

## **Studio di fattibilità per un Concerto dell'Orchestra Sinfonica della RAI nella Cattedrale di San Petronio, in Bologna.**

La vastità e l'articolazione degli spazi della Cattedrale di San Petronio, in Bologna, rendono particolarmente impegnativo contemperare le differenti richieste tecniche e musicali connesse con l'evento in oggetto, previsto per la data del 16 settembre 2000.

Evidenti motivi di opportunità hanno condotto ad escludere di porre l'orchestra nell'unica posizione ove avrebbe beneficiato di riflessioni prossime, cioè l'area immediatamente interna al portale d'accesso alla Cattedrale.

L'area antistante l'altare -al contrario- è praticamente priva di pareti riflettenti più vicine di venti metri, queste peraltro assai articolate e dunque tendenzialmente diffondenti. Questo rende minima la quantità di energia scambiata tra le diverse sezioni dell'orchestra stessa, con evidenti problemi di comunicazione e sincronia che è imperativo non aggravare con eccessive quote di ritorni dal sistema di amplificazione.

La prevista ripresa in diretta radio ed in differita TV rafforzano la necessità di cautela nell'immissione di ulteriore energia in uno spazio così vasto e riverberante.

La presenza di un ristretto pubblico, distribuito per una profondità di oltre sessanta metri, rende tuttavia indispensabile ricorrere ad un impianto di amplificazione, senza il quale sarebbe compromessa sia l'intelligibilità che il livello energetico e, con esso, il coinvolgimento emotivo del pubblico.

Proprio la necessità di configurare con la massima cautela ed efficacia l'impianto di amplificazione ha suggerito di operare una serie di rilievi preventivi, descritti in dettaglio qui di seguito.

### **La tecnica dei rilievi**

Per la misura del Tempo di Riverbero, della distanza critica e del rapporto tra energia diretta e campo riverberato ci si è avvalsi di un **Analizzatore di Time Delay Spectrometry** tipo **Techron TEF-20**, con un diffusore di prova omnidirezionale ed un microfono di misura Bruel & Kjaer mod.4190 con preamplificatore B & K 2669.

La sorgente di prova è stata posizionata in corrispondenza della posizione che successivamente avrebbe occupato la parte anteriore del palco, ad altezza simile. Il microfono di misura -su asta e ad altezza testa- è stato dislocato in un numero di posizioni comprese nell'area ove avrebbe preso posto il pubblico.

La particolare tecnica di rilievo in Time Delay Spectrometry, mediante toni sinusoidali rapidamente variati in frequenza e con filtro sintonizzato in ingresso all'analizzatore,

ha consentito di operare rilievi con elevatissima gamma dinamica nonostante i rumori interni ed esterni alla Cattedrale (peraltro accentuati dal riverbero).

Successivi rilievi mediante sequenze digitali MLS hanno permesso di disporre di una seconda serie di dati, più adatti al processamento ed all'analisi fuori opera, ma sempre caratterizzati da elevata dinamica e risoluzione, questa volta grazie alla reiterazione della stessa sequenza e dalla media vettoriale tra le successive acquisizioni.

L'importanza dei rilievi risiede soprattutto nella relativa sicurezza dei dati -ottenuti comunque con due tecniche di misura assai differenti- rispetto alle comuni previsioni basate su una modellazione necessariamente assai schematica e grossolana dello spazio: tutti i programmi di simulazione attualmente disponibili richiedono un dato iniziale in merito ai coefficienti di assorbimento delle pareti ed altri dati geometrici di una certa discrezionalità e dunque con evidenti possibilità di errore.

## **I rilievi**

I sette grafici qui commentati sono una ristretta selezione dei più significativi tra i circa duecento rilievi effettuati, per due diverse posizioni della sorgente di misura.

I primi tre grafici mostrano l'andamento dell'energia acustica rispetto al tempo, cioè il succedersi di arrivi diretti e riflessioni, per la banda di frequenze posta un'ottava attorno a 2000 Hz.

Questa gamma di frequenze è particolarmente critica per l'articolazione del parlato, ma anche dei transienti musicali: da questi rilievi è possibile ricavare un Indice di Perdita di Articolazione delle Consonanti mediante un opportuno algoritmo, che tuttavia correla assai da vicino con quanto altrimenti rilevabile mediante sequenze di sillabe registrate, con valori accettabili inferiori al 10 per cento.

Il **Grafico n.1** mostra il succedersi degli arrivi di energia acustica nelle immediate vicinanze del diffusore di prova (a soli 5 metri di distanza), il primo arrivo -diretto dal diffusore di prova- prevale di oltre 8 deciBel rispetto alla somma delle riflessioni, nonostante il Tempo di Riverbero sia di ben sette secondi a queste frequenze. E' evidente che queste prestazioni sono dovute alla distanza assai ravvicinata e descrivono piuttosto il tipo di trasferimento di energia tra le diverse sezioni dell'orchestra: la prime riflessioni utili sono evidentemente assai distanti nel tempo di arrivo (un quarto di secondo circa) e -fortunatamente- assai contenute in ampiezza e fitte, a conferma della diffusività ed articolazione degli spazi attorno all'area prescelta per porre il palco.

Il **Grafico n.2** mostra il succedersi degli arrivi di energia per una posizione più rappresentativa del settore di pubblico più vicino al palco (venti metri di distanza): il primo arrivo è ancora consistente, ma il campo riverberato è di pari entità e l'Articolazione del Parlato è già compromessa del 13 per cento nonostante il tipo di misura ignori volutamente il contributo aggiuntivo del rumore di fondo.

In condizioni effettive di impiego questa distanza sarebbe di già eccessiva, dato che le basse frequenze sono ancor più riverberate (il Tempo di Riverbero sale ad 11 secondi) e qualsiasi fondo di rumore o rientro nei microfoni innalzerebbe la perdita di articolazione a valori del tutto inaccettabili. E' evidente che due terzi dell'area prevista per il pubblico sono situati oltre questa distanza, con previsioni di resa pessime.

Il **Grafico n.3** conferma con precisione lo scenario prevedibile a 40 metri di distanza dal diffusore di prova: il campo riverberato qui prevale di 14 deciBel (25 volte) e la Perdita di Articolazione è prossima al 48 per cento.

Questi dati -di evidente conferma all'ascolto già durante i rilievi- sono peraltro relativi ad una singola sorgente di prova: nel caso di un'orchestra la situazione è aggravata dalla schermatura ed assorbimento che ogni componente l'orchestra opera inevitabilmente nei confronti delle emissioni sia del suo strumento che di quello degli altri orchestrali. Nel caso di qualsiasi impianto di amplificazione è il numero dei diffusori a moltiplicare il livello energetico del solo campo riverberato, ricreando un livello di prestazioni assai compromesso anche a distanze inferiori (in proporzione alla radice quadrata del numero di diffusori).

Il **Grafico n.4** mostra un'altra caratteristica particolarmente negativa del riverbero naturale nella Cattedrale di San Petronio ed in spazi simili: dopo un secondo dalla cessazione del segnale di prova il livello è ancora consistente (vedi i grafici successivi) ed è costante per le tre posizioni di misura a 5-20-40 mt., ma le alte frequenze sopra i 2500 Hz sono inesorabilmente eliminate dall'assorbimento sia dell'aria che delle asperità delle pareti. Il riverbero acquisisce dunque un equilibrio spettrale assai diverso da quello dell'arrivo di energia diretto, essendo così particolarmente riconoscibile e fastidioso.

Questo tipo di comportamento dei vasti spazi ne spiega bene la caratteristica impronta, che rende purtroppo inutilizzabile la pure discreta disponibilità di energia garantita dal riverbero.

I tre ultimi grafici sono particolarmente interessanti per la facilità di interpretazione: in essi è visibile la Funzione di Trasferimento al variare della frequenza per due differenti finestrate temporali.

La curva in basso mostra la risposta dell'arrivo diretto dal diffusore di prova, mentre quella superiore è relativa al complesso dell'energia diretta e riverberata (entro 1,3 secondi) percepibile dall'ascoltatore.

Le due curve coincidono alle alte frequenze, ove manca il riverbero: il livello energetico scende considerevolmente al crescere della distanza dal diffusore di prova, come pure diminuirebbe l'energia diretta proveniente da qualsiasi strumento musicale.

Alle basse frequenze le due curve si allontanano fin'anche di 10 deciBel, indicando un livello pressoché costante per il campo riverberato ed un campo diretto praticamente non supportato da alcuna riflessione ravvicinata (utile, in termini musicali).

Il **Grafico n.5** mostra la risposta diretta e totale del diffusore di prova, a soli 5 metri di distanza: le due curve coincidono tranne dove la riflessione dal pavimento crea un vuoto nella risposta in gamma medio-bassa, assai caratteristico degli spazi ove il pubblico è disposto ad una distanza stabile dal pavimento (e non su gradinate).

Il **Grafico n.6** mostra che a 20 metri di distanza il livello delle alte frequenze è già calato considerevolmente, mentre alle basse frequenze è solo il riverbero a mantenere un certo livello energetico, con ovvie implicazioni a livello di resa dei transienti e di bilanciamento di questo tipo di passaggi musicali rispetto alle emissioni temporalmente meno articolate e più stabili.

Il **Grafico n.7** mostra che a 40 metri di distanza dal diffusore di prova -o da qualsiasi sorgente musicale- l'emissione diretta è ormai completamente sovrastata dal campo riverberato (10 volte, in media) ed il bilanciamento timbrico è ormai del tutto compromesso, quanto l'intelligibilità del parlato e dei transienti.

### **La scelta del tipo di impianto di amplificazione**

Premesso che il netto decadimento del campo diretto su distanze così considerevoli e senza prime riflessioni utili, nonché la marcata personalità timbrica del riverbero impongono l'impiego di un impianto di amplificazione, questo idealmente dovrebbe essere composto dal minimo numero di diffusori in grado di emettere sull'angolo solido sotteso dal complesso delle aree occupate dal pubblico e verso la posizione di emissione scelta.

In un primo momento -infatti- si è ipotizzata la scelta di due sole sezioni di impianto audio, talmente direttive da emettere sui soli dieci gradi di copertura verticale e trenta gradi orizzontali necessari per i tre settori di pubblico principali e per una quota di sospensione di circa cinque metri.

Questo tipo di impianto avrebbe comportato la possibilità di esentarsi dall'impiego di sezioni ritardate -con gli ovvi problemi di sincronizzazione delle emissioni- con evidenti benefici in termini di impatto visivo.

Tuttavia la mancata disponibilità di diffusori commerciali così direttivi avrebbe comportato la necessità di una sperimentazione assai avanzata e poco compatibile con i tempi dell'evento (soprattutto il fatto di seguire di poco il mese di agosto): anche operando di rimbalzo, con i diffusori in terra ed un pannello riflettente a circa 5 metri di altezza, l'ingombro e l'impatto visivo delle due sorgenti non sarebbero stati comunque trascurabili.

Per questo motivo la scelta di due sole sezioni e di una bassa quota di sospensione (anche del pannello riflettente) è stata necessariamente abbandonata.

La scelta alternativa di elezione è stata quella di impiegare un numero ridotto (6 + 2) di sezioni ritardate, del massimo livello qualitativo.

In particolare per la gamma alta sono stati suggeriti diffusori (Meyer MSL-5) che sono unanimemente riconosciuti come lo stato dell'arte disponibile.

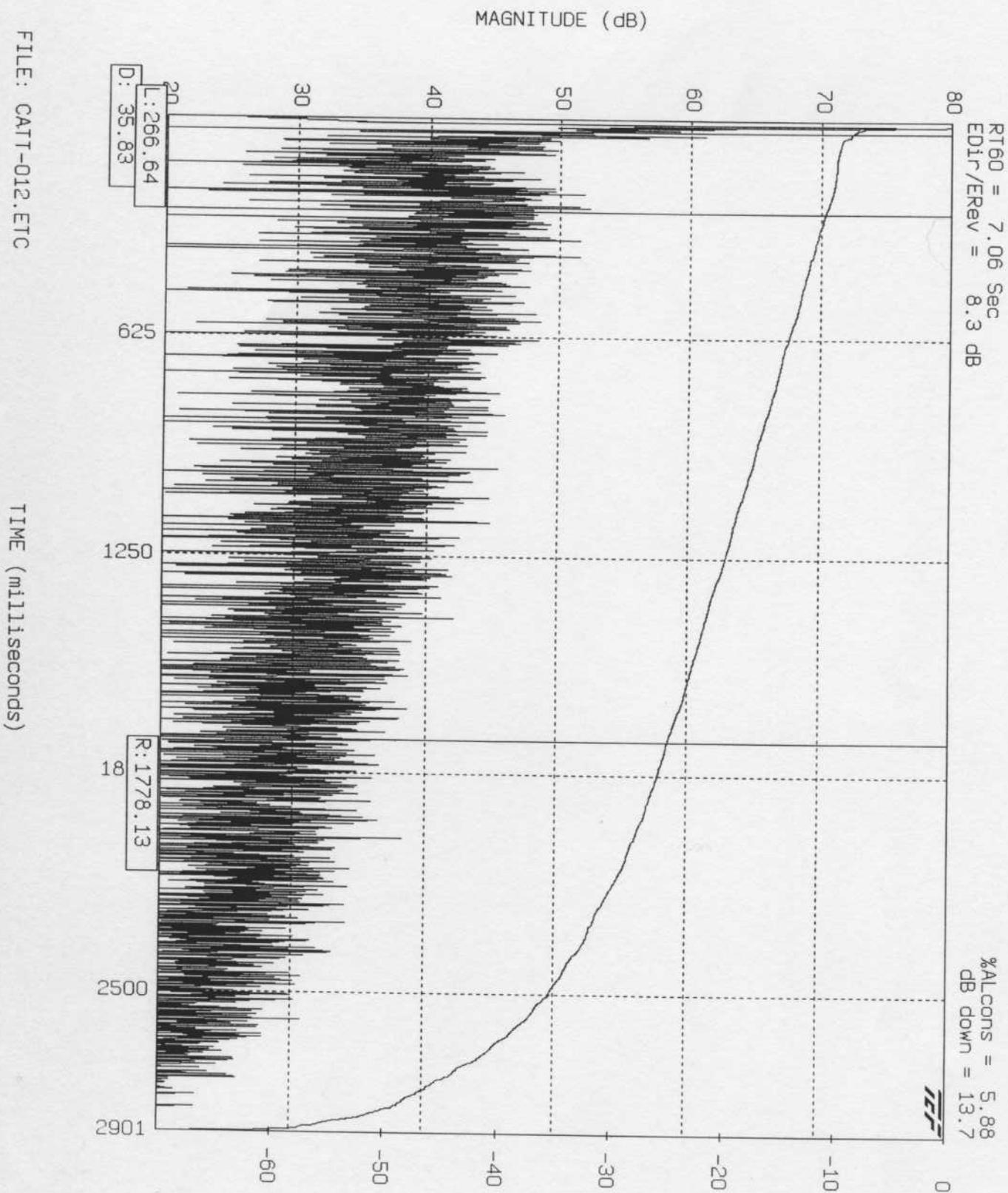
Per questo numero di sezioni la quota minima di sospensione necessaria -per non esporre gli ascoltatori più vicini a livelli di pressione sonora eccessivi o troppo differenti da quelli della media- si è rivelata pari a circa otto metri di altezza.

A questa distanza è tuttavia assai critico il bilanciamento con le basse frequenze, inevitabilmente emesse quasi omnidirezionalmente da tutti i diffusori commerciali, incluse le Meyer MSL-5: per questo la sezione bassi di queste è stata prevista come non utilizzata, in quanto sostituita -per ogni sezione- da una coppia di dipoli appositamente approntati (per la gamma bassa) e da un sistema di dipolo e paraboloide (per la gamma medio-bassa).

Le prestazioni di questa configurazione di impianto saranno eventualmente oggetto di ulteriori rilievi, da comparare con i presenti.

Roma 12 agosto 2000

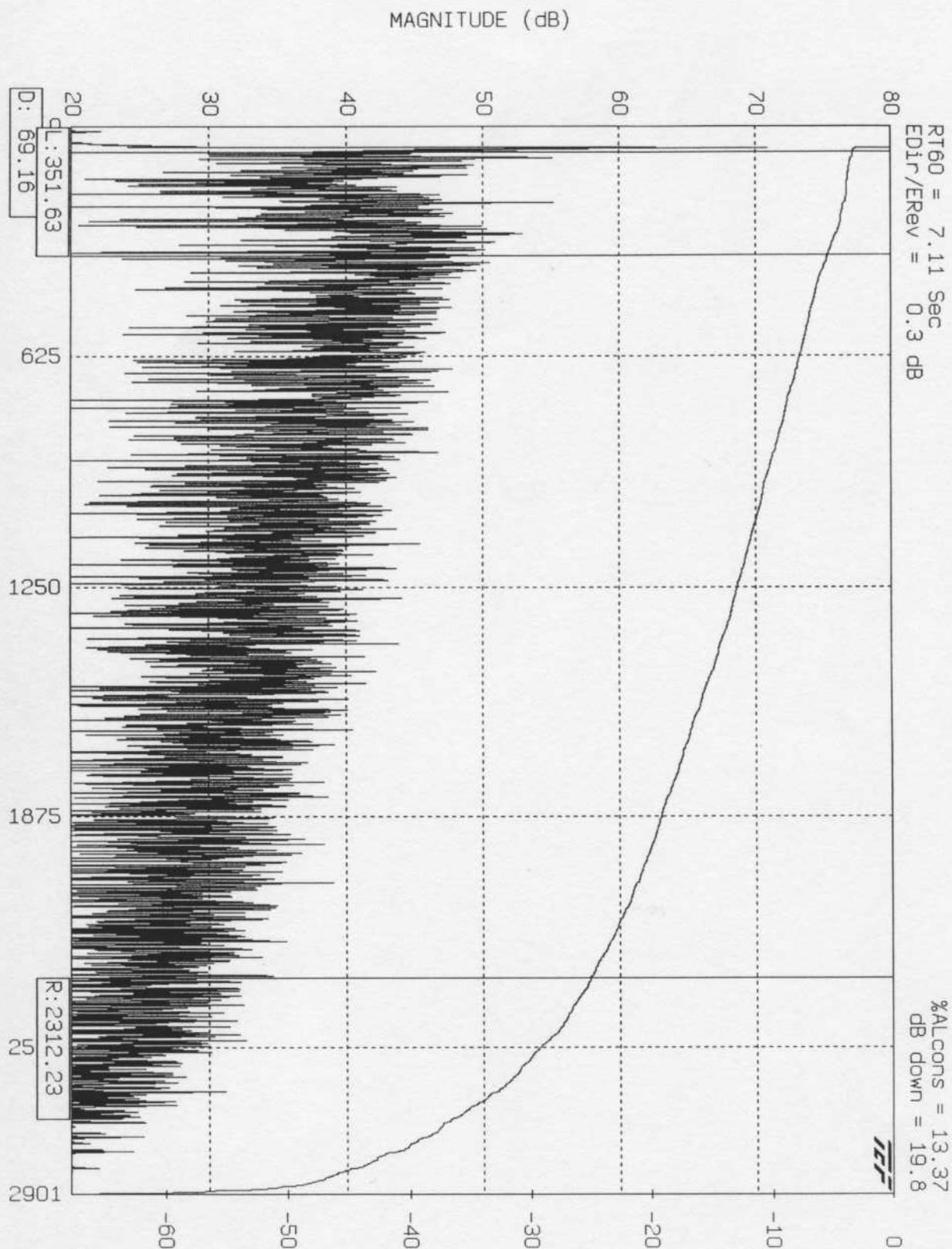
Fabrizio Calabrese



**Grafico n.1: San Petronio, Bologna**  
**Rilievi con sorgente omnidirezionale**  
**Ottava 2 KHz, ETC a 5 mt. di distanza**

FILE: CATT-007.ETC

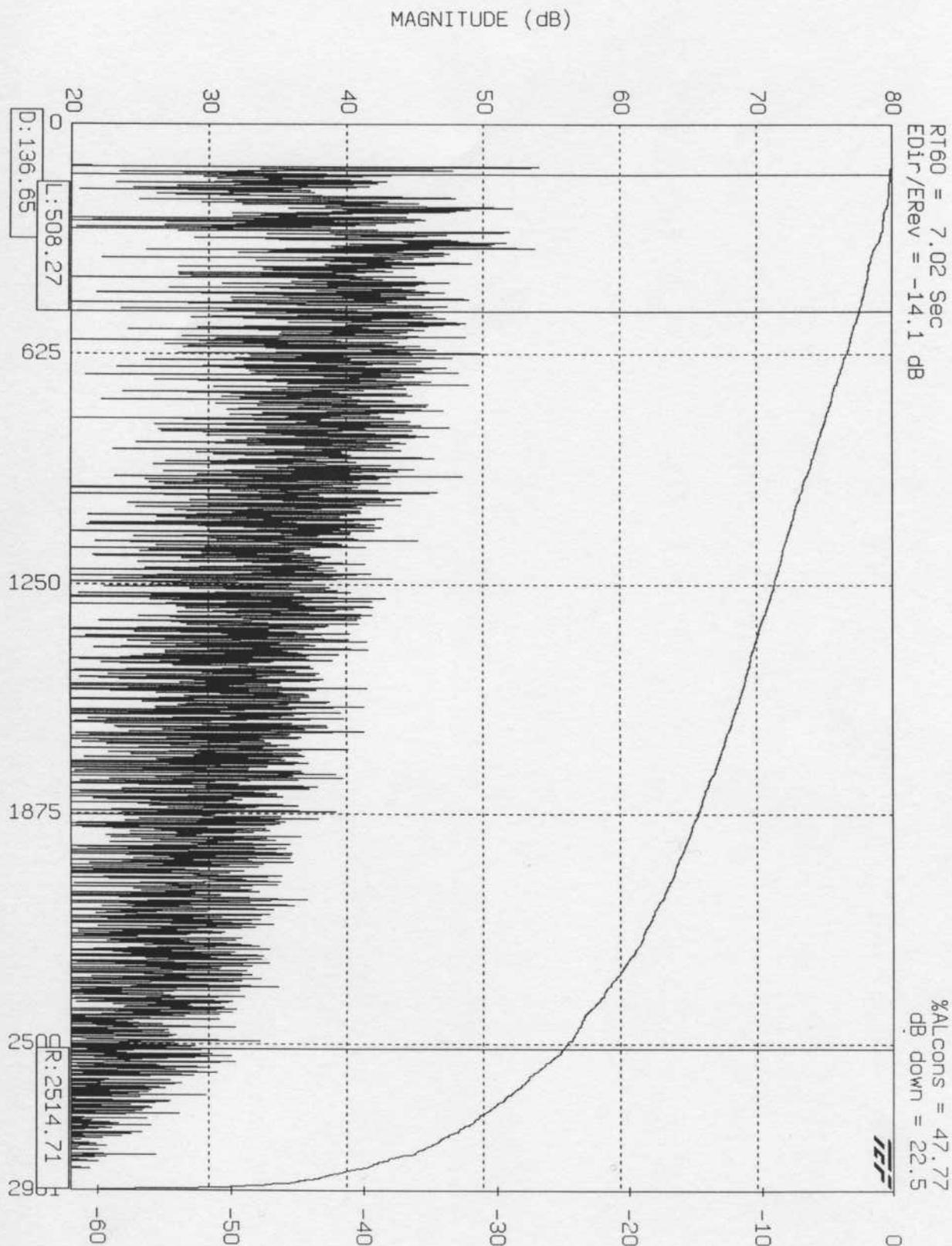
TIME (milliseconds)



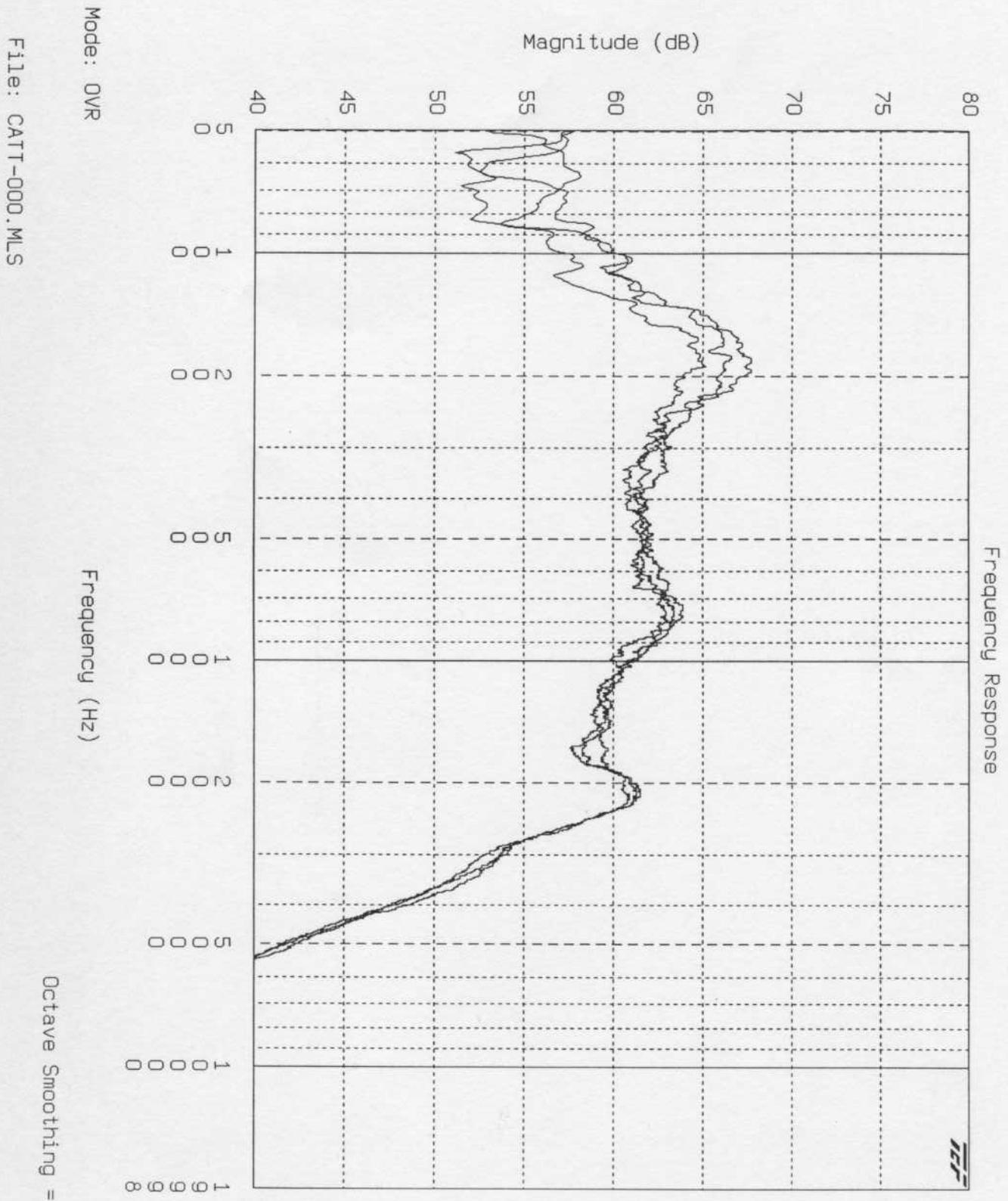
**Grafico n.2: San Petronio, Bologna**  
Rilievi con sorgente omnidirezionale  
Ottava 2 KHz, ETC a 20 mt. di distanza

FILE: CATT-005.ETC

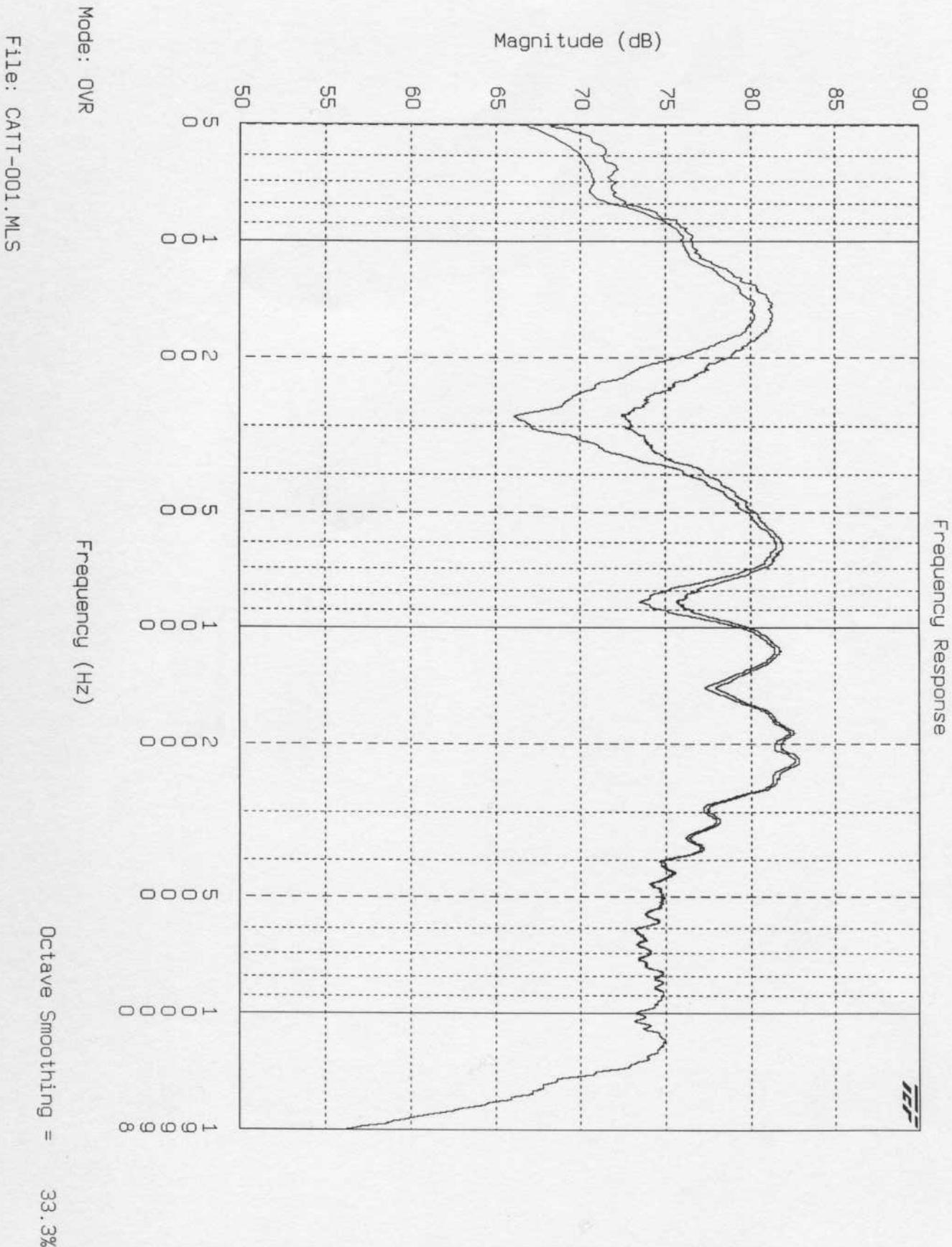
TIME (milliseconds)



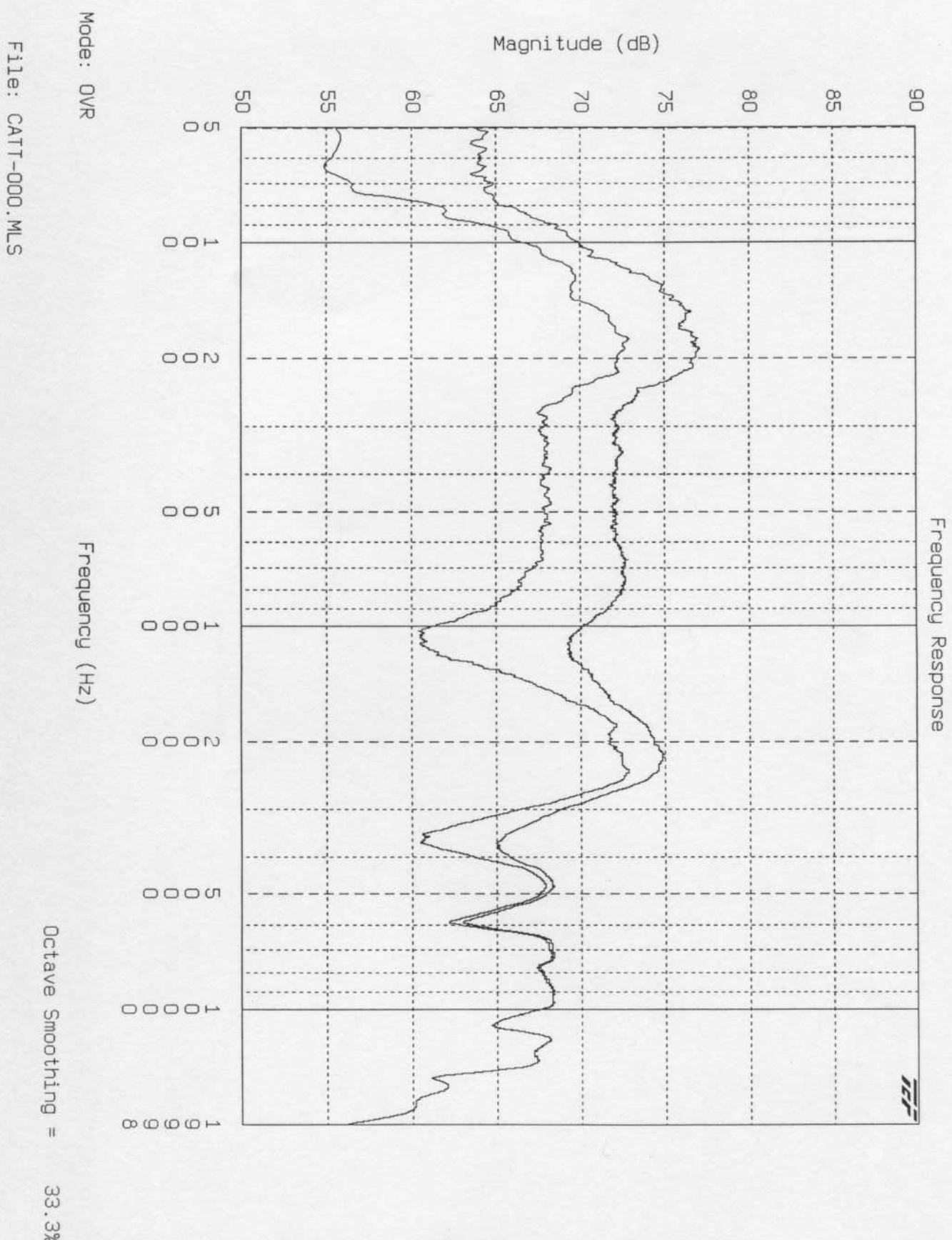
**Grafico n.3: San Petronio, Bologna**  
Rilievi con sorgente omnidirezionale  
Ottava 2 KHz, ETC a 40 mt. di distanza



**Grafico n.4: San Petronio, Bologna**  
 Rilievi con sorgente omnidirezionale  
 FFT Campo Riverberato (1-1,3 sec.)



**Grafico n.5: San Petronio, Bologna**  
**Rilievi con sorgente omnidirezionale**  
**FFT emissione totale e diretta, 5 mt.**



**Grafico n.6: San Petronio, Bologna**  
**Rilievi con sorgente omnidirezionale**  
**FFT emissione totale e diretta, 20 mt.**

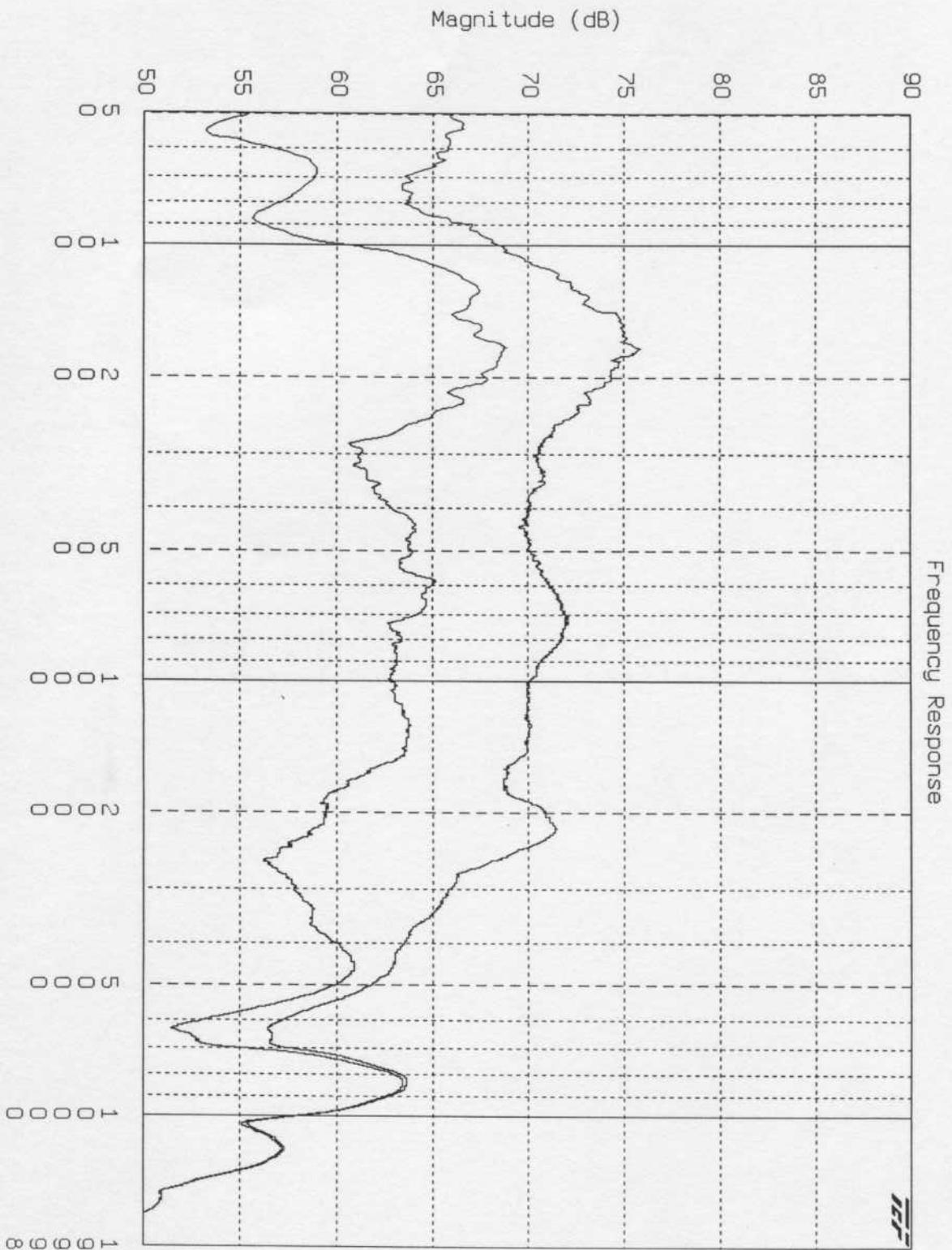
Mode: OVR

File: CATT-002.MLS

Frequency (Hz)

Octave Smoothing =

33.3%



**Grafico n.7: San Petronio, Bologna**  
Rilievi con sorgente omnidirezionale  
FFT emissione totale e diretta, 40 mt.