

Caratteristiche frattali del campo
geomagnetico nella banda ULF
legate all'attività sismica
ed al terremoto del 6 Aprile 2009

Fabrizio Masci

INGV - Osservatorio Geofisico di L'Aquila

Quali sono i precursori sismici EM attendibili ?

Cercando di dare un piccolissimo contributo alla risposta

1. Verrà analizzata l'influenza del processo di preparazione di forti terremoti sulle caratteristiche frattali del campo geomagnetico
2. Breve riferimento alla sequenza sismica dell'area aquilana

Ipotesi di partenza

I terremoti sono fenomeni che seguono le leggi del chaos

(Bak and Tang, *Earthquakes as self-organized critical phenomenon*, JGR, 1989)

- **La crosta terrestre si comporta come un sistema SOC (self-organized critical)**
 - *quando la crosta terrestre è sotto stress è estremamente sensibile alle perturbazioni*
 - *ogni piccolo evento sismico può portare ad un evento di intensità molto superiore*
- **I sistemi SOC hanno una dinamica frattale**



alcuni autori suggeriscono:

se durante il processo di preparazione dei terremoti la

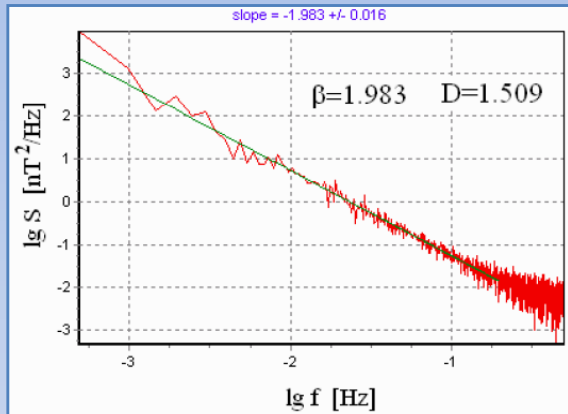
crosta terrestre mostra una dinamica frattale

anche le

eventuali emissioni elettromagnetiche devono avere caratteristiche analoghe

Campo geomagnetico

Lo spettro ULF ha un comportamento tipico dei sistemi SOC



$$S(f) \approx f^{-\beta}$$

S = potenza

β = indice spettrale

f = frequenza

Metodi

Slope
Burlaga-Klein
Higuchi
DFA

parametri frattali

β $D = (5 - \beta)/2$
- D
- D
 α $D = 3 - \alpha$

Conclusioni riportate in letteratura

Durante il processo di preparazione dei terremoti si ha:

- **Diminuzione dell'indice spettrale β**

e quindi

- **Aumento della dimensione frattale D**

$$D = (5 - \beta)/2$$

Terremoti analizzati

1. Guam	1993	$M_w = 7.7$
2. Biak	1996	$M_w = 8.2$
3. Izu swarm	2000	$M > 6$ (5 eventi)
4. Sumatra	2004-2005	$M_w = 9$ e 8.2
5. L'Aquila	2009	$M_w = 6.3$

Strumenti di analisi

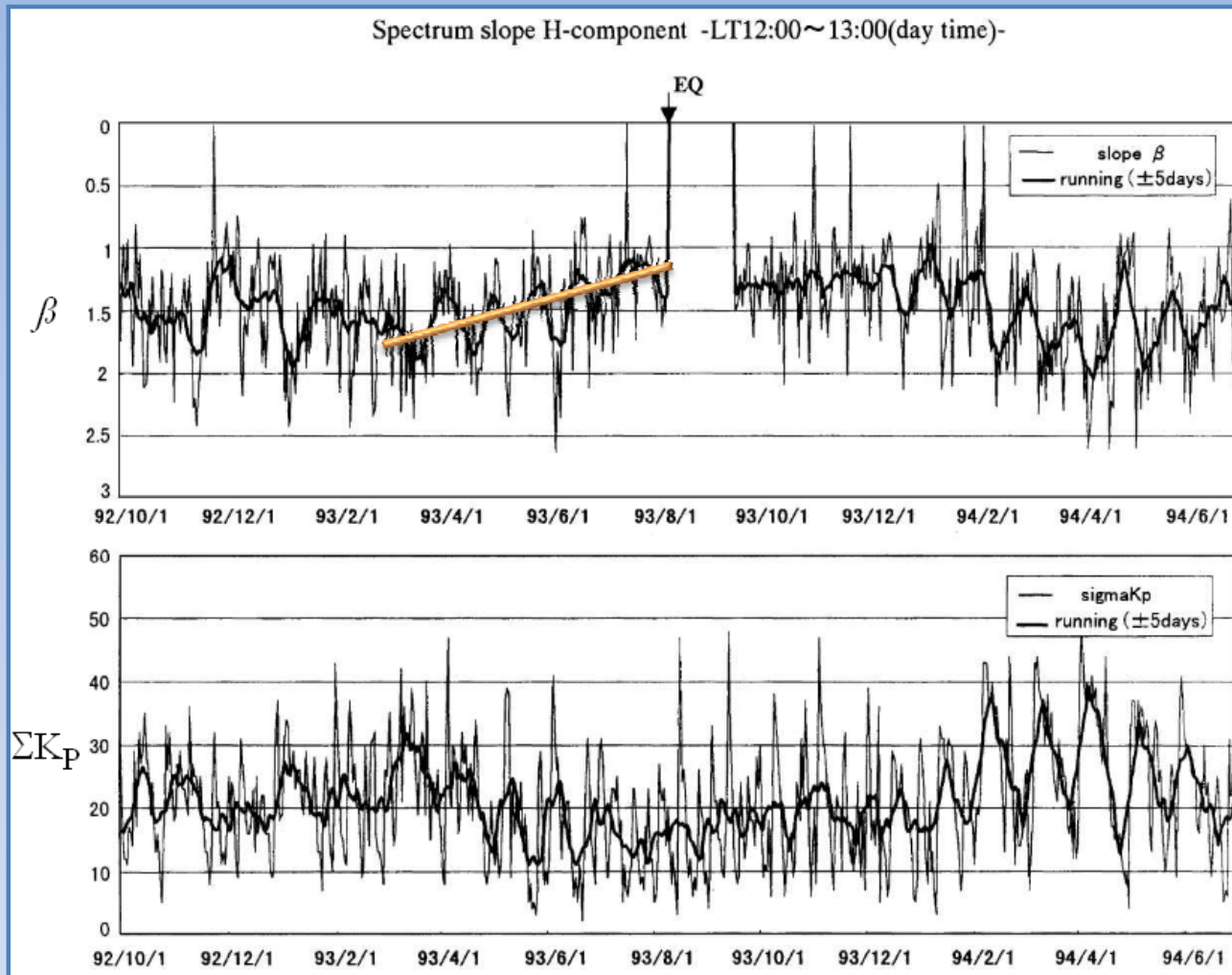
- Le figure riportate negli articoli non avendo i dati
- Indici geomagnetici planetari ΣK_p o A_p

Guam EQ

8 agosto 1993

$M_w = 7.7$ profondità = 60km

distanza dall'epicentro = 65km



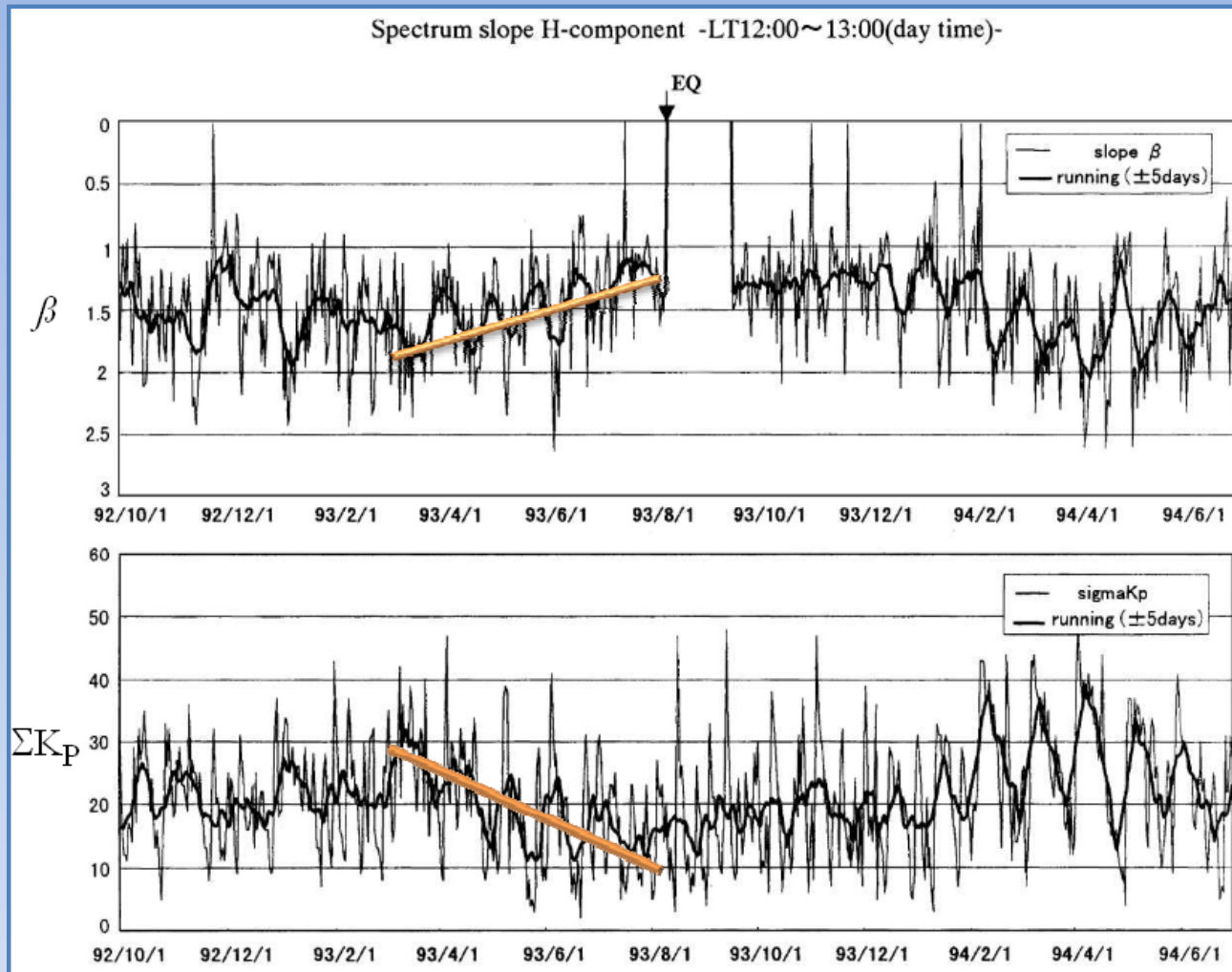
Analisi

- Slope method (1-500 mHz)
- componente H
- 12-13 LT

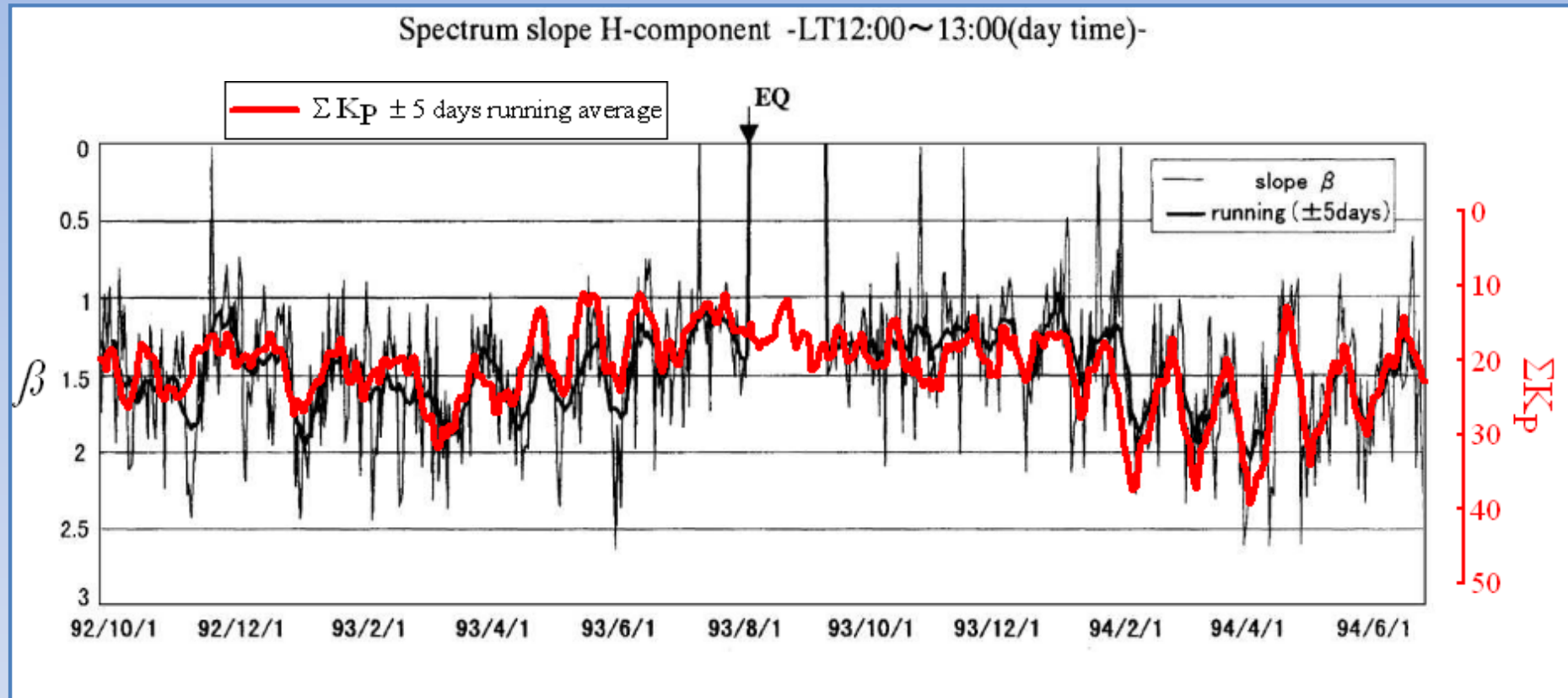
Conclusioni degli autori

- graduale **diminuzione di $\beta \rightarrow 1$** prima del sisma **legata ai processi di preparazione del terremoto** (questo mostra uno stato SOC della crosta terrestre)
- alla graduale diminuzione è sovrapposta una **modulazione di β** , con periodo di 27 giorni, dovuta all'attività solare (analoga **modulazione di ΣK_p**)

Guam EQ



Guam EQ



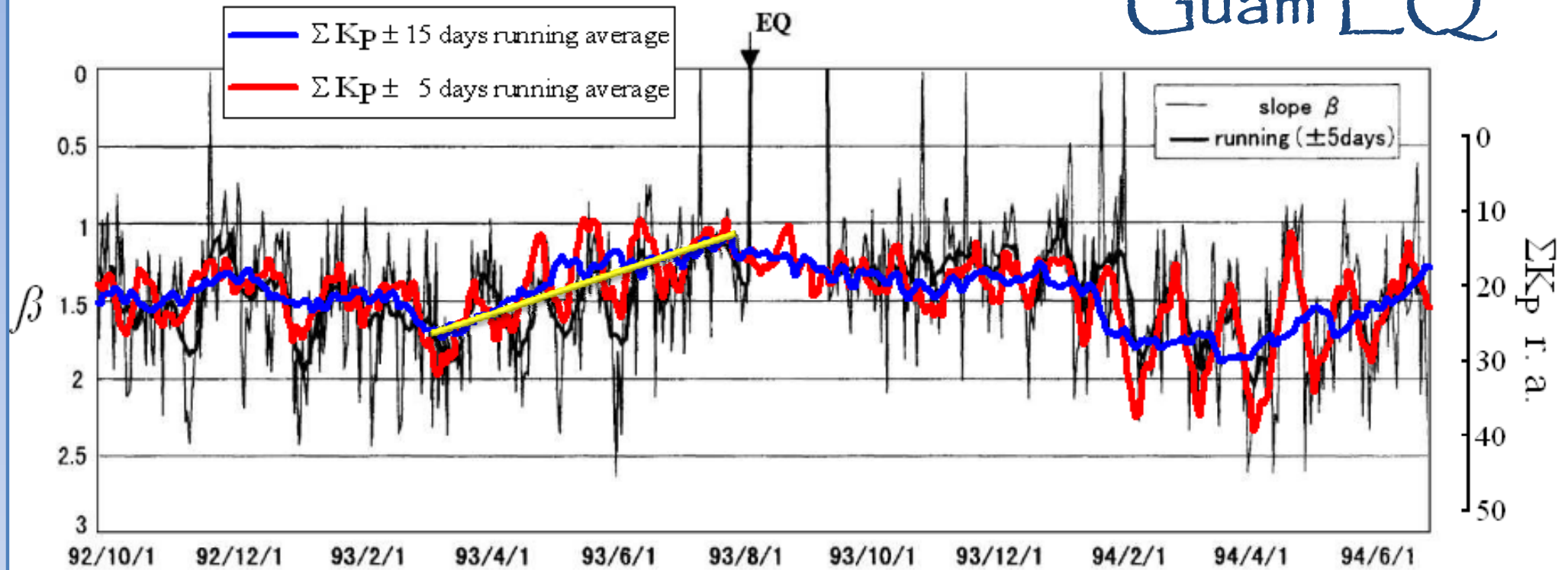
Ottima sovrapposizione di β e ΣKp con una finestra di 11 giorni



Analoga sovrapposizione con una finestra più ampia (\approx un mese)

Spectrum slope H-component -LT12:00~13:00(day time)-

Guam EQ

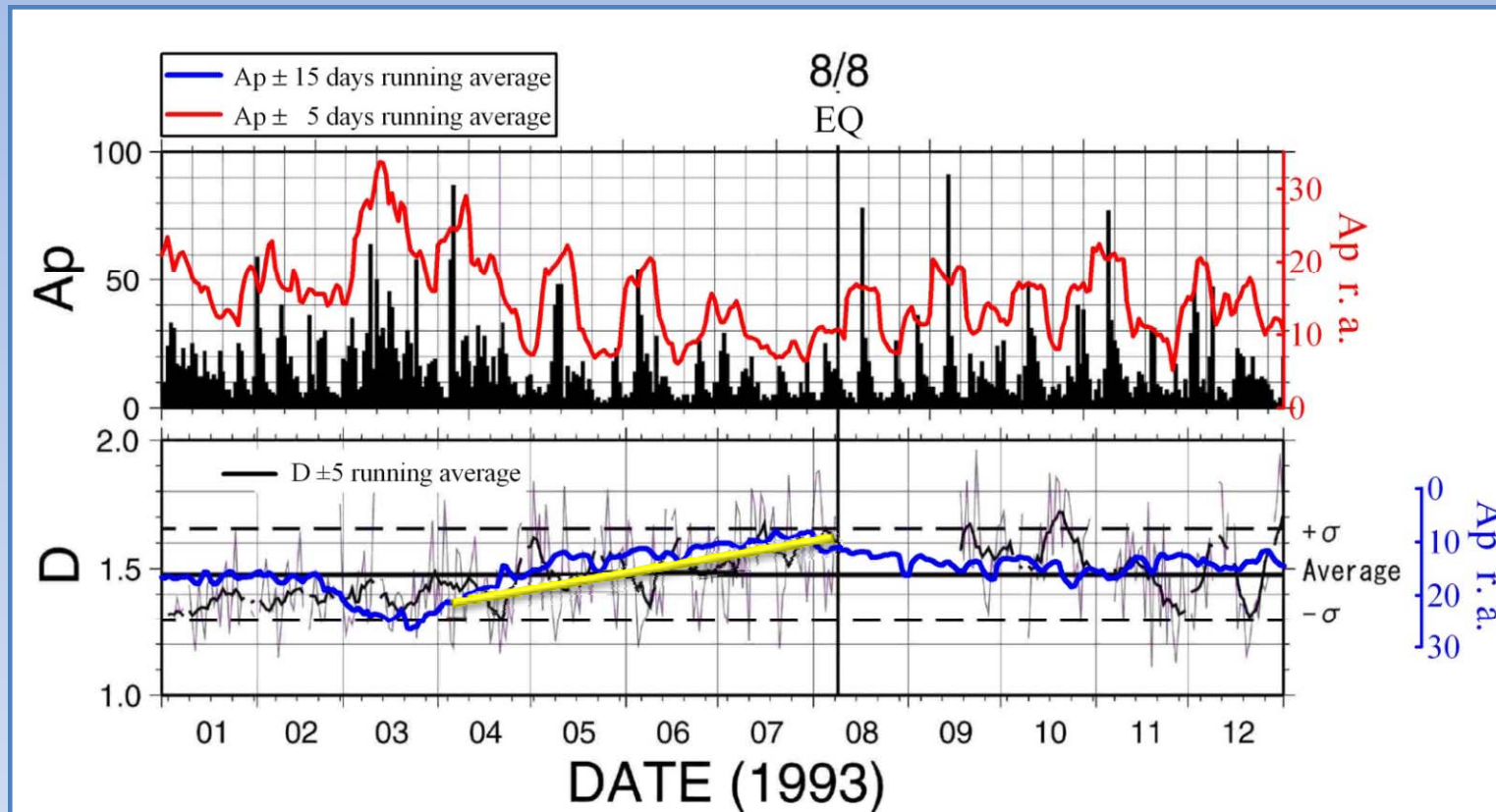


Osservazioni

- **Correlazione positiva tra β e ΣK_p** sia su periodo relativamente breve (11 giorni) che relativamente lungo (1 mese). Mediamente β aumenta (diminuisce) quando ΣK_p aumenta (diminuisce)



La decrescita di β prima del sisma può essere attribuita alla normale attività geomagnetica e quindi sembra non essere correlata con il processo di preparazione del terremoto



Analisi

- Higuchi method
- componente H
- 14-15 LT

Conclusioni degli autori

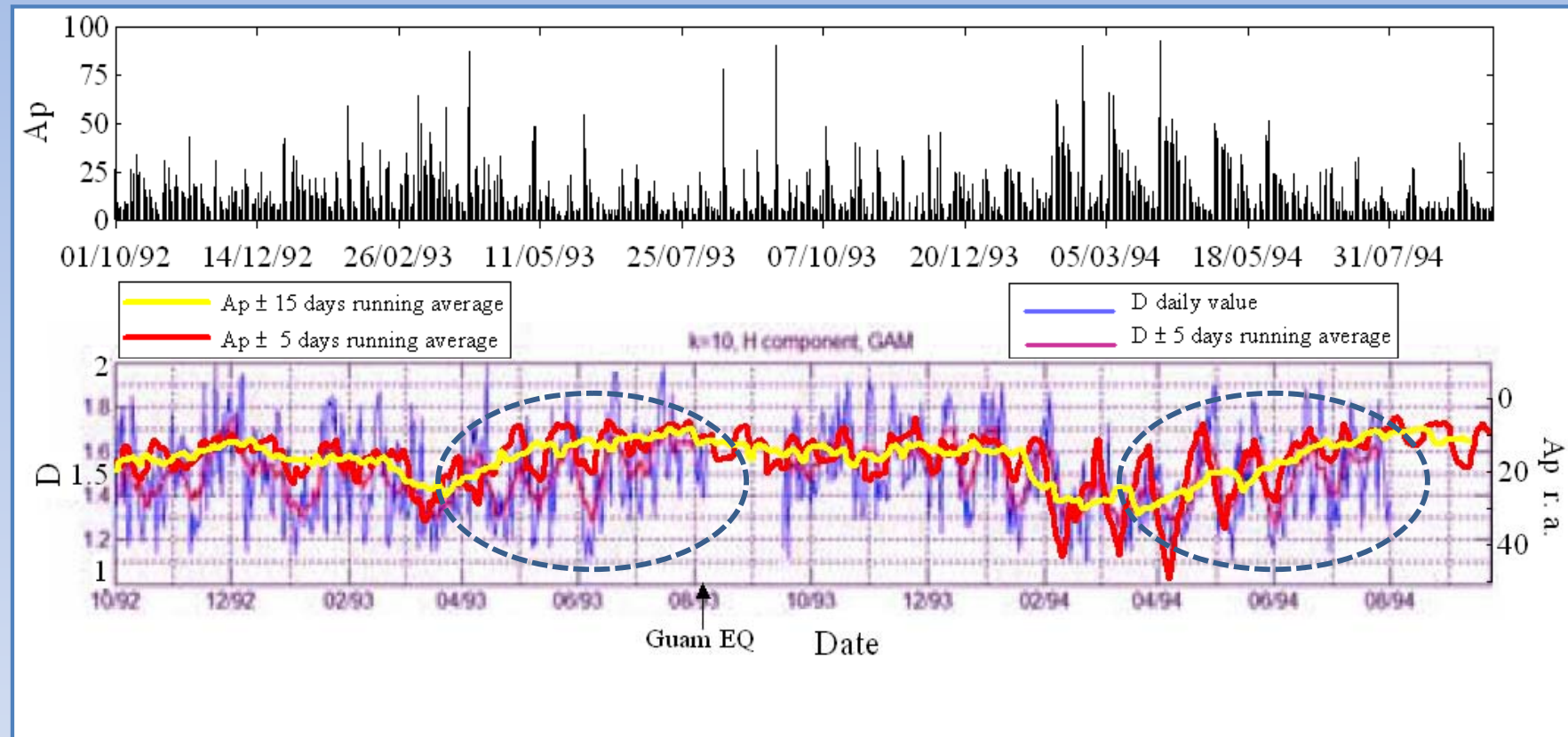
Aumento graduale della dimensione frattale D legata ai processi di preparazione del sisma

Osservazioni

Evidente correlazione negativa tra D e Ap

Varlamov, A. A., and N. A. Smirnova (2008), Peculiarities of the ULF emission fractal characteristics obtained at the stations of 219 GM, *Proceedings of the 7th International Conference "Problems of Geocosmos"*, St. Petersburg, Russia, 26-30 May 2008, 487-491.

Guam EQ



Analisi

- Higuchi method
- componente H
- 14-15 LT

Hayakawa, M., T. Itoh, K. Hattoti, and K. Yumoto (2000), ULF electromagnetic precursors for an earthquake at Biak, Indonesia on February 17, 1996, *Geophys. Res. Lett.*, 27, 1531-1534.

Biak EQ

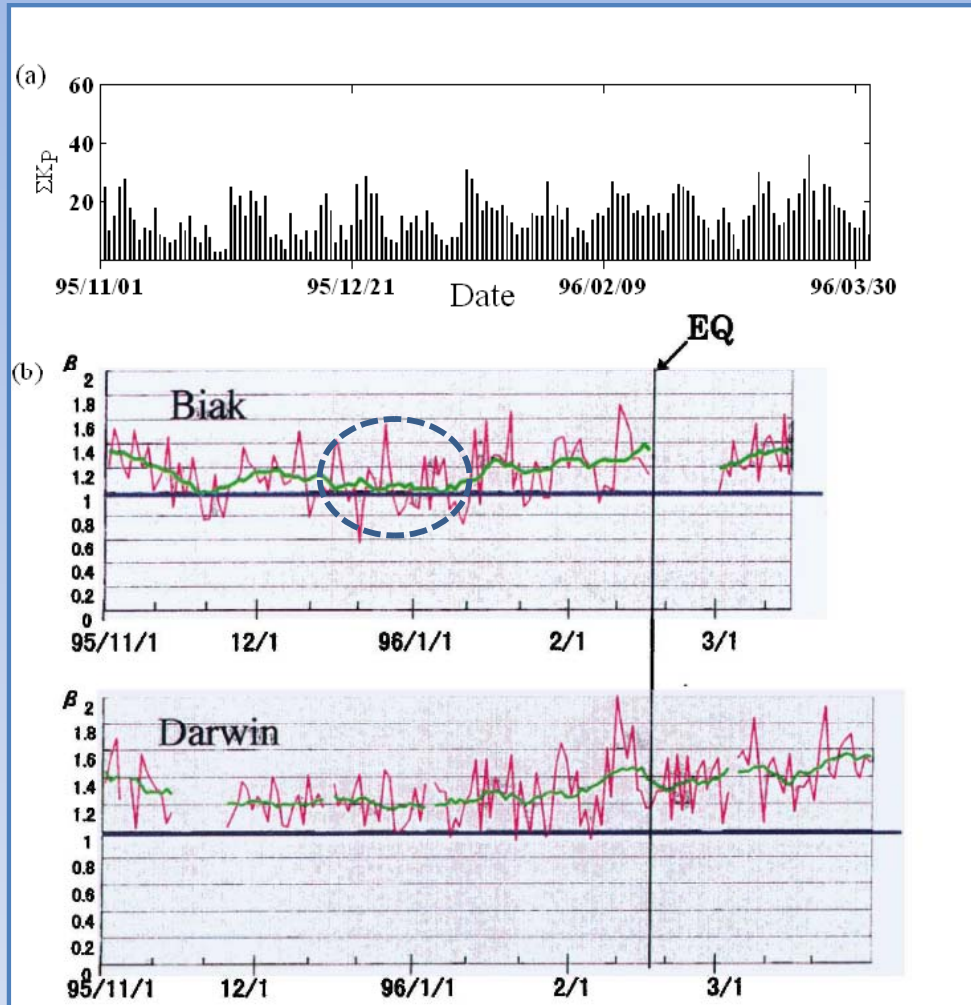
17 febbraio 1996

$M_w = 8.2$, profondità = 20 km

Distanza dall'epicentro:

Biak = 100 km

Darwin = 1200 km



Analisi

- Slope method (1-500mHz)
- componente H
- 12-13 LT

Conclusioni degli autori

2 mesi prima del terremoto

- Biak $\beta = 1.0$
- Darwin $\beta = 1.2$



a Biak, al contrario di Darwin, la crosta terrestre mostra uno stato SOC

$\Delta\beta = 0.2$ è indicativo ?

Lo Slope method è il metodo meno attendibile poiché introduce errori apprezzabili su β . E' poco attendibile soprattutto il valore assoluto di β (metodi differenti possono produrre valori sensibilmente diversi anche se l'andamento è simile)

Smirnova, N., M. Hayakawa, K. Gotoh, and D. Volobuev (2001), *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 1, 119-126.

Hayakawa, M., T. Itoh, K. Hattoti, and K. Yumoto (2000), ULF electromagnetic precursors for an earthquake at Biak, Indonesia on February 17, 1996, *Geophys. Res. Lett.*, 27, 1531-1534.

Biak EQ

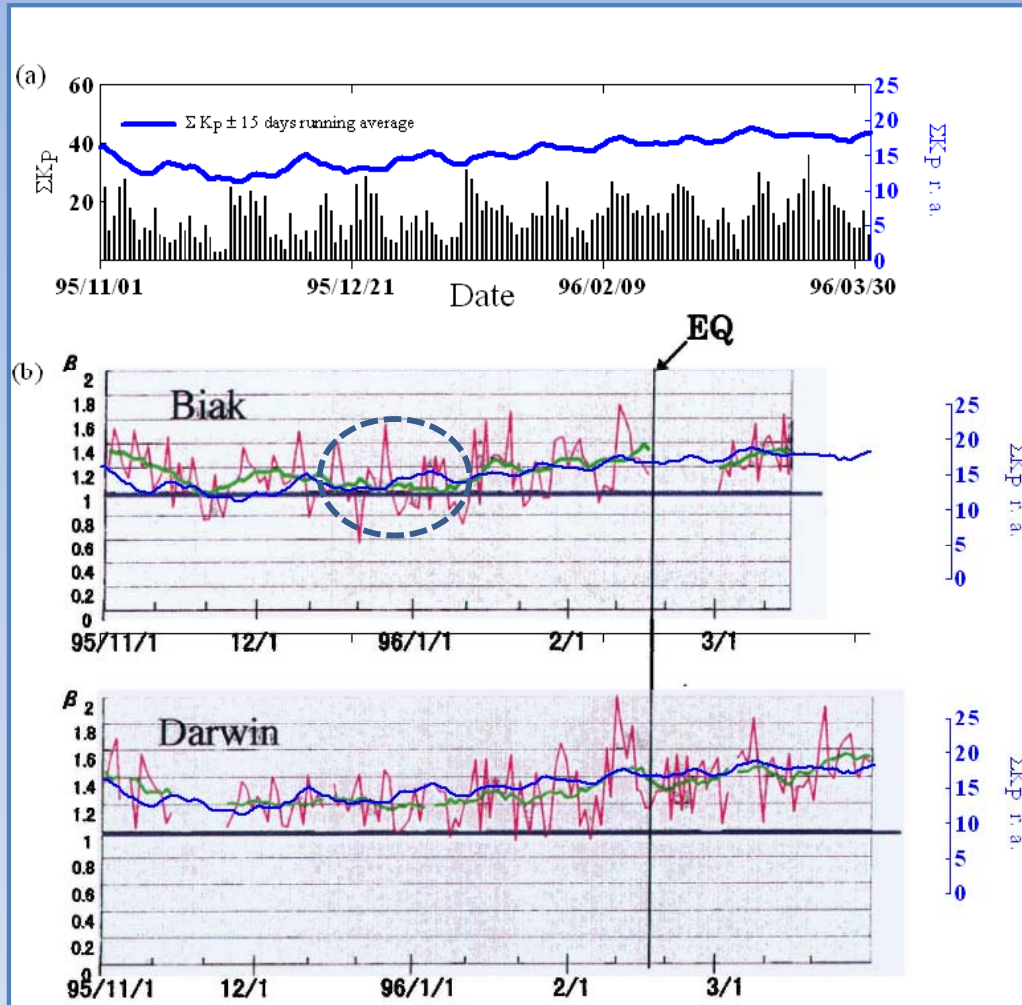
17 febbraio 1996

$M_w = 8.2$, profondità = 20 km

Distanza dall'epicentro:

Biak = 100 km

Darwin = 1200 km



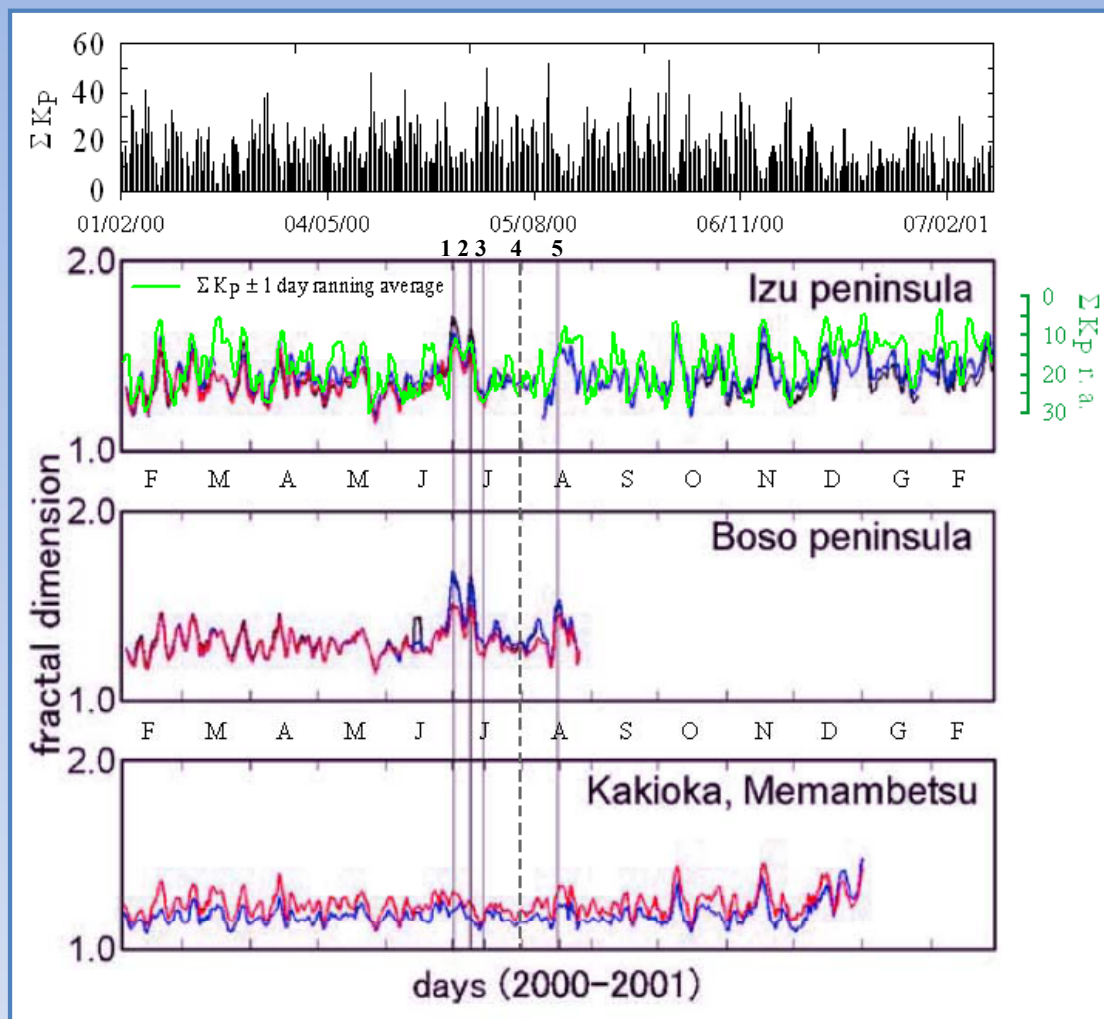
Analisi

- Slope method (1-500mHz)
- componente H
- 12-13 LT

Osservazioni

- Evidente correlazione positiva tra β e ΣKp
- Il comportamento di β , sia a Biak che a Darwin, sembra essere dovuto principalmente alla normale attività geomagnetica

Izu swarm



5 eventi $M > 6$

1, 8, 15, 30 luglio 18 agosto 2000

Distanza dalla zona degli epicentri

Izu (3 stazioni) = 80 km

Boso (3 stazioni) = 130 km

Kakioka = 160 km

Memabetsu = 1160 km

Analisi

- Higuchi method
- componente H
- 02-03 LT

Conclusioni degli autori

- 1, 2 e 5: aumento co-sismico di D
- 3 nessun aumento (caratteristiche differenti nel meccanismo di generazione)
- 4 non viene riportato
- Gli aumenti cosismici di D nelle stazioni più vicine alla zona epicentrale sono dovuti agli eventi sismici

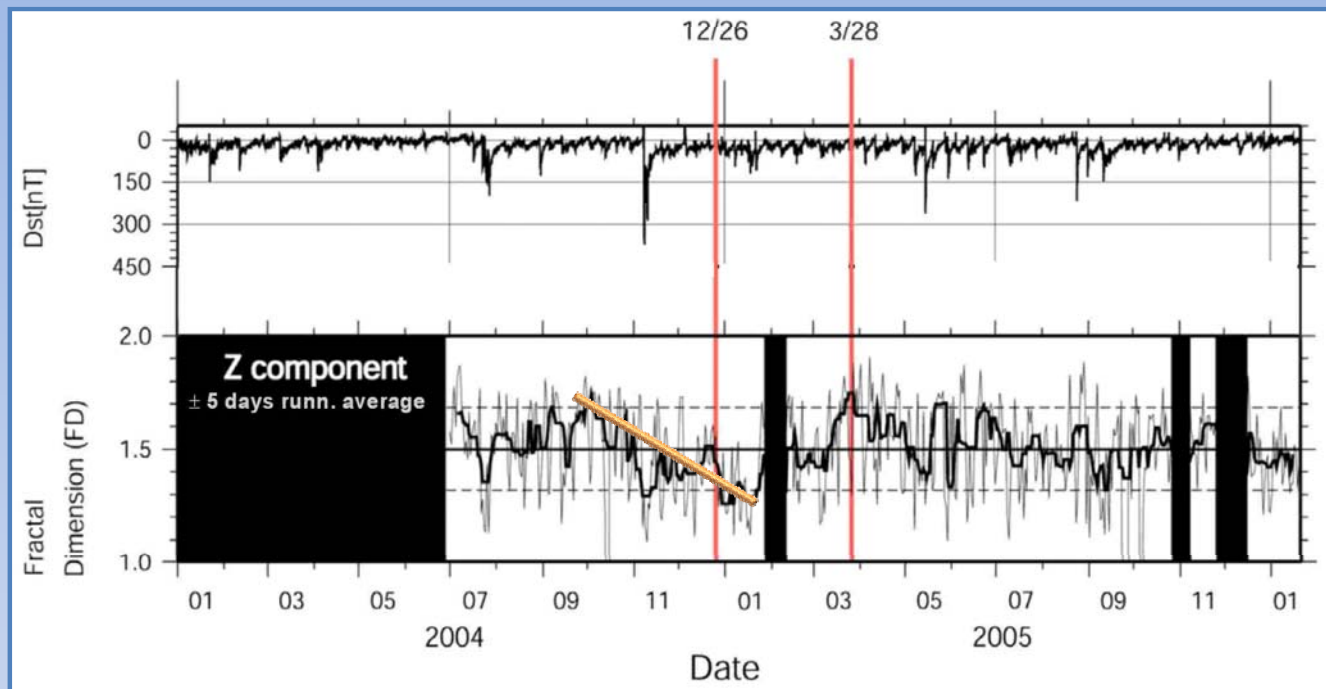
Osservazioni

- Ottima correlazione negativa tra D e ΣKp
 - 1, 2 e 5: aumento sincrono di D e ΣKp
 - 3, 4: nessun aumento ne di D ne di ΣKp
- D sembra essere principalmente influenzata dalla normale attività geomagnetica

Saroso, S., K. Hattori, H. Ishikawa, Y. Ida, R. Shirogane, M. Hayakawa, K. Yumoto, K. Shiokawa, and M. Nishihashi (2009), ULF geomagnetic anomalous changes possibly associated with 2004–2005 Sumatra earthquakes, *Phys. Chem. Earth*, 34, 343-349.

Sumatra EQs

26-12-2004 Mw=9 prof. =30km
28-03-2005 Mw=8.2 prof. =30km
Distanza dall'epicentro = 600 km



Analisi

- Higuchi method
- componente Z
- 15-20 UT (nigh)

Conclusioni degli autori

- Diminuzione di **D** prima e dopo il terremoto del 26 dicembre 2004
- Aumento di **D** prima del terremoto del 28 marzo 2005
- Valori usuali (1.5) di **D** dopo il sisma

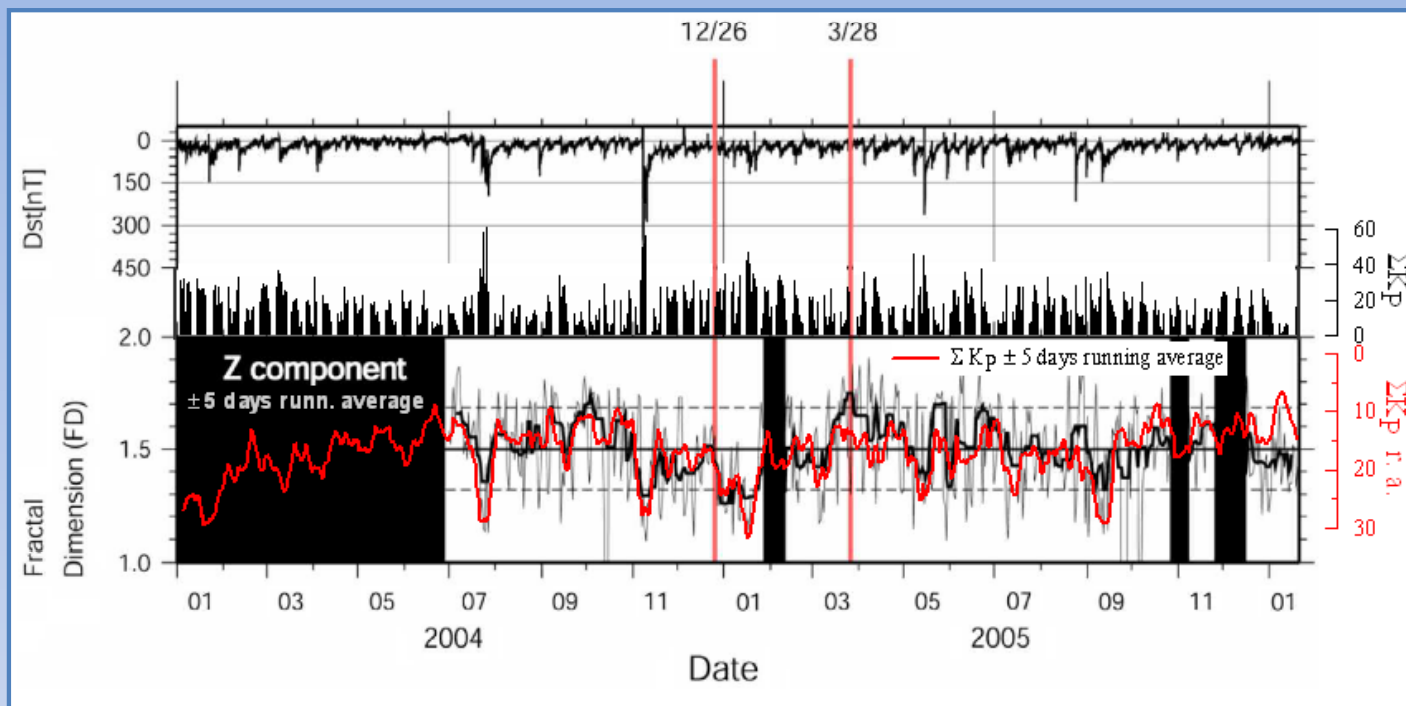


La **diminuzione della dimensione frattale** prima del terremoto del 26 dicembre 2004 può essere considerata una manifestazione di uno stato SOC della crosta terrestre

Saroso, S., K. Hattori, H. Ishikawa, Y. Ida, R. Shirogane, M. Hayakawa, K. Yumoto, K. Shiokawa, and M. Nishihashi (2009), ULF geomagnetic anomalous changes possibly associated with 2004–2005 Sumatra earthquakes, *Phys. Chem. Earth*, 34, 343-349.

Sumatra EQs

26-12-2004 Mw=9 prof. =30km
28-03-2005 Mw=8.2 prof. =30km
Distanza dall'epicentro = 600 km



Analisi

- Higuchi method
- componente Z
- 15-20 UT (nigh)

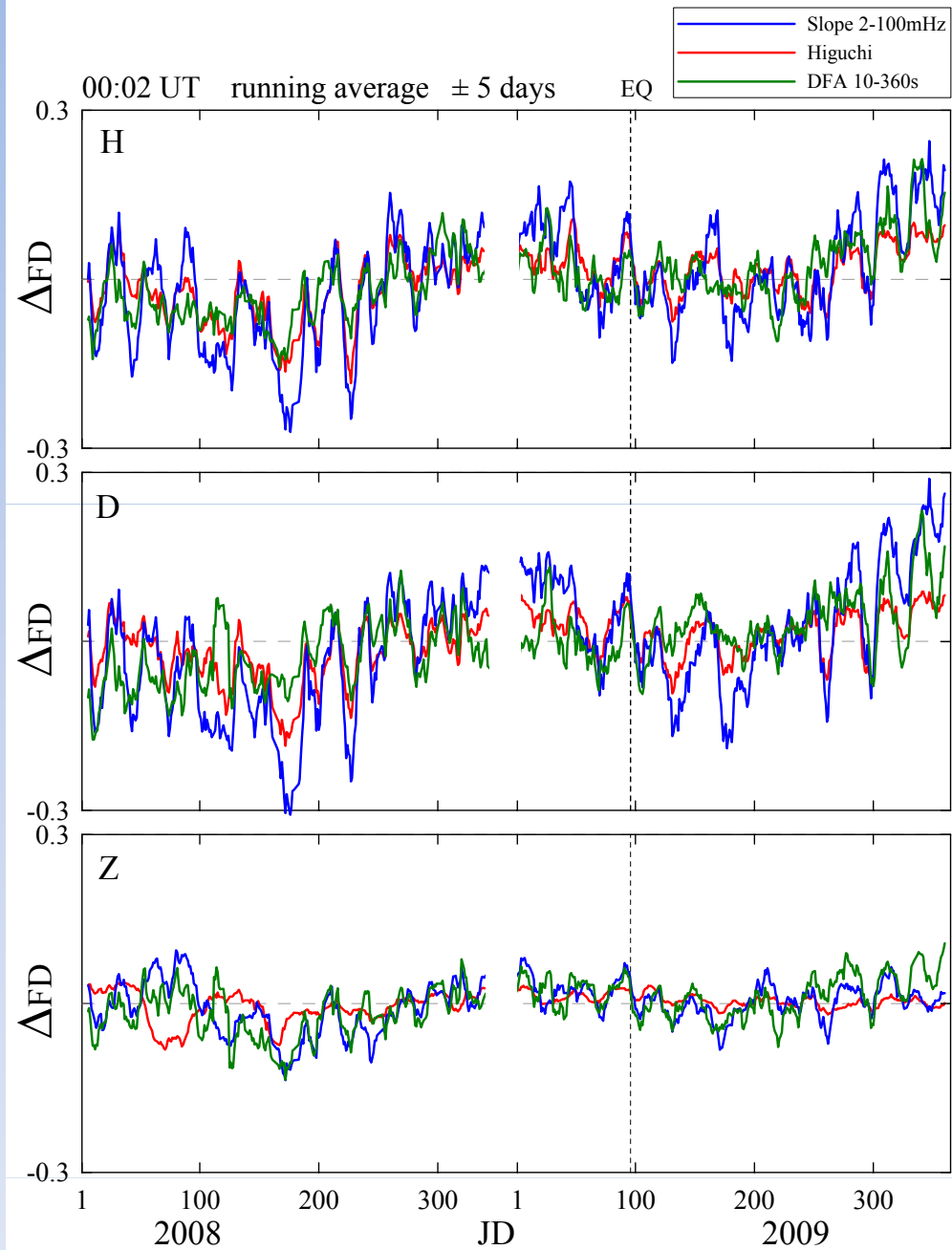
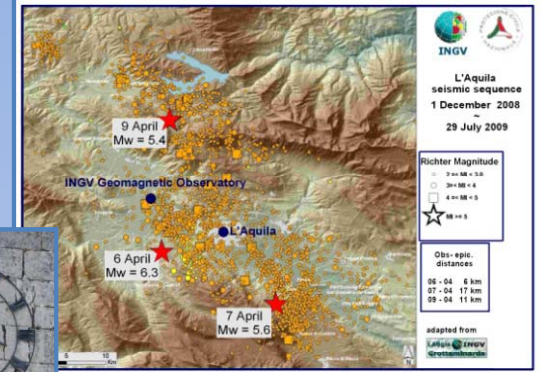
Osservazioni

- Stranamente una diminuzione di **D** evidenzia uno stato SOC della crosta terrestre
- Evidente correlazione negativa tra **D** e ΣKp
- Il comportamento di **D** è chiaramente influenzato dalla normale attività geomagnetica

Conclusioni

- **Durante la fase di preparazione dei terremoti considerati, le caratteristiche frattali ULF del campo geomagnetico sembrano essere legate principalmente alla normale attività geomagnetica dovuta all'interazione terra-sole e quindi la loro associazione con l'attività sismica è abbastanza azzardata**
- **Nei precedenti articoli l'attività geomagnetica globale non è stata tenuta in considerazione nella maniera adeguata**
- **Questa è solo un'analisi qualitativa.**
Con nuove analisi quantitative più approfondite si potrebbe vedere quanta della variazione dei parametri frattali del campo geomagnetico è dovuta al trend globale, e quanta alle eventuali emissioni sismogenetiche

L'Aquila EQ

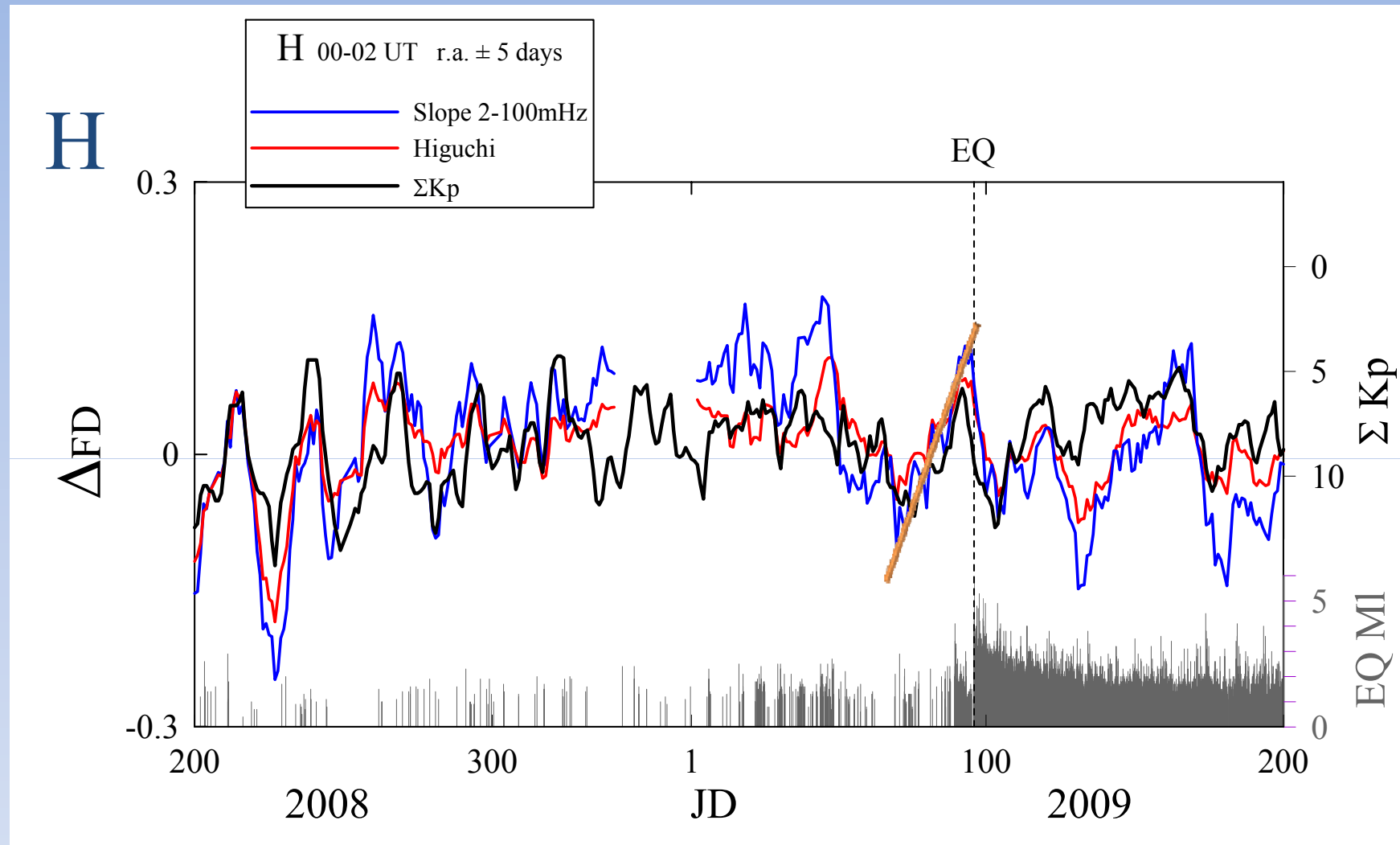


Analisi frattale

[00-02] UT

- Slope (2-100 mHz)
- Higuchi
- DFA 10-360s

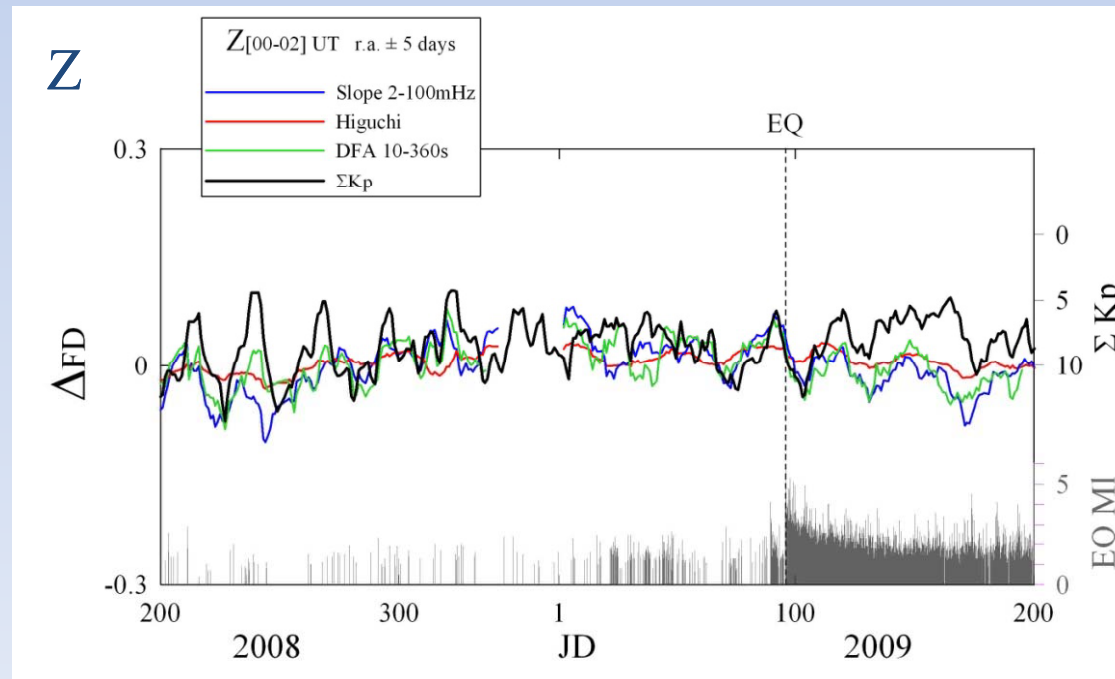
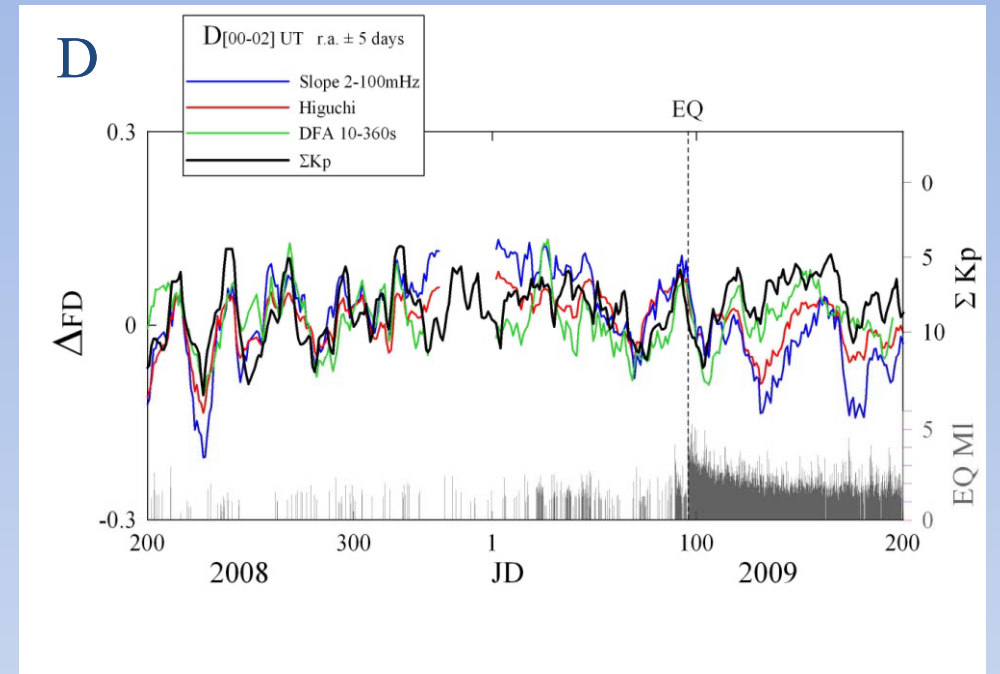
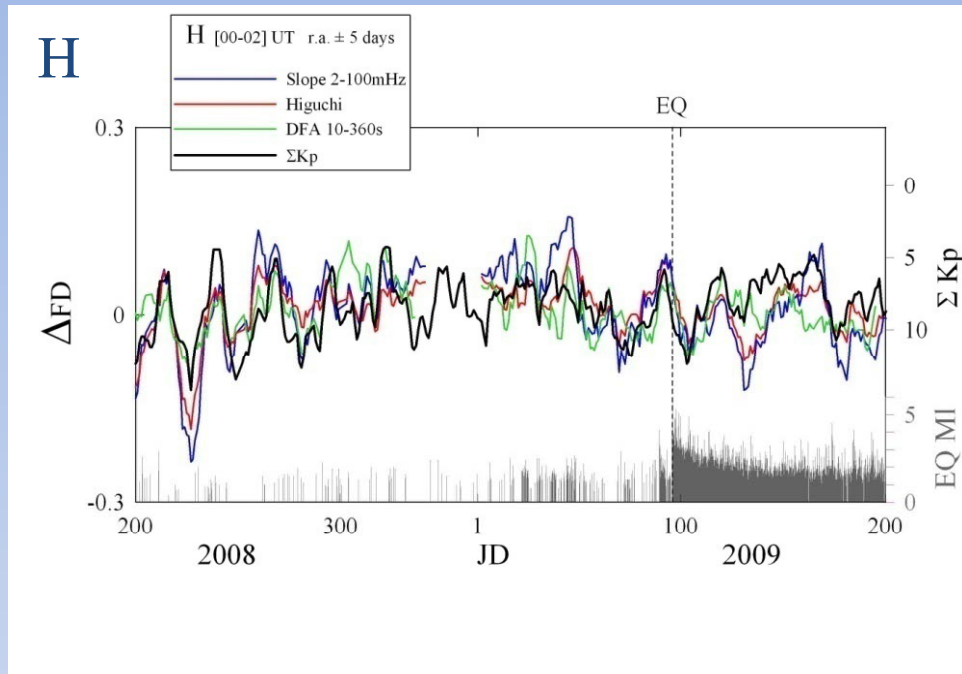
L'Aquila EQ



Osservazioni

- Evidente correlazione negativa tra D e ΣKp
- L'andamento temporale di D è principalmente influenzato dalla normale attività geomagnetica

L'Aquila EQs



Conclusione

In tutti i casi esaminati è stata riscontrata la mancanza di un'evidente influenza dei processi di preparazione dei terremoti sulle caratteristiche frattali del campo geomagnetico

grazie per l'attenzione