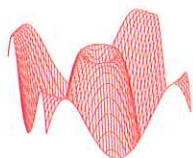


| | | |
|---|--|-------------------|
|  <p>eni S.p.A. Exploration & Production Division</p> | <p>Doc. SICS 201 Integrazioni allo Studio di Impatto Ambientale Pozzo esplorativo "Carpignano Sesia 1"</p> | <p>All 1.14.1</p> |
|---|--|-------------------|

ALLEGATO 1.14.1

Relazione Tecnica "Rilievo dei livelli di emissione vibrazionale"



L.C.E. Laboratorio Certificazione Elettronica s.n.c.
Sede legale: P.zza G. Falcone n.9 - 20090 Opera (MI)
Laboratori: via Mosè n.7 - 20090 Opera (MI)
Cod. fisc. e P. IVA n. 10469990153
Tel: 02-57602858 • Fax: 02-57607234
www.lce.it • E-mail: info@lce.it

Committente

D'APPOLONIA SpA
Via San Nazzaro 19 – 16145 Genova



RILIEVO DEI LIVELLI DI EMISSIONE VIBRAZIONALE

Dicembre 2004

Relazione tecnica rif. 03-559



Il presente documento è stato elaborato da:

L.C.E. Laboratorio Certificazione Elettronica s.n.c

di Sergenti Marco & C. - Centro SIT 68/E

Laboratori: via Mosè n.7 - 20090 Opera (MI) Sede legale: P.zza G. Falcone n.9 - 20090 Opera (MI)

Cod. fisc. e P. IVA n. 10469990153 • Iscriz. Trib. N. 319820

Tel: (+39) 02-57602858 • Fax: (+39) 02-57607234 • <http://www.lce.it> • E-mail: info@lce.it

Ne hanno curato la stesura:

SERGENTI Marco

(Tecnico Competente in Acustica – Regione Lombardia – D.P.G.R. n° 556 del 10.02.1998)

Staff:

COLOMBO Claudio, CORAPI Giuseppe, COSTA Claudio, PANI Riccardo.

Rif Doc. 4101



1. Sommario

| | |
|---|-----------|
| 1. SOMMARIO | 3 |
| 2. PREMESSA..... | 4 |
| 3. RIFERIMENTI LEGISLATIVI | 5 |
| 3.1. LA NORMATIVA DI RIFERIMENTO..... | 5 |
| 4. TERMINI E DEFINIZIONI | 6 |
| 4.1. DEFINIZIONI | 6 |
| 4.2. TIPI DI VIBRAZIONI | 6 |
| 5. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA | 7 |
| 6. CRITERI DI VALUTAZIONE | 8 |
| 6.1. DIREZIONE DI MISURA..... | 8 |
| 6.2. INCERTEZZA DEI VALORI MISURATI | 8 |
| 6.3. LA NORMATIVA UNI 9614 | 9 |
| 7. LOCALIZZAZIONE | 10 |
| 7.1. GENERALITÀ..... | 10 |
| 8. INQUADRAMENTO DELLA PROBLEMATICHE DI VIBRAZIONE | 11 |
| 8.1. ORIGINE DELLE VIBRAZIONI | 11 |
| 9. LE MISURE | 12 |
| 9.1. LA SESSIONE DI MISURE DEL 11 NOVEMBRE 2004 | 12 |
| 9.2. CONDIZIONI DI POSIZIONAMENTO..... | 12 |
| 9.2.1. Posizione dei punti di misura | 12 |
| 9.2.2. Condizioni operativa delle sorgenti durante le misure | 13 |
| 9.3. RISULTATI DELLE MISURE..... | 14 |
| 9.3.1. Valutazione dei livelli di vibrazioni in base alla UNI 9614..... | 14 |
| 10. CONCLUSIONI | 17 |
| 11. ALLEGATI..... | 18 |



2. Premessa

Questo studio è volto a caratterizzare le emissioni vibratorie indotte dall'infissione del conductor pipe di un futuro pozzo a Savignano Sul Panaro (MO), a diverse distanze e sui tre assi XYZ così come previsto dalla normativa tecnica in materia.

I riferimenti normativi utilizzati sono quelli della ISO 2631 e dalla UNI 9614.



3. Riferimenti legislativi

3.1. La normativa di riferimento

Per misure interne agli ambienti industriali i metodi di verifica sono quelli più generali riportati nella *ISO (International Standard Organization) 2631 "Guide to evaluation of human exposure to whole-body vibration"*, mentre per le misure negli ambienti abitativi i riferimenti normativi utilizzati sono quelli della *UNI 9614* e quelli della *ISO 2631 Addendum 1*.

Campo di applicazione

La *ISO 2631* si applica in modo corretto a vibrazioni prodotte da impianti all'intero corpo umano e fornisce i limiti massimi di tollerabilità di tali livelli.

Questa norma è relativa ai problemi di rischio dei lavoratori, mentre per quel che riguarda i livelli di vibrazioni prodotti ai fini della valutazione del disturbo è necessario rifarsi all'*Addendum 1* della stessa norma.

- Regolamento di Igiene della Regione Lombardia
- *ISO 2631 Guide to evaluation of human exposure to whole-body vibration - Addendum 1*
- *UNI 9614 Vibrazioni - Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo*
- *UNI 9916 Vibrazioni - Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici*
- *UNI 9513 Vibrazioni e urti - Vocabolario*
- *ISO 4865 Vibrazioni e urti - Metodo di analisi e presentazione dei dati*
- *ISO 4866 Vibrazioni meccaniche e urti - Vibrazioni di edifici - Guida per la misura di vibrazioni e valutazioni dei loro effetti sugli edifici*
- *ISO 5347 Metodi per la taratura dei rilevatori di vibrazioni e di urti*
- *ISO 5348 Vibrazioni e urti meccanici - Montaggio meccanico degli accelerometri*



4. Termini e definizioni

4.1. Definizioni

- **Vibrazioni pesate:** Sono le vibrazioni dove il livello è 20 volte il logaritmo decimale del rapporto tra una accelerazione pesata, espressa in metri al secondo quadrato, e l'accelerazione di riferimento.
- **Accelerazione di riferimento:** L'accelerazione di riferimento per esprimere i livelli di vibrazione viene data nella *ISO 1683* come 10^{-6} m/s^2 . Se viene utilizzata una diversa accelerazione di riferimento, lo si deve indicare.

4.2. Tipi di vibrazioni

Le vibrazioni immesse in un edificio possono essere definite:

- **di livello costante**, quando il livello dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza rilevato mediante costante di tempo "slow" (1s) varia nel tempo in un intervallo di ampiezza inferiore a 5 dB;
- **di livello non costante**, quando il livello suddetto varia in un intervallo di ampiezza superiore a 5 dBA;
- **impulsive**, quando sono originate da eventi di breve durata costituiti da un rapido innalzamento del livello di accelerazione sino ad un valore massimo seguito da un decadimento che può comportare o meno, a seconda dello smorzamento della struttura, una serie di oscillazioni che tendono ad estinguersi nel tempo.



5. Strumentazione utilizzata

La strumentazione utilizzata è pienamente conforme alle richieste delle normative tecniche relative.

La sezione dei filtri dell'analizzatore utilizzato è conforme alle richieste della IEC 225 (sui filtri a ottave e a terzi d'ottava).

La calibrazione della catena di misura è stata eseguita prima e dopo la verifica non riscontrando scostamenti nei livelli di taratura.

L'intera catena di misura era così composta:

- analizzatore in tempo reale Larson & Davis modello 2900
- accelerometro Bruel & Kjaer modello 4370
- preamplificatore Bruel & Kjaer modello 2635
- calibratore accelerometrico Bruel & Kjaer modello 4294



Foto 1 – La catena di misura basata sul modello 2900 della Larson & Davis

| Strumento | Modello | Costruttore | Matricola. | Data Certificato | N. Certificato | Laboratorio |
|--------------|----------|----------------|------------|------------------|----------------|----------------|
| Analizzatore | L&D 2900 | Larson & Davis | 479 | 05/03/2003 | 13300 | L.C.E. - Opera |

Tabella 1 – Analizzatore di misura



6. Criteri di valutazione

6.1. Direzione di misura

Le misure sono state eseguite sui tre assi x, y, z, come richiesto dalle norme citate.

Le direzioni lungo le quali si propagano le vibrazioni vengono riferite alla postura assunta dal soggetto esposto.

Gli assi vengono così definiti:

- asse z, passante per il coccige e la testa;
- asse x, passante per la schiena ed il petto;
- asse y, passante per le due spalle.

Le misure sono state eseguite secondo quanto richiesto nella norma (UNI 9614).

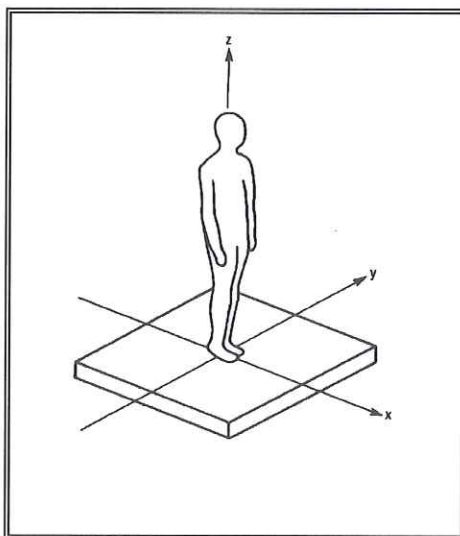


Figura 1 - Schema delle diverse direzioni di misura delle vibrazioni

6.2. Incertezza dei valori misurati

Le incertezze nelle misure eseguite sono in funzione della frequenza misurata e possono essere riassunte nella tabella seguente:



| <i>Centro banda dei filtri ad un terzo d'ottava (Hz)</i> | <i>Deviazione standard σ dal valore di aspettazione (dB)</i> |
|--|--|
| <i>da 1 a 10</i> | <i>3,0</i> |
| <i>da 12.5 a 20</i> | <i>2,0</i> |
| <i>da 25 a 80</i> | <i>1,5</i> |
| <i>da 100 a 1000</i> | <i>1,0</i> |

Tabella 2 - Incertezza dei livelli rilevati in funzione della frequenza.

Le incertezze non riguardano solo la misura del livello eseguita dalla catena di misura ma anche i problemi di accoppiamento tra i trasduttori accelerometrici e il pavimento.

6.3. La normativa UNI 9614

La **UNI 9614** "Vibrazioni - Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo" analizza considera i diversi tipi di sollecitazione vibratoria: livelli costanti, non costanti, impulsivi.

I valori limite vengono differenziati per tipologia insediativa e per asse di sollecitazione.

Per valori di sollecitazione vibratoria costante e non costante (dove per quest'ultima viene richiesta un'integrazione dei valori misurati), i valori limite sono riportati nelle seguenti tabelle.

| <i>Insedimento</i> | <i>a (m/s²)</i> | <i>L (dB)</i> |
|----------------------------|-----------------------------|---------------|
| <i>Arre critiche</i> | <i>5,0 10⁻³</i> | <i>74</i> |
| <i>Abitazioni (notte)</i> | <i>7,0 10⁻³</i> | <i>77</i> |
| <i>Abitazioni (giorno)</i> | <i>10,0 10⁻³</i> | <i>80</i> |
| <i>Uffici</i> | <i>20,0 10⁻³</i> | <i>86</i> |
| <i>Fabbriche</i> | <i>40,0 10⁻³</i> | <i>92</i> |

Tabella 3 – Valori limite per l'asse Z con vibrazioni costanti o non costanti.

| <i>Insedimento</i> | <i>a (m/s²)</i> | <i>L (dB)</i> |
|----------------------------|-----------------------------|---------------|
| <i>Arre critiche</i> | <i>3,9 10⁻³</i> | <i>71</i> |
| <i>Abitazioni (notte)</i> | <i>5,0 10⁻³</i> | <i>74</i> |
| <i>Abitazioni (giorno)</i> | <i>7,2 10⁻³</i> | <i>77</i> |
| <i>Uffici</i> | <i>14,4 10⁻³</i> | <i>83</i> |
| <i>Fabbriche</i> | <i>28,8 10⁻³</i> | <i>89</i> |

Tabella 4 – Valori limite per l'asse X e Y con vibrazioni costanti o non costanti.



7. Localizzazione

7.1. Generalità

Il sito di scavo era situato a Savignano Sul Panaro.

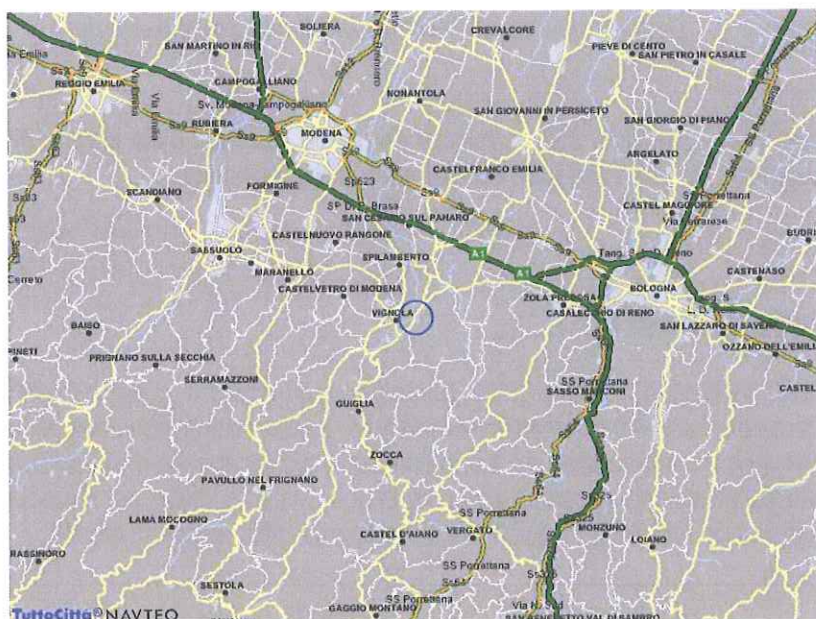


Figura 2- Localizzazione di Savignano Sul Panaro

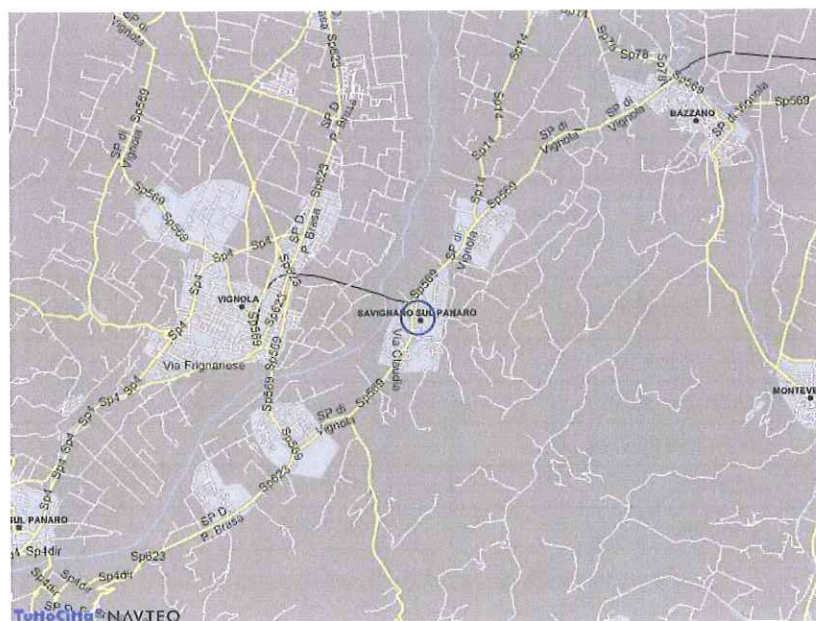


Figura 3- Localizzazione Localizzazione di Savignano Sul Panaro



8. Inquadramento della problematica di vibrazione

8.1. Origine delle vibrazioni

La sorgente di vibrazioni era l'impianto d'infissione visibile nelle immagini sottostanti



Foto 2. Vista del sistema d'infissione conductor pipe



Foto 3. Vista del sistema d'infissione



9. Le misure

9.1. La sessione di misure del 11 Novembre 2004

La sessione di misura si è svolta a partire dall'11/11/2004, e si è protratta fino al 13/11/2004.

9.2. Condizioni di posizionamento

9.2.1. Posizione dei punti di misura

Le direzioni lungo le quali si propagano le vibrazioni vengono riferite alla sorgente nel modo indicato nella figura seguente.

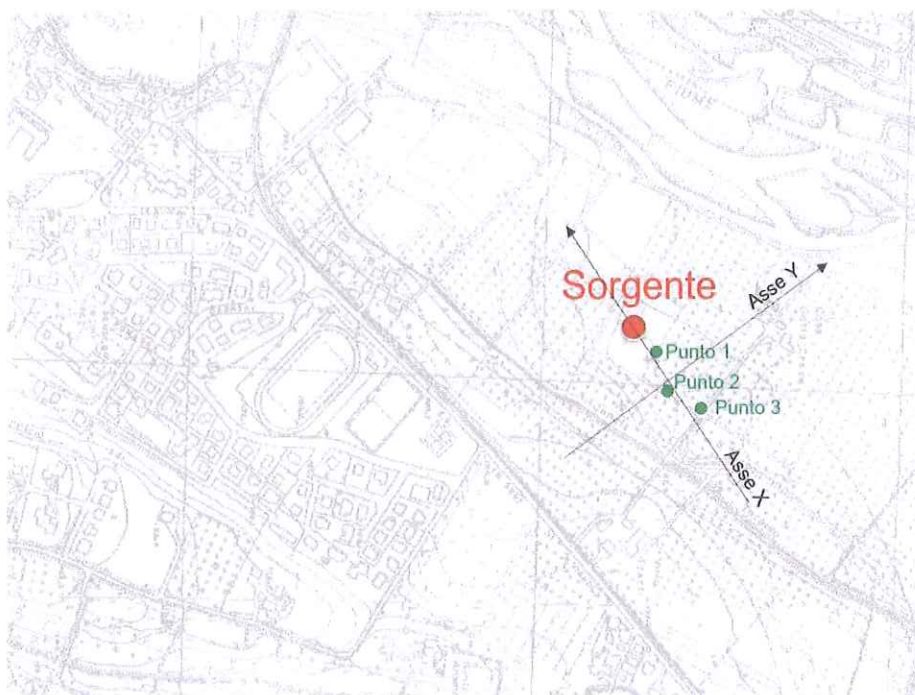


Figura 4. Punti di misura e direzioni degli assi X e Y

Le misure di vibrazione sono state effettuate inserendo un palo nel terreno dove veniva fissato un cubetto metallico. Su quest'ultimo vengono montati tre accelerometri su in modo da avere i valori sui tre assi.



Foto 4. Punta metallica usata per le misure delle vibrazioni

9.2.2. Condizioni operativa delle sorgenti durante le misure

La vibrazione si presentava con carattere di impulsività, con delle variazioni in funzione della profondità di impatto della punta di escavazione.

Per meglio osservare le differenze osserviamo il grafico della figura seguente dove sono rappresentati i due andamenti vibrazionali sullo stesso asse nello stesso punto ma in giorni differenti.

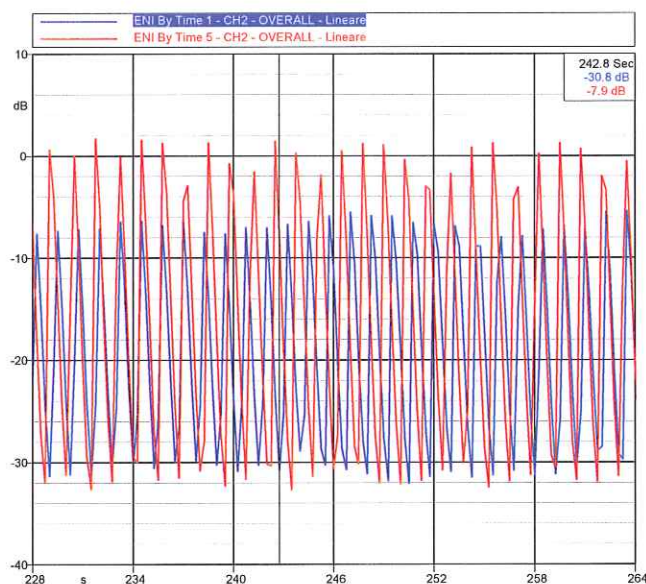


Figura 5. Andamento del livello globale sullo stesso asse e nello stesso punto a un giorno di distanza



Questa variabilità del fenomeno vibratorio si nota anche su una stessa misura di pochi minuti, dove la penetrazione della punta modifica tale emissione.

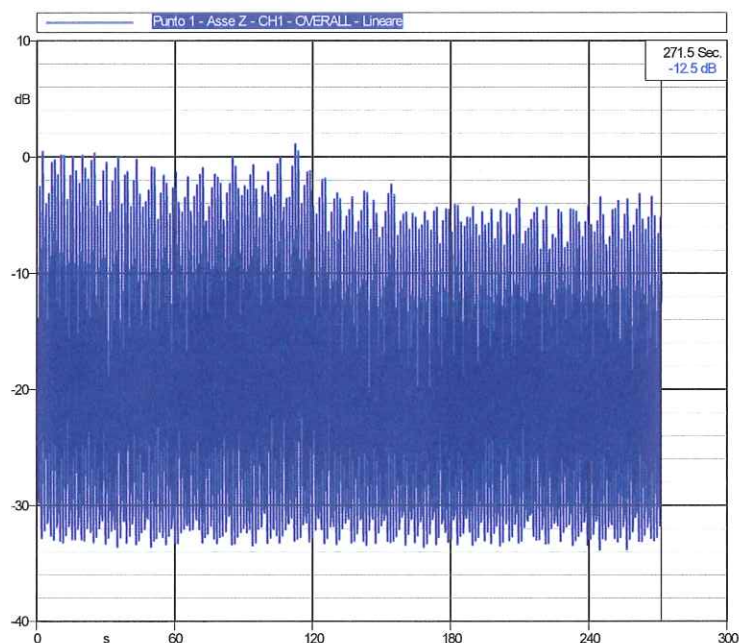


Figura 6. Andamento di una misura

Come si può notare dopo circa 2 minuti d'infissione i livelli si abbassano significativamente di 4-6 dB.

A parte la messa in funzione del maglio, una volta a regime abbiamo potuto osservare una frequenza di battimento di circa 2835 colpi per ora, ovvero circa 46-48 colpi al minuto.

La massa battente era di circa 22 ton, e l'attività si svolge solo in periodo diurno

9.3. Risultati delle misure

Le misure sono riportate all'interno della presente relazione sono misurate anche spettralmente in modo da evidenziare le componenti prevalenti.

9.3.1. Valutazione dei livelli di vibrazioni in base alla UNI 9614

La **UNI 9614** valuta il livello globale di vibrazione pesato secondo la curva corrispondente. Riportiamo nelle tabelle seguenti il riassunto dei dati ottenuti e visibili nei grafici.

Trattandosi di rumori impulsivi con frequenza molto elevata (circa 2835 colpi/h) il fenomeno vibratorio è pressoché stazionario.

Immagineremo di avere presenza di abitazioni nei 3 punti di misura in modo da confrontarci con i limiti riportati nella tabella seguente



| Insedimento | Direzione | L (m/s ²) |
|---------------------|-----------|-----------------------|
| Abitazioni (giorno) | Asse X-Y | 7.2×10^{-3} |
| Abitazioni (giorno) | Asse Z | 10.0×10^{-3} |

Tabella 5 – Valori limite per i diversi assi.

Riportiamo ora i dati riassuntivi ricavati dai grafici completi presenti nell'allegato misure.

Asse X

| Asse X | | |
|--|--------------------------------------|-----------------------------------|
| Punto di misura | Livello rilevato (m/s ²) | Valore limite (m/s ²) |
| Punto 1 a confine insediamento | 2.54E-02 | 7.2×10^{-3} |
| Punto 2 a 50 metri dal confine insediamento | 1.43E-02 | 7.2×10^{-3} |
| Punto 3 a 100 metri dal confine insediamento | 1.46E-03 | 7.2×10^{-3} |

Tabella 6 – Confronto con i valori limite per l'asse X con vibrazioni costanti o non costanti

Asse Y

| Asse Y | | |
|--|--------------------------------------|-----------------------------------|
| Punto di misura | Livello rilevato (m/s ²) | Valore limite (m/s ²) |
| Punto 1 a confine insediamento | 2.09E-02 | 7.2×10^{-3} |
| Punto 2 a 50 metri dal confine insediamento | 8.41E-03 | 7.2×10^{-3} |
| Punto 3 a 100 metri dal confine insediamento | 2.24E-03 | 7.2×10^{-3} |

Tabella 7 – Confronto con i valori limite per l'asse Y con vibrazioni costanti o non costanti



Asse Z

| Asse Z | | |
|--|---|--------------------------------------|
| Punto di misura | Livello rilevato (m/s ²) | Valore limite (m/s ²) |
| Punto 1 a confine insediamento | 4.03E-02 | 7.2×10^{-3} |
| Punto 2 a 50 metri dal confine insediamento | 7.76E-03 | 7.2×10^{-3} |
| Punto 3 a 100 metri dal confine insediamento | 4.22E-03 | 7.2×10^{-3} |

Tabella 8 – Confronto con i valori limite per l'asse Z con vibrazioni costanti o non costanti



10. Conclusioni

Le vibrazioni misurate presentano caratteristiche di variabilità notevoli per cui risulta difficile avere un dato statisticamente riproducibile.

Nelle misure condotte a diverse distanze già in quella a 100 metri circa dalla sorgente si hanno valori inferiori ai limiti di zona, secondo quanto previsto dalla UNI 9614.

Sergenti Marco





11. Allegati

Grafici delle misure eseguite

MISURE DI VIBRAZIONI

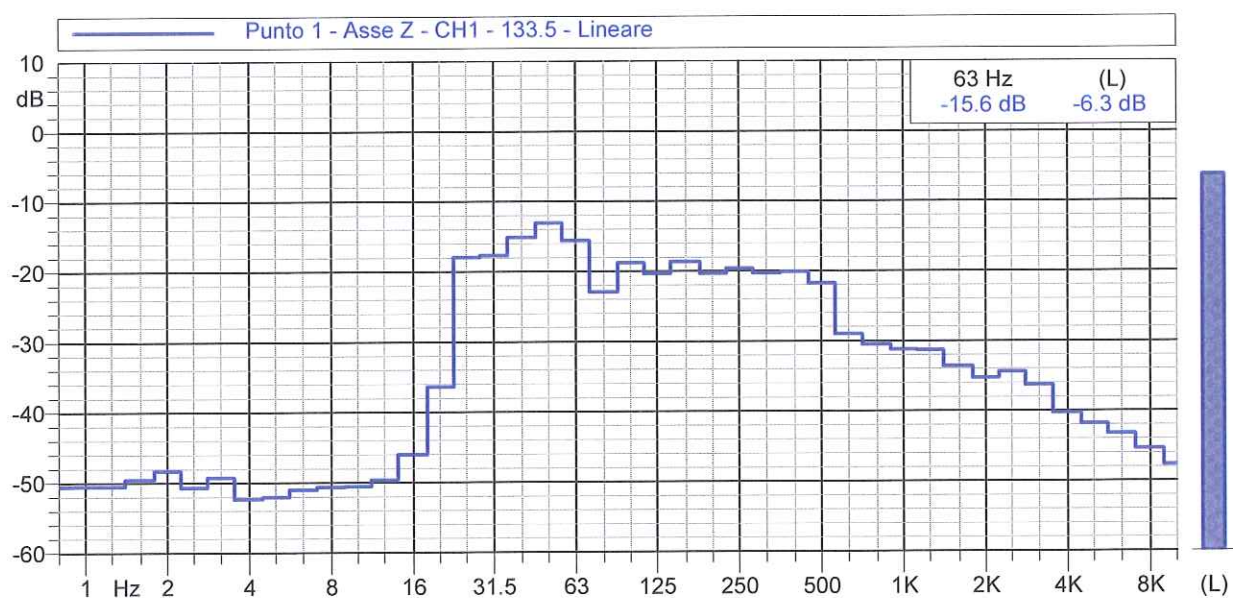
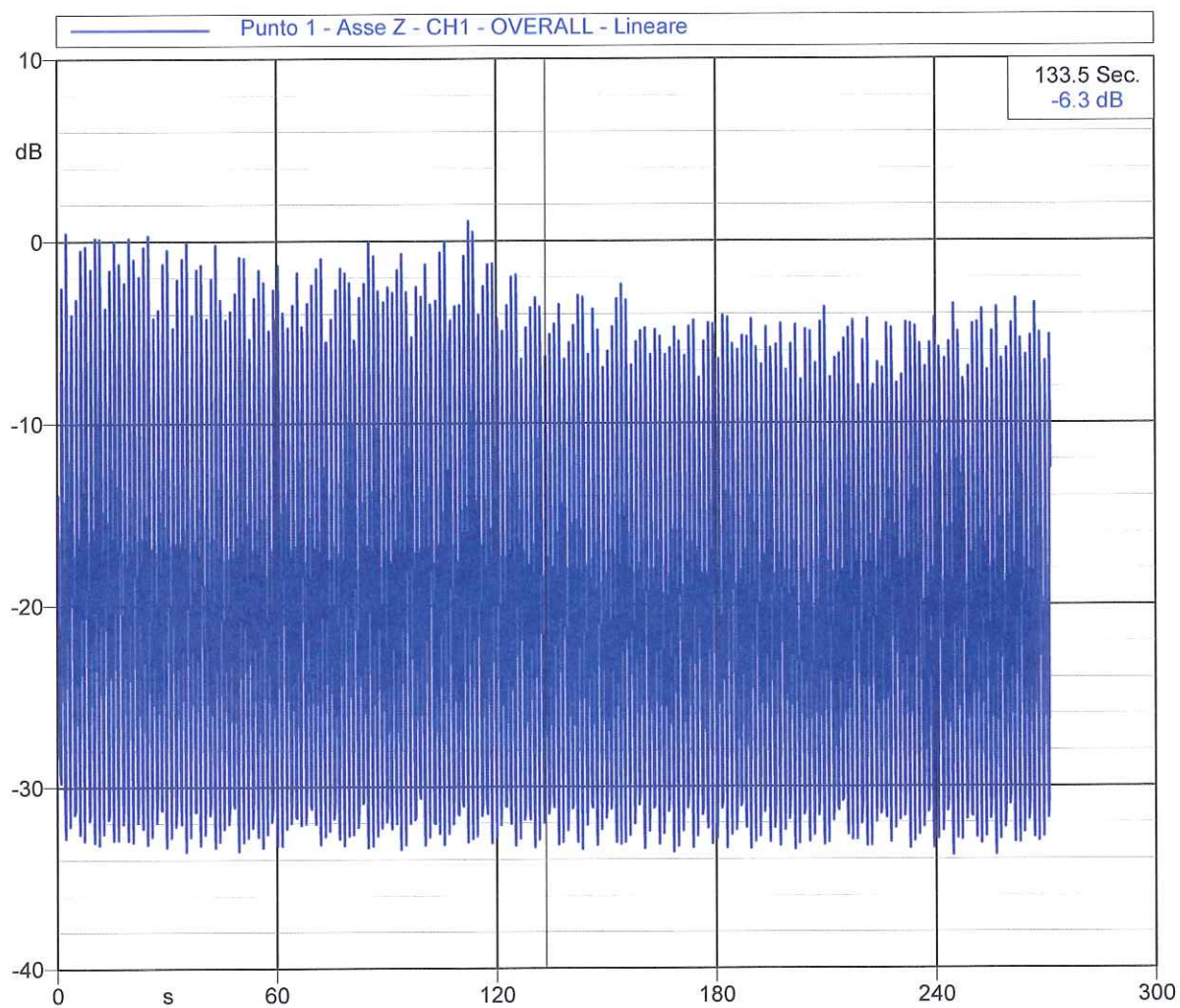
PARTE 1

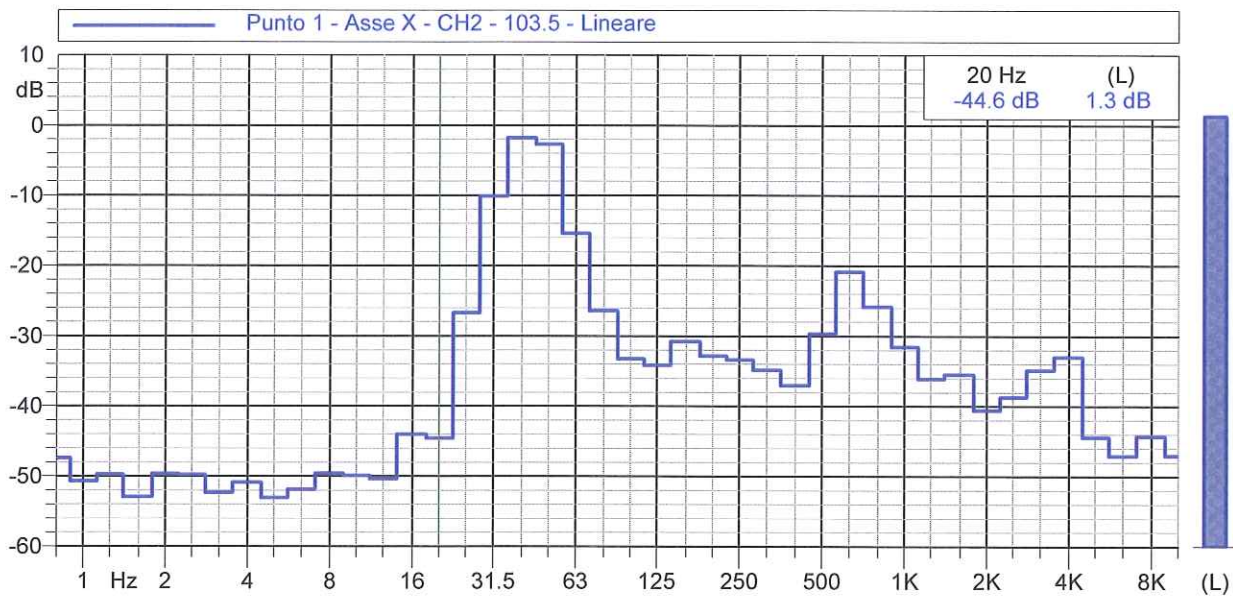
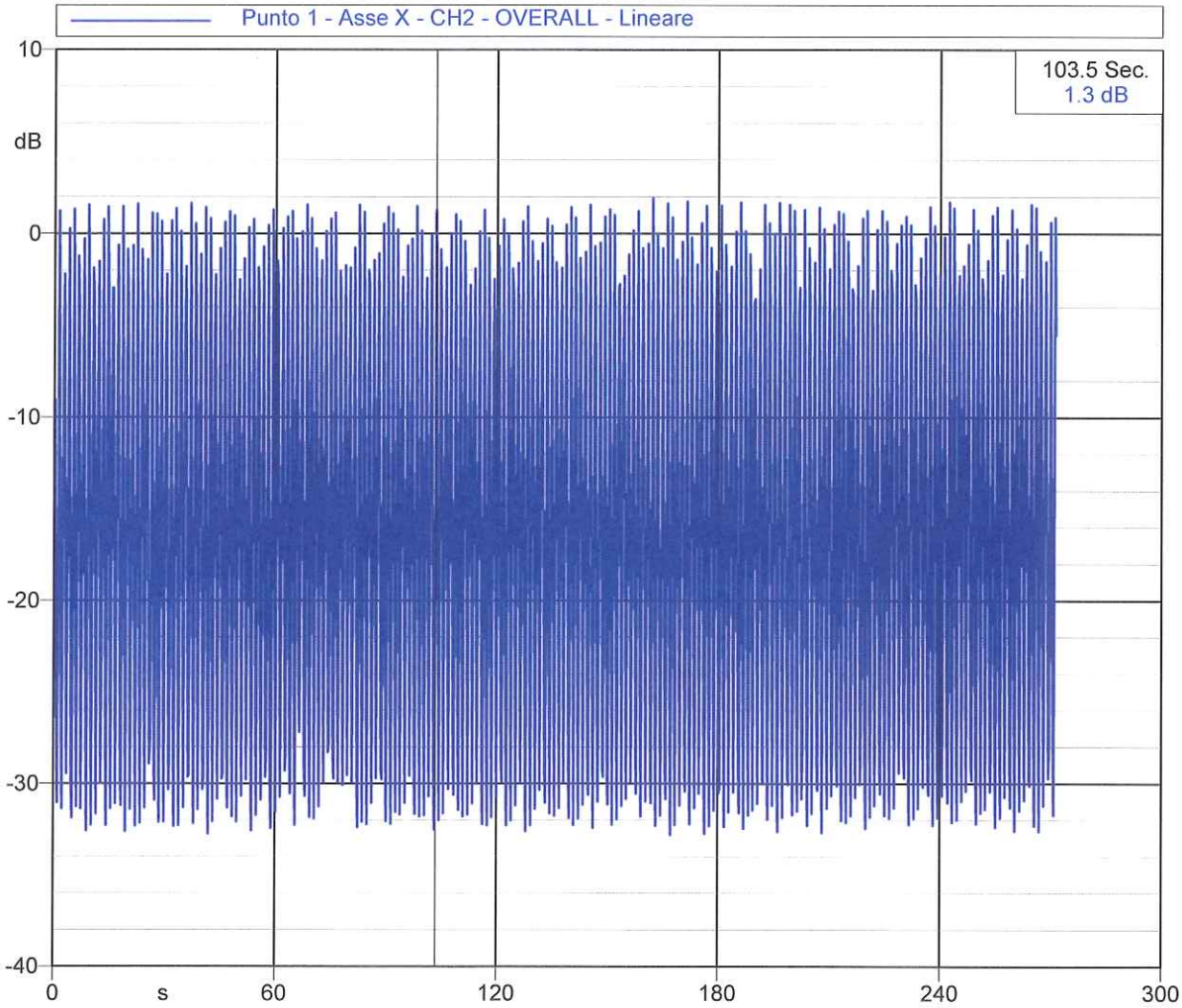
VALORI NEL TEMPO E SPETTRI NON PESATI

I valori sono espressi in decibel riferiti a 1 m/s²

Punto 1 a confine - Asse Z

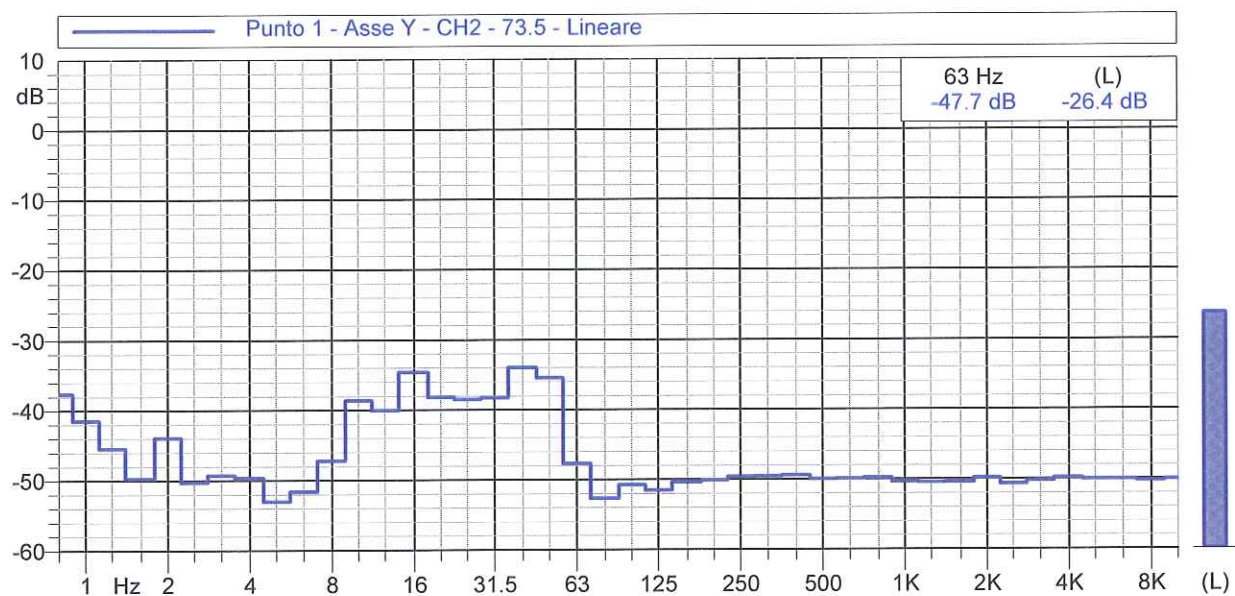
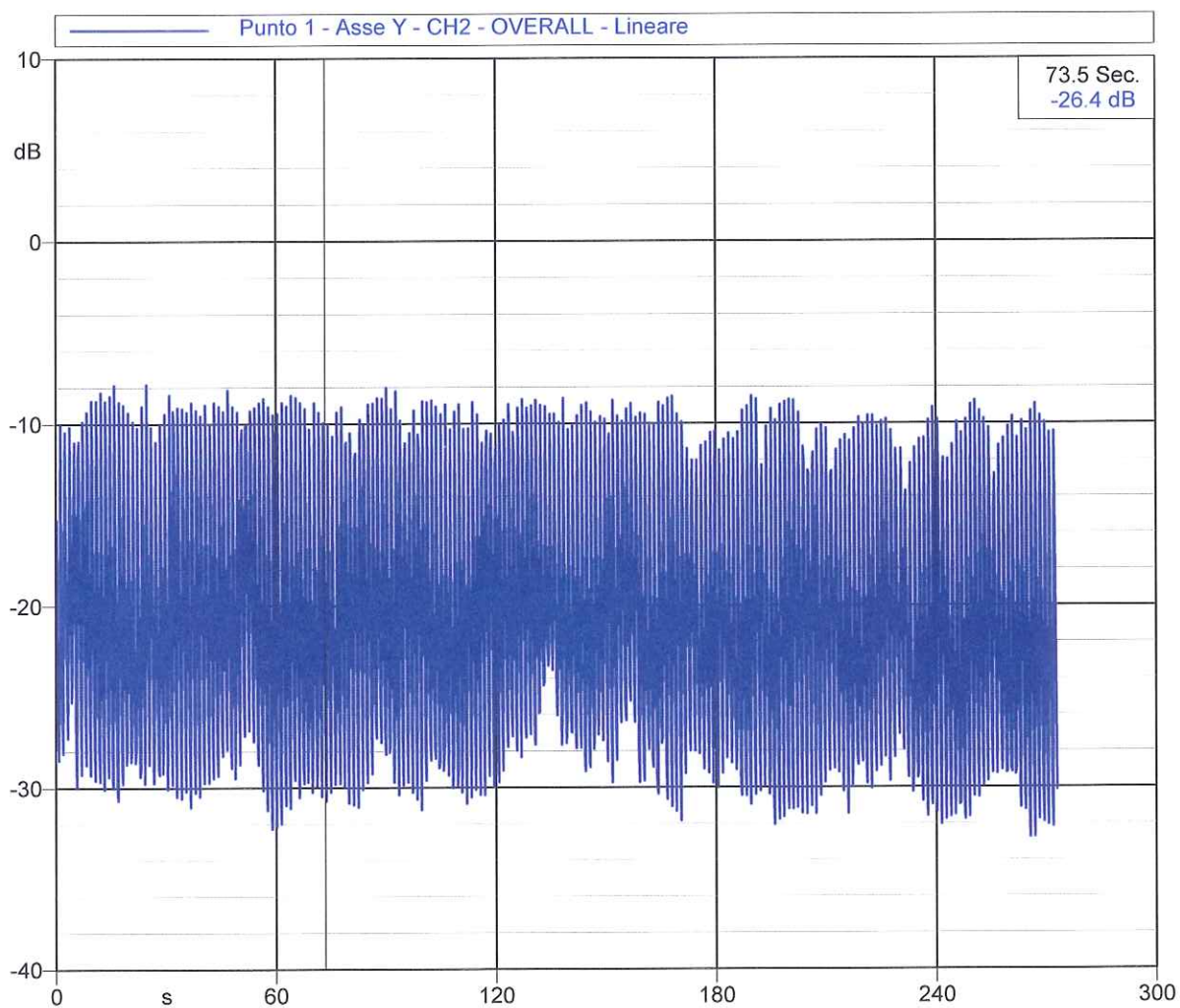
Numero eventi: 208





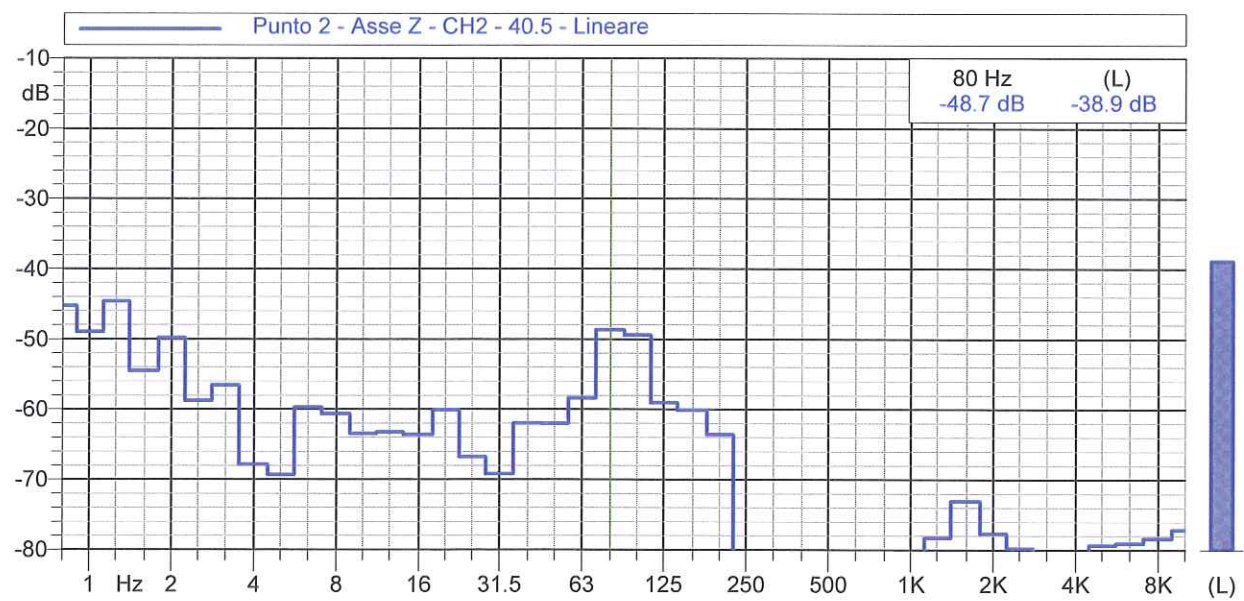
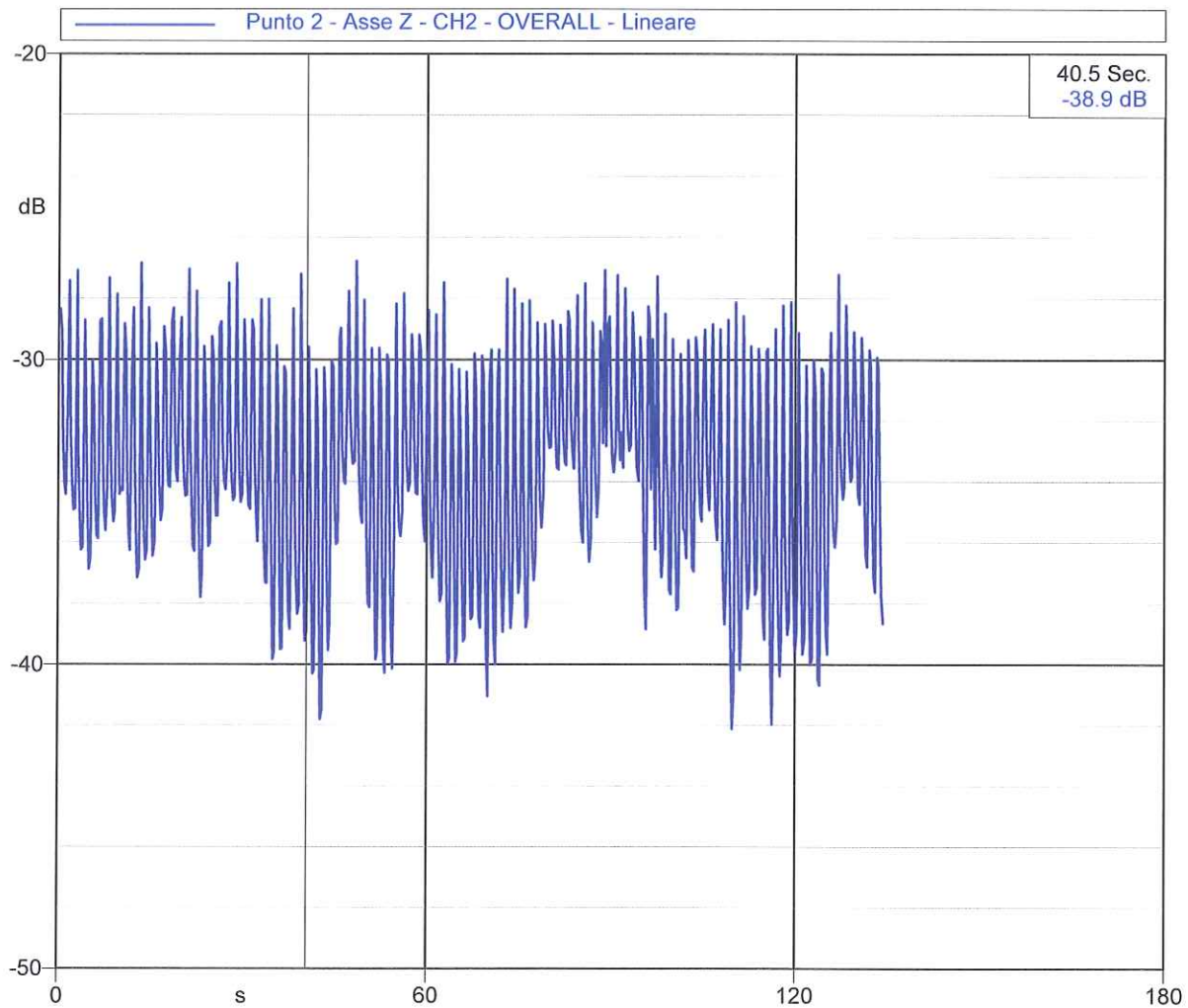
Punto 1 a confine - Asse Y

Numero eventi: 215



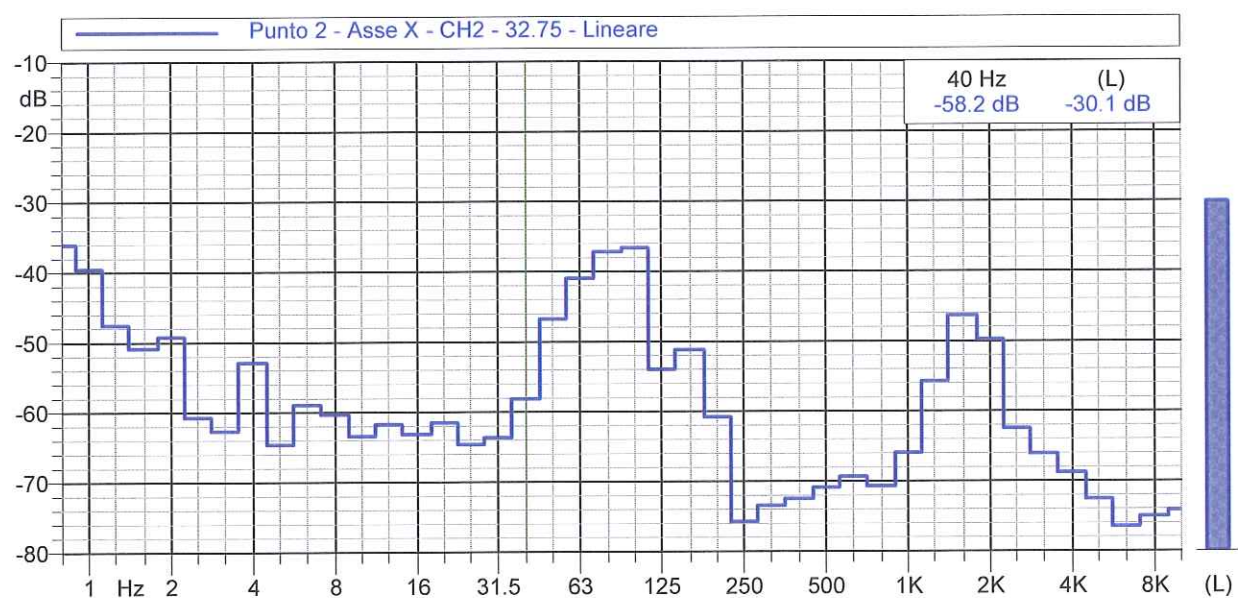
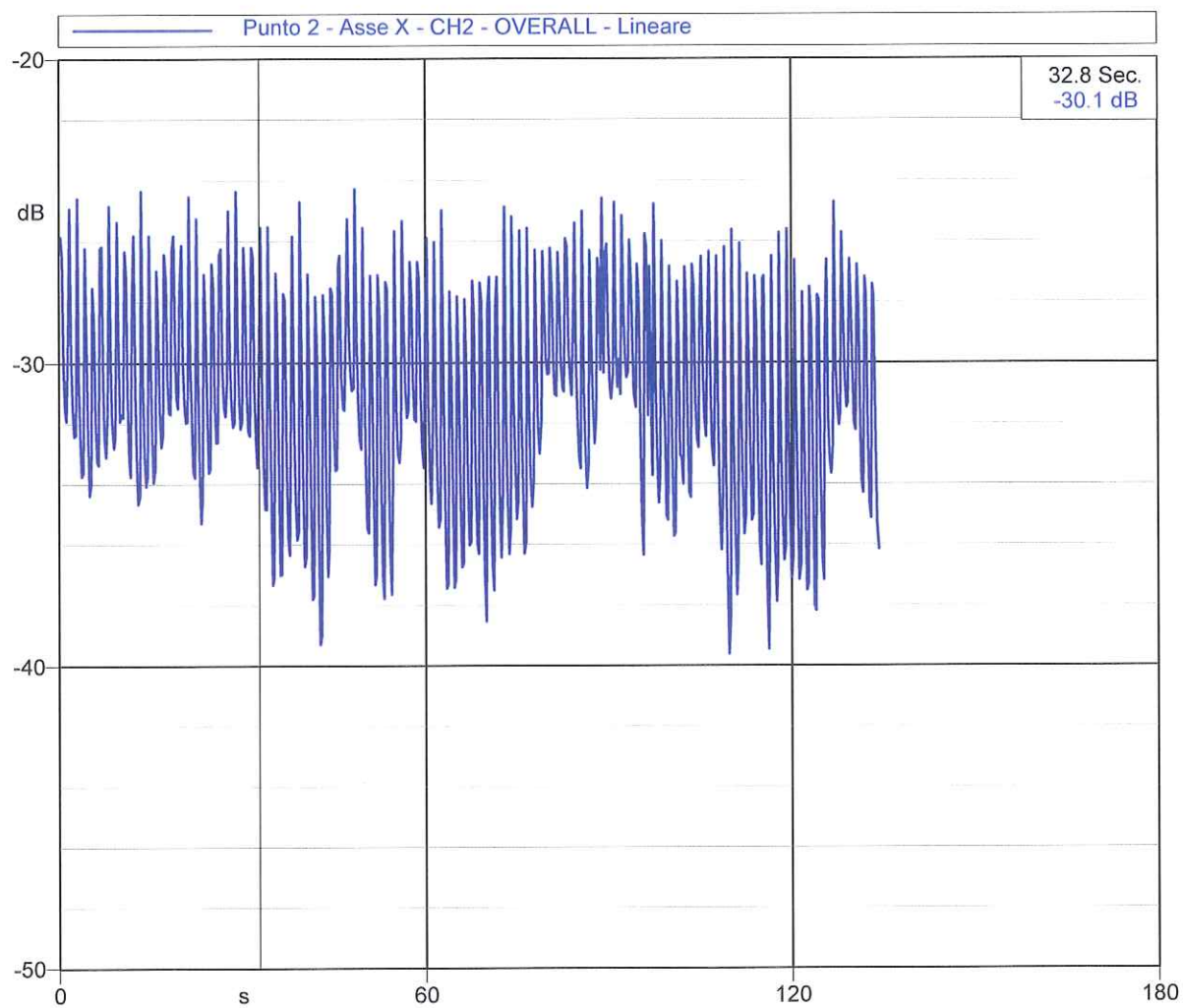
Punto 2 a 50 metri dall'ingresso - Asse Z

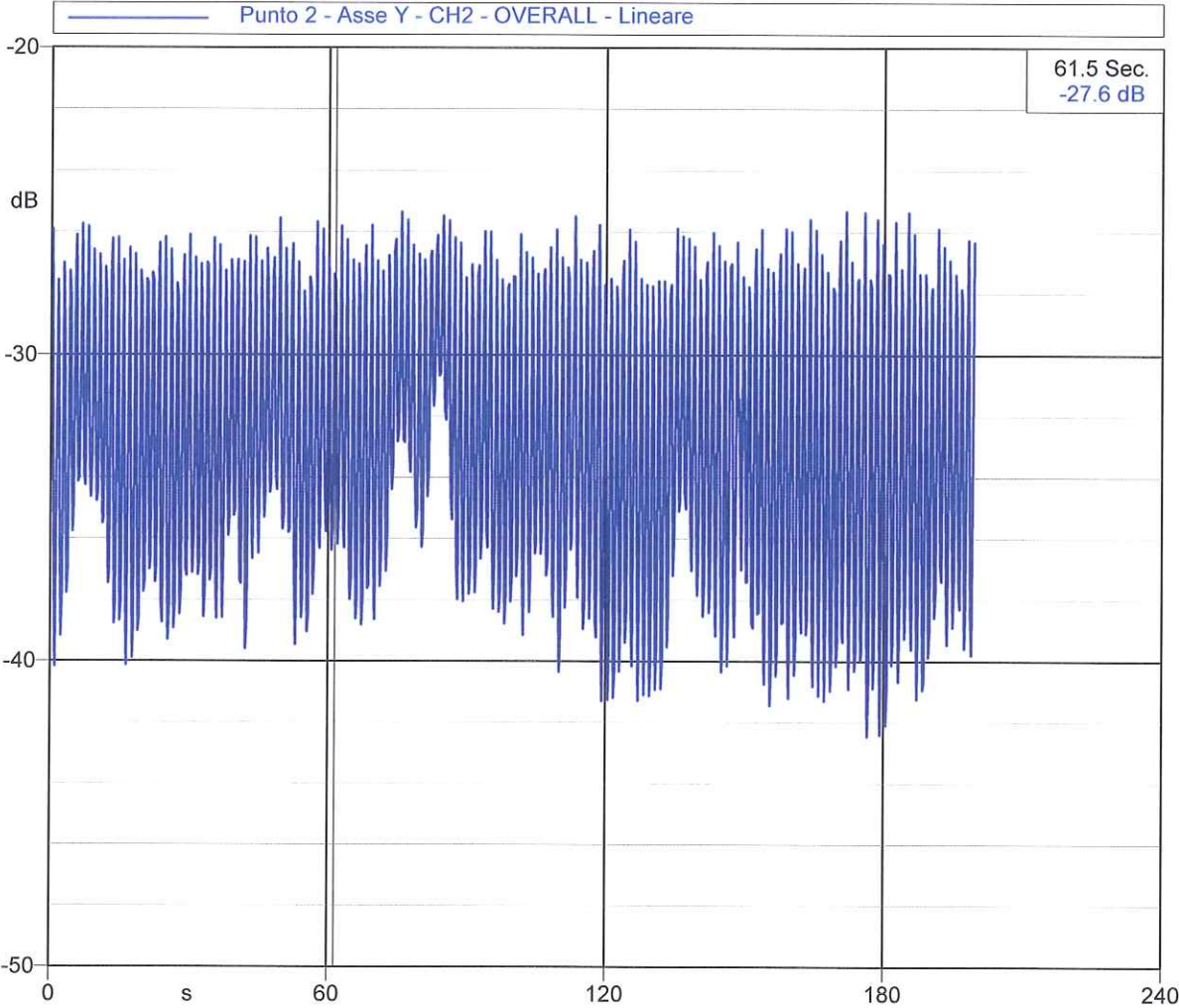
Numero eventi: 74



Punto 2 a 50 metri dall'ingresso - Asse X

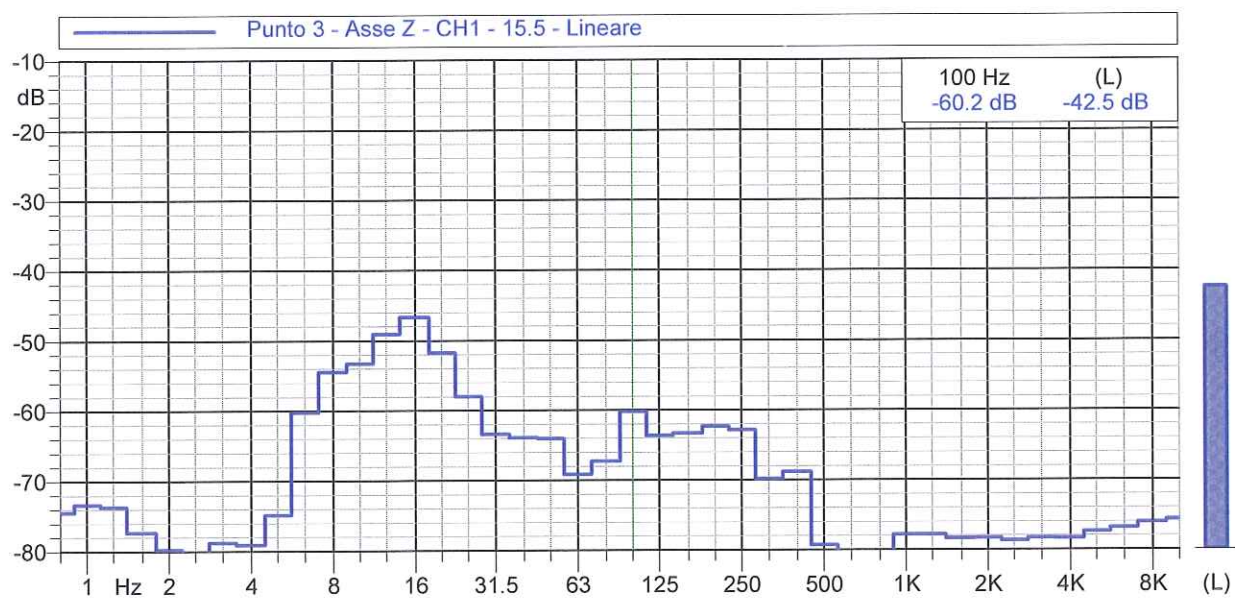
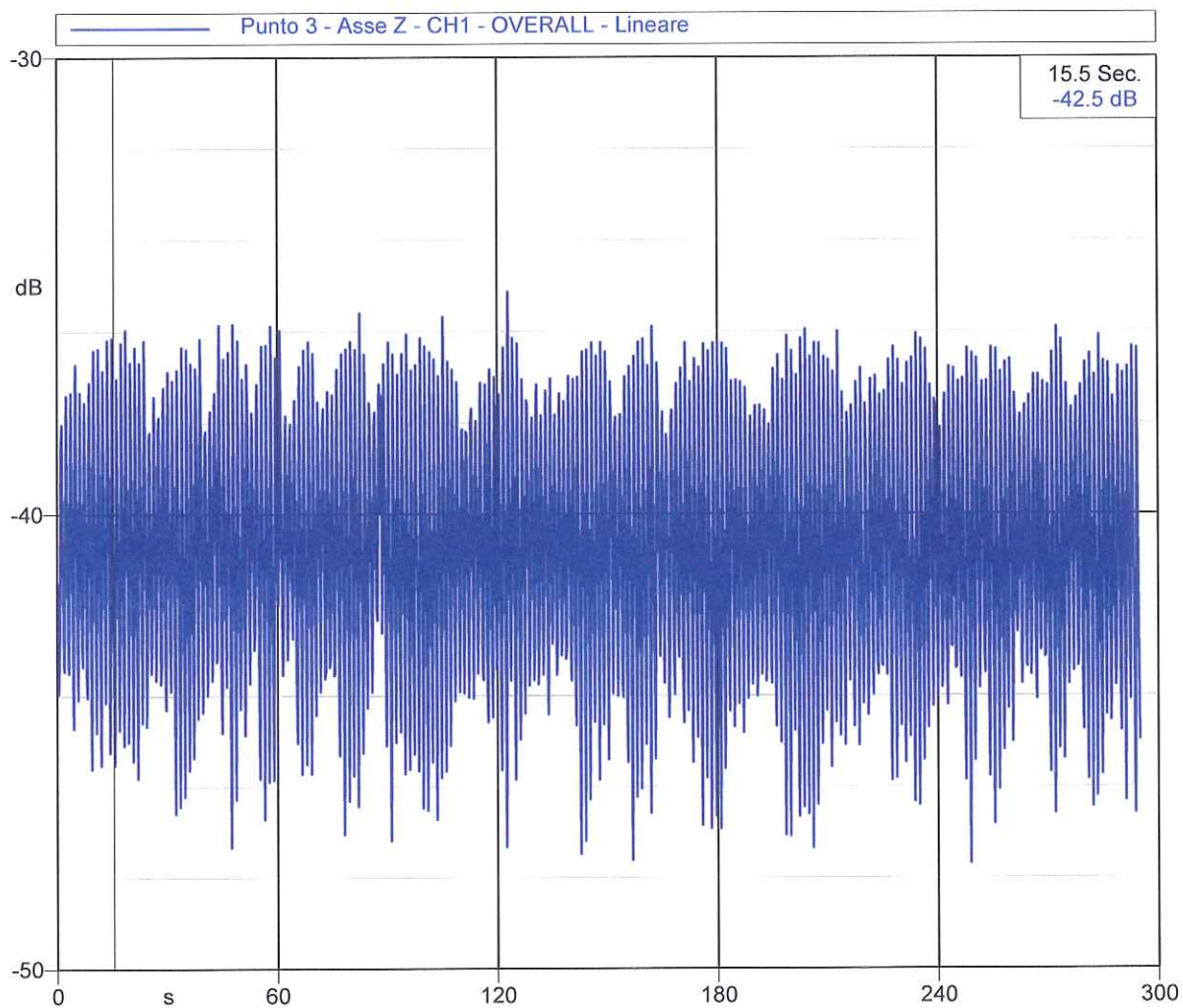
Numero eventi: 74





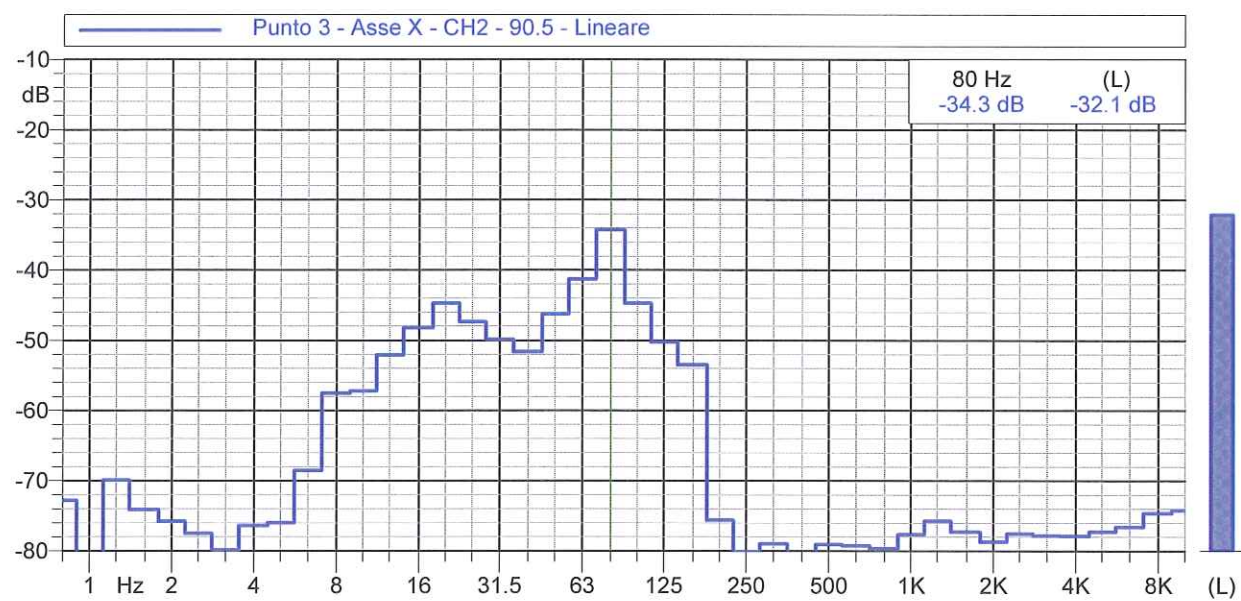
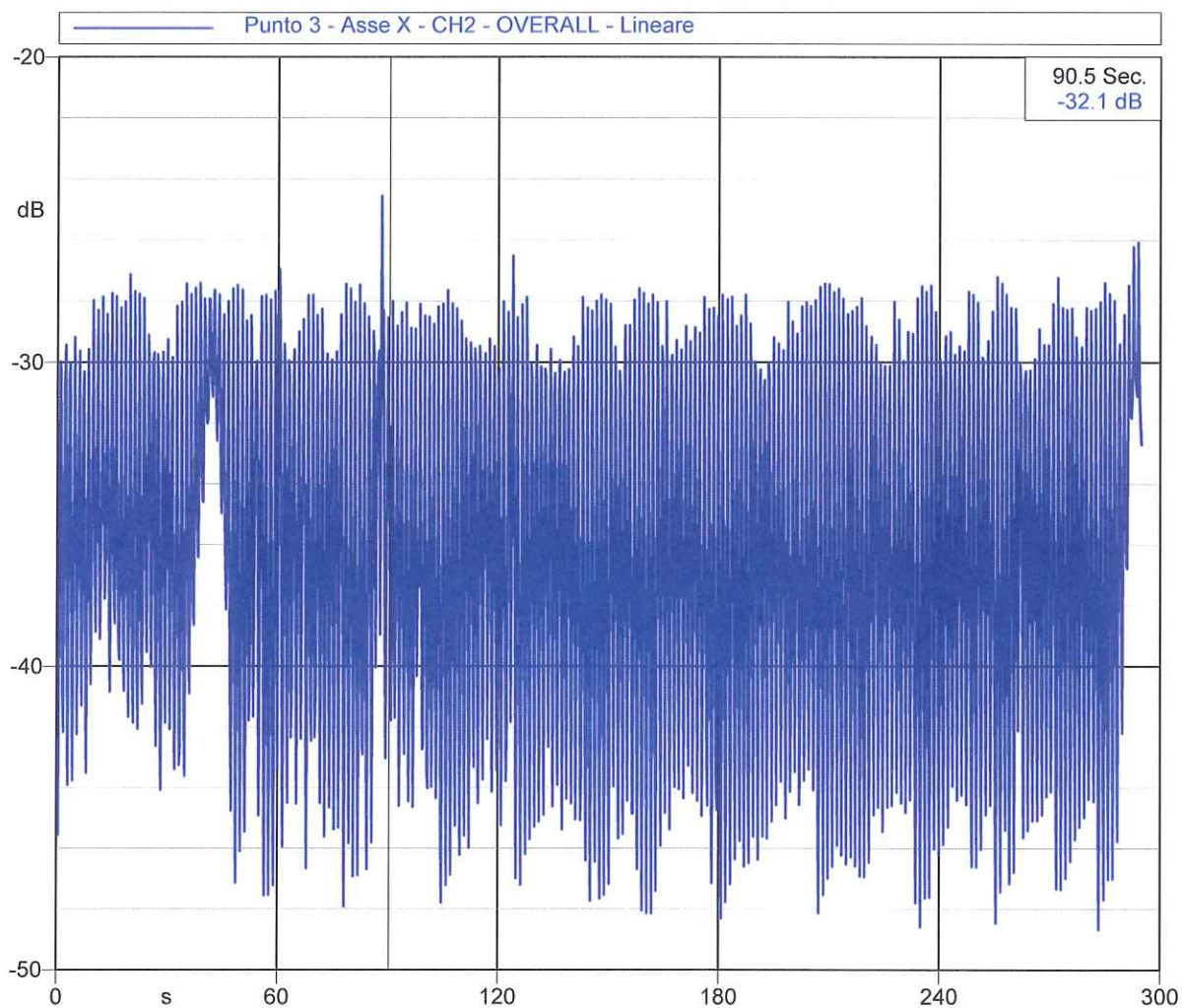
Punto 3 a 100 metri dall'ingresso - Asse Z

Numero eventi: 228



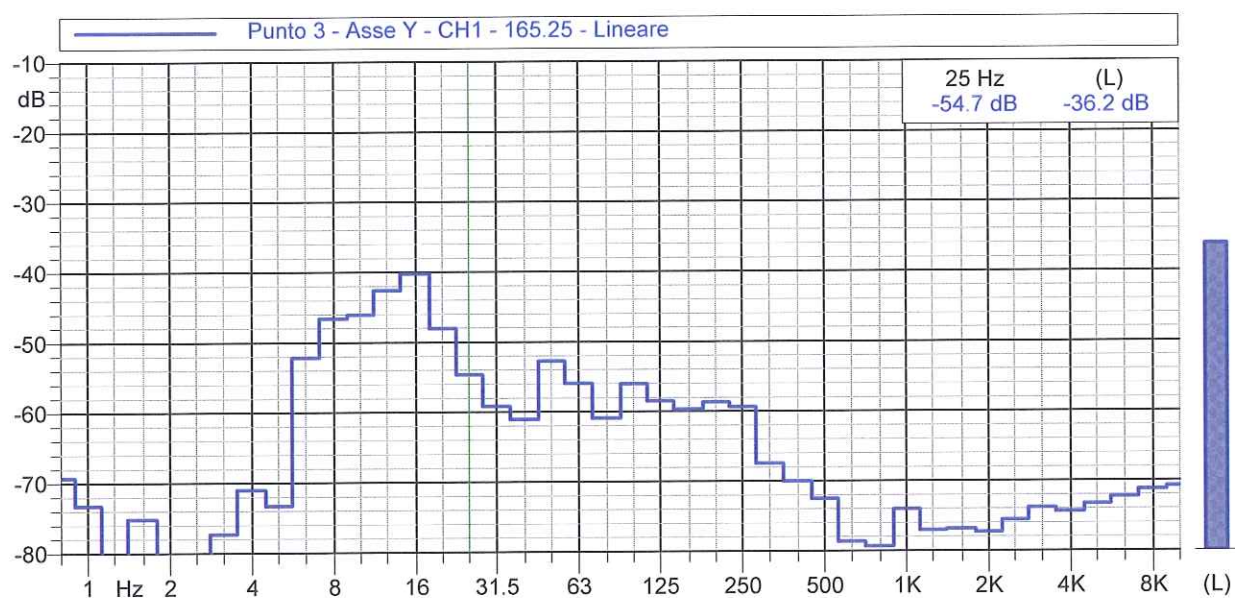
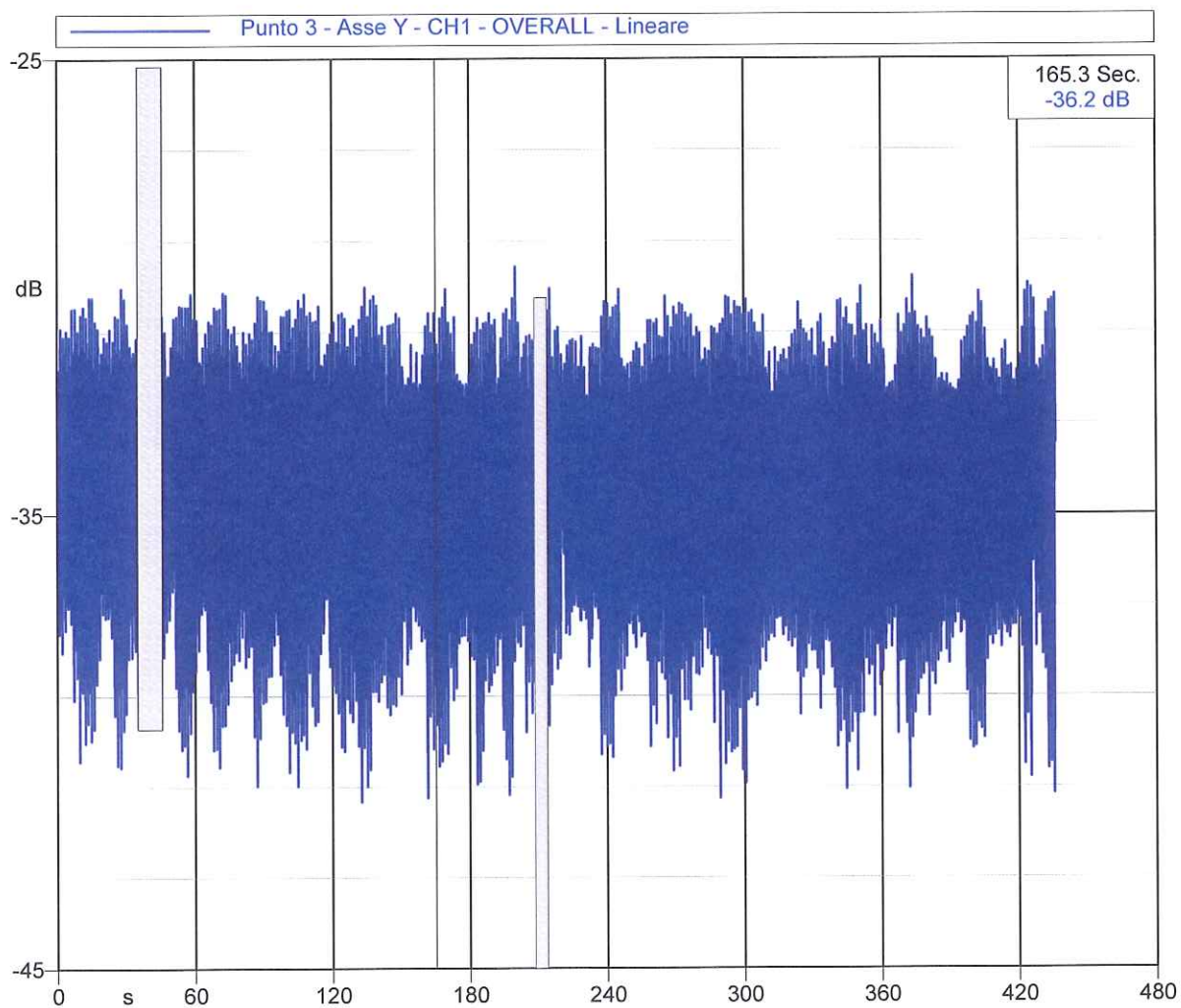
Punto 3 a 100 metri dall'ingresso - Asse X

Numero eventi: 208



Punto 3 a 100 metri dall'ingresso - Asse Y

Numero eventi: 341

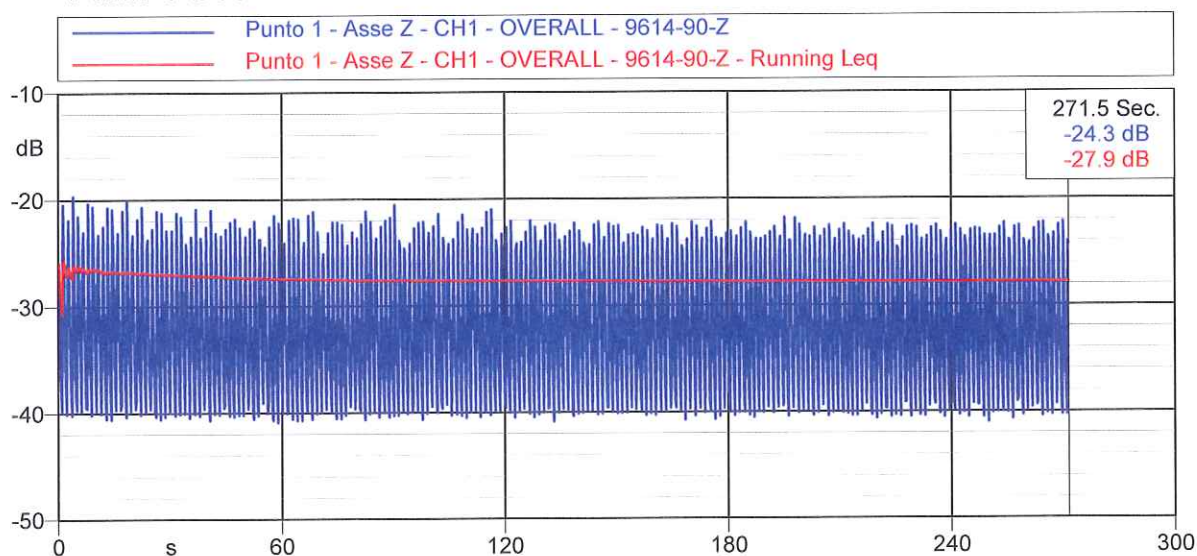


MISURE DI VIBRAZIONI

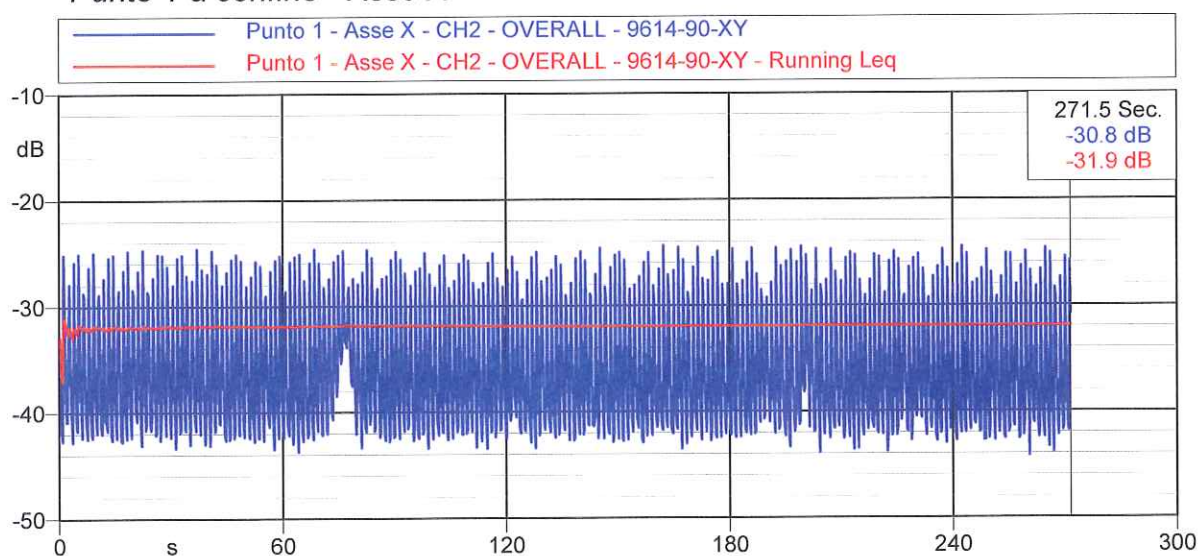
PARTE 2

VALORI NEL TEMPO PESATI

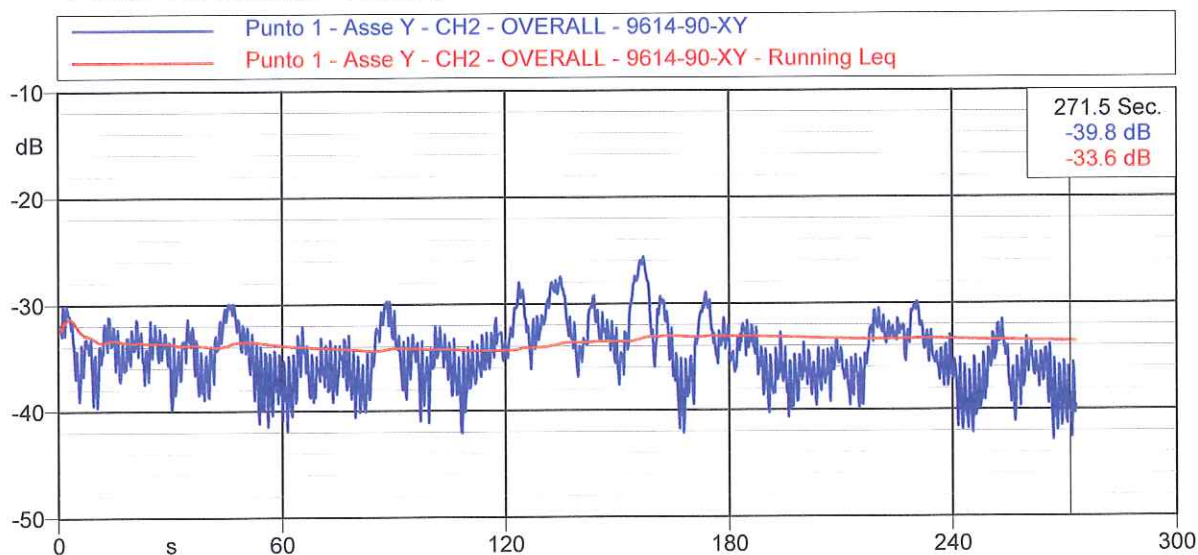
Punto 1 a confine - Asse Z



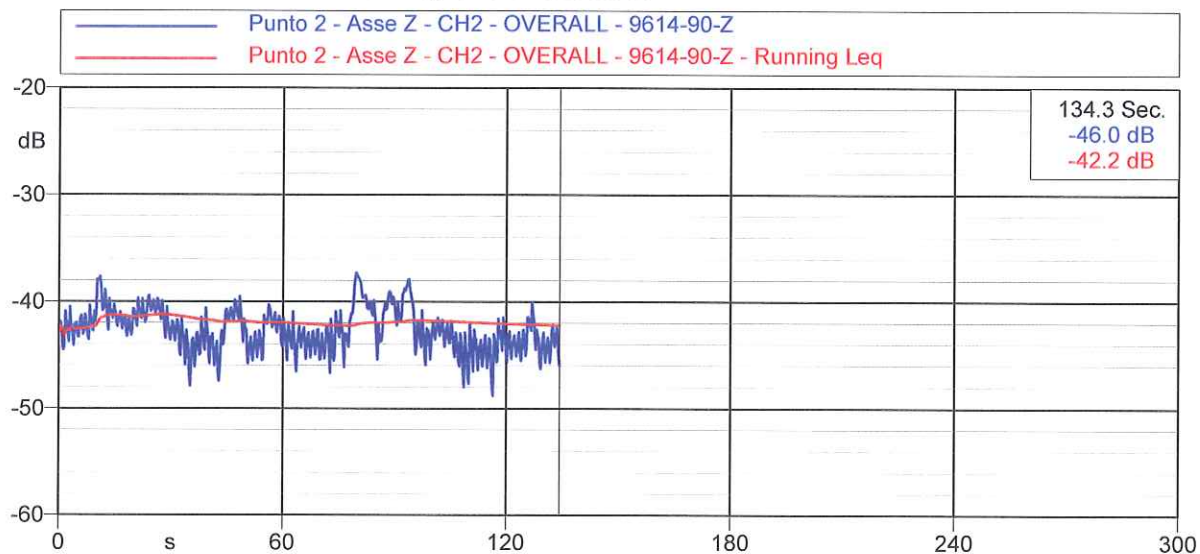
Punto 1 a confine - Asse X



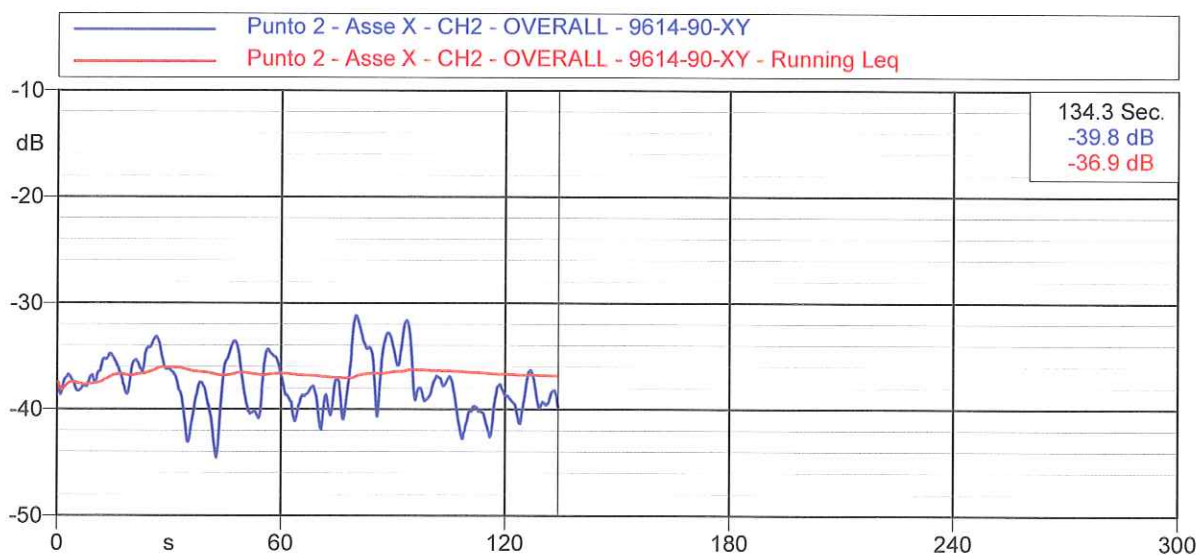
Punto 1 a confine - Asse Y



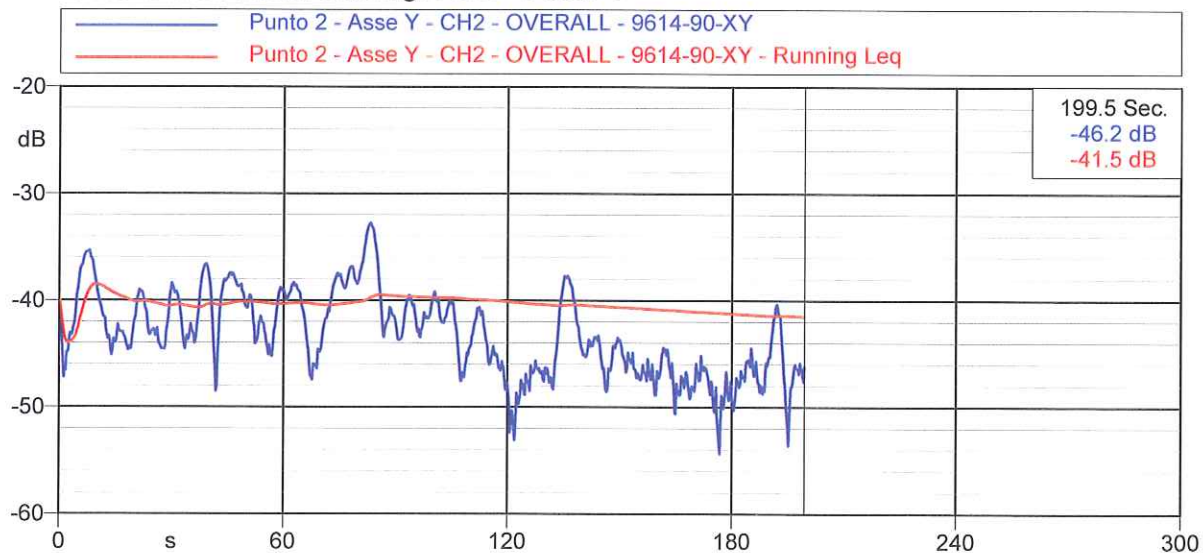
Punto 2 a 50 metri dall'ingresso - Asse Z



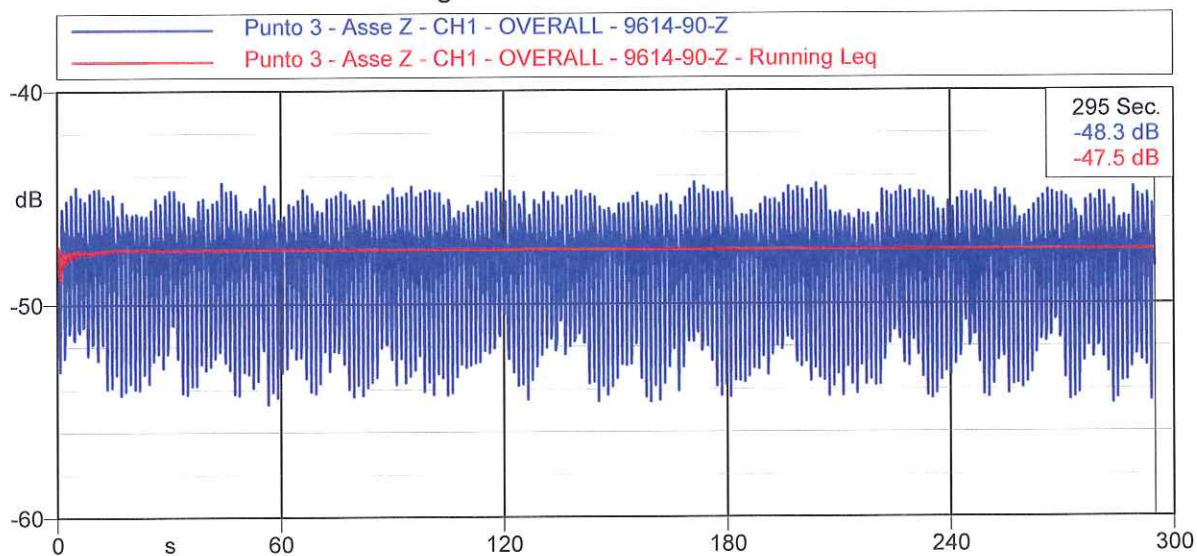
Punto 2 a 50 metri dall'ingresso - Asse X



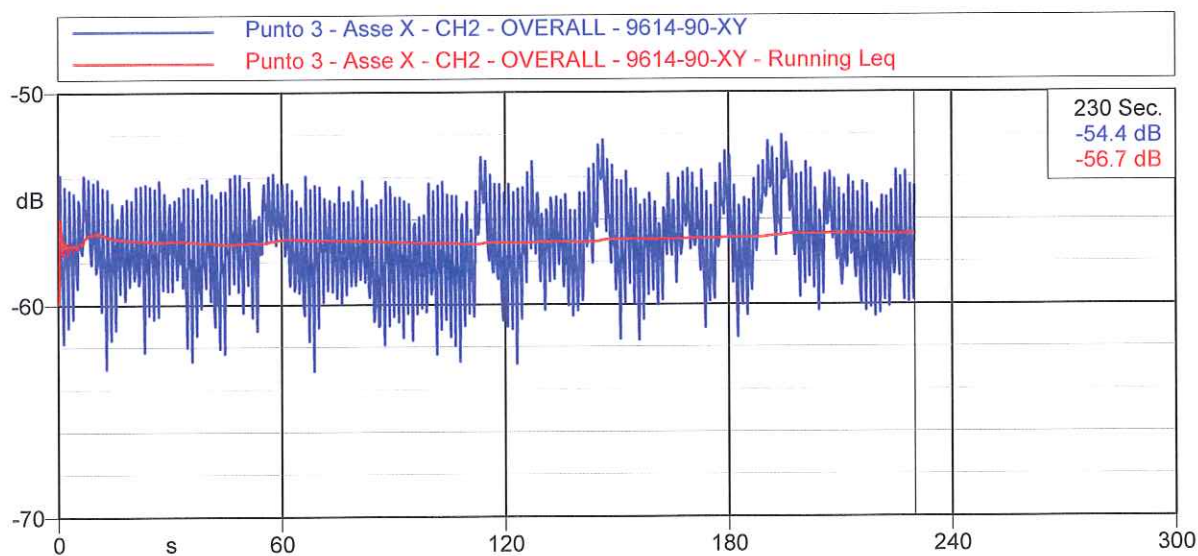
Punto 2 a 50 metri dall'ingresso - Asse Y



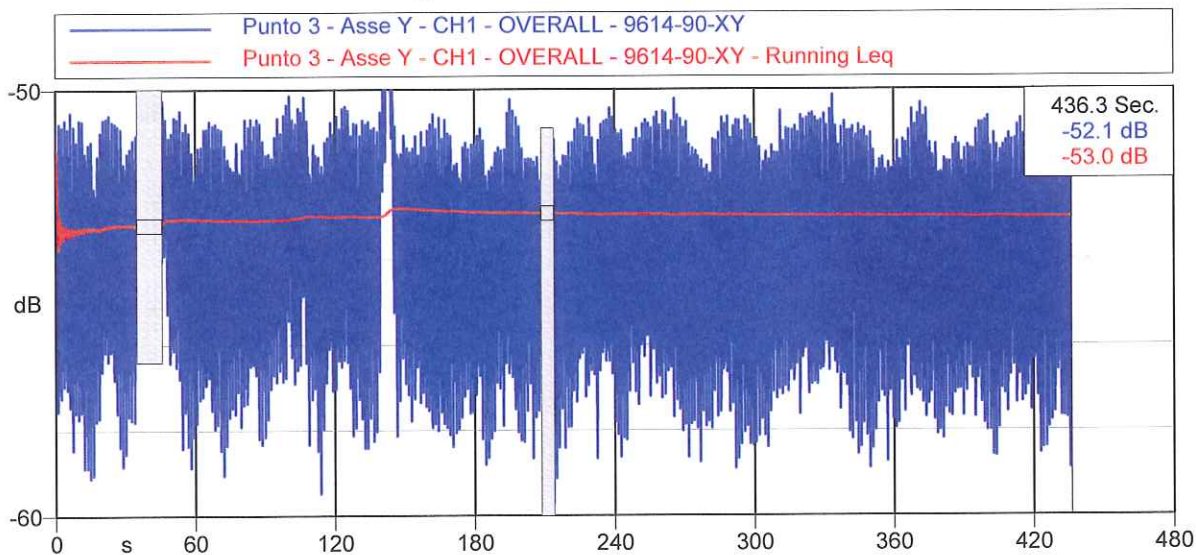
Punto 3 a 100 metri dall'ingresso - Asse Z



Punto 3 a 100 metri dall'ingresso - Asse X



Punto 3 a 100 metri dall'ingresso - Asse Y



MISURE DI VIBRAZIONI

PARTE 3

CONFRONTO TRA MISURE

Differenza tra segnali sullo stesso asse e sullo stesso punto tra i due giorni di misura

