

# CONSIDERAZIONI SULLE ORIGINI DEI FENOMENI ELETTROMAGNETICI IN ATMOSFERA

di Andrea Zucchini



<http://www.ciph-soso.net/SOSO/IPHW2006.htm>

© Copyright (2008) Andrea Zucchini, CIPH (Comitato Italiano per il Progetto Hessdalen)

Quale espressione dell'attività intellettuale dell'autore, questo materiale è protetto dalle leggi internazionali sul diritto d'autore. Tutti i diritti riservati. Nessuna riproduzione, copia o trasmissione di questo materiale può essere eseguita senza il permesso scritto dell'autore. Nessun paragrafo e nessuna tabella di questo articolo possono essere riprodotti, copiati o trasmessi, se non con il permesso scritto dell'autore. Chiunque utilizzi in qualsiasi modo non autorizzato questo materiale è perseguibile a norma delle vigenti leggi penali e civili.

© Copyright (2008) Andrea Zucchini, CIPH (Comitato Italiano per il Progetto Hessdalen)

*As an expression of intellectual activity by the author, this material is protected by the international laws on copyright. All rights reserved. No reproduction, copy or transmission of this material may be made without written permission by the author. No paragraph and no table of this article may be reproduced, copied or transmitted save with written permission by the author. Any person who does any unauthorized act in relation to this material may be liable to criminal prosecution and civil claims for damages.*

## Considerazioni sulle origini dei fenomeni elettromagnetici anomali in atmosfera

Andrea Zucchini  
[andrea.zucchini@fastwebnet.it](mailto:andrea.zucchini@fastwebnet.it)  
[www.andreazucchini.net](http://www.andreazucchini.net)

### Abstract

L'articolo analizza sinteticamente campo magnetico terrestre, campo magnetico interplanetario, vento solare e conducibilità anomala legata alla struttura tettonica terrestre e propone che l'interazione di alcuni di questi elementi possa costituire una possibile sorgente d'energia per i fenomeni elettromagnetici anomali in atmosfera.

Una breve considerazione conclusiva è dedicata all'aspetto statistico per il quale è necessario ripristinare un'acquisizione sistematica dei dati e una loro pubblicazione e viene proposto un metodo d'analisi di nome PARADIGMA HESSDALEN

The article synthetically analyzes geomagnetic field, interplanetary magnetic field, solar wind and anomalous conductivity of the terrestrial tectonic structure and proposes that the interaction of some of these elements can constitute a possible source of energy for the anomalous electromagnetic phenomenons in atmosphere.

A brief conclusive consideration is devoted to the statistical aspect for which it is necessary to restore a continuous acquisition of data, their publication and is proposed a method of analysis named Paradigm HESSDALEN

### Introduzione

L'ambiente attorno alla Terra e in generale attorno ai pianeti è sede di molti fenomeni, elettromagnetici i più comuni dei quali sono riconducibili a correnti elettriche, campi magnetici ed emissioni elettromagnetiche dal radio ai raggi X.

I fenomeni più evidenti sono le aurore e limitatamente all'atmosfera i fulmini nella forma lineare (i classici lampi temporaleschi) e più raramente globulare.

I fenomeni elettromagnetici anomali in atmosfera (FEAA) riguardano invece manifestazioni non convenzionali, a volte più frequenti in particolari siti dove a causa del persistere dei fenomeni si sono potute pianificare campagne scientifiche di osservazione e misure nello spettro elettromagnetico, misure dei campi magnetici a terra, analisi approfondita del territorio.

Dall'inizio degli anni '80 alcune zone della Norvegia sono state teatro di FEAA, ad Hessdalen e in una zona a sud dell'Holtålen, ad Arendal nell'Aust-Agder.

Ad Arendal i FEAA, almeno nella loro componente ottica, in breve tempo sono scomparsi mentre ad Hessdalen, pur persistendo tutt'oggi il fenomeno, dal 1983 in poi si sono avuti periodi in cui si è registrato una variazione della frequenza e intensità, così come risulta dai report delle campagne osservative effettuate in loco [1].

Nonostante gli sforzi l'origine del fenomeno non è stata ancora chiarita, lo scenario è articolato, frammentario e ancora si è alla ricerca di un modello di riferimento adeguato.

Nelle sezioni seguenti si analizzano alcuni temi ritenuti interessanti a riguardo dei FEAA.

### Sezione 1 Campo geomagnetico, campo magnetico interplanetario (IMF)+vento solare

#### [1.1] Modello di campo geomagnetico

In letteratura sono stati pubblicati articoli [2, 3] dedicati al modello a dinamo del campo magnetico terrestre e alla sua simulazione sperimentale (Dinamo di Karlsruhe) nei quali vengono analizzate alcune osservazioni sulla struttura del campo magnetico terrestre misurato al suolo e la loro variazione temporale, sia a lungo che a breve termine.

Su scala globale il modello suggerisce che la configurazione generale del campo magnetico terrestre dal 1980 ad oggi si sia spostata verso occidente di circa 4°-5° e abbia ridotto la sua intensità di circa 1.7 %.

La parte più interessante degli articoli [2, 3] riguarda però la similitudine fra le variazioni di campo magnetico dovute all'azione del sistema delle correnti che circondano la Terra e le concomitanti variazioni simili testimoniate nella letteratura su Hessdalen.

Le misure del campo geomagnetico effettuate ad Hessdalen presentano infatti elementi di correlazione almeno temporale con i FEAA [1,4], infatti dai precedenti articoli apparsi sul sito del CIPH emergono alcuni elementi osservativi che presentano interessanti coincidenze con le informazioni riguardanti il campo geomagnetico e più in generale l'ambiente che dall'interno del nostro pianeta sale almeno fino all'interfaccia fra campo magnetico terrestre e vento solare: si sono osservate pulsazioni del campo magnetico

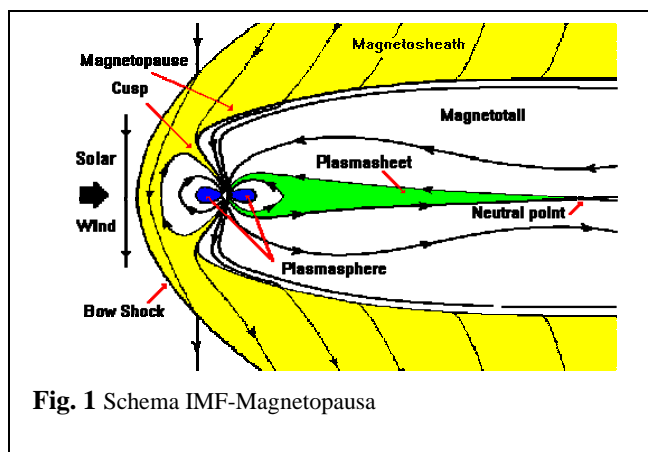


Fig. 1 Schema IMF-Magnetopausa

misurato al suolo che hanno preceduto, accompagnato e seguito l'apparizione di FEAA; misurazioni effettuate nelle bande radio hanno mostrato anche emissioni a spike singolo o multiplo in concomitanza con la rilevazione dei FEAA.

### [1.2] Dipendenza temporale dell'interazione campo geomagnetico-campo magnetico interplanetario+vento solare

Il campo magnetico al suolo a grandi latitudini è soggetto a fluttuazioni che si ritengono prevalentemente dovute alla variazione del sistema di correnti della magnetosfera, stimate dell'ordine di  $10^6$  A con potenze di  $3 \cdot 10^{12}$  W da cui risultano differenze

di potenziale  $\Delta V = \frac{P}{I} = 3 \cdot 10^6$  volts [5].

Il vento solare e il campo magnetico interplanetario (IMF) interagiscono con il campo geomagnetico creando una "barriera magnetica" (bow shock) a  $\approx 8R_{Terra}$  che costringe le particelle trasportate dal vento solare ad interagire con esso creando un sistema complesso di correnti le cui fluttuazioni generano perturbazioni nelle misure di campo magnetico al suolo.

Queste correnti di particelle si distribuiscono al confine della magnetopausa o grazie alla riconnessione tra campo magnetico interplanetario e campo geomagnetico penetrano fino alla ionosfera producendo con il loro movimento campi magnetici aggiuntivi che tendono a sovrapporsi al campo geomagnetico e quindi a modificarne il valore provocandone spesso variazioni repentine; un tipico esempio si ha con la ring-current che ruotando nella direzione est-ovest produce un campo magnetico che si contrappone al campo magnetico dipolare a basse latitudini.

Osservatori geomagnetici terrestri [6,7] e satelliti come ad esempio SOHO [8] hanno il compito di monitorare lo stato del Sole e del vento solare per prevedere l'evolvere del "tempo spaziale" (space weather forecast [9]) e di misurare i campi magnetici terrestri.

I fenomeni conseguenti all'attività eruttiva violenta del Sole incrementano il vento solare e l'interazione di questo con la Terra genera quei fenomeni che vanno sotto il nome di tempeste solari.

Le particelle trasportate dalle nubi del vento solare, contenenti al loro interno "congelato" campo magnetico IMF, interagiscono con la magnetosfera penetrandola e/o andando ad alimentare correnti poste alla magnetopausa.

Si può dire che a parte il caso di flusso continuo regolare si presentano 2 livelli di perturbazione magnetica:

1. storm
2. substorm

#### Storm:

Le tempeste magnetiche solari influenzano il campo geomagnetico a causa della significativa variazione indotta sulla configurazione delle correnti che circondano il pianeta.

L'arrivo di una tempesta solare porta ad una riorganizzazione della magnetosfera a causa dell'intensa disponibilità di particelle e campo magnetico ma l'iniezione di particelle cariche nel sistema delle correnti può seguire strade molto differenti e con differenti effetti.

L'evoluzione temporale degli effetti di una tempesta magnetica si possono così riassumere: la magnetosfera viene investita da un plasma molto energetico che la accerchia e nei casi di riconnessione la penetra.

Per il ripristino di un equilibrio di massima si devono attendere tempi dell'ordine dei giorni mentre per il ripristino delle condizioni originali pre-tempesta sono richiesti tempi fino ai due o tre mesi.

Va però detto che le tempeste magnetiche propriamente dette sono eventi rari, meno di 1 all'anno, mentre le variazioni di configurazione delle correnti con conseguente variazioni delle misure di campo magnetico a terra sono molto più frequenti, spesso quotidiane.

#### Substorm:

In tempi recenti si sta consolidando l'idea che gli effetti più frequenti sulla magnetosfera siano generati da eventi chiamati *substorm*, che regolerebbero su scale inferiori di tempo e spazio gli scambi energetici dal vento solare+IMF alla magnetosfera.

Si deve inoltre ricordare che IMF+vento solare agiscono sul campo geomagnetico generando una superficie di discontinuità che avvolge parzialmente la Terra e che ne "comprime" il campo geomagnetico sul lato esposto al Sole lasciandolo sostanzialmente libero sul lato opposto (Fig. 1) dove è presente una configurazione chiamata *magnetic tail* che porta le linee del campo geomagnetico

ad allungarsi formando una coda che si estende a grandissima distanza.

La struttura complessiva del campo magnetico solare e terrestre+correnti che circonda la Terra costituisce una sorta di profilo sempre disposto sulla radiale Sole-Terra durante il moto diurno di rotazione e annuo di rivoluzione del pianeta.

A causa di questo involucro il campo magnetico terrestre corrispondente ad un dato meridiano nell'arco delle 24 ore viene compresso nel lato diurno illuminato e lasciato libero di ridistendersi nel lato notturno, potremmo dire che la densità di energia associata al campo magnetico aumenta all'alba nel passaggio notte-giorno anche grazie al fenomeno della riconnessione, è massima nella fase diurna mentre nel passaggio giorno-notte, dal tramonto in poi, si ha la distensione e riassetto del campo magnetico trovandosi il vento solare prima di taglio e poi a favore della rottura delle linee riconnesse e del riassetto del campo verso la magnetic tail.

Durante le 24 ore gli effetti del vento solare sul campo geomagnetico costituiranno quindi un vincolo, una sollecitazione che genera uno scambio di energia per compressione nel passaggio notte-giorno e per distensione nel passaggio giorno-notte.

In questa fase si immagazzina energia nel campo magnetico compresso mentre nella fase notturna, questa energia deve venire liberata venendo a mancare il vincolo dell'IMF+vento solare.

Anche l'alternanza delle stagioni agisce sull'organizzazione della magnetosfera a causa della variazione di distanza e inclinazione dei raggi solari durante il corso dell'anno, in particolare la stagione invernale lascia gli strati superiori dell'atmosfera sostanzialmente senza irraggiamento efficiente soprattutto alle alte latitudini [10], quindi il livello di ionizzazione varia notevolmente nel corso dell'anno e con esso le caratteristiche conduttive.

Questo ultimo aspetto ha secondo i modelli di accoppiamento magnetosfera-ionosfera grande importanza essendo le caratteristiche resistive della ionosfera coinvolte nella creazione di "auroral electrojets", nei fenomeni di movimento di particelle (caduta, variazione di densità TEC) e in ultima analisi nella distribuzione di energia e impulso all'interno della ionosfera [11].

## Sezione 2 Fenomeni elettromagnetici anomali e campo geomagnetico

### [2.1] Pulsazioni del campo magnetico a terra

Ricerche ionosferiche hanno messo in luce coincidenze temporali che collegano le pulsazioni magnetiche a eventi della magnetosfera sulla base di misure Doppler dello shift in frequenza di treni d'impulsi inviati verso la ionosfera i quali vengono riflessi da strati a differenti densità di particelle cariche, riportando lo spo-

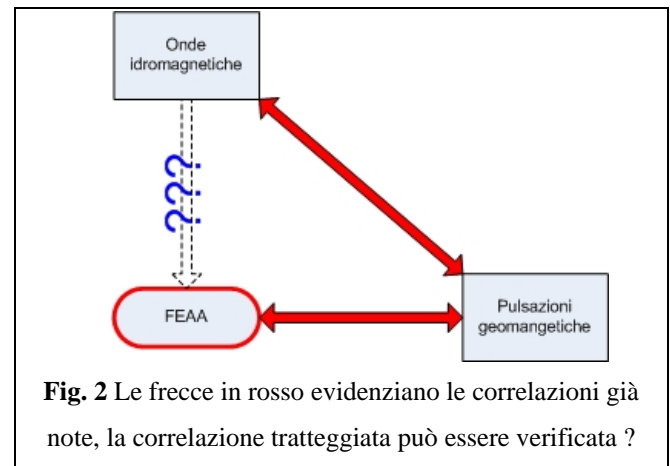
stamento Doppler come indice del movimento delle masse di particelle contestualmente a variazioni della loro densità [12, 13].

E' noto da osservazioni ad Hessdalen che spesso i FEAA si presentano in concomitanza con oscillazioni non meglio classificate del campo magnetico che li precedono, accompagnano e seguono [4].

La situazione è quindi descritta dalla figura Fig. 2:

1. onde idromagnetiche e pulsazioni geomagnetiche sono correlate[14,15]
2. FEAA e oscillazioni del campo magnetico misurato ad Hessdalen sono correlate, almeno temporalmente

Sarebbe interessante verificare l'eventuale correlazione FEAA-Onde idromagnetiche ma per queste osservazioni è necessario disporre di strumenti adeguati (ionosonde, digisonde).



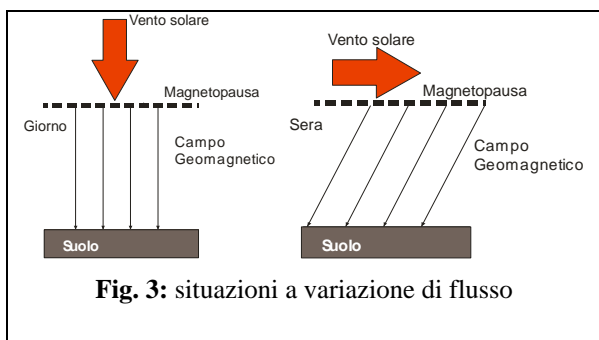
**Fig. 2** Le frecce in rosso evidenziano le correlazioni già note, la correlazione tratteggiata può essere verificata ?

Queste misure consentirebbero di verificare la correlazione temporale dei FEAA con tempeste solari e substorm, annunciati da particolari variazioni pulsanti del campo magnetico a terra chiamate  $Pi2$  (irregular pulsations), in particolare nell'ipotesi che i FEAA siano correlati in qualche modo alle fluttuazioni del campo magnetico, durante il periodo di riorganizzazione la frequenza degli FEAA potrebbero variare in misura apprezzabile.

### [2.2] Generazione di correnti ad anello localizzate in zone ad alte latitudini

Come già indicato al precedente punto [1.2], data una posizione sulla superficie terrestre consideriamo a quali sollecitazioni è sottoposto il campo magnetico sul meridiano locale nell'arco delle 24 ore (Fig. 3); esso è mediamente più intenso alle alte latitudini e maggiormente influenzato da due fenomeni:

1. le variazioni di densità d'energia del campo geomagnetico in relazione alla rotazione del pianeta internamente all'involucro costituito dalla magnetopausa
2. la riconnessione del campo magnetico interplanetario con il campo geomagnetico



**Fig. 3:** situazioni a variazione di flusso

I principali momenti di riconfigurazione si verificano all'alba, quando il campo geomagnetico si "affaccia" verso l'IMF+vento solare entrando nella zona più angusta della magnetopausa e iniziando (se le condizioni lo consentono) la sua fase di riconnessione, e al tramonto quando viene liberato dal confinamento diurno della magnetopausa e attraversa una fase di riorganizzazione dipendente anche dallo stato di riconnessione precedentemente instauratosi va ad affacciarsi verso la magnetic tail.

Se non c'è riconnessione il campo geomagnetico liberato dal vincolo riacquista la sua naturale configurazione liberando l'eccesso d'energia accumulato in modo "dolce" mentre nel caso in cui campo geomagnetico e IMF siano riconnessi la situazione comporterà una riorganizzazione più complessa dei due campi fino alla loro completa separazione.

In ogni caso la variazione della configurazione del campo geomagnetico comporta una variazione locale del flusso del campo magnetico, in pratica potremmo dire che al confine giorno-notte si avranno zone in cui

$$\frac{d\Phi(\vec{B})}{dt} \neq 0$$

Si verranno così a creare campi elettrici localizzati tali da accelerare le cariche libere nell'atmosfera o ionizzare il gas generando correnti ad anello [20]; l'intensità di questi eventi andrà valutata in relazione alla rapidità con cui il campo magnetico varia la sua configurazione e in relazione all'energia accumulata a causa della compressione diurna del campo geomagnetico stesso.

Il problema è capire come questa energia accumulata possa essere rilasciata e quali passaggi debba seguire il campo magnetico per raggiungere la configurazione notturna.

Va distinto il caso in cui la compressione diurna avvenga senza riconnessione dal caso in cui si sia in situazione di riconnessione che si attiva solo sotto opportune condizioni di IMF ( $\vec{B}_z < 0$ ).

Si dovrà allora valutare a cosa porta la rottura della riconnessione e sotto quali condizioni il campo magnetico può riconfigurarsi separandosi nuovamente nelle componenti campo geomagnetico e IMF.

Mentre in fase di attivazione all'alba entrambi i campi magnetici erano chiusi, inizialmente separati ma ognuno "adeguato" al suo stato dettato dalle equazioni di Maxwell, in fase di rottura della riconnessione al tramonto i due campi magnetici si vengono a trovare con la propria struttura che separandosi dovrà richiudersi in qualche modo nel rispetto delle equazioni del campo elettromagnetico.

Una considerazione particolare riguarda questa ipotesi sulle correnti ad anello.

Alcuni modelli recentemente proposti per i fulmini globulari si basano proprio su anelli di plasma che sotto opportune condizioni pare possano creare strutture instabili a lenta evoluzione le cui fattezze e la cui energetica è coerente con i FEAA (l'analisi di questi modelli verrà fatta in un articolo in preparazione).

### [2.3] FEAA e fenomeni magnetici sono correlati ?

Precedenti studi hanno messo a confronto le variazioni del campo magnetico misurato al suolo con i FEAA senza mettere in risalto chiaramente una correlazione significativa così come è stata esclusa una correlazione con i cicli dell'attività solare.[1, 4]

Quanto riportato e alcune recenti pubblicazioni [16,17] suggeriscono la necessità di riconsiderare questo tipo di correlazioni sia per quanto riguarda la scelta del campione da correlare sia per le cause che potrebbero creare le condizioni favorevoli ai FEAA, in particolare relativamente alle correnti nella magnetosfera e ai loro effetti.

Consideriamo innanzitutto la pubblicazione [1] a cui frequentemente viene fatto riferimento nella letteratura su Hessdalen; da essa risulta che le misure effettuate sono state solamente nelle componenti del campo geomagnetico parallele al suolo,  $\vec{X}$  e  $\vec{Y}$ .

Come risulta dai dati ricavati dal modello "World Magnetic Model 2000" reperibile in rete [18, 19] e per le considerazioni sulla forma del campo geomagnetico ad alte latitudini, dominata dalla componente di dipolo, la componente  $\vec{Z}$  è senza ombra di dubbi la più significativa:  $\vec{Z}$  rappresenta il 96 % dell'intensità totale mentre la componente orizzontale  $\vec{H} = \sqrt{|\vec{X}|^2 + |\vec{Y}|^2}$  non supera il 27%.

Questo significa che oscillazioni di  $\vec{X}$  e  $\vec{Y}$  potrebbero essere compatibili con tante situazioni differenti legate a variazioni del sistema di correnti elettriche o dalla configurazione a dinamo dall'interno della Terra:

1. variazioni di inclinazione dovute alla variazione della componente  $\vec{H}$  mantenendosi  $\vec{Z}$  costante

2. variazioni di declinazione mantenendosi  $\vec{Z}$  costante e una delle due componenti  $\vec{X}$  o  $\vec{Y}$
3. variazioni di intensità di tutte le componenti del campo geomagnetico e quindi della sua intensità totale a parità di inclinazione e declinazione

Come già detto non tutti i flussi di vento solare hanno configurazioni magnetiche tali da consentire la riconnessione con conseguente penetrazione di particelle nella magnetosfera e trasferimento a questa di energia e impulso.

Allo stato attuale le ricerche sugli effetti di variazione del campo magnetico al suolo non ne hanno attribuito con chiarezza la causa a correnti ben definite.

In pratica si potrebbero rilevare ingenti apporti da vento solare che non riconnettendosi con il campo magnetico terrestre porterebbero effetti modesti all'interno della magnetosfera alimentando le correnti ai suoi confini.

Altre situazioni, magari meno "spettacolari" dal punto di vista dell'energetica (substorm) consentirebbe invece la penetrazione della magnetosfera e quindi l'accesso a questa da parte di particelle quali elettroni e ioni di origine solare capaci però di seguire in modo efficiente la struttura del campo magnetico fino alla parte più interna dell'atmosfera.

Sarebbe quindi particolarmente interessante conoscere le condizioni di alimentazione delle varie correnti e i loro effetti sul campo geomagnetico e dopo aver acquisito queste informazioni passare alla loro correlazione con gli FEAA.

E' possibile che se nel complesso il legame risulti modesto, nell'analisi dettagliata emerga un rapporto causa-effetto riferibile solo ad alcune situazioni d'apporto a particolari sistemi di correnti.

Ad esempio il modello per i substorm di tipo loading-unloading prevede l'alimentazione di field aligned current con apporto di particelle proprio alle alte latitudini.

### Sezione 3 Considerazioni sulla geologia e geofisica delle zone sedi di FEAA

#### [3.1] A quale punto è la conoscenza dell'area di Hessdalen e zone circostanti ?

Studi generali e alcuni elementi osservati in siti di FEAA indicano che il campo elettromagnetico locale è influenzato da caratteristiche del suolo[20], da fenomeni più profondi legati a movimenti tettonici[21], da storm e substorm.

Queste ultime perturbano il campo elettromagnetico locale inducendo correnti nel suolo in zone ad alta conduttività e producendo a volte gravi danni a strutture quali elettrodotti, condutture, ecc., con la massima efficienza là dove il suolo è caratterizzato da

una struttura inerte, quasi isolante, tipico per esempio delle rocce vulcaniche.

La situazione geologica e geofisica della Norvegia, e della zona di Hessdalen in particolare, andrà approfondita per individuarne le peculiarità o se rappresenti parte di un sistema più complesso la cui struttura generale conferisca a queste zone caratteristiche particolari.

Alcune utili informazioni possono essere ottenute dal sito del Norges Geologiske Undersøkelse [22] che consente, in modo interattivo, di ottenere carte di tutta la Norvegia a diverse scale su informazioni geologiche, geofisiche, petrografiche, ecc.

A questo proposito le mappe di Hessdalen tratte da questo sito evidenziano una struttura particolare che attraversa buona parte della Norvegia da nord a sud con una stretta striscia che ha una consistente espansione nell'Holtalen e in particolare attorno ad Hessdalen crea un'ampia ansa, ma per un'indagine precisa sarebbe opportuno l'aiuto di un geologo.

Hessdalen si trova inoltre al limite inferiore della zona classica di apparizione delle aurore quindi in una zona di forte interazione delle correnti magnetosferiche con l'ambiente; gli effetti di queste potrebbero trasmettersi nel sottosuolo in profondità e a grandi distanze come accade in altri sistemi a conduttività anomala studiati nel globo.

#### [3.2] Caratteristiche geofisiche e geologiche anomale in zone sedi di FEAA

L'analisi del fenomeno FEAA non può prescindere dal confronto con quanto accade in altre parti del mondo e a questo proposito consideriamo un sito di eventi simili a quanto accade ad Hessdalen: Min-Min (Australia).

Varie fonti riportano che questa zona (come altre sedi di FEAA) è sede di intensi campi magnetici inoltre la zona dell'Eromanga Basin nel cui interno si trova il sito Min-Min, è attraversata da una struttura a conduttività anomala [21].

Questa struttura è associata allo scontro fra 2 sistemi tettonici il cui confine attraversa da nord a sud il Queensland in Australia e coincide con quello che prende il nome di "Carpentaria electrical conductivity anomaly" [21]

A questo proposito va detto che anche la Norvegia, in particolare la zona est, è posta sul cosiddetto Oslo rift, che attraversa da nord a sud l'intera Norvegia, passando anche per la zona di Hessdalen e dell'Aust-Agder.

Anche la composizione del suolo pare accomunare per alcune caratteristiche diversi siti FEAA.

Il terreno superficiale costitutivo questa area norvegese è di origine precambriana come nel caso del Carpentaria Basin australiano, in particolare la zona di Mt. Isa è su un terreno di origine

precambriana mentre le zone circostanti sono di origine Mesozoica.

Si pone quindi l'esigenza di confrontare approfonditamente la situazione geofisica e geologica di Hessdalen con quella di altri siti FEAA, anche alla luce delle considerazioni qui riportate.

## Sezione 4 FEAA e indagine statistica

### [4.1] Dati statistici a disposizione

I siti sull'intero globo in cui sono presenti FEAA non sono numerosi e per procedere ad un'indagine complessiva è necessario definire un quadro di riferimento e un metodo d'analisi da applicare ovunque.

E' urgente individuare un PARADIGMA HESSDALEN che identifichi in modo efficiente tutti gli aspetti misurabili ritenuti comuni che potrebbero consentire una indagine di tipo statistico più ampia e in ultima analisi la possibilità di individuare gli elementi più rilevanti da inquadrare nel modello di FEAA.

La definizione del PARADIGMA HESSDALEN potrebbe consentire anche un più omogeneo confronto fra risultati provenienti da siti differenti e consentire l'estensione dell'indagine anche a zone in cui sia rara o a limite del tutto assente una componente ottica del fenomeno ma siano stati presenti in passato fenomeni atmosferici luminosi (come per esempio ad Arendal o più recentemente nelle zone dell'Adriatico segnalate in comunicazione privata da A. Mancini ), siano manifeste anomalie elettromagnetiche o l'ambiente geologico e la collocazione geografica suggeriscano la candidatura dei luoghi a siti FEAA.

### [4.2] Paradigma Hessdalen

Come si classifica un sito a possibile sede di FEAA ?

Normalmente i siti FEAA sono selezionati sulla base di anomalie nel visibile, globi luminosi, luci anomale, testimonianze dirette di osservazioni fuori dal comune, ma se la componente visibile fosse solo una dei possibili aspetti dei FEAA ?

Da quanto fino ad ora noto sono associabili a FEAA manifestazioni di tipo:

- visibile
- radio
  - misure radar
  - VLF
  - ELF
- disturbi e anomalie magnetiche
- campi elettrici nel suolo

E' possibile che esista un effetto di selezione del campione che porta a considerare solo alcuni siti caratterizzati da un evidente

denominatore comune: l'osservazione nel visibile di fenomeni anomali.

Per questo viene proposto il PARADIGMA HESSDALEN che consiste in un metodo di analisi dei siti sede di probabili/possibili FEAA sulla base di una metodologia generale d'indagine che consideri oltre agli aspetti visibili più evidenti anche elementi provenienti da misure in altra banda elettromagnetica e da altre considerazioni che coinvolgono una lista di grandezze fisiche da misurare e correlare.

Queste grandezze fisiche andranno suddivise in tre sottoinsiemi:

- grandezze fisiche FEAA
- grandezze fisiche locali
- grandezze fisiche generali

Naturalmente le grandezze fisiche indicate nelle tabelle riassuntive seguenti sono una prima raccolta, probabilmente parziale, di quanto potrebbe essere utile considerare per una raccolta dati adeguata alle ricerche da effettuare.

Altro aspetto rilevante, una volta individuato univocamente cosa misurare, sarà definire gli strumenti e le loro caratteristiche o quali fonti utilizzare per l'ottenimento dei dati voluti, quali correlazioni ricercare, con quali metodi indagare i risultati ottenuti.

Questa quindi vuole essere solamente una proposta sulla quale sarà necessario un grande lavoro di definizione e affinamento.

#### [4.2.1] Grandezze fisiche FEAA

Sono grandezze fisiche misurabili peculiari degli eventi FEAA e coprono tutti gli aspetti a qualche titolo noti riguardanti il fenomeno, possono essere sia descrittive che correlate temporalmente e riguardare i seguenti campi:

campo	Grandezza fisica FEAA
Visibile	morfologia dimensione durata luminosità colore e spettro polarizzazione
Radio	VLF ELF RADAR spettro radio
Temporali	Tempo correlato

#### [4.2.2] Grandezze fisiche Locali

Sono grandezze fisiche misurabili peculiari della zona soggetta ad analisi e coprono tutti gli aspetti a qualche titolo noti riguardanti il contesto nel quale siano manifesti siti FEAA o siano candidati ad

ospitare FEAA, possono essere sia descrittive che correlate temporalmente e riguardare i seguenti campi:

campo	Grandezza fisica locale
Ambientali	meteo umidità pressione vento temperatura illuminazione
Ionosferici	ionogrammi interferenze GPS TEC
Geografici, geofisici, geologici	posizione geografica e geomagnetica composizione terreno
Magnetismo	campo magnetico $\vec{B}$ e sue componenti conducibilità terreno sismicità
Raggi cosmici	Flusso di raggi cosmici a varie energie Studio degli sciami secondari

#### [4.2.3] Grandezze fisiche Generali

Sono grandezze di carattere non locale che possono riguardare il pianeta in generale e sono ricavabili da misure in osservatori, da satelliti.

Sono significative in relazione a grandezze fisiche locali per cercare la correlazione con origini esterne al sito sede o candidato FEAA e sono in buona parte rintracciabili su siti di space weather forecasting [9]

campo	Grandezza fisica locale
Sole	Macchie solari
IMF	$\vec{B}_{tot}$ , $\vec{B}_z$
Vento solare	Velocità vento solare Pressione dinamica sulla magnetosfera Densità (protoni/cm <sup>3</sup> ) Flusso di Protoni ed elio

Raggi X	Flusso di raggi X (GEOS e SOHO/SEM EUV)
Indici magnetici	AE Auroral Electrojet index (substorm) Dst Disturbance Storm-Time Index (storm) Kp solar particle radiation by magnetic effects Current Geo-Magnetic Storm Level Based on ACE Real Time Solar Wind Data

### Conclusioni

La comprensione dei FEAA è ancora oscura e richiederà ulteriori sforzi per una corretta interpretazione.

Un modello complessivo dovrà interessare la verticale che dall'interno della Terra sale almeno fino alla magnetopausa.

La teoria fisica più adatta a cui fare riferimento per la magnetosfera su grande scala è la magnetoidrodinamica (MHD) mentre localmente le condizioni generate dall'insieme dei fenomeni saranno causa di interazioni tali da manifestarsi con emissioni di radiazione sull'intero spettro elettromagnetico probabilmente generato da plasma eccitato dalla combinazione di campi elettromagnetici di origine magnetosferica e tellurica.

L'aspetto geofisico e geologico potrà avere rilevanza e meritare un'attenta analisi.

Parallelamente lo studio dei modelli specifici riguardanti in particolare gli aspetti emissivi e di bilancio energetico che in letteratura vengono proposti per fenomeni in qualche modo simili anche se forse generati da altre cause (ball lightning) dovranno avere una significativa attenzione, anche in rapporto all'individuazione di grandezze fisiche misurabili da inserire nel Paradigma Hessdalen.

La figura Fig. 4 riassume alcuni possibili collegamenti tra FEAA e correnti magnetosferiche, anomalie geologiche, effetti dovuti alla rotazione terrestre e costituisce una prima ipotesi di schema complessivo di riferimento, riassuntivo di tutti gli elementi da monitorare per individuare zone candidate a FEAA.

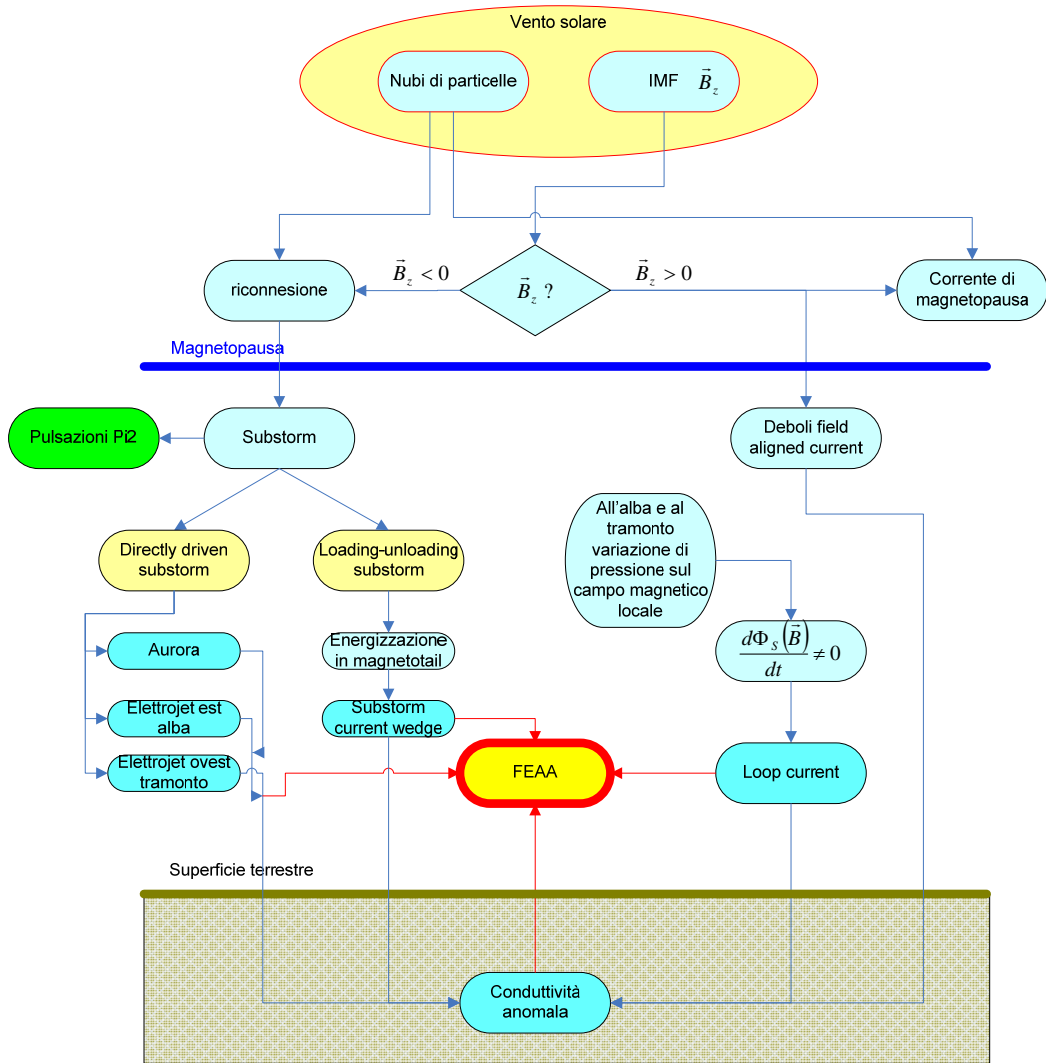


Fig. 4 quadro di alcuni dei differenti elementi che presentano qualche connessione con i FEAA

# Riferimenti Bibliografici

---

- 1 "Project Hessdalen 1984 – Final Technical Report", E. Strand, <http://www.hessdalen.org/reports/hpreport84.shtml>
- 2 "La dinamo terrestre in laboratorio", U. Müller, R. Stieglitz "Le Scienze" maggio 2002
- 3 "A three-dimensional self-consistent computer simulation of geomagnetic field reversal", G.A. Glatzmaier, P.H. Roberts, Nature vol. 377, 21 settembre 1995
- 4 "Analisi dei Dati dei Fenomeni Luminosi Anomali a Hessdalen", M. Teodorani, E.P. Strand, <http://www.itacomm.net/PH/>
- 5 "SOLAR PHYSICS AND TERRESTRIAL EFFECTS", Space Environment Center NOAA, [http://www.sec.noaa.gov/Curric\\_7-12/Chapter\\_4.pdf](http://www.sec.noaa.gov/Curric_7-12/Chapter_4.pdf)
- 6 "Radio and optical observations of large-scale travelling ionospheric disturbances during a strong geomagnetic storm of 6-8 April 2000", E. L. Afraimovich, A. B. Beletsky, L. A. Leonovich, O. S. Lesyuta, A. V. Mikhalev, Ya. F. Ashkaliev, V. M. Aushev, V. V. Vodyannikov, A. F. Yakovets, Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics
- 7 "Instantaneous response of the ionosphere to a sudden commencement of the strong magnetic storm of April 6,2000", E. L. Afraimovich, E.A. Kosogorov, L. A. Leonovich, O. S. Lesyuta, I.I. Ushakov
- 8 Sito del satellite Soho :  
<http://soho.nascom.nasa.gov/>
- 9 Space Weather forecast:  
<http://soho.nascom.nasa.gov/spaceweather/>  
<http://www.sec.noaa.gov/today.html>  
<http://www.sec.noaa.gov/forecast.html>  
<http://space.rice.edu/ISTP/>  
<http://www.sprl.umich.edu/MIST/spw.html>  
<http://www.spaceweather.com/>  
<http://www.spaceweather.gc.ca/>  
[http://www.spaceweather.gc.ca/forecastmap\\_e.php](http://www.spaceweather.gc.ca/forecastmap_e.php)
- 10 "Inhomogeneous structure of the high-latitude ionosphere as observed at Norilsk", Y.V. Lipke, arXiv.org, 2001
- 11 "Magnetosphere-ionosphere coupling in the region of auroral electrojets", P.A. Sedykh, E.A. Ponomarev, arXiv.org, 2001
- 12 <http://iono.jpl.nasa.gov>, pagina ionosfera del JPL
- 13 <http://www.ngs.noaa.gov/GRD/GPS/Projects/TEC/>, NOAA, Geosciences Research Division
- 14 "Introduction to geomagnetic field", W.H. Campbell, Cambridge University Press, 1997
- 15 "Ionospheric manifestations of geomagnetic pulsations at high latitudes", Y.V. Lipko, A.Y. Pasinin, R.A. Rakhmatulin, , arXiv.org, 2001
- 16 "Continuous magnetic reconnection at Earth' magnetopause", H.U. Frey, T.D. Phan, S.A. Fuselier, S.B. Mende, Nature vol. 426, 4 dicembre 2003
- 17 "Formation of electron Holes and particle energization during magnetic reconnection", J.F. Drake, M. Swisdak, C. Cattell, M.A. Shay, B.N. Rogers, A. Zeiler, Science vol. 299, 7 febbraio 2003
- 18 <http://www.geomag.bgs.ac.uk/wmm2000.html>, World Magnetic Model 2000
- 19 [http://www.geomag.bgs.ac.uk/gifs/wmm\\_calc.html](http://www.geomag.bgs.ac.uk/gifs/wmm_calc.html), World Magnetic Model 2000 Calculator
- 20 "Nuclear magnetohydrodynamic EMP, solar storms and substorms", M. Rabinowitz, A.P.Sakis Meliopoulos, E.N. Glytsis, G.J. Cokkinides
- 21 "The Carpentaria Electrical Conductivity Anomaly, Queensland, as a major structure in the Australian Plate", F.E.M. Lilley, L.J. Wang, F.H. Chamalaun, I.J. Ferguson, GSAA monograph (2001) 201, 1-16
- 22 Norges Geologiske Undersøkelse, <http://www.ngu.no/>