Washington, DC
- Earth's Ionosphere-Tor Hagfors, Kristian Schlegel - Max Planck Institute of Aeronomy, Katlenburg-Lindau, Germany
- Atmospheric Gravity waves - Prof. Michael P. Hickey, Dipartiment of Physics and Astronomy- Clemson University, South Carolina
- Department of Physics and Astronomy - University of Western Ontario - A Short Primer on Gravity waves
- Geophysical Institute, University of Alaska
- What are sprites? Jeremy Thomas
- Matt Heavner, Red sprites and Blue jets