

AURORA SUI 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 queste bande.

Alle 18.51 collegavo la stazione JV5C dalla Mongolia che arrivava con un ottimo segnale (5/9+): l'impressione e' 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: il fatto piu' strano, che personalmente non mi era mai capitato di constatare sui 40 metri (mi era capitato di ascoltare qualcosa del genere sulle bande più alte delle HF per quei segnali provenienti, ad esempio, dalla costa ovest Americana, su percorsi polari caratterizzati da "scintillamento", ma in maniera meno marcata), era che i segnali arrivavano con una forte distorsione e, per così dire, fluttuanti, tanto che in alcuni 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 geografica subissero questa distorsione. Ho collegato, e ascoltato, le seguenti stazioni con segnale distorto: I3, I4, I1, I6, IV3, I7, I2, DL, SP, S5, EI, G, mentre non ho ascoltato segnali provenienti dalla Scandinavia (forse troppo interni all'ovale aurorale e da questi bloccati) mentre i segnali provenienti dalla penisola Iberica e, a maggior ragione, dalle isole Canarie, erano esenti dal fenomeno e non subivano l'effetto di distorsione (forse perché lontani e quindi fuori dall'influenza dell'ovale aurorale).

Alcuni OM italiani mi confermavano la ricezione distorta e la particolarità dell'evento che, dalle informazioni che ho raccolto, era udibile fino alla zona 17.

Attorno alle 20 UTC rispondo alla chiamata di una stazione tedesca della Germania centrale: l'OM tedesco, oltre a confermarmi che anche il mio segnale arrivava distorto, mi informava che era in atto una forte attività aurorale.

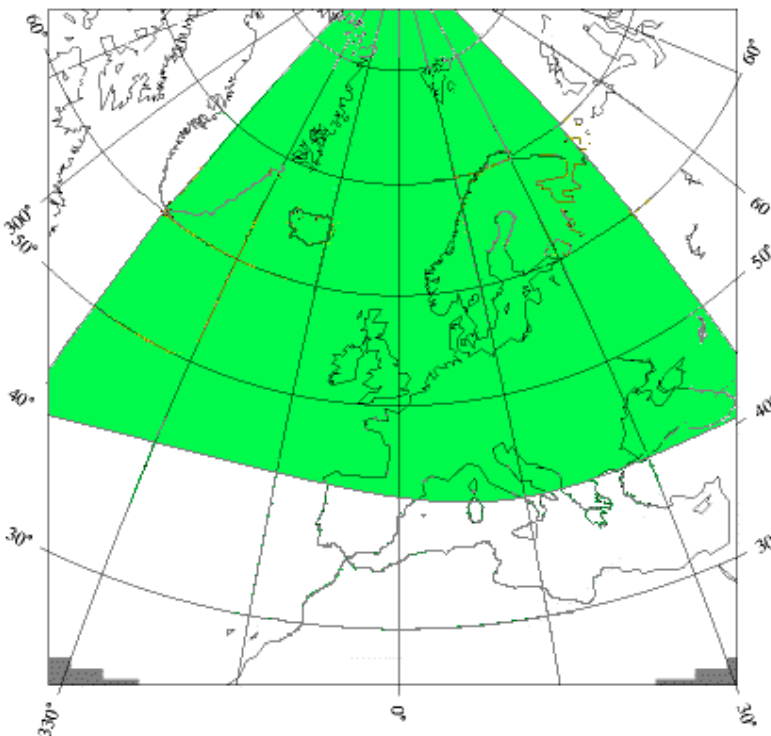
Per chi, come me, si dedica allo studio della propagazione, il fenomeno era di sicuro interesse, anche perché associato ad esso si verificava un'ottima propagazione sulle lunghe distanze.

Attorno alle 23 UTC la situazione e' tornata quasi normale: ulteriore conferma che ero di fronte a qualcosa di veramente anomalo era dovuta al fatto 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 era da considerarsi un'anomalia (l'effetto distorcente era cessato).

Probabilmente c'erano stratificazioni basse non ionizzate, con lo strato E ancora attivo: qualche evento solare / geomagnetico aveva, per così dire, momentaneamente modificato le tradizionali caratteristiche della propagazione sui 40 metri.

Ho monitorato contemporaneamente (dalle 19 UTC in poi) anche le bande alte delle HF (20 metri compresi) ed erano chiuse.

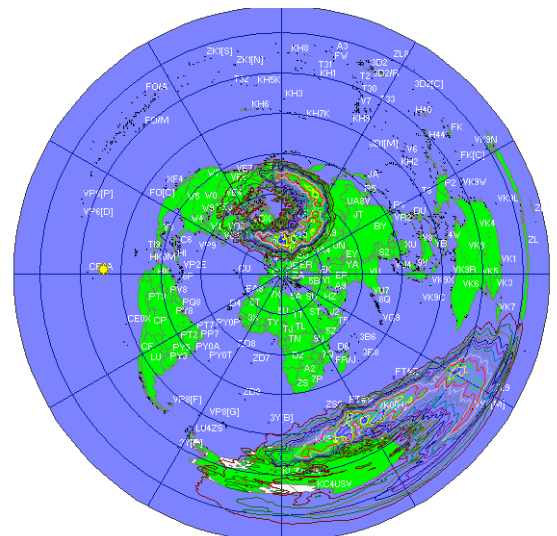
Ho cercato quindi di approfondire l'argomento raccogliendo una serie di dati e di tabelle relativi all'attività solare e geomagnetica, riferita al 20/11/2002, prima e dopo il verificarsi del fenomeno, e ho cercato di mettere in relazione i dati con le mie conoscenze sulla dinamica della propagazione ionosferica, confrontando i dati con gli scritti e le teorie di MARINO MICELI (I4SN) che considero un maestro.



Nella cartina ho cercato di ricostruire l'area all'interno della quale presumibilmente era presente l'effetto distorcente sui segnali, la ricostruzione e' basata sulle stazioni ascoltate dal mio qth situato a 45°42' N 11°25' E.

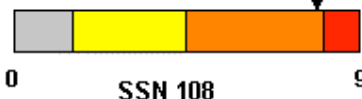
La stazione piu' a sud ascoltata si trovava in zona 17.

AURORA ACTIVITY = 10



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

K index = 7



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 di 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 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 di 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.

In ogni caso, i brillamenti solari danno luogo ad un getto di radiazione elettromagnetica che va' dal campo delle frequenze HF fino 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.

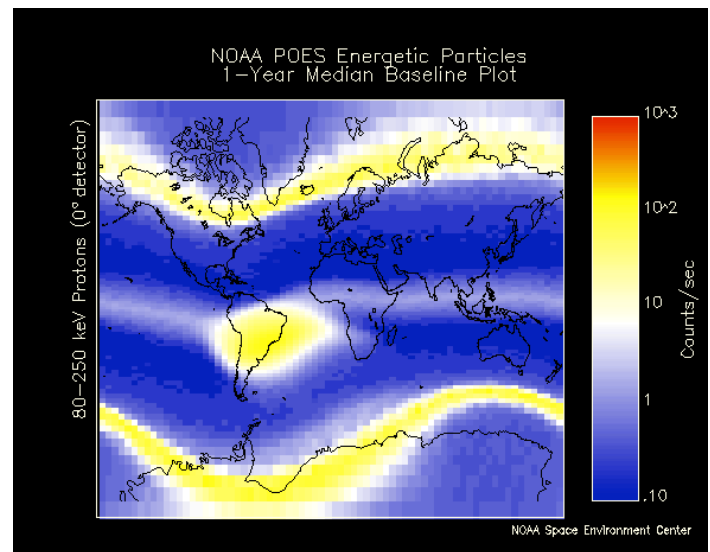
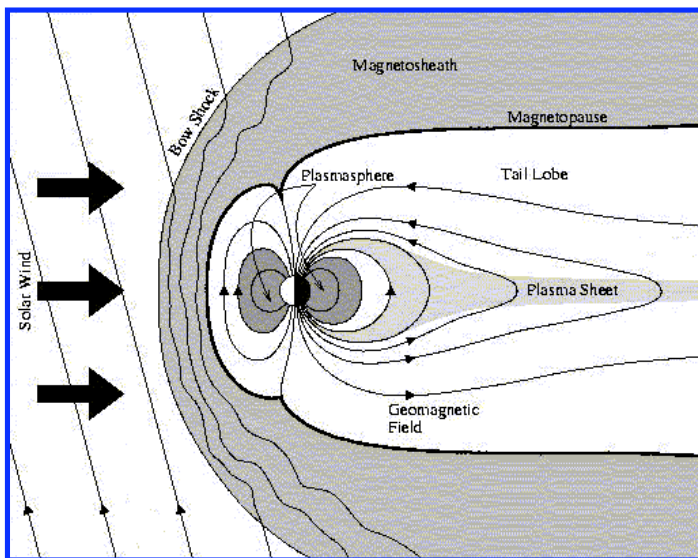
Per convenzione i flares solari sono suddivisi in 3 classi, C, M ed X, che dipendono dall'ammontare del flusso di energia sviluppato.

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: è plausibile che tutti gli eventi di radio propagazione siano strettamente collegati alla dinamica e all'interazione di SOLE - VENTO SOLARE - ATTIVITA' 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, a perturbazioni e ad interazioni continue: la schematizzazione convenzionale delle varie regioni (strati D-E-F) è, più che altro, didattica ed indicativa, non corrispondendo alla situazione reale estremamente dinamica, dove le altezze ed i confini tra strato e strato, non sono sempre ben delineati, 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.

ATTIVITA' GEOMAGNETICA

La ionosfera è un magnetoplasma, ossia un plasma immerso nel campo geomagnetico: la riflessione dei segnali negli strati ionosferici dipende in maniera diretta dall'attività magnetica.

Una perturbazione magnetica, anche se non intensa, 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 quantita' di particelle cariche che sono elettroni e protoni dissociati.

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

Il plasma solare, giungendo in prossimita' 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 ed 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 densita' di ionizzazione forma l'ovale aurorale, che si localizza attorno ai poli geomagnetici: la sua estensione dipende dall'attivit  solare.

In occasione di flares (brillamenti) sulla superficie solare, intorno alle macchie o per surriscaldamenti della corona, il vento solare aumenta in maniera considerevole e di conseguenza aumenta il volume del plasma: per la Terra significa tempeste magnetiche ed ionosferiche, oltre al verificarsi di aurore piu' o meno importanti.

L'ovale aurorale, per effetto dell'intensa precipitazione particellare, si allarga verso sud: l'intensit  di ionizzazione e' elevatissima, tanto che in VHF, in certi casi, vengono sfruttate le cortine aurorali per riflettere i segnali.

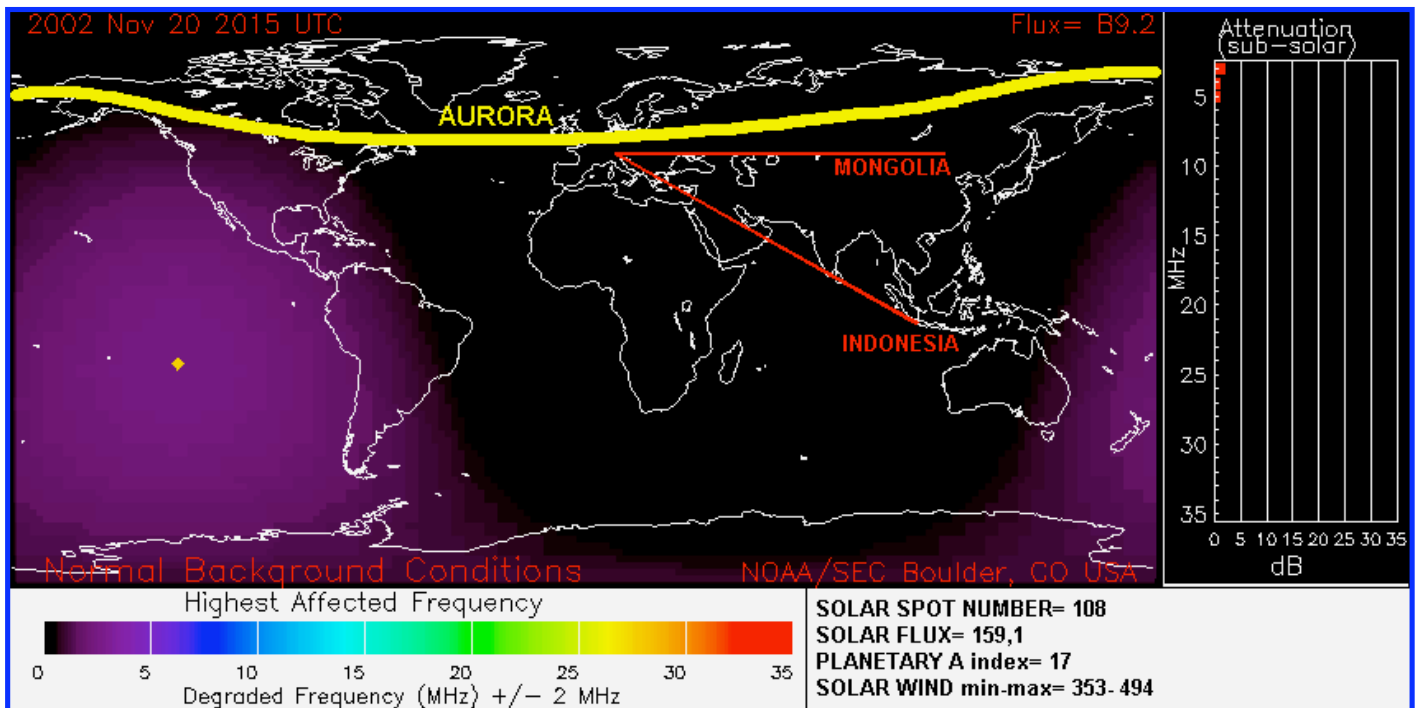
Il fenomeno si verifica ad una altitudine approssimativamente variabile da 80 a 150 km, all'interno della regione E o nella parte superiore della regione D.

Normalmente i fenomeni aurorali si hanno attorno ai poli geomagnetici (65 - 70 gradi) e, durante forti tempeste geomagnetiche, l'ovale aurorale puo' allargarsi verso sud fino a 45 -50 gradi di latitudine.

Quella di cui abbiamo parlato puo' essere definita anche **RADIO AURORA**, mentre l'aurora visibile e' 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   da imputarsi, piu' che a flares solari, ad emissioni di energia provenienti 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'attivit  solare e degli eventi geofisici .



La cartina mostra (colore viola) l'area dove e' attivo lo strato D (che corrisponde alle aree illuminate dal sole) insieme alle rispettive frequenze soggette ad un maggiore assorbimento. 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 intensita' era massima (valore 9 /10), ed i percorsi dei segnali dx verso est, sul lato oscuro.

Inoltre ho riportato i dati dell'attivit  solare riferiti a Mercoledì 20/11/02: il valore dell'A index (importante indicatore dell'attivit  geomagnetica) era 17 (valore non alto, che indica un campo geomagnetico attivo) per poi salire, a valori attorno a 50, il giorno successivo. Il fatto piu' evidente e' che, Mercoledì 20/11/2002 nella tarda serata, l'indice K ha raggiunto un valore pari a 7, indicativo di un'intensa attivita' geomagnetica. L'indice K e' un parametro piu' immediato: per valutazioni di questo genere assume un ruolo piu' significativo rispetto all'indice A che e' utile per previsioni a lungo termine.

CONSIDERAZIONI

Nella prime ore della sera di Mercoledì 20/11 alle 18.11 UTC, si e' 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 ed immediatamente successivo al fenomeno, si potrebbe essere verificato un'impulso 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 l'aumento delle MUF ordinarie, favorendo la riflessione nella regione F (i segnali provenienti da est erano curvati fino a noi dallo strato F serale).

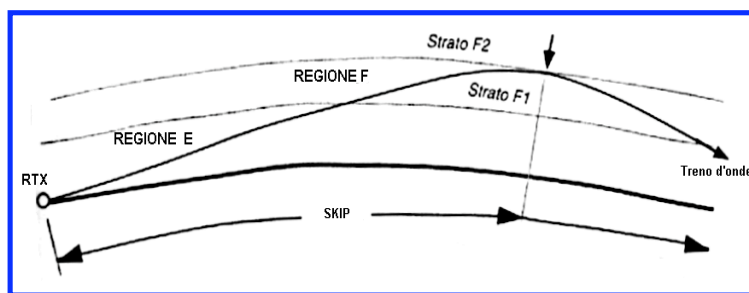
L'aumentare dell'assorbimento dello strato D causato dalle particelle emesse dal brillamento solare, sul lato illuminato, potrebbe aver bloccato una parte del rumore proveniente dall'emisfero illuminato: da noi, essendo già da qualche ora in oscurità, il livello dello strato D era praticamente trascurabile 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 stato un flare di categoria M1, cioè del tipo medio: normalmente, i flares che inducono black-out totali e persistenti sulle comunicazioni sono del tipo X, flares 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 stabilizzata (in senso negativo, con l'aumento dell'attività geomagnetica).

Si è, inoltre, verificato 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: tale ionizzazione, non ancora sufficiente per la riflessione, era in grado di curvare i segnali abbassandone l'angolo di incidenza verso la regione F e favorendo il dx (vedi figura sotto). Conferma di ciò si è avuta dal fatto che il progressivo aumento della ionizzazione della regione E ha portato poi a riflessioni a salto corto presenti alle 23 UTC.



Potrebbe anche formarsi una sorta di guida d'onda fra due regioni aventi un differente gradiente, tra lo strato E più in basso e la regione F in alto, in grado 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 verificata, anche alle nostre latitudini (come 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, insieme a campi elettrici agitati (dovuti alla tempesta geomagnetica causata dal flare) che hanno provocato, in rapida successione, una continua variazione dell'indice di rifrazione (causa dello scintillamento), Non è da escludere l'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.

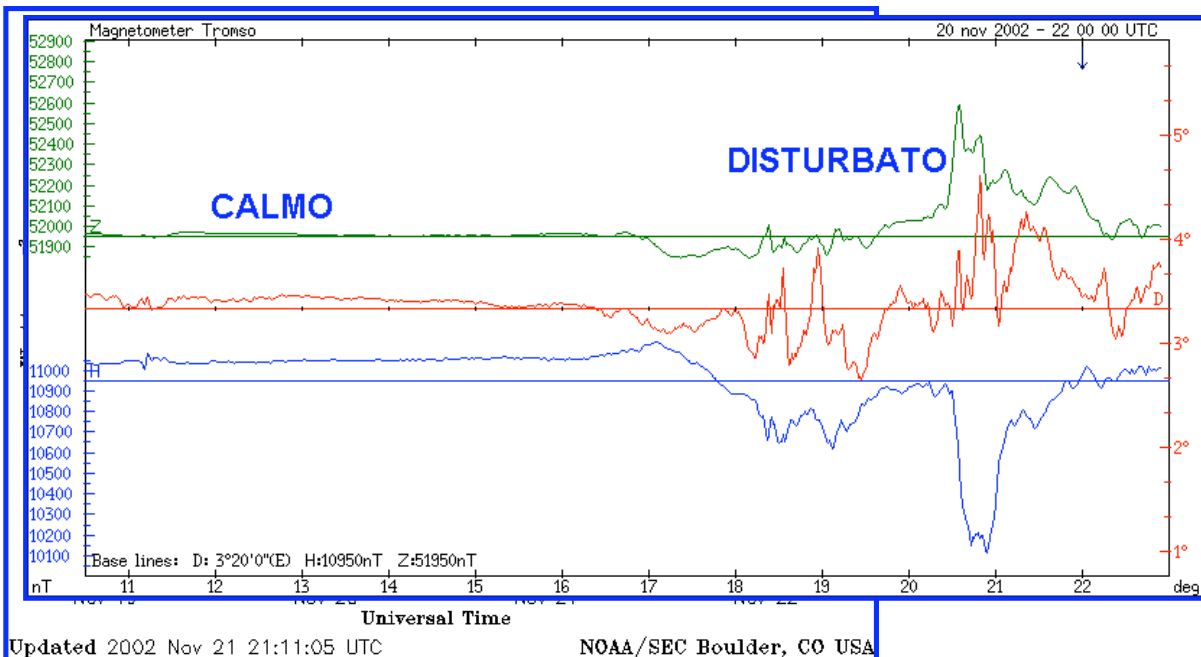
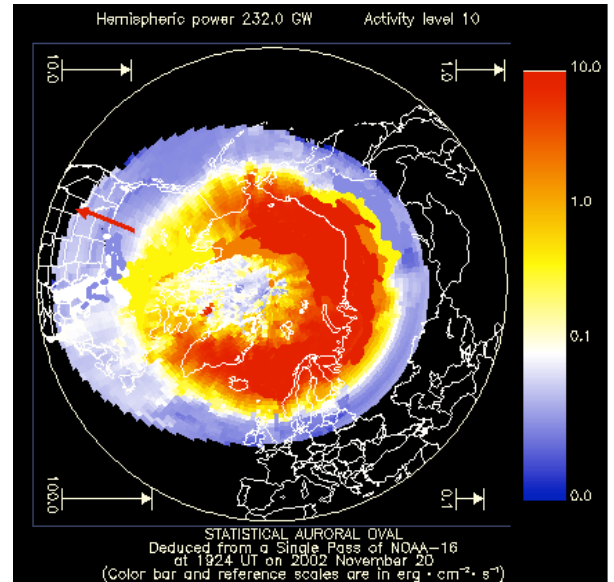
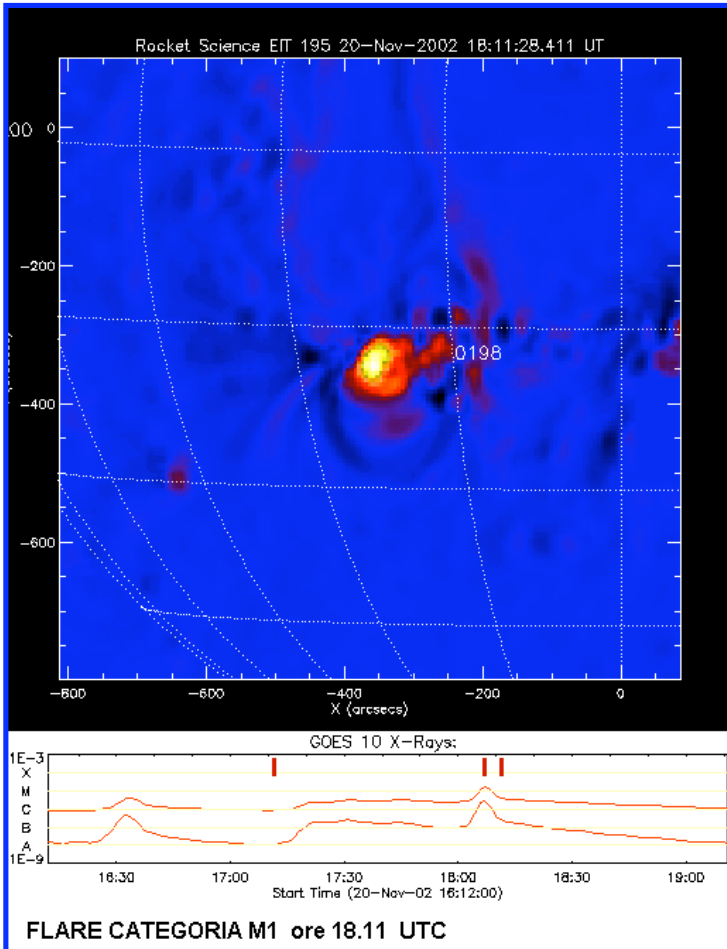
In ogni caso, la comprensione dei fenomeni solari collegati alle radio comunicazioni è una cosa altamente complessa.

Non si conosce ancora bene come tutte le cause interagiscano: 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. Come per le previsioni meteorologiche, la previsione della propagazione HF non è una scienza esatta.

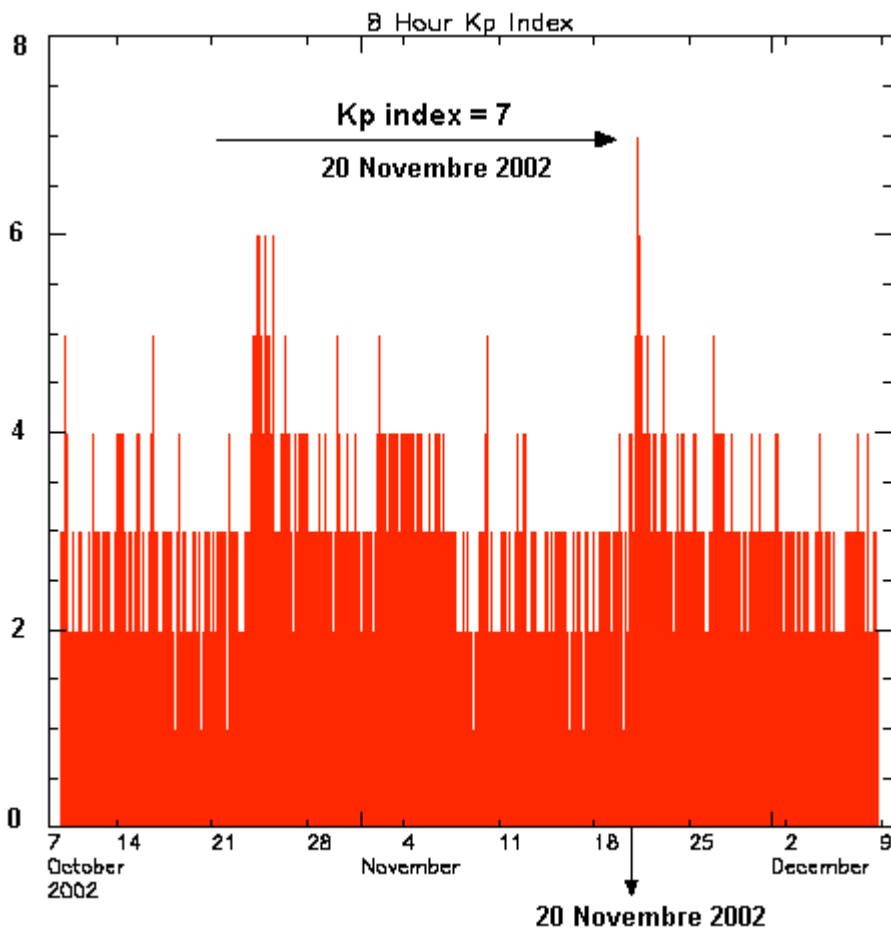
GRAFICI

Con lo scopo 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, oltre al grafico del magnetometro di Tromso in Norvegia. Si vede chiaramente come, 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 che mostra i flares (picchi della curva di colore rosso).



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 dopo le 23 UTC. La banda dei 40 metri ha subito gli effetti di questa forte interazione.



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

Flavio Egano 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.