

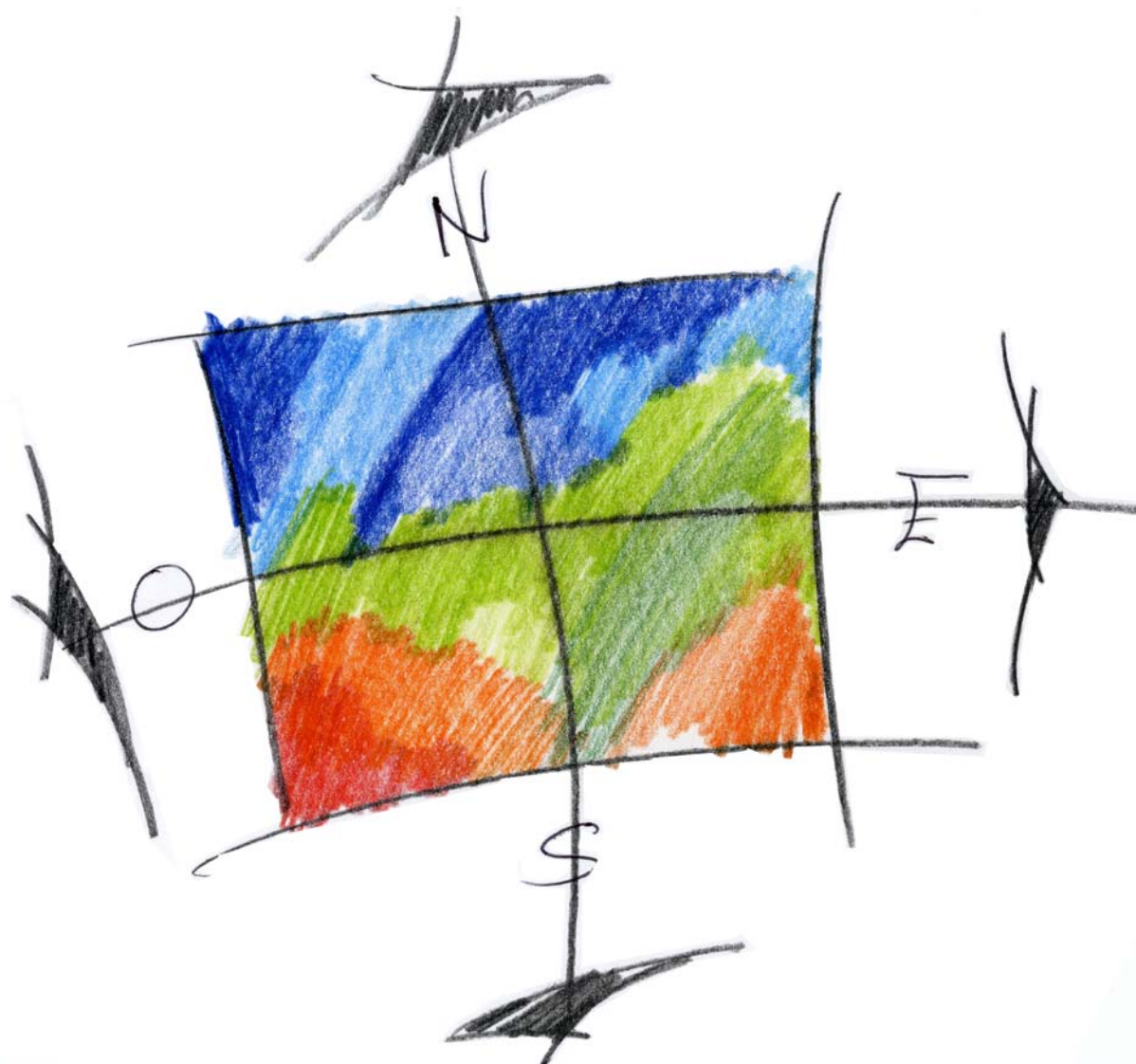


Provincia di Pisa

Piano Territoriale di Coordinamento

Approvato con Deliberazione di Consiglio Provinciale n. 100 del 27/07/2006

Limiti di compatibilità con il funzionamento dell'antenna interferometrica Virgo. L'inquinamento dell'ambiente da vibrazioni, rumore acustico e campi elettromagnetici



Inquinamento dell'ambiente da vibrazioni, rumore acustico e campi elettromagnetici:

Limiti di compatibilità con il funzionamento dell'antenna interferometrica Virgo

Relazione tecnica preliminare

Cascina, 12 ottobre 2004

Premessa

L'organizzazione della ricerca scientifica nel campo delle Onde Gravitazionali che si svolge a Cascina è articolata nel modo seguente.

L'antenna Virgo è stata sviluppata da una collaborazione italo-francese comprendente 11 laboratori finanziati dai rispettivi Enti di Ricerca: l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) per l'Italia e il Conseil National de la Recherche Scientifique (CNRS) per la Francia. L'investimento per la costruzione è stato di circa 80 milioni di Euro. La collaborazione Virgo, il cui personale scientifico e tecnico ammonta a circa 250 persone, ha la responsabilità scientifica dell'esperimento.

Il consorzio EGO (European Gravitational Observatory - Osservatorio Gravitazionale Europeo) è la struttura amministrativa e tecnica a supporto del funzionamento dell'antenna. E' un consorzio di diritto privato partecipato per 50 % dall'INFN e per 50 % dal CNRS con sede a Cascina. EGO ha attualmente un organico di 51 persone, in gran parte con formazione specialistica in settori di alta tecnologia quali l'ottica e i laser, l'elettronica analogica e digitale, l'ultra alto vuoto, i sistemi di attenuazione delle vibrazioni.

EGO ospita nelle sue strutture il personale della collaborazione Virgo presente sul sito o in missione più o meno prolungata dai laboratori di origine e che usufruisce dei servizi offerti dal territorio: alloggio, pasti, trasporti, svago. E' inoltre scopo di EGO allargare la partecipazione ad altri paesi europei e non: vengono organizzati eventi scientifici che richiamano centinaia di persone da tutto il mondo appoggiandosi sugli alberghi presenti in Pisa e provincia.

L'antenna Virgo

L'antenna per la rivelazione delle Onde Gravitazionali Virgo è un strumento estremamente sensibile. E' stato progettato per registrare il passaggio di Onde Gravitazionali prodotte in violentissimi eventi che avvengono nell'Universo a grandissima distanza dalla Terra. L'antenna Virgo sfrutta quanto di meglio la scienza e dalla tecnologia possono offrire per queste delicate misure.

Gran parte della difficoltà di rivelazione nasce dalla presenza di effetti locali che limitano la sensibilità e che quindi devono essere ridotti al minimo. Tali effetti comprendono il rumore sismico (vibrazioni del terreno), il rumore acustico, i campi elettromagnetici. L'antenna è stata progettata per essere il più possibile insensibile a tali perturbazioni, le cui ampiezze furono allora misurate sul sito. Scopo di questo documento è delineare quanto modifiche dell'uso del territorio, anche in funzione di uno sviluppo economico, siano compatibili con il funzionamento dell'antenna. Data la complessità degli effetti e l'unicità del progetto è possibile dare solo linee guida. Una ipotesi concreta dovrà essere corredata da una valutazione d'impatto.

Caratteristiche generali

L'antenna Virgo è progettata per rivelare segnali in un intervallo di frequenze compreso tra qualche Hz

e 10 kHz, corrispondenti approssimativamente alla sensibilità dell'orecchio umano. Il funzionamento dello strumento dipende inoltre in maniera cruciale da ciò che avviene a bassa frequenza fino a 0.1 Hz.

Una prima caratterizzazione di una fonte di disturbo sarà data dalla sua frequenza di funzionamento. Tuttavia per confrontare la sorgente con la sensibilità dello strumento deve essere fatta una ulteriore distinzione in funzione della distribuzione nel tempo del disturbo. Ai fini di questo confronto si possono suddividere le sorgenti di rumore in tre categorie:

a) Sorgenti casuali continue

Queste emettono un disturbo casuale (rumore) durevole nel tempo. Esempi sono strade con grande traffico, ponti che vibrano al passaggio di automezzi, o ancora impianti di lavorazione.

b) Sorgenti impulsive

Queste operano in modo discontinuo con o senza ripetizioni. Esempi possono essere esplosioni, perforazioni di pozzi, palificazioni, martelli pneumatici, passaggi di aerei o elicotteri.

c) Sorgenti periodiche

Esempi di sorgenti continue periodiche sono grandi macchinari con velocità di rotazione regolare, quali generatori eolici di energia elettrica. Il disturbo generato si ripete con grande regolarità nel tempo su lunghi periodi. Tale caratteristica di regolarità è in conflitto con uno dei metodi di rivelazione di segnale di Virgo che sfrutta proprio la struttura periodica della sorgente astrofisica. Tale regolarità consente, allungando i tempi di osservazione, di avere sensibilità molto più elevate. Di conseguenza anche la sensibilità a disturbi indesiderati diventa molto maggiore. Occorre aggiungere che per alcune frequenze la sensibilità è tale da impedire il funzionamento dell'antenna.

Per cercare di chiarire ulteriormente quanto sopra si ricorda quanto avviene nella caratterizzazione di sorgenti di rumore acustico.

Le sorgenti casuali e continue (tipo a) possono essere caratterizzate da uno spettro in frequenza in 1/3 di ottava mediato nel tempo su periodi di riferimento quali l'ora.

Le sorgenti impulsive (tipo b) richiedono che si valuti il valore di picco del disturbo, in quanto una media su un periodo risulterebbe praticamente invariata in presenza di un forte ma non frequente disturbo.

Le sorgenti periodiche (tipo c) sono analoghe ai toni puri presenti nel rumore acustico. E' stata riscontrata la maggiore sensibilità dell'orecchio umano a tali componenti, e la normativa prevede di attribuire alla sorgente una intensità maggiore di quella reale attraverso penalizzazioni ad hoc.

Rumore sismico e vibrazioni

Rendere l'interferometro immune alle vibrazioni ha richiesto più di un decennio di studi e sperimentazione. Questi studi facevano riferimento alle proprietà sismiche del sito di Cascina. Modifiche di queste proprietà possono risultare estremamente dannose o addirittura esiziali per l'antenna Virgo.

I limiti per l'immissione di ulteriori vibrazioni al sito di Virgo sono indicati di seguito.

a) Per sorgenti continue l'ampiezza di vibrazione attribuibile a queste sorgenti al ricettore (Virgo) non dovrà superare 1/3 dell'ampiezza di vibrazione naturale del terreno in ciascun 1/3 di ottava dello spettro secondo lo spettro di vibrazione in 1/3 di ottava in appendice **A.1**.

b) Per sorgenti impulsive l'ampiezza di picco di vibrazione misurata al ricettore non dovrà superare 1/3 dell'ampiezza di picco misurata in assenza di sorgente su un periodo di 1 s misurato sull'intervallo di frequenza 0-10 kHz. Il valore attuale di tale misura è riportato in appendice **A.2**.

c) Per le sorgenti periodiche l'ampiezza di vibrazione misurata al sito dovrà essere significativamente minore rispetto all'ampiezza di vibrazione naturalmente presente. La casistica degli effetti sull'antenna Virgo dipende in maniera molto precisa dalla frequenza per cui i livelli accettabili possono essere in generale $1/3$ dell'ampiezza di vibrazione naturale del terreno ma possono anche scendere a $1/1000$ di tale ampiezza per sorgenti con frequenza superiore ai 10 Hz. È riportata in appendice **A.3** la tabella di frequenze cui l'interferometro risulta particolarmente sensibile per sue caratteristiche proprie.

Inquinamento acustico

Il Comune di Cascina ha provveduto alla classificazione acustica del proprio territorio. L'area sulla quale insiste l'antenna Virgo è in Classe III. Si richiede che tale classificazione non venga modificata e che eventuali variazioni nelle zone limitrofe rispettino la richiesta di assenza di salto di classe, secondo quanto previsto dalla normativa regionale. Tale classificazione si basa però su livelli equivalenti di pressione sonora mediati su periodi di riferimento (giorno, notte, e in futuro giorno, sera, notte) e quindi non si può applicare a tutti i tipi di sorgente. Tuttavia tale classificazione può presa come riferimento iniziale per le sorgenti continue casuali. Di seguito si indicano i limiti per i vari tipi di sorgente.

a) Sorgenti continue casuali. Si richiede il rispetto della classificazione acustica del territorio, con la seguente cautela: la classificazione acustica usa una ponderazione di tipo "A", adattata alla risposta dell'orecchio umano. In particolare componenti sonore a bassa frequenza vengono pesate meno delle corrispondenti componenti a frequenza media (1 kHz).

In assenza di significative componenti sotto 100 Hz per le sorgenti continue casuali il limite relativo alla classificazione acustica va ritenuto valido. Se vi sono significativi contributi sotto a 100 Hz, considerato anche il fatto che a bassa frequenza vi è migliore propagazione del suono occorre fare un confronto tra lo spettro di immissione della sorgente al ricettore e lo spettro in assenza di sorgente, riportato in appendice B.1.

b) Sorgenti impulsive. Occorre considerare la pressione sonora di picco dovuta alla fonte e confrontarla con la pressione sonora di picco misurata con uno strumento sensibile fino a 20 kHz considerando un intervallo di 1 s . Il valore ottenuto è riportato in appendice B.2.

c) Sorgenti periodiche. Se la frequenza è superiore a 100 Hz la pressione sonora al ricettore deve essere $1/3$ della pressione sonora in assenza di sorgente. Se la frequenza è minore di 100 Hz si richiede che il livello di pressione sonora al ricettore sia sensibilmente minore di quanto si misura in assenza di sorgente, il livello potendo variare da $1/3$ a $1/10$ della pressione sonora residua in funzione della frequenza.



Piano di classificazione acustica del territorio del Comune di Cascina.

Inquinamento elettromagnetico.

Nell'edificio centrale e negli edifici terminali si trova la strumentazione sensibile ai campi elettromagnetici. A bassa frequenza è rilevante il campo magnetico dovuto alle linee di trasporto dell'energia elettrica, che devono stare a grande distanza dall'edificio centrale e dagli edifici terminali dove si trova la strumentazione sensibile ma possono attraversare i bracci. Il livello di campo magnetico riscontrato attualmente a bassa frequenza (50 Hz) e a 5 kHz è riportato in Appendice C.1. Nuove installazioni non devono provocare un incremento di tale valore.

Parte dell'elettronica di funzionamento dell'interferometro sfrutta segnali a qualche MHz con la prospettiva di avere segnali fino a diverse centinaia di MHz. Si sottolinea che questi segnali possono essere modulati a bassa frequenza e quindi introdurre ulteriori disturbi direttamente nella banda di sensibilità dell'antenna. Per tali segnali si richiede che non vi sia un campo superiore a xx V/m.

a) Sorgenti casuali

I valori dello spettro dei campi elettrico e magnetico non dovranno superare 1/3 del valore osservato al ricevitore riportato in Appendice C.1.

b) Sorgenti impulsive

I valori di campo elettrico e magnetico di picco non devono superare il valore di picco osservato su un intervallo di tempo di 1 s con un strumento sensibile fino a 1 GHz. Tale valore è riportato in Appendice C.2.

c) Sorgenti periodiche

Escluso il caso delle sorgenti a 50 Hz e suoi multipli, una sorgente periodica dovrà generare campi elettrici e magnetici in misura minore di 1/3 del valore misurato in assenza di sorgente.

Le appendici da A a C riportano le misure attualmente a nostra disposizione. In una successiva versione il quadro di riferimento sarà completato e semplificato nella presentazione.

Appendice A: Vibrazioni

A.1 Spettri di potenza lineari (LPS) e in 1/3 di ottava.

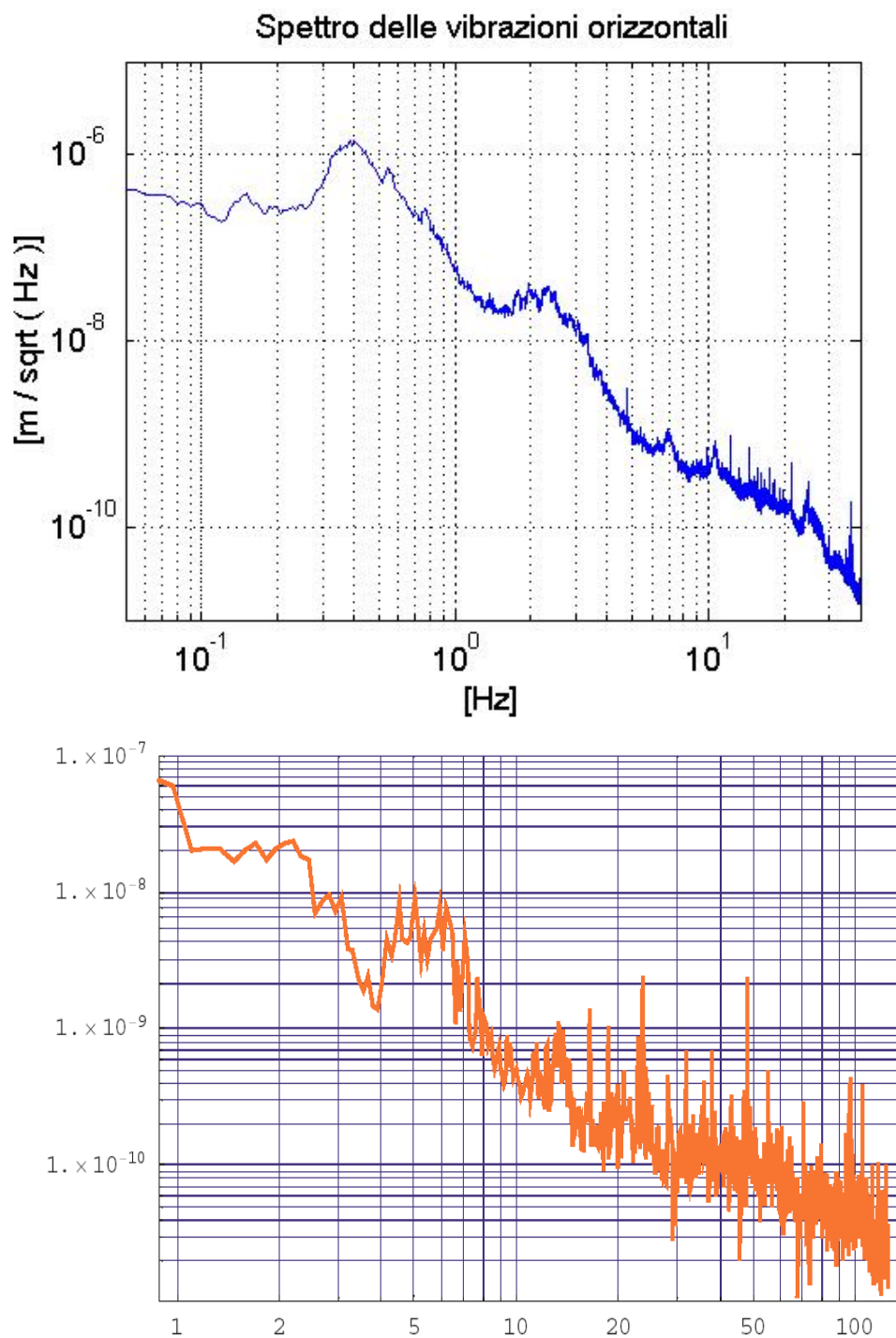


Fig. A.1. Spettro di spostamento orizzontale al sito in $m/Hz^{1/2}$.

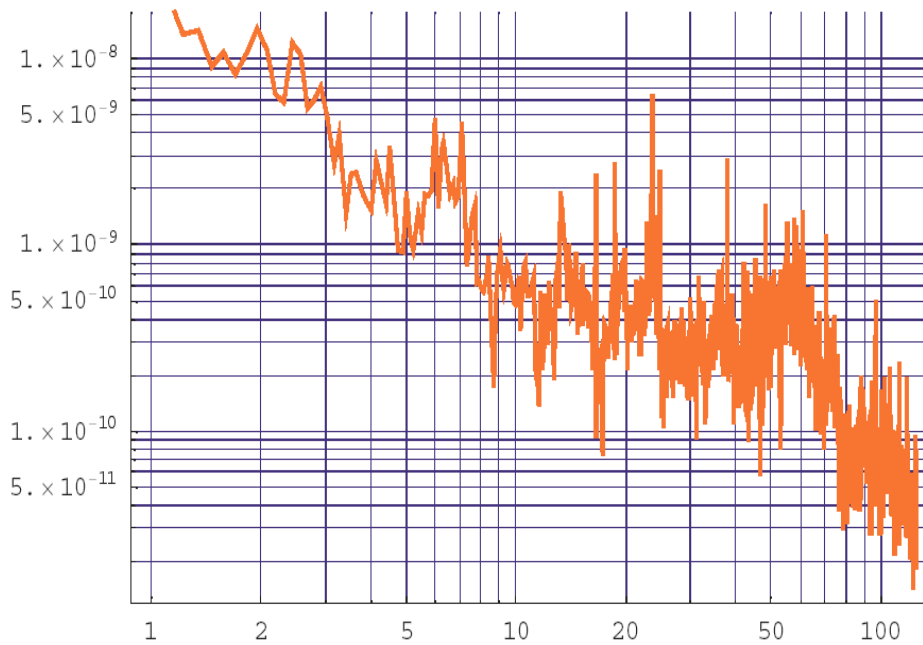
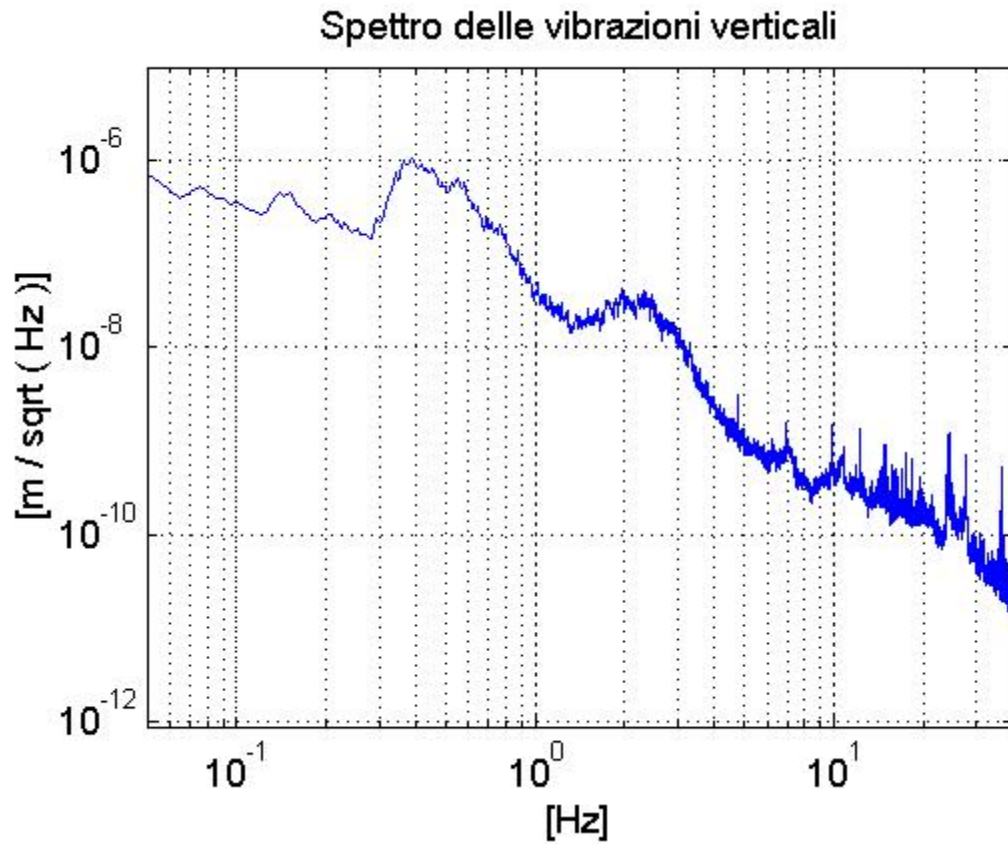


Fig. A.2. Spettro di spostamento verticale al sito in $m/Hz^{1/2}$.

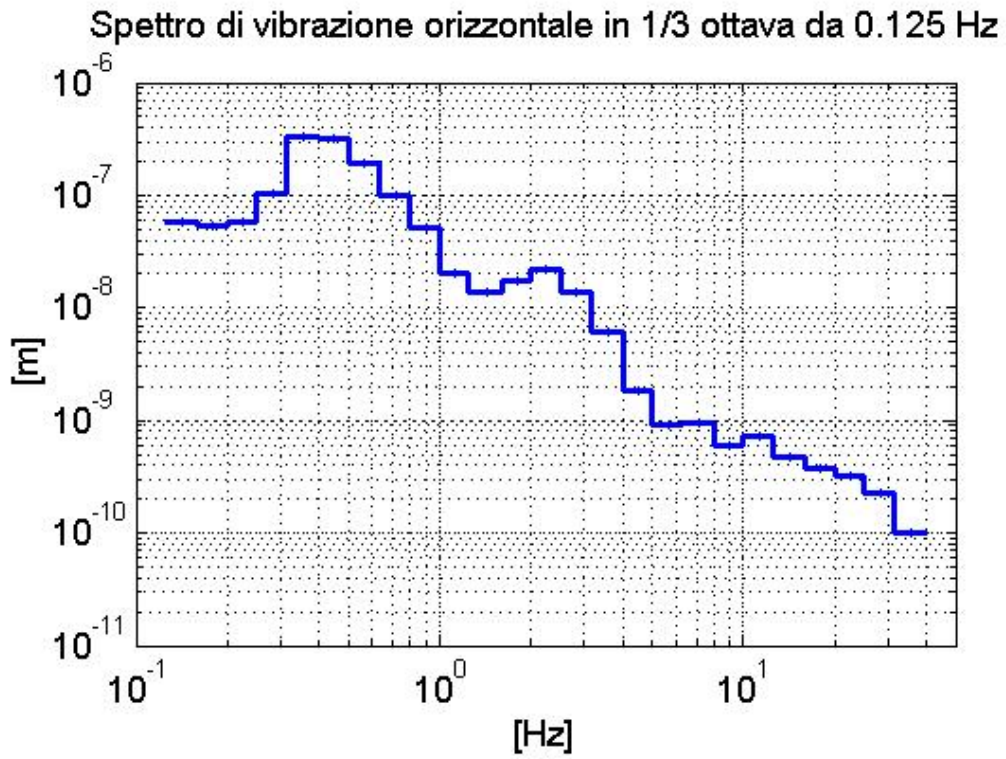


Fig. A.3. Spettro di spostamento orizzontale al sito in 1/3 di ottava.

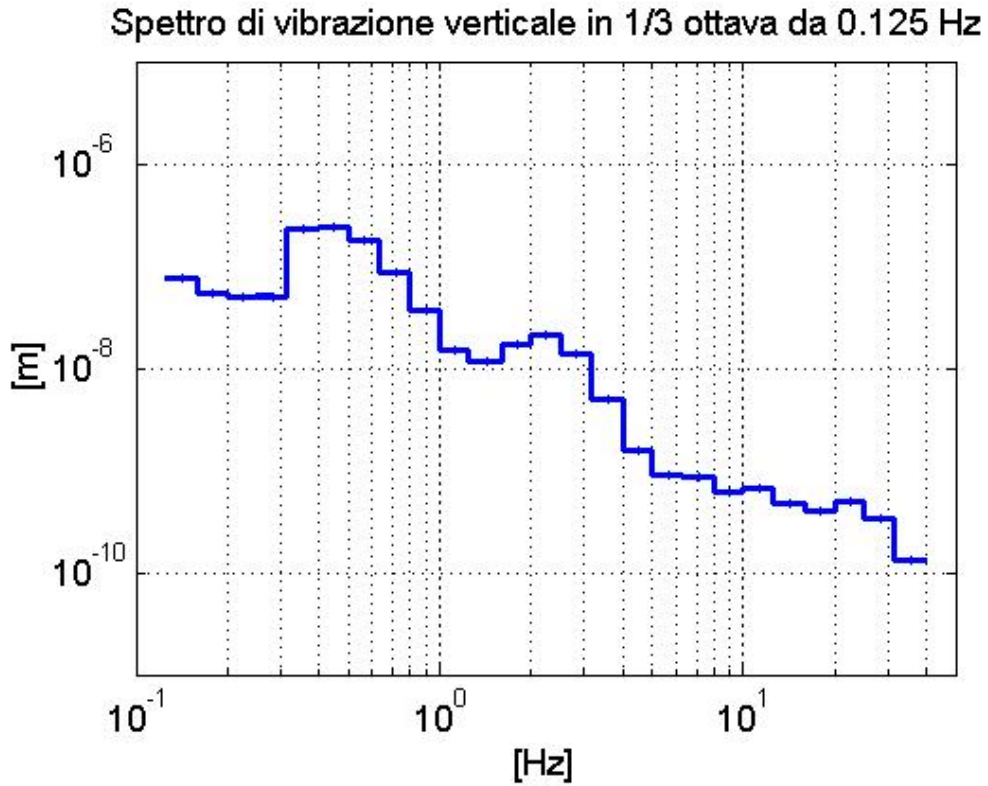


Fig. A.4. Spettro di spostamento verticale al sito in 1/3 di ottava.

A.2 Valore di picco su una banda passante da 0 a 10 kHz.

Direzione orizzontale: $2 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2$. Direzione verticale: $2 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2$.

A.3 Elenco di frequenze critiche

0.0141 Hz	0.8600 Hz
0.0310 Hz	0.8778 Hz
0.0404 Hz	0.9210 Hz
0.0485 Hz	0.9926 Hz
0.0758 Hz	0.9930 Hz
0.1121 Hz	1.1853 Hz
0.1455 Hz	1.1904 Hz
0.1729 Hz	1.1992 Hz
0.2508 Hz	1.2166 Hz
0.2893 Hz	1.2868 Hz
0.2933 Hz	1.3442 Hz
0.3030 Hz	1.4825 Hz
0.4108 Hz	1.5282 Hz
0.4223 Hz	1.5294 Hz
0.4674 Hz	1.7347 Hz
0.4813 Hz	1.7954 Hz
0.5434 Hz	1.8609 Hz
0.5522 Hz	1.8611 Hz
0.5965 Hz	3.2103 Hz
0.6469 Hz	6.8556 Hz
0.6664 Hz	9.2957 Hz
0.7631 Hz	Intervallo da 10 a 100 Hz
0.7926 Hz	

Appendice B: Inquinamento acustico

B.1 Spettri di pressione sonora.

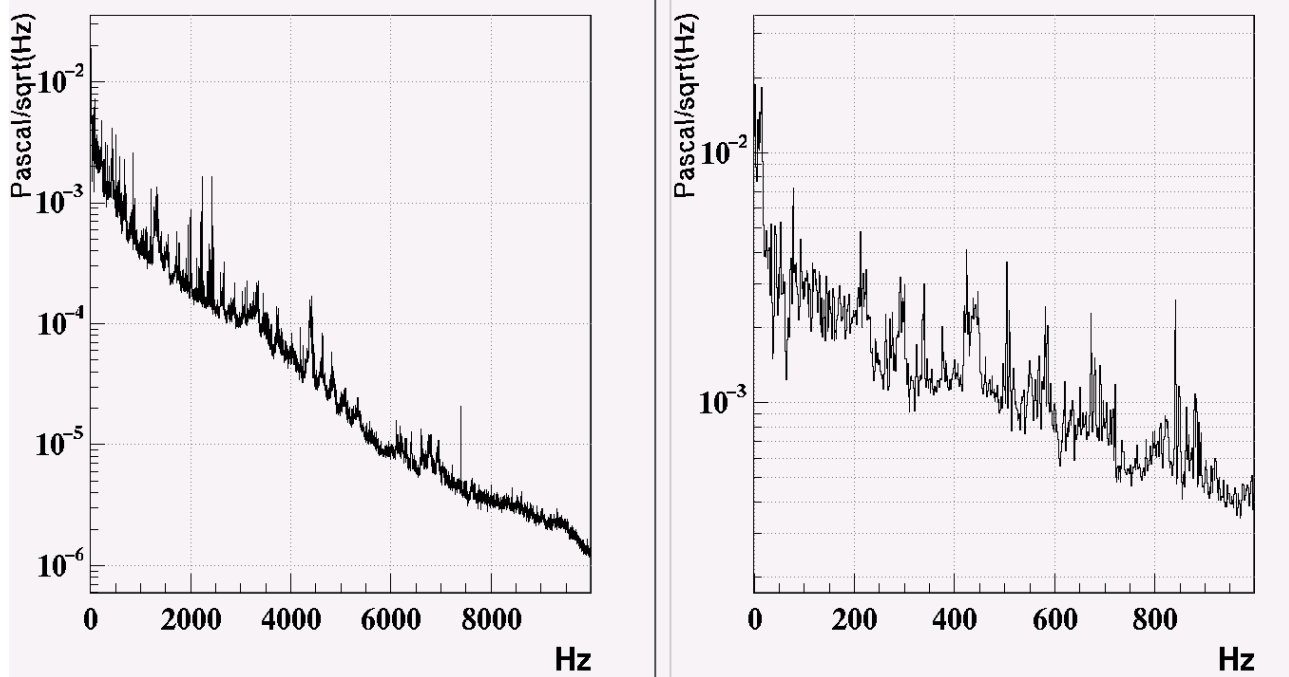


Fig. B.1. Spettro di pressione sonora all'interno degli edifici. Intero e dettaglio a bassa frequenza.

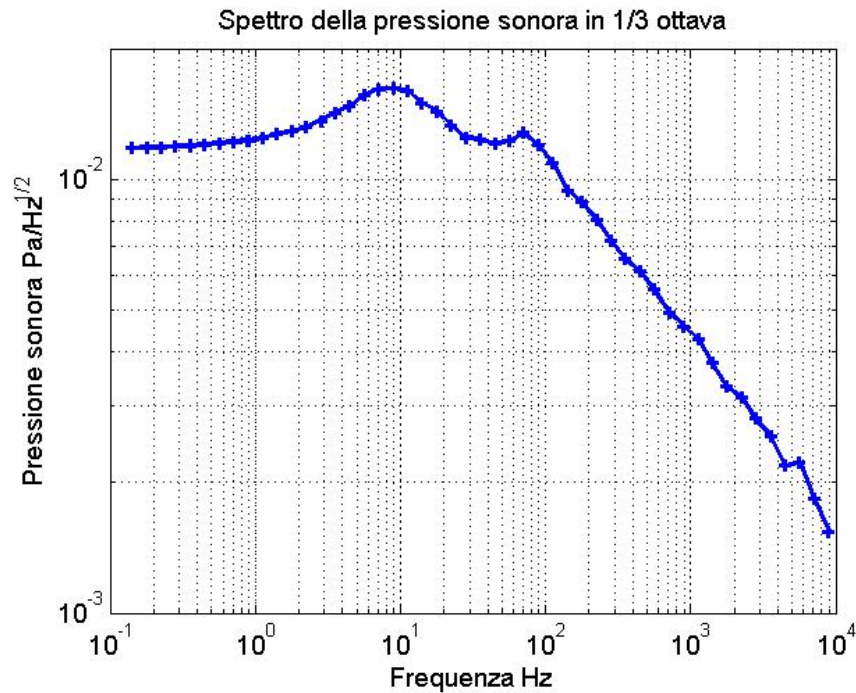


Fig. B.2. Spettro di pressione sonora al sito in 1/3 di ottava.

B.2 Valore di picco della pressione sonora su una banda passante da 0 a 20 kHz.

$$4 \cdot 10^{-1} \text{ Pa.}$$

Appendice C: Inquinamento elettromagnetico

C.1 Spettri dei campi elettrico e magnetico

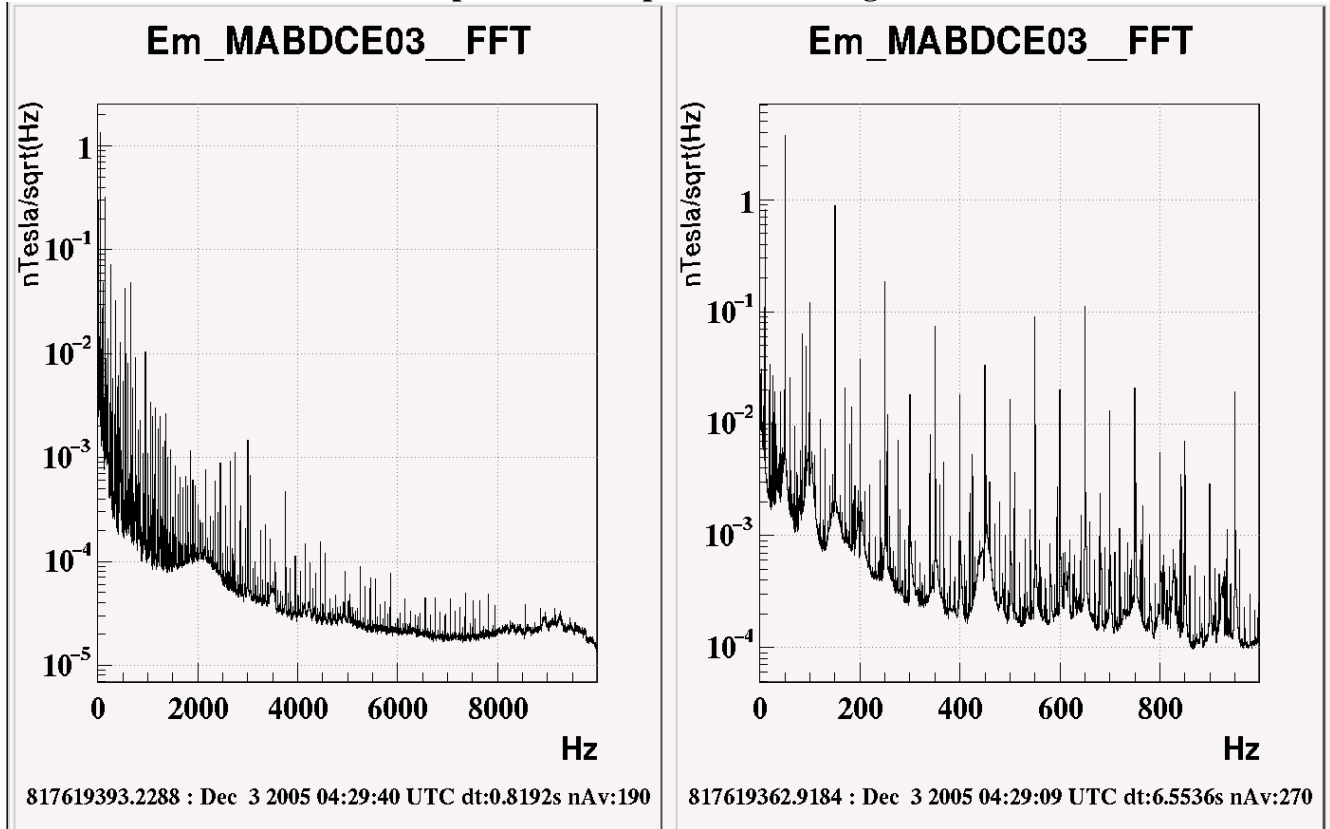


Fig. C.1. Spettro del campo magnetico.

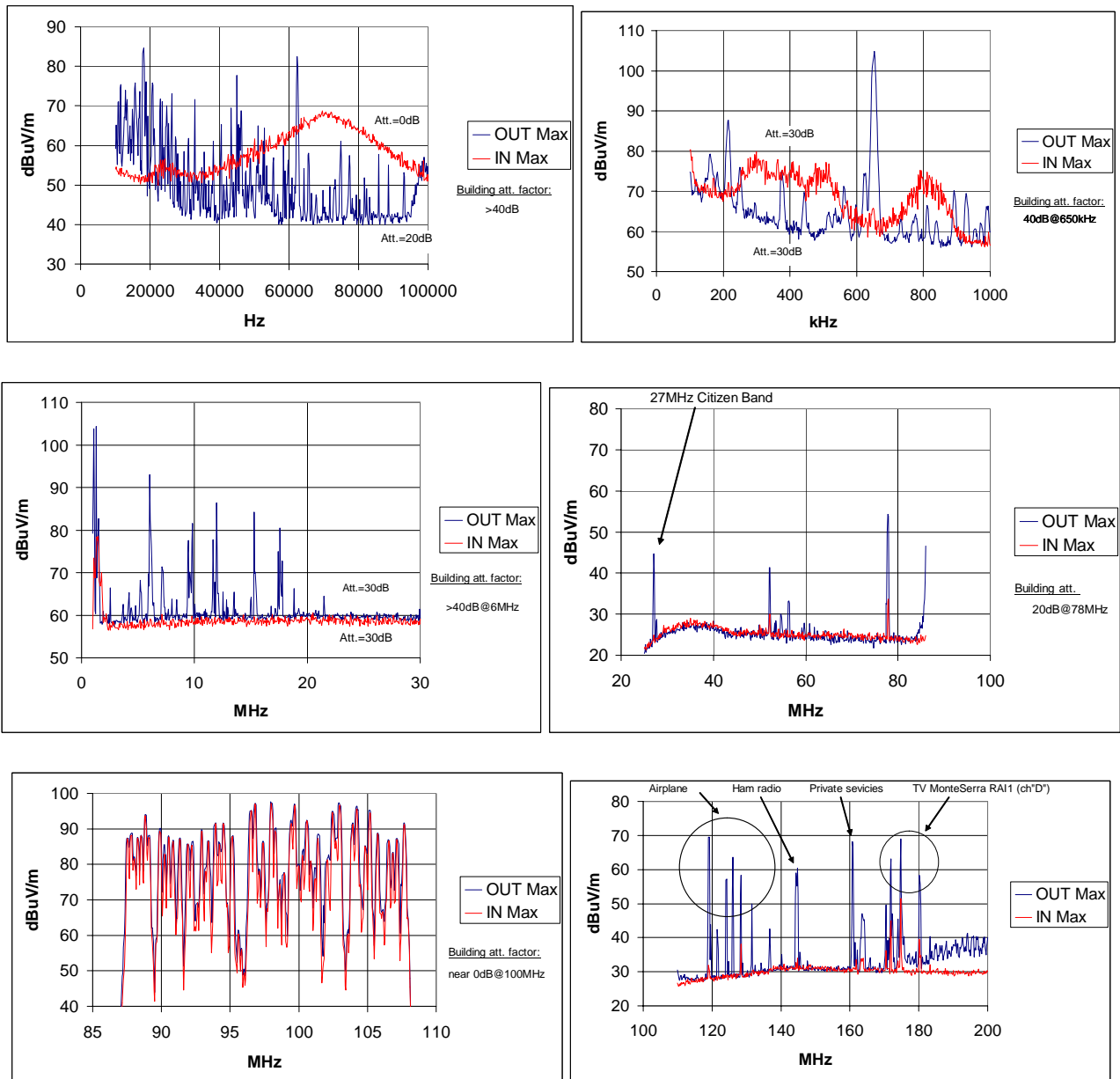


Fig. C.2 Spettro del campo elettrico. OUT: campo esterno. IN campo all'interno dell'edificio centrale.

C.2 Valore di picco del campo magnetico su una banda passante da 0 a 20 kHz.

8 nT.

Appendice D: Modello di propagazione delle vibrazioni.

A piccola distanza è rilevante la propagazione superficiale per la quale il fattore di attenuazione geometrico β è pari a

$$\beta = \frac{A_1}{A_0} = \sqrt{\frac{R_0}{R_1}}$$

In questa formula A_1 è l'ampiezza di vibrazione al sito di Virgo e R_1 è la distanza della sorgente dal sito mentre A_0 è l'ampiezza della sorgente misurata a una distanza R_0 vicino alla sorgente. R_0 deve essere almeno pari alla lunghezza d'onda di propagazione.

Appendice E: Procedura per valutare l'effetto di una sorgente periodica:

La possibilità di sfruttare la precisa ripetizione del segnale di una sorgente periodica consente, nel caso più favorevole, di abbassare il rumore di un fattore

$$\frac{1}{\sqrt{T_{oss}}}$$

In questa espressione T_{oss} è il tempo di osservazione espresso in secondi. Virgo si propone di effettuare misure su uno o più anni. Per un anno T_{oss} è 3.15×10^7 secondi e il fattore di riduzione può teoricamente giungere fino a circa 1/5000.

Quindi la sensibilità può migliorare moltissimo rendendo l'interferometro quindi altrettanto più sensibile a sorgenti locali che simulerebbero il segnale di un'onda gravitazionale.