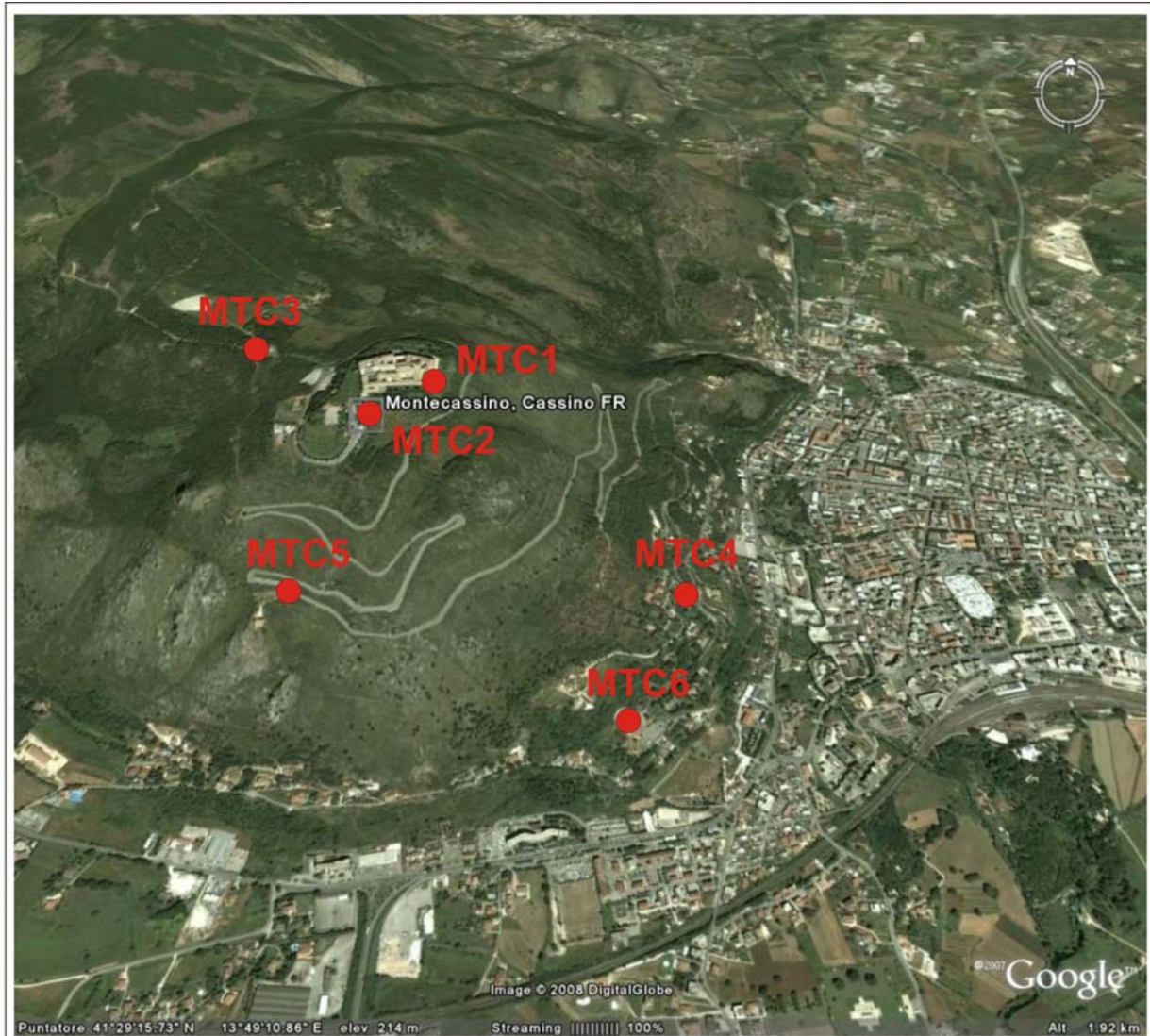




## **Misure di microtremore a Montecassino (FR)**

**02 Dicembre 2008**

Dal punto di vista della risposta strumentale tutta la zona indagata risulta essere influenzata da due picchi di origine antropica a 1.5 Hz e 5 Hz, evidenziati tramite le power spectral density (PSD). Anche se l'influenza di tali disturbi su ogni singola componente non è al momento quantificabile, è da evidenziare che essi sono visibili sia sulle componenti orizzontali sia sulla verticale: per tale ragione è possibile che le analisi spettrali non risultino (a seconda dei siti) particolarmente alterate. La misura in corrispondenza delle stazione MTC andrebbe verificata con ulteriori misure da effettuarsi nella struttura nella quale risulta inglobata la cabina dell'Enel. Dal punto di vista logistico le misure effettuate sul versante sono state eseguite negli unici punti accessibili e nei quali potenzialmente si potrebbero installare stazioni sismiche. Al contrario sia le aree immediatamente adiacenti l'abbazia, sia la fascia in corrispondenza della rottura di pendenza del versante presentano disponibilità di manufatti (la maggior parte di proprietà privata). In particolare tutte le proprietà ubicate sul versante sono di proprietà clericale. Permessi speciali sono necessari anche per il cimitero polacco. Per ulteriori dettagli si rimanda alla descrizione delle misure. Dal punto di vista morfologico il sito in esame è caratterizzato da una serie irregolarità (corpi rocciosi distinti dal "cono" principale) che potrebbero influenzare eventuali modellazioni del sito.



Sito: **abbazia MonteCassino (cabina Enel)**

Comune: Cassino (FR)

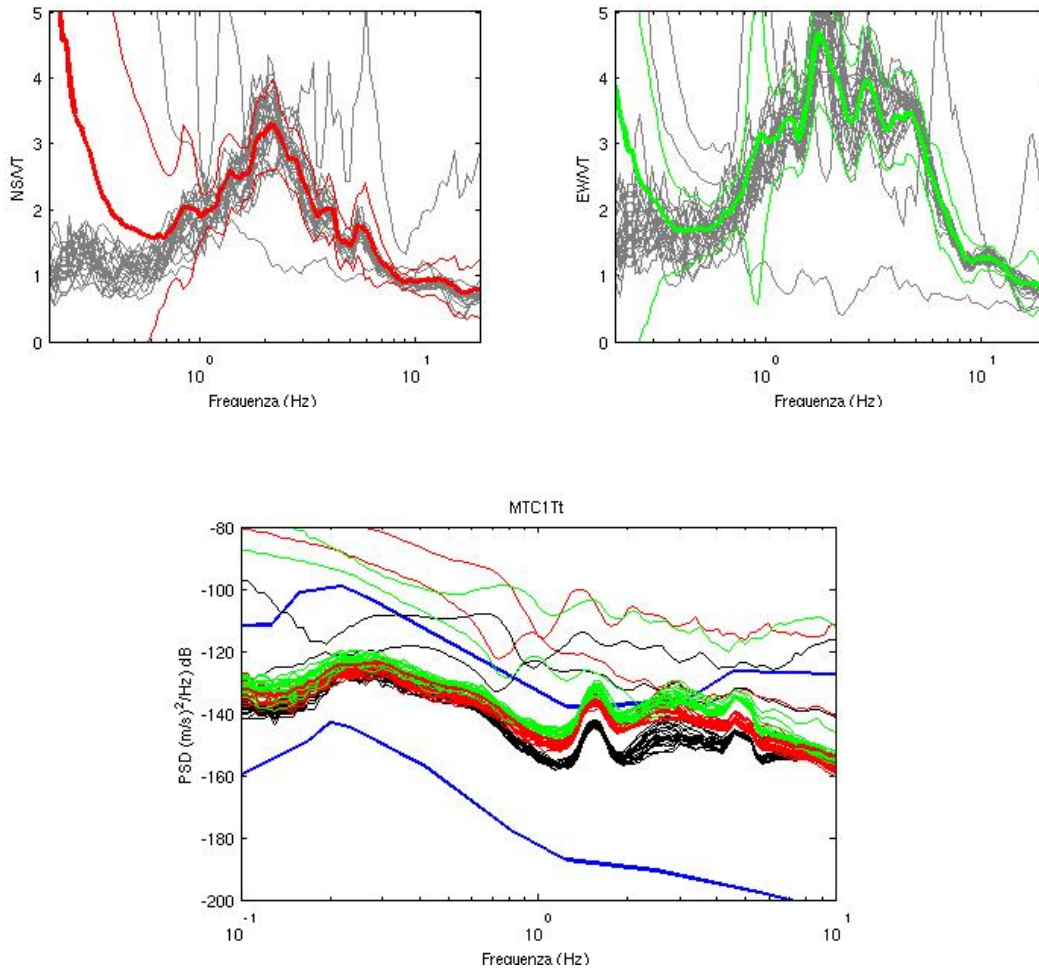
Coordinate: 41.490278, 13.812778

Quota: 512 m s.l.m.

Stazione analogica



## MISURA : MTC1 (STAZIONE RAN, CABINA ENEL ABBAZIA)



Pannelli superiori: rapporti spettrali ottenuti a partire da finestre di rumore sismico ambientale. A sinistra NS/verticale, a destra EW/verticale.

Pannelli inferiori: power spectral density (PSD). I colori corrispondono a quelli utilizzati nei pannelli superiori. In nero gli spettri della componente verticale.

Le note alle figure, come sopra indicate, sono da considerarsi valide per tutti i punti di misura effettuati.

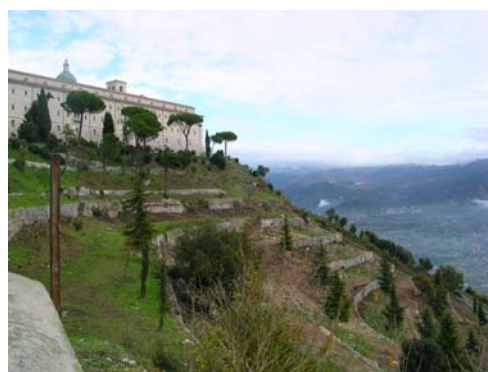
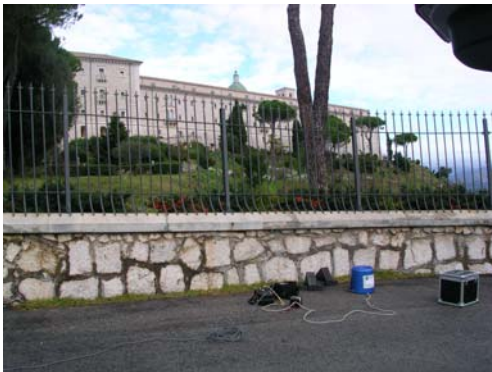
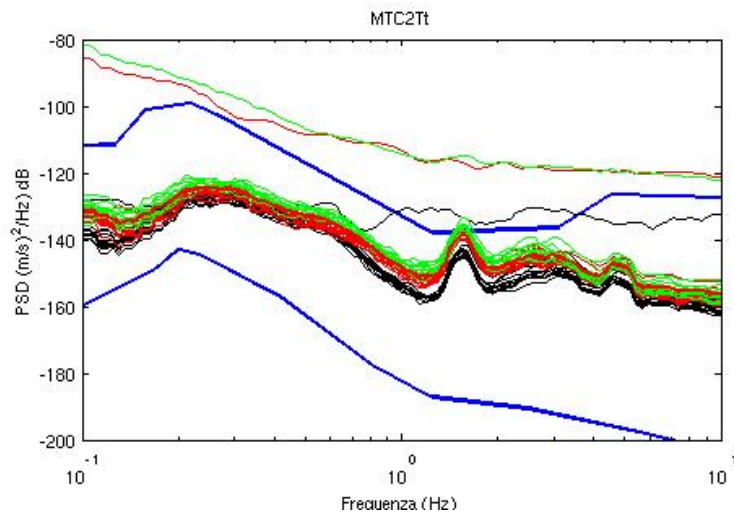
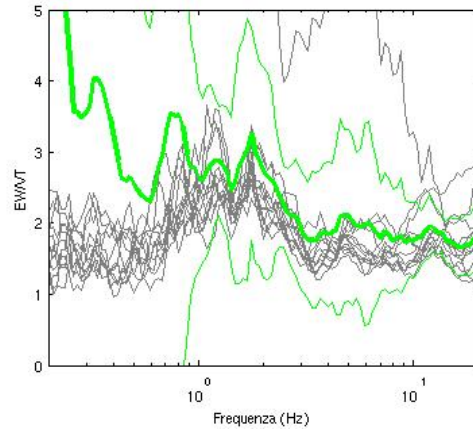
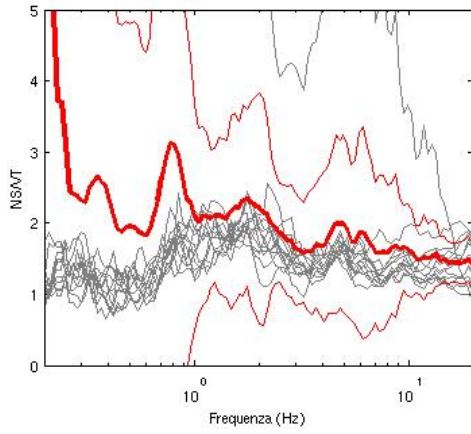


La misura è stata effettuata in corrispondenza della cabina Enel (vedi foto), la quale risulta direttamente inglobata nella struttura soprastante (abbazia). La misura di noise, di circa 45 minuti, evidenzia su entrambe le componenti orizzontali, la presenza di un fattore di amplificazione compreso tra 3 e 4,5 per frequenze comprese tra circa 2 e 4 Hz. Se da un lato tale amplificazione risulta in questo caso essere difficilmente associabile al sito, in quanto l'abbazia poggia direttamente su calcare massivo, il versante nella sua globalità risulta essere interessato (come evidenziato nelle note relative al rilievo geologico-strutturale) da fenomeni di deformazione gravitativa potenzialmente in grado di alterarne la risposta sismica. Risultano inoltre necessarie una serie di verifiche, comprendenti in particolare misure all'interno dell'abbazia in modo tale da verificare se la struttura non sia in grado di influenzare i picchi messi in luce dalle misure di noise. E' da evidenziare che HVNR piatti ottenuti in corrispondenza di altre 2 stazioni indagate (AUL e NRN) e collocate alla sommità di irregolarità topografiche sembrerebbero escludere una diretta influenza della topografia su eventuali picchi di amplificazione.

Come è possibile notare nel grafico che riporta le PSD sono presenti, sia in questa misura sia nelle successive, due picchi ad 1.5 Hz e 5 Hz di probabile natura antropica.



## MISURA : MTC2 (PARCHEGGIO DELL'ABBAZIA)

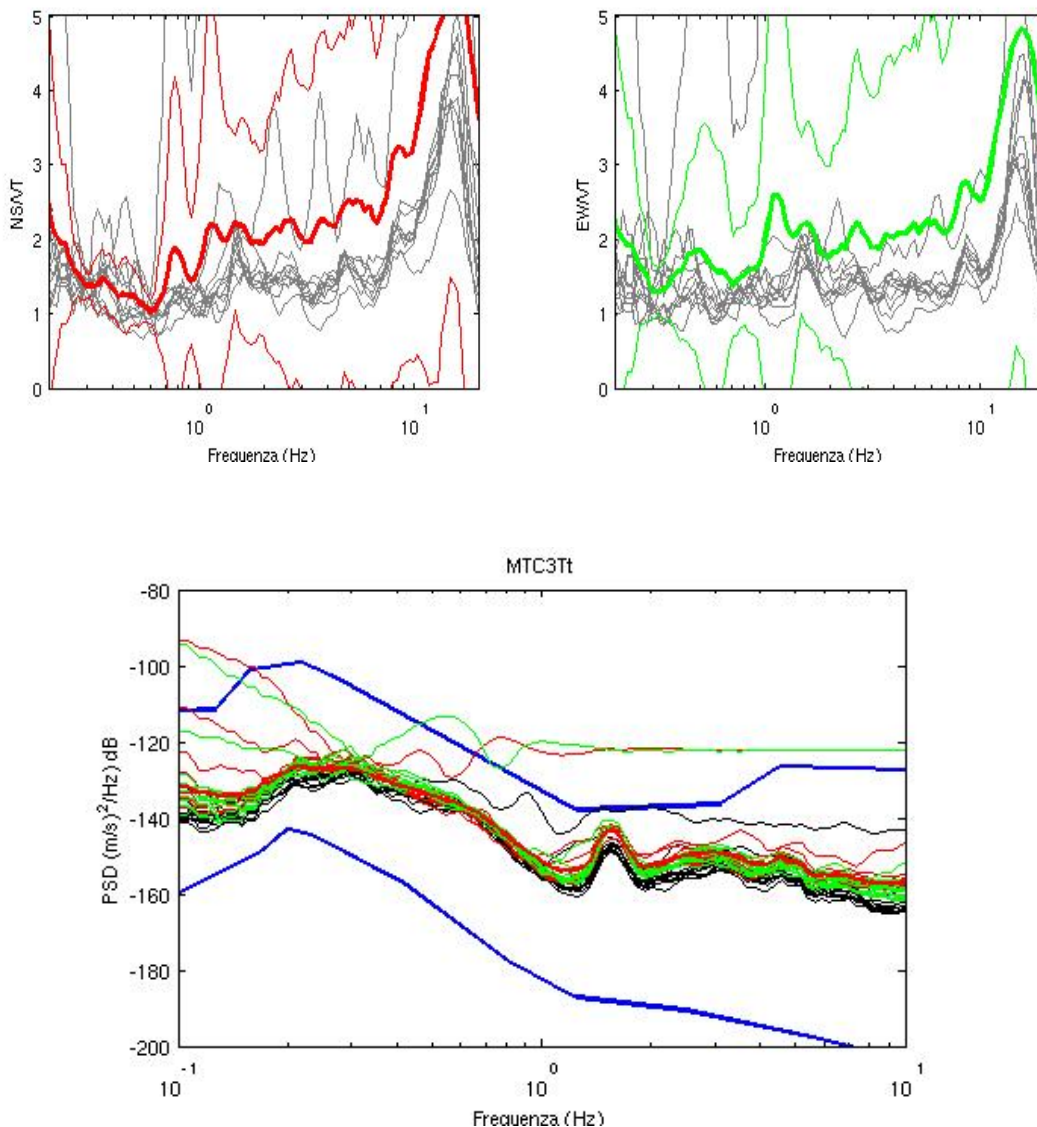




La misura di circa 30 minuti è stata effettuata nel parcheggio antistante l'abbazia. I rapporti spettrali evidenziano esclusivamente una leggera amplificazione sulla componente EW avente fattore di amplificazione inferiore a 3 per frequenze comprese tra 1 e 2 Hz (le finestre di rumore che si discostano dall'andamento generale sono, come pure per le misure successive, relative ai primi minuti di installazione nei quali le masse del sensore tendono a stabilizzarsi).

Le PSD evidenziano anche in questo caso i due picchi antropici a 1.5 Hz e 5 Hz.

### MISURA : MTC3 (CIMITERO POLACCO)

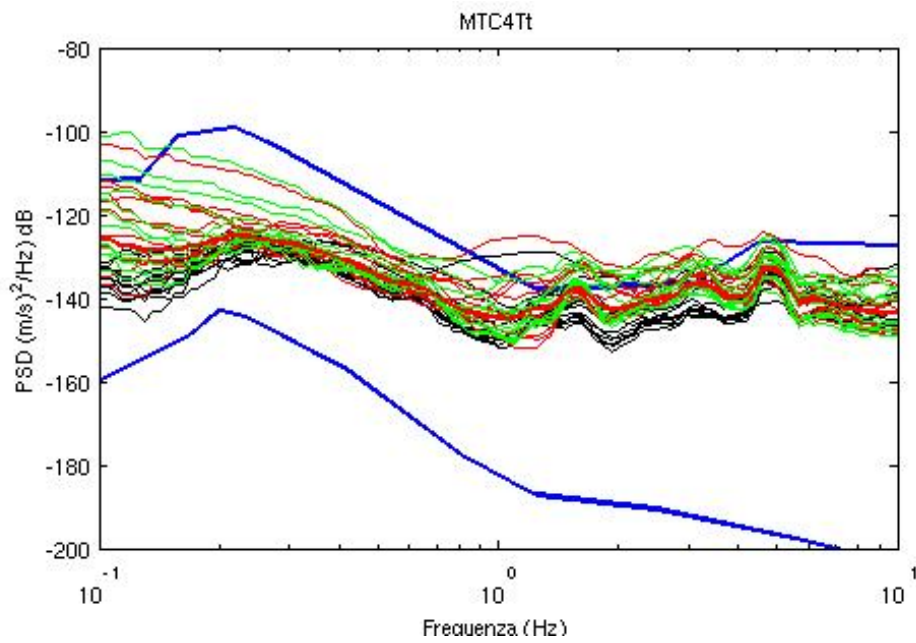
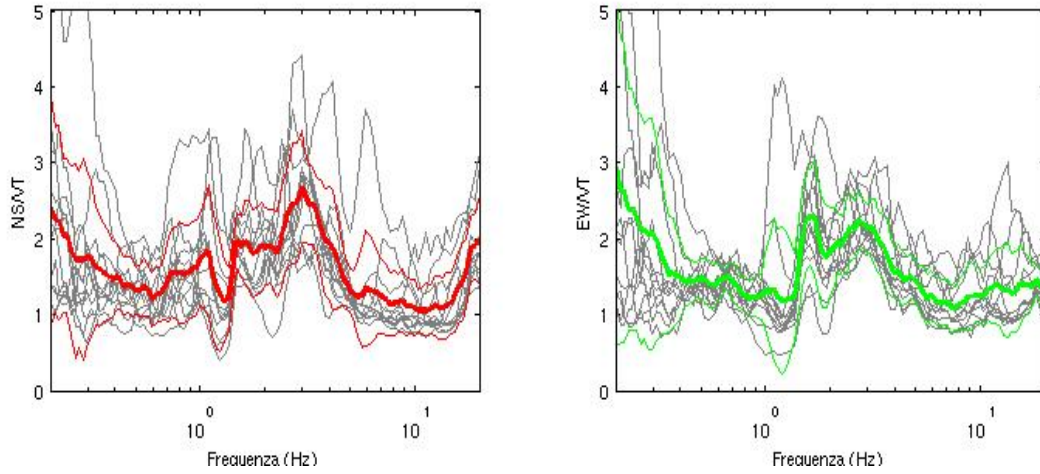




La misura di circa 30 minuti effettuata nel parcheggio del cimitero di guerra polacco risulta, nella sua globalità, evidenziare un sito non amplificativo. Con i dati disponibili non è possibile stimare la causa delle amplificazioni osservabili oltre 15 Hz. Il sito su roccia non sembra essere influenzato da particolari fattori di disturbo. Questo sito pare risentire del solo picco antropico a 1.5 Hz che non sembra comunque influenzare i risultati dei rapporti spettrali.



## MISURA : MTC4 (CASSINO - CABINA DI SERVIZIO)





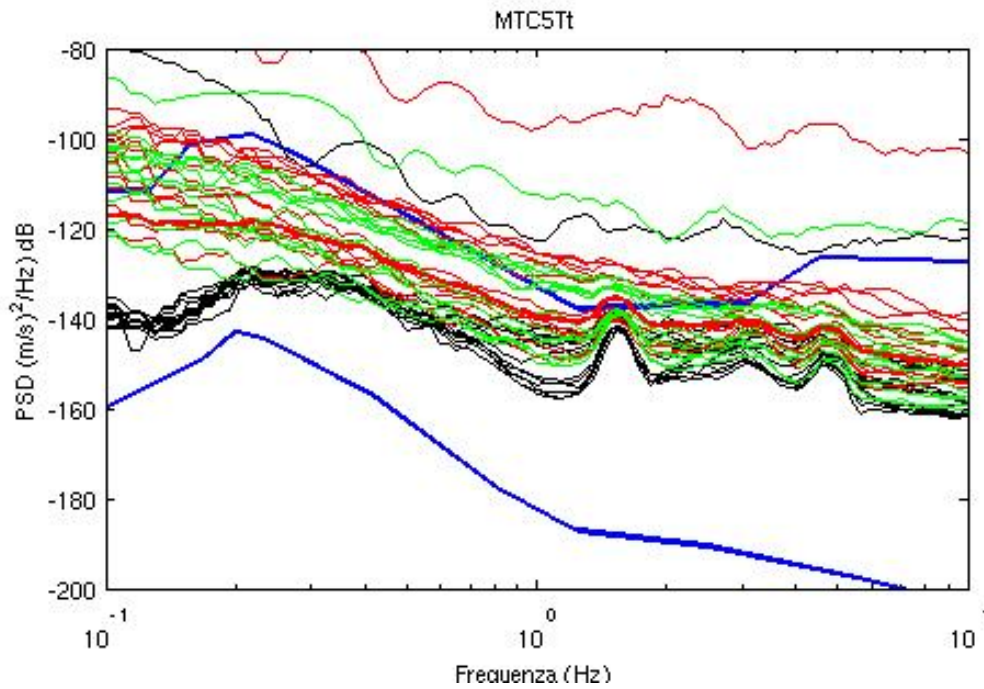
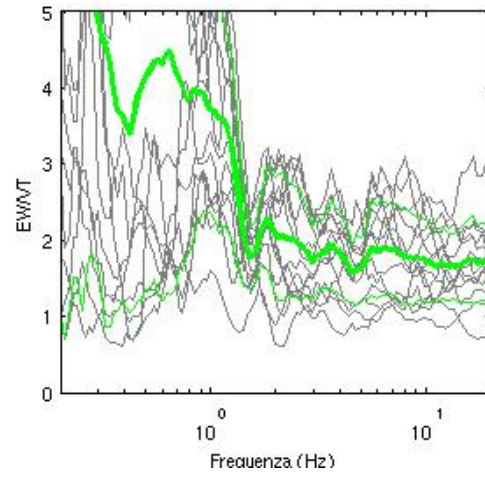
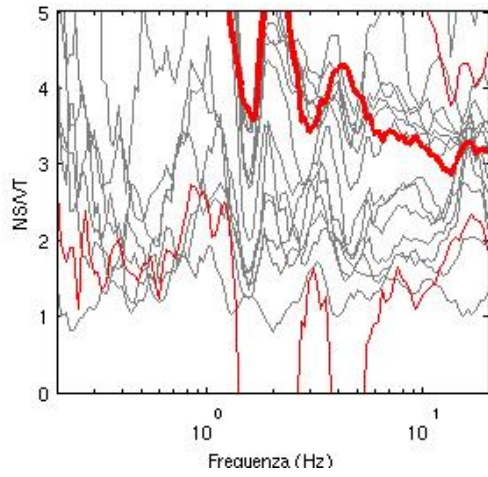


La misura di circa 30 minuti è stata effettuata nella strada che da Montecassino porta all'abbazia, appena fuori dall'abitato di Cassino. Il sito è da considerarsi caratterizzato da ammassi rocciosi, anche se nella parte bassa del versante la situazione geologica va complicandosi per la presenza di manti di copertura eluvio-colluviale, anche se di ridotto spessore. Il sito non sembra essere particolarmente amplificativo ad eccezione di una banda di frequenza compresa tra 1.5 Hz e 3.5 Hz avente fattore di amplificazione compreso tra 2 e 2.5. La misura è risultata essere molto disturbata da un continuo passaggio di autoveicoli. Un ulteriore disturbo potrebbe derivare dagli impianti di natura ? installati nelle cabina localizzata in prossimità della misura.

Come possibile notare dalle PSD il rumore di fondo è più elevato rispetto alle misure effettuate su versante. Nonostante questo, anche se maggiormente mascherati, sono comunque osservabili i due picchi di natura antropica.



## MISURA : MTC5 (VERSANTE – CONVENTO SUORE)

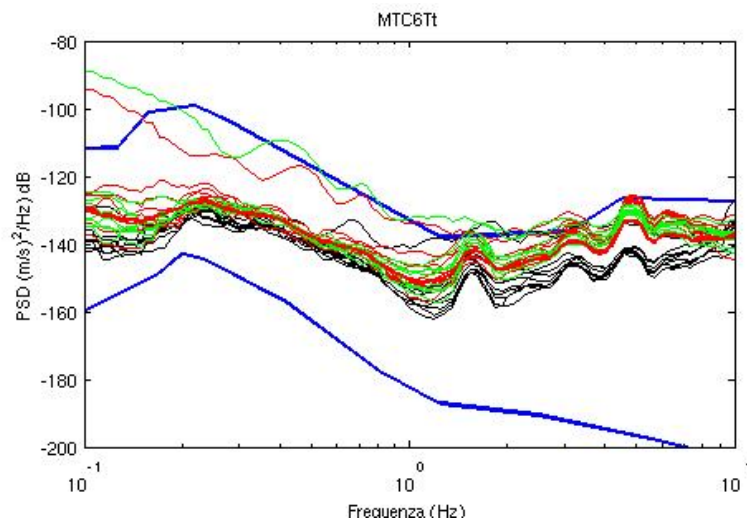
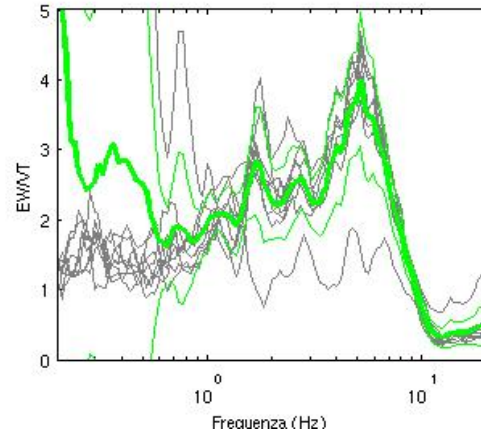
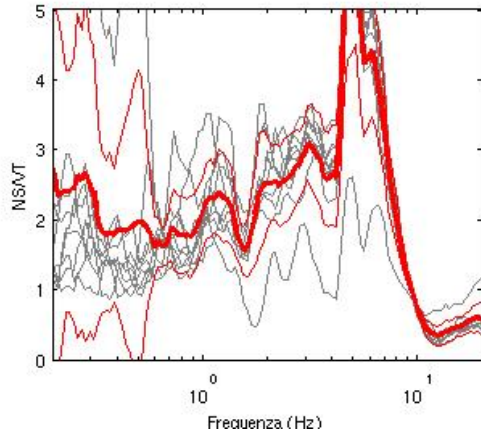




La misura di circa 30 minuti è stata effettuata a mezza costa, in corrispondenza dell'ingresso di un convento di suore ubicato su uno sperone roccioso. E' da rimarcare che il rilievo sul quale è impostata l'abbazia di Monteccasino non è caratterizzato da un profilo regolare ma, come è osservabile in mappa, presenta una serie di speroni che da un certo punto di vista potrebbero rappresentare, come in questo caso, un studio "di una topografia nelle topografia". Il sito è roccioso e non presenta particolari disturbi. Nel caso specifico la misura non è interpretabile per evidenti problemi al sensore (vedere inoltre la forma degli spettri orizzontali nelle PSD). In questa situazione date le condizioni meteorologiche particolarmente sfavorevoli ed i continui sbalzi delle masse durante le operazioni di carico e scarico, la misura necessitava comunque di un tempo molto più lungo per la stabilizzazione del sensore. Tale problema si è rivelato su uno solo dei due sensori utilizzati durante la campagna: il sensore allo stato attuale necessita probabilmente di una calibrazione delle masse. Anche le PSD di questo sito mettono in evidenza i picchi antropici.



## MISURA : MTC6 (MUSEO ARCHEOLOGICO)





La misura di circa 30 minuti è stata effettuata nel viale antistante il museo archeologico nazionale, ubicato in corrispondenza delle rottura di pendenza del versante. In questo caso il picco compreso tra 5 Hz e 6 Hz visibile su entrambe le componenti potrebbe essere in modo ragionevole associato al sito caratterizzato presumibilmente dalla presenza di depositi caotici di versante di ridotto spessore. La risposta della fascia sita in corrispondenza della base del versante andrebbe indagata con ulteriori misure da effettuarsi in differenti punti circostanti il versante stesso.

### **Ulteriore documentazione fotografica**



**Abbazia vista (da SE) dall'abitato di Cassino**



**Sperone roccioso sul quale è impostato il convento di suore (in prossimità di MTC5)**



**Sperone roccioso retrostante il convento di suore**



**Scarpate SE antistante l'abbazia**



**Vista del versante NW dal cimitero polacco (misura MTC3)**



## Rilievo geologico-strutturale a Montecassino

Il grado di fratturazione del rilievo sul quale sorge l'abbazia non sembra essere molto elevato, se non in alcune zone molto limitate in cui sono presenti fasce di spessore di pochi metri caratterizzate da clivaggio pervasivo associato ad elementi strutturali minori (faglie con cinematica varia). La fratturazione delle rocce associata a tali faglie tende ad esaurirsi entro 3-4 m dal piano di faglia principale.

Sono stati altresì riconosciuti set di fratture e piani di clivaggio paralleli ai piani di faglia principali che bordano il rilievo e che sono riportati sul foglio geologico 1:100.000. Tali fratturazioni e clivaggi non sembrerebbero tuttavia di tale densità da modificare notevolmente le caratteristiche geo-meccaniche degli ammassi rocciosi. Comunque, sarebbe opportuno considerare se i trend di tali discontinuità possano avere qualche influenza sulla propagazione delle onde sismiche.

Un affioramento di substrato rinvenuto alle spalle dell'abbazia, sul quale la stessa abbazia sembrerebbe poggiare, mostra un calcare molto massivo, interessato da un grado di fratturazione molto basso, con una densità di fratturazione che non supera le 10 fratture per m<sup>2</sup>.

In senso generale, quindi, il grado di fratturazione medio del rilievo non sembra essere molto elevato.

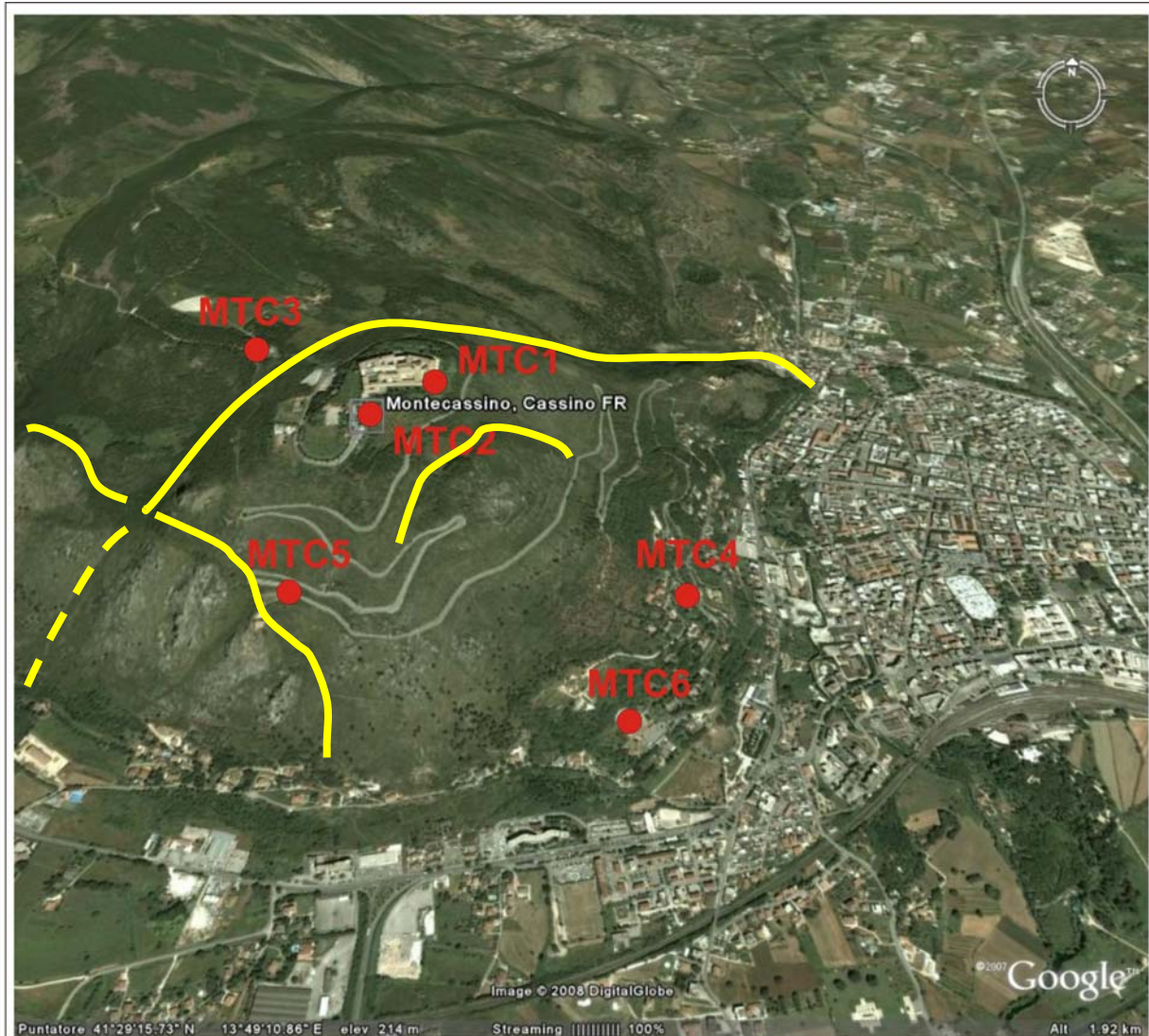
Un elemento che tuttavia vale la pena evidenziare è il fatto che buona parte del versante di Montecassino che è rivolto verso l'abitato di Cassino sembrerebbe essere interessato da movimenti gravitativi profondi che interessano il substrato carbonatico (probabilmente di tipo rock-slide). Peraltro, da un'analisi morfologica speditiva, tutto il rilievo di Montecassino sembrerebbe essere il corpo di una deformazione gravitativa profonda di versante (vedi figura sotto riportata). Non è stato possibile raccogliere elementi utili alla definizione dello stato di attività di tali fenomeni gravitativi, anche se l'individuazione di una trincea gravitativa (elemento morfologico tipico associato a movimenti gravitativi profondi) riempita da detrito di versante che risulta coinvolto nel movimento dei piani di taglio che bordano la trincea stessa, consente di ipotizzare un'attività quaternaria di tali fenomeni gravitativi

Dunque, a nostro parere, la presenza di queste deformazioni gravitative profonde di versante potrebbe avere una qualche influenza sulle analisi degli effetti di sito da effettuare. Un tale assetto morfologico potrebbe infatti "mascherare" o comunque





influenzare l'individuazione e lo studio del solo effetto topografico sull'amplificazione del moto del suolo.



**Rilievo di Montecassino. Le linee gialle limitano le porzioni del versante interessate da dissesto gravitativo**