



ISTANZA DI CONCESSIONE DI STOCCAGGIO GAS NATURALE
"San Benedetto Stoccaggio"

Provvedimento di VIA DM 0000166 del 19/06/2014

Procedimento istanza di proroga

Valutazione di impatto vibrazionale



DATA	ELABORATO	VERIFICATO	APPROVATO
GIUGNO 2024	 Tecnico incaricato: Marco Sergenti	GPS	GPS

INDICE

1. PREMESSA.....	4
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	5
2.1 Localizzazione.....	5
2.2 Infrastrutture dell'area	7
3. DEFINIZIONI TECNICHE (TRATTE DA NORMA UNI 9614:2017)	9
4. RIFERIMENTI NORMATIVI	10
4.1 La norma UNI 9614:2017	11
4.2 Misurazioni	11
4.3 Durata della misurazione e numero di eventi.....	12
4.4 Misurazioni delle vibrazioni immesse e residue	13
4.5 Strumentazione	14
4.6 Metodo di calcolo	14
5. DESCRIZIONE DEL PROGETTO.....	17
6. I RILIEVI DI VIBRAZIONI	20
7. IL MODELLO MATEMATICO	22
7.1 Realizzazione del modello matematico.....	22
7.2 Creazione dell'orografia del terreno	23
7.3 Il modello di propagazione nel terreno delle onde vibrazionali	24
7.4 La propagazione delle vibrazioni negli edifici.....	25
7.5 Accoppiamento terreno-edificio.....	28
7.6 Inserimento delle sorgenti	30
8. PREVISIONE DEI LIVELLI SONORI NEL TERRITORIO CIRCOSTANTE	32
8.1 Premessa	32
8.2 Individuazione dei Ricettori	32
8.3 Valutazione secondo UNI 9614:2017	33
8.3.1 Fase di cantiere	33
8.3.2 Fase di perforazione	33
8.3.3 Fase di esercizio - Erogazione	34
8.3.4 Fase di esercizio - Iniezione	34
9. CONCLUSIONI.....	35
APPENDICE A - LA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	36

Allegati

Allegato VIV_I Misure di vibrazione

Allegato VIV_II Certificati di taratura degli strumenti

Allegato VIV_III Mappe di impatto vibrazionale

1. PREMESSA

In relazione allo sviluppo del progetto "Istanza Di Concessione Di Stoccaggio Gas Naturale strato denominato San Benedetto Stoccaggio", la scrivente società è stata incaricata della realizzazione della valutazione di impatto vibrazionale.

Lo studio è stato articolato nelle seguenti fasi:

- analisi dei riferimenti normativi;
- analisi del contesto territoriale, individuazione dei ricettori potenzialmente impattati;
- analisi della situazione vibrazionale Ante Operam;
- analisi delle principali sorgenti vibrazionali delle fasi di cantiere;
- stima degli impatti vibrazionali con calcoli previsionali;
- verifica del rispetto dei limiti di legge.

Per quanto riguarda la valutazione dell'esposizione umana, l'indicatore ambientale delle vibrazioni, tratto dalla norma UNI 9614:2017 "Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo", è il valore vettoriale della massima accelerazione statistica ($a_{W,95}$), risultante dalle 3 componenti X, Y e Z delle accelerazioni pesate attraverso la curva W_m .

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

2.1 Localizzazione

Il progetto, proposto da Gas Plus Storage S.r.l, risulta ubicato nella Regione Marche, Provincia di Ascoli Piceno, Comune di San Benedetto del Tronto.

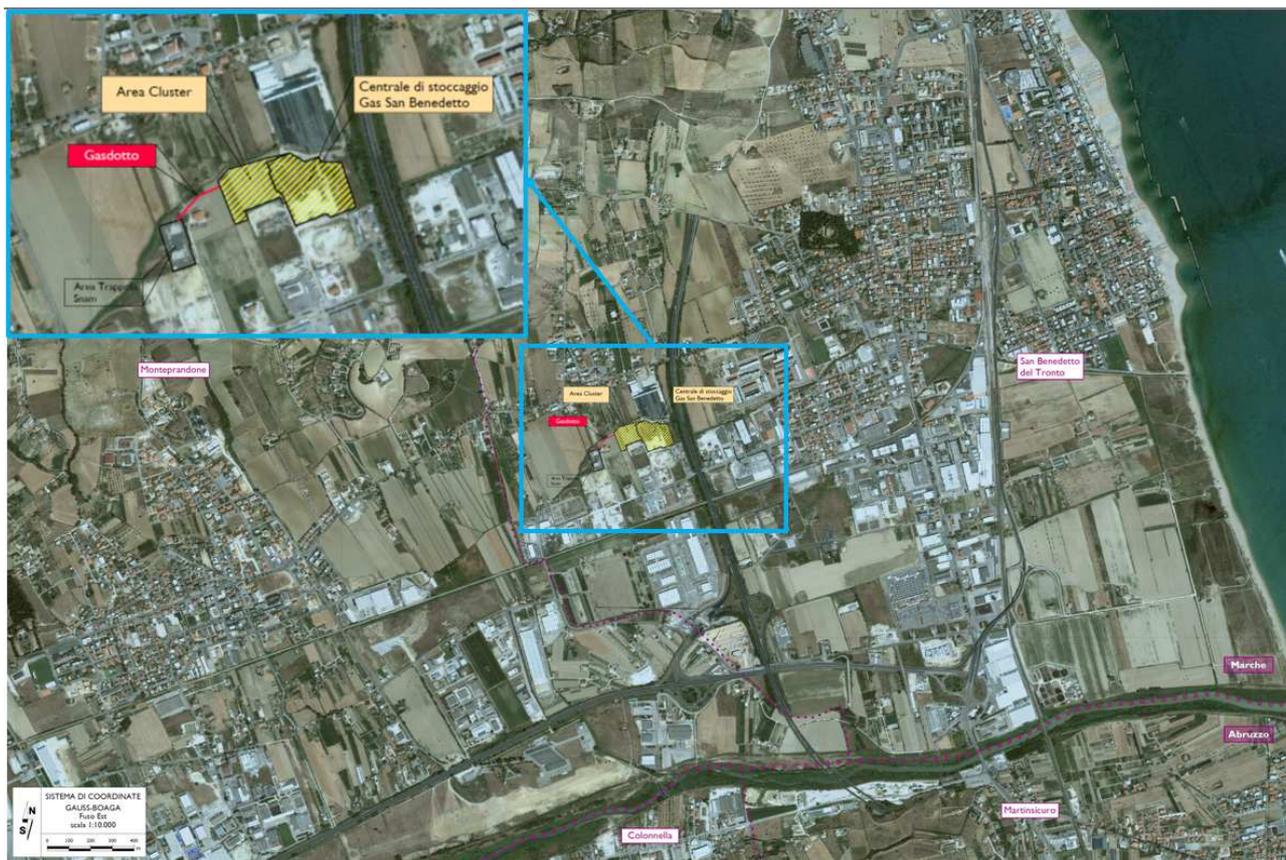


Fig. 2.1 Ubicazione del Progetto

Il progetto prevede la costruzione di una centrale di stoccaggio gas, la perforazione di n. 6 pozzi in area adiacente a quella adibita a centrale che conterrà una nuova Unità di Compressione per consentire lo stoccaggio di gas naturale prelevato dalla rete nazionale e di una nuova Unità di Trattamento per rendere il gas estratto dai pozzi conforme alle specifiche di vendita; l'impianto sarà dotato anche di tutte le unità di servizio necessarie per il suo funzionamento.

L'intera area è identificata dalle seguenti coordinate geografiche, individuata nel punto centrale:

- Latitudine 42°54'19,79" N
- Longitudine 13°52'41,03" E di Greenwich.

La specifica ubicazione della nuova centrale di stoccaggio è legata all'esistenza del giacimento di gas naturale di S. Benedetto; la scelta di localizzazione dei nuovi impianti risulta pertanto ad esso vincolata.

Il sito è ubicato in località "S.S. Annunziata" nei pressi di "Case Laureati di Sopra", nel territorio comunale di S. Benedetto del Tronto. L'area risulta pianeggiante ad uso agricolo; a Nord, nelle strette vicinanze della centrale scorre il corso idrico Fosso Collettore.

L'area oggetto di indagine si trova nel settore centro-meridionale della Regione Marche in sinistra idrografica del Fiume Tronto, alla quota di circa 4 m s.l.m. lungo la zona di piana alluvionale.

L'ambiente è caratterizzato essenzialmente da campi coltivati a corona dei quali si rinvergono zone coperte da uliveti e vegetazione spontanea. L'impatto antropico è particolarmente intenso ed assieme a fabbricati ad uso abitativo si rinvergono molte strutture di tipo produttivo delle più svariate categorie (dallo smaltimento rifiuti alla distribuzione di energia elettrica, oltre a diverse sedi manifatturiere o del terziario).

Qui di seguito si riportano i dati di Traffico Giornaliero Medio (TGM), ricavati da banche dati di traffico, relativo alle infrastrutture considerate nell'area di studio:

Tab. 1 – Dati del Traffico Giornaliero Medio Infrastrutture Stradali

Strada	TGM
Autostrada Adriatica	15655
Contrada Fosso dei Galli	9
Contrada Isola Sud	2699
Via Alfortville	145
Via Chienti	10
Via del Lavoro	17
Via Enrico De Nicola	65
Via Giorgio Amendola	3
Via Giovanni Gronchi	25
Via Giuseppe Di Vittorio	54
Via Guido Gonella	25
Via Ivrea	13
Via Molveno	8
Via Moncalieri	71
Via Pasubio	4652
Via Piave	4284
Via Pomezia	161
Via Salaria	2410
Via Scopa	2409
Via Susa	43
Via Torino	2491
Via Ugo La Malfa	14
Via Umberto Terracini	153
Via Val Badia	19
Via Val Cimarra	206
Via Val Cuvia	574
Via Val d'Adige	1
Via Val di Chiara	8
Via Val Gardena	41
Via Val Nerina	7
Via Val Seriana	27
Via Val Sesia	18
Via Val Solda	13
Via Val Sugana	12
Via Val Tesino	1
Via Val Tiberina	1122
Via Valle Piana	493
Via Valtellina	34
Via Verbania	73
Via Volterra	379

3. DEFINIZIONI TECNICHE (TRATTE DA NORMA UNI 9614:2017)

- Accelerazione; $a(t)$: Valore istantaneo del modulo del vettore accelerazione in un punto, calcolato come somma vettoriale delle sue tre componenti cartesiane.
- Accelerazione assiale; $a_x(t)$, $a_y(t)$, $a_z(t)$: Valore istantaneo di ciascuna delle tre componenti cartesiane del vettore accelerazione in un punto.
- Accelerazione assiale "band limited"; $a_{b,l,j}(t)$: Valore istantaneo dell'accelerazione ottenuta filtrando l'accelerazione $a_j(t)$ con un filtro passabanda.
- Accelerazione ponderata assiale $a_{w,j}(t)$: Valore istantaneo dell'accelerazione ponderata in frequenza nel dominio del tempo per il j-esimo asse, ottenuta utilizzando la curva W_m secondo quanto previsto dalla norma UNI EN ISO 8041-1.
- Accelerazione ponderata assiale efficace; $a_{w,rms}(t)$: Valore efficace valutato all'istante t di $a_{w,j}(t)$, calcolato in conformità alla UNI EN ISO 8041-1 :2017.
- Accelerazione ponderata totale efficace; $a_w(t)$: Valore efficace totale valutato all'istante t sui tre assi.
- Ambiente di misura: Ambiente significativo in termini di permanenza del soggetto esposto delle attività svolte o ambiente nel quale il soggetto esposto lamenta il maggior disturbo.
- Disturbo: Sensazione personale legata ai livelli di vibrazioni che determinano irrequietezza, fastidio, ansia, irritazione.
- Edificio: Costruzione utilizzata come abitazione o per altre attività umane, inclusi uffici, fabbriche, ospedali, scuole, luoghi ricreativi e di culto, spazi commerciali.
- Evento: Elemento minimo del fenomeno vibratorio oggetto di misura, al quale viene associata, come descrittore della vibrazione, la massima accelerazione ponderata.
- Giornate festive: Giorni di domenica e giornate festive ufficialmente riconosciute dalla legislazione e regolamentazione nazionale e locale.
- Massima accelerazione ponderata; $a_{w,max}$: Il più elevato dei valori efficaci dell'accelerazione ponderata $a_w(t)$ misurati durante uno specifico evento.
- Massima accelerazione statistica; $a_{w,95}$: stima del 95° percentile della distribuzione cumulata di probabilità della massima accelerazione ponderata $a_{w,max}$, misurata sui singoli eventi.
- Periodo di attività: periodo di permanenza dei fenomeni vibratorii, definito dall'orario di inizio e dall'orario di fine.
- Periodo diurno: fascia oraria fra le ore 06.00 e le ore 22.00.
- Periodo notturno: fascia oraria fra le ore 22.00 e le ore 06.00.
- Punti singolari: punti dell'ambiente di misura caratterizzati da condizioni strutturali, di vincolo e di modi di vibrare che li rendano unici rispetto al resto dell'ambiente e quindi non rappresentativi della situazione generale.
- Valutazione del disturbo: Insieme delle attività di misurazione delle vibrazioni, di calcolo dei descrittori del disturbo e di confronto con i limiti di riferimento suggeriti.
- Vibrazioni della sorgente, V_{sor} : Vibrazioni immesse nell'edificio dalla specifica sorgente oggetto di indagine. Se la sorgente è di tipo stazionario, sono caratterizzate dal valore dell'accelerazione $a_{w,95}$.
- Vibrazioni residue, V_{res} : Vibrazioni presenti nell'edificio in assenza della specifica sorgente oggetto di indagine. Sono caratterizzate dal valore dell'accelerazione $a_{w,95}$.
- Vibrazioni immesse, V_{imm} : Vibrazioni che vengono immesse nell'edificio da tutte le sorgenti attive di qualsiasi origine (V_{sor} , e V_{res}). Sono caratterizzate dal valore dell'accelerazione $a_{w,95}$.

4. RIFERIMENTI NORMATIVI

- UNI 9614:2017 “Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo”
- UNI 9916:2014 “Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici”
- UNI 11568:2015 “Vibrazioni – Strumentazione e analisi per la misura delle vibrazioni – Strumenti di misura.
- UNI ISO 5348:2021 “Mechanical vibration and shock - Mechanical mounting of accelerometers”
- ISO 2631-1:1997 Mechanical vibration and shock — Evaluation of human exposure to whole-body vibration — Part 1: General requirements
- ISO 2631-2:2003 Mechanical vibration and shock — Evaluation of human exposure to whole-body vibration — Part 2: Vibration in buildings (1 Hz to 80 Hz)
- ISO 20283-5:2016 - Mechanical vibration — Measurement of vibration on ships — Part 5: Guidelines for measurement, evaluation and reporting of vibration with regard to habitability on passenger and merchant ships
- ISO 8041-1:2017 Human response to vibration — Measuring instrumentation — Part 1: General purpose vibration meters
- ISO 2041:2009 Mechanical vibration, shock and condition monitoring – Vocabulary
- ISO 10055:1996 Mechanical vibration -- Vibration testing requirements for shipboard equipment and machinery components
- ISO 19201:2013. Mechanical vibration – Methodology for selecting appropriate machinery vibration standards.
- ISO 20816-1:2016 Mechanical vibration — Measurement and evaluation of machine vibration — Part 1: General guidelines
- ISO 20816-2:2017 Mechanical vibration — Measurement and evaluation of machine vibration — Part 2: Land-based gas turbines, steam turbines and generators in excess of 40 MW, with fluid-film bearings and rated speeds of 1 500 r/min, 1 800 r/min, 3 000 r/min and 3 600 r/min
- ISO 20816-3:2022 Mechanical vibration — Measurement and evaluation of machine vibration — Part 3: Industrial machinery with a power rating above 15 kW and operating speeds between 120 r/min and 30 000 r/min
- ISO 20816-4:2018 Mechanical vibration — Measurement and evaluation of machine vibration — Part 4: Gas turbines in excess of 3 MW, with fluid-film bearings
- ISO 5348:1987. Mechanical mounting of accelerometers for measuring mechanical vibration and shock
- ISO 5349-1:2001. Mechanical vibration – Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration – Part 1: General requirements
- ISO 5349-2:2001. Mechanical vibration – Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration – Part 2: Practical guidance for measurement at the workplace
- European Directive 89/656/EEC on the Minimum Health and Safety Requirements for the Use by Workers of Personal Protective Equipment at the Workplace

4.1 La norma UNI 9614:2017

In Italia, a differenza di quanto avviene per il rumore, non esiste una legislazione specifica sulla problematica vibrazioni, per cui è necessario rifarsi a normative tecniche, siano queste italiane o internazionali.

La recente UNI 9614 del 2017 “Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo” prende spunto dalla norma internazionale ISO 2631-2:2003 e dalle norme NS 8176.E e BS5228.

La norma definisce il metodo di misurazione delle vibrazioni immesse negli edifici ad opera di sorgenti interne od esterne agli edifici e i criteri di valutazione del disturbo delle persone all'interno degli edifici stessi.

La norma si applica a tutti i fenomeni che possono dare origine a vibrazioni negli edifici; a titolo esemplificativo e non esaustivo: traffico su gomma e su rotaia, attività industriali e funzionamento di macchinari, attività stradali e di cantiere di varia natura, esplosioni e scoppi, attività umane di qualsiasi natura.

La norma non si applica:

- alle vibrazioni derivanti da eventi sismici e affini;
- alle valutazioni di possibili danni strutturali, architettonici o cosmetici negli edifici, all'esame di problematiche di igiene del lavoro, né infine alle valutazioni di danni a macchinari o strumentazione sensibile;
- alle vibrazioni con frequenza minore del limite di banda inferiore al terzo d'ottava con centro a 1 Hz.

4.2 Misurazioni

La misurazione deve essere eseguita soltanto dopo un attento esame di tutti gli aspetti rilevanti ai fini di una chiara descrizione del fenomeno sotto osservazione in particolare: la tipologia della sorgente, la tipologia dell'edificio con le posizioni normalmente occupate dalle persone e i tempi di permanenza nelle stesse. In base a tali informazioni sarà possibile predisporre un piano delle misure secondo quanto indicato nei punti successivi.

Grandezza da misurare e direzioni di misura

La grandezza cinematica scelta per la valutazione del disturbo è l'accelerazione assoluta; si deve quindi ricorrere alla misurazione diretta e, quindi, all'impegno dei sensori accelerometrici; non è ammesso l'impiego di velocimetri o altri tipi di sensori e trasduttori.

Le vibrazioni devono essere misurate simultaneamente secondo n. 3 direzioni ortogonali e il sistema di assi ortogonali deve essere riferito alla struttura dell'edificio, oppure al corpo umano.

Il sistema di riferimento deve essere indicato nel rapporto di misurazione con la motivazione della scelta.

Preferibilmente, per assodata convenzione si utilizzerà l'asse Z per la direzione verticale.

Va comunque sottolineato che l'orientamento del sistema di riferimento non influisce sul risultato delle elaborazioni successive, necessarie per la valutazione del disturbo, che fanno riferimento alla combinazione delle elaborazioni delle accelerazioni assiali: è tuttavia suggerito il mantenimento della traccia delle singole

componenti assiali dell'accelerazione misurata, per una miglior comprensione dei fenomeni meccanici che generano la vibrazione.

Postazione di misurazione

Le postazioni di misura devono essere scelte sulla base delle reali condizioni di utilizzo degli ambienti da parte degli abitanti.

Sono quindi esclusi dalle valutazioni i seguenti ambienti in quanto considerati, ai fini dell'applicazione della presente norma, non abitati: ripostigli, servizi igienici, cantine, solai, corridoio eccetera; sono inoltre da escludere zone esterne dell'abitazione quali Giardini, viali di accesso balconi e terrazzi scale, pianerottoli e simili.

Poiché il fine della misura è la valutazione del disturbo alla persona, le misurazioni devono essere effettuate in generale sui pavimenti o in subordine su elementi strutturali che possono essere:

- in diretto contatto con il corpo umano durante l'attività normale all'interno dell'ambiente;
- superfici di appoggio per mobili utilizzati per il riposo.

Sono invece da escludere soffitti controsoffitti mensole, vetrate, suppellettili, mobili, letti, ecc.

Devono inoltre essere evitate misurazioni su superfici che manifestano scarsa aderenza con le strutture per esempio piastrelle poco aderenti al massetto, superfici morbide e cedevoli, tappeti, moquette o per le quali l'ampiezza delle vibrazioni può derivare anche da un cattivo stato di manutenzione.

Le vibrazioni devono essere misurate nella posizione all'interno dell'ambiente di misura dove si osserva il più elevato dei valori efficaci dell'accelerazione ponderata $a_w(t)$ ma lontano dai punti singolari.

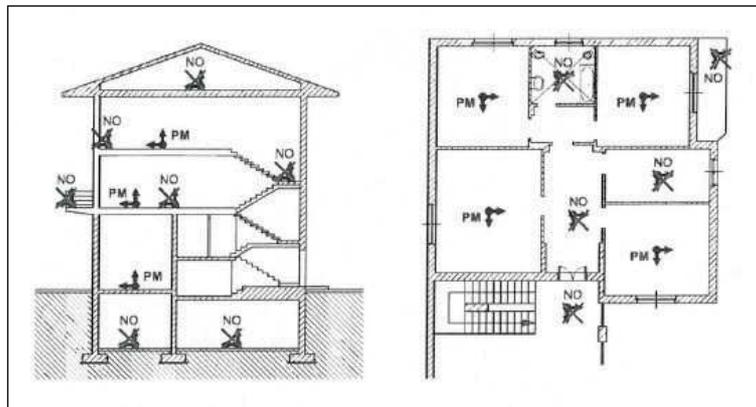


Figura 1. Indicazione dei punti di misura ideali

4.3 Durata della misurazione e numero di eventi

La durata complessiva delle misurazioni è legata al numero di eventi del fenomeno in esame necessario ad assicurare una ragionevole accuratezza statistica, tenendo conto non solo della variabilità della sorgente ma anche dell'ambiente di misura.

Se l'esposizione completa deriva da fenomeni di tipo diverso presenti in diversi periodi, occorrerà procedere all'analisi separata delle vibrazioni in ciascuno di questi periodi.

L'appendice A fornisce i criteri con cui individuare gli eventi da considerare per il calcolo della massima accelerazione statistica a_{w95} per i casi di maggiore interesse: è però fondamentale che lo sperimentatore verifichi che le condizioni di misurazione e gli eventi siano effettivamente ed esaustivamente rappresentative della situazione in esame.

4.4 Misurazioni delle vibrazioni immesse e residue

Per il calcolo delle vibrazioni associate alla sorgente ritenuta fonte di disturbo è necessario procedere alla misurazione delle vibrazioni immesse e delle vibrazioni residue.

La vibrazione residua deve essere misurata nello stesso punto scelto per la misura delle vibrazioni immesse e con le medesime modalità e criteri. Negli ambienti destinati ad uso lavorativo le vibrazioni connesse con l'attività produttiva stessa (per esempio funzionamento di macchinari, movimentazione di merci ecc.) o agli impianti a servizio di tali attività sono da considerare come vibrazioni residue. Per sorgenti continue ricadenti nella definizione delle attività essenziali di pubblico servizio, la misurazione delle Vibrazioni residue non è, generalmente, un'opzione attuabile. Per queste sorgenti si possono quindi misurare, in generale, le sole vibrazioni immesse.

Tuttavia, per questo tipo di Sorgenti, quando possibile, è opportuno procedere a misurazioni in periodi di manutenzione e di regime ridotto allo scopo di ottenere una stima delle vibrazioni residue.

Per le sorgenti continue legate ad attività non interrompibili ma non ricadenti nelle attività essenziali, la misura della vibrazione residua è un'opzione attuabile.

Pertanto si deve procedere alla misura delle vibrazioni residue attraverso disattivazione programmata delle sorgenti specifiche, previa valutazione cautelativa della significatività delle vibrazioni residue stesse e del loro peso rispetto alle vibrazioni immesse.

Per sorgenti semi-continue, intermittenti o temporanee, la misurazione delle vibrazioni residue è per principio possibile e quindi da effettuare.

4.5 Strumentazione

La valutazione del disturbo può essere effettuata con l'impiego di strumentazione dedicata che, oltre all'acquisizione e registrazione del segnale accelerometrico, esegue l'elaborazione in linea dei dati.

In alternativa è possibile far ricorso a sistemi acquisizione dati che memorizzano la storia temporale dell'accelerazione in forma digitale e di un software specifico per l'elaborazione fuori linea.

4.6 Metodo di calcolo

Il metodo di calcolo illustrato nel seguito è da considerarsi valido per tutti i tipi di sorgente e adeguato a coprire sia i fenomeni di media e breve durata sia i fenomeni impulsivi caratterizzati da un fattore di cresta molto elevato.

L'elaborazione del segnale corrispondente ad ogni singolo evento comporta una serie di passaggi da eseguirsi nella sequenza indicata.

L'accelerazione misurata sui tre assi $a_x(t)$, $a_y(t)$, $a_z(t)$ deve essere filtrata con un filtro passa banda (band-limiting) con le caratteristiche riportate nella ISO 2631-2 e UNI EN ISO 8041-1:2017 punto 5.6.2, e successivamente con il filtro di ponderazione W_m . Si ottiene per il j -esimo asse, l'accelerazione ponderata $a_{w,j}(t)$.

Per l'intera storia temporale del segnale ponderato viene calcolato l'andamento nel tempo del valore efficace dell'accelerazione ponderata, per ogni singolo asse cartesiano $[a_{w,rms,j}(t)]$

$$a_{w,rms,j}(t) = \frac{1}{\tau} \sqrt{\int_{t-\tau}^t a_{w,j}^2(\epsilon) d\epsilon} \quad (1)$$

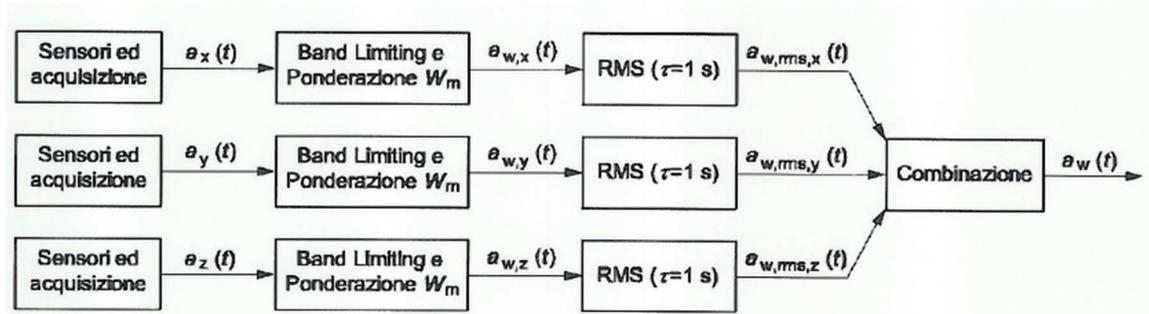
Dove j indica l'asse di misura (x , y o z).

Il tempo di integrazione τ è pari a 1 secondo.

Il calcolo dell'accelerazione totale ponderata $a_w(t)$ sarà ottenuta dalla somma vettoriale dei valori sui tre assi x , y e z , attraverso la relazione

$$a_w(t) = \sqrt{a_{w,rms,x}^2(t) + a_{w,rms,y}^2(t) + a_{w,rms,z}^2(t)} \quad (2)$$

Secondo lo schema riportato qui sotto



Di questo valore variabile nel tempo, verrà considerato il valore massimo dell'i-esimo evento.

$$a_{w,max,i} = \max(a_w(t)) \quad (3)$$

La massima accelerazione statistica $a_{w,95}$ sarà ottenibile dalla relazione

$$a_{w,95} = \overline{a_{w,max}} + 1,8 \cdot \sigma \quad (4)$$

Dove

$\overline{a_{w,max}}$ è la media dei valori massimi degli eventi considerati

σ è lo scarto tipo dei valori massimi degli eventi considerati.

In questo modo è quindi calcolabile il valore di accelerazione vibrazionale immessa nell'ambiente abitativo, ma il valore associato alla sorgente viene ricavato come differenza quadratica rispetto alle vibrazioni residue presenti.

Le vibrazioni residue andranno misurate con lo stesso principio seguito per la misura delle vibrazioni immesse.

$$V_{sor} = \sqrt{V_{imm}^2 - V_{res}^2} \quad (5)$$

Per questo motivo si è resa necessaria una campagna di misure Ante Operam al fine di determinare i valori delle vibrazioni residue sul territorio.

La valutazione del disturbo viene a differenziarsi in base alla destinazione d'uso degli edifici per cui si esegue tale valutazione. In ambiente abitativo (residenziale) i limiti di riferimento massimi per la massima accelerazione ponderata della sorgente, V_{sor} sono:

- periodo diurno: 7,2 mm/s²;
- periodo notturno: 3,6 mm/s²;
- periodo diurno di giornate festive: 5,4 mm/s².

5. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Il progetto consiste nella realizzazione della Centrale di Stoccaggio S. Benedetto, che sarà situata nel territorio comunale di S. Benedetto del Tronto (AP).

Il progetto prevede di perforare fino a n. 6 pozzi nelle vicinanze dell'esistente Centrale gas San Benedetto, la costruzione di una nuova Unità di Compressione per consentire lo stoccaggio di gas naturale prelevato dalla rete nazionale e di una nuova Unità di Trattamento per rendere il gas estratto dai pozzi conforme alle specifiche di vendita; l'impianto sarà dotato anche di tutte le unità di servizio necessarie per il funzionamento.

Il servizio di stoccaggio si compie secondo dei cicli funzionamento annui, costituiti da due fasi:

- fase di iniezione, dal 1 aprile al 31 ottobre, durante la quale il gas viene prelevato dalla rete nazionale, compresso nell'apposita unità ed iniettato nei pozzi. Durante questa fase saranno operativi soltanto i sistemi di compressione e di misurazione del volume iniettato;
- fase di erogazione, dal 1 novembre al 31 marzo, durante la quale il gas viene erogato dai pozzi, trattato e, dopo la misura fiscale, immesso nella rete di distribuzione nazionale. In questa fase gli unici sistemi in esercizio sono il trattamento gas e la misura fiscale del volume scaricato, in quanto la pressione di erogazione dei pozzi è sufficientemente elevata da permettere l'immissione del gas direttamente alla rete senza l'uso del sistema di compressione.

Le principali attività previste per la costruzione della Centrale di stoccaggio di S. Benedetto sono le seguenti:

- perforazione di un massimo di n. 6 pozzi per lo stoccaggio del gas;
- realizzazione delle Centrale di stoccaggio mediante installazione dell'Unità di Compressione per consentire l'iniezione del gas nel reservoir dalla rete nazionale di distribuzione del gas;
- installazione dell'Unità di Trattamento per rendere il gas estratto dal giacimento naturale, dopo lo stoccaggio, in conformità alle specifiche di vendite;
- installazione di tutte le utilities necessarie per il funzionamento dell'impianto;
- installazione di tutte le attrezzature logistiche necessarie per la gestione degli impianti.
- posa in opera di una linea del metano per la connessione della Centrale di stoccaggio alla rete di alta pressione di Snam Rete Gas.

La Figura mostra la localizzazione dell'esistente Centrale Gas S. Benedetto, della nuova Centrale di Stoccaggio e del cluster in cui verranno perforati i pozzi.



Figura 2. Localizzazione degli impianti

La durata complessiva delle attività di cantiere è stimata pari a circa n. 30 mesi, comprendendo tutti i tempi necessari che vanno dalla predisposizione delle aree alle forniture dei materiali, dalle costruzioni delle opere civili all'installazione degli impianti, dall'attività di perforazione alla posa della condotta di collegamento con la rete nazionale.

Attività	ANNO 1				ANNO 2				ANNO 3			
	I TRIM	II TRIM	III TRIM	IV TRIM	I TRIM	II TRIM	III TRIM	IV TRIM	I TRIM	II TRIM	III TRIM	IV TRIM
Concessione	▼											
Drilling & Completion	█				█							
lavori civili	█											
perforazione pozzo n.1		█										
completamento pozzo n.1			█									
perforazione pozzo n.2			█									
completamento pozzo n.2				█								
perforazione pozzo n.3				█								
completamento pozzo n.3					█							
perforazione pozzo n.4					█							
completamento pozzo n.4						█						
perforazione pozzo n.5						█						
completamento pozzo n.5							█					
perforazione pozzo n.6							█					
completamento pozzo n.6								█				
Unità trattamento e compressione			█				█					
ingegneria			█				█					
acquisto materiali			█				█					
lavori civili					█				█			
installazione					█				█			
Commissioning & Performance test									█			
unità utilities									█			
unità trattamento									█			
unità compressione									█			
performance test												▼
Start-up												▼

Tabella 1 – Cronoprogramma delle attività

6. I RILIEVI DI VIBRAZIONI

Le misure sono state eseguite con accelerometri triassiali (vedasi Appendice A – Strumentazione utilizzata) in modo da ottenere i valori di accelerazione vibrazionale sui tre assi X, Y e Z.

La metodologia di fissaggio degli accelerometri è attraverso una massa sismica di adeguato peso e tale da garantire un appoggio isostatico, come previsto dalla UNI ISO 5348:2021.

Nel mese di Maggio 2024 è stata effettuata una campagna di monitoraggio di vibrazioni ante-operam sull'area circostante la futura zona di cantiere, al fine di caratterizzare i livelli di vibrazioni residui. I punti sono stati scelti in corrispondenza dei ricettori più esposti alle future emissioni del cantiere.

Per valutare la vibrazione residua si è scelto di procedere all'effettuazione di rilievi fonometrici sul campo con rilievi di tipo breve.

Sono stati individuati n. 6 punti distribuiti sull'intera area oggetto di indagine, come rappresentato in figura sottostante.



Figura 3. Punti di misura vibrazionali

ID	Vibrazione residua Asse X (mm/s ²)	Vibrazione residua Asse Y (mm/s ²)	Vibrazione residua Asse Z (mm/s ²)	Vibrazione residua Asse – Vettore (mm/s ²)	Coordinate	Foto
VIB01	0.2	0.1	0.2	0.3	42°54'16.62"N, 13°52'31.45"E	
VIB02	0.2	0.1	0.2	0.4	42°54'10.14"N, 13°52'37.24"E	
VIB03	0.2	0.2	0.2	0.4	42°54'12.09"N, 13°52'43.30"E	
VIB04	0.3	0.2	0.2	0.4	42°54'14.86"N, 13°52'52.87"E	
VIB05	0.1	0.1	0.1	0.2	42°54'17.36"N, 13°52'42.31"E	
VIB06	0.1	0.1	0.1	0.1	42°54'19.83"N, 13°52'38.49"E	

Tabella 2 – Valori di vibrazione residua misurati

7. IL MODELLO MATEMATICO

7.1 Realizzazione del modello matematico

Per rappresentare la situazione esistente è stato utilizzato un apposito modello matematico di realizzazione interna, come descritto nei paragrafi successivi, in cui vengono inseriti tutti gli elementi che concorrono a determinare lo scenario vibrazionale dell'area oggetto di studio. La descrizione del funzionamento del modello di simulazione è riportata nel paragrafo 7.3.

Il primo passaggio per la definizione dello scenario di calcolo all'interno del modello previsionale è stato la ricostruzione dell'orografia dell'area di interesse, inserendo gli edifici e le strade locali.

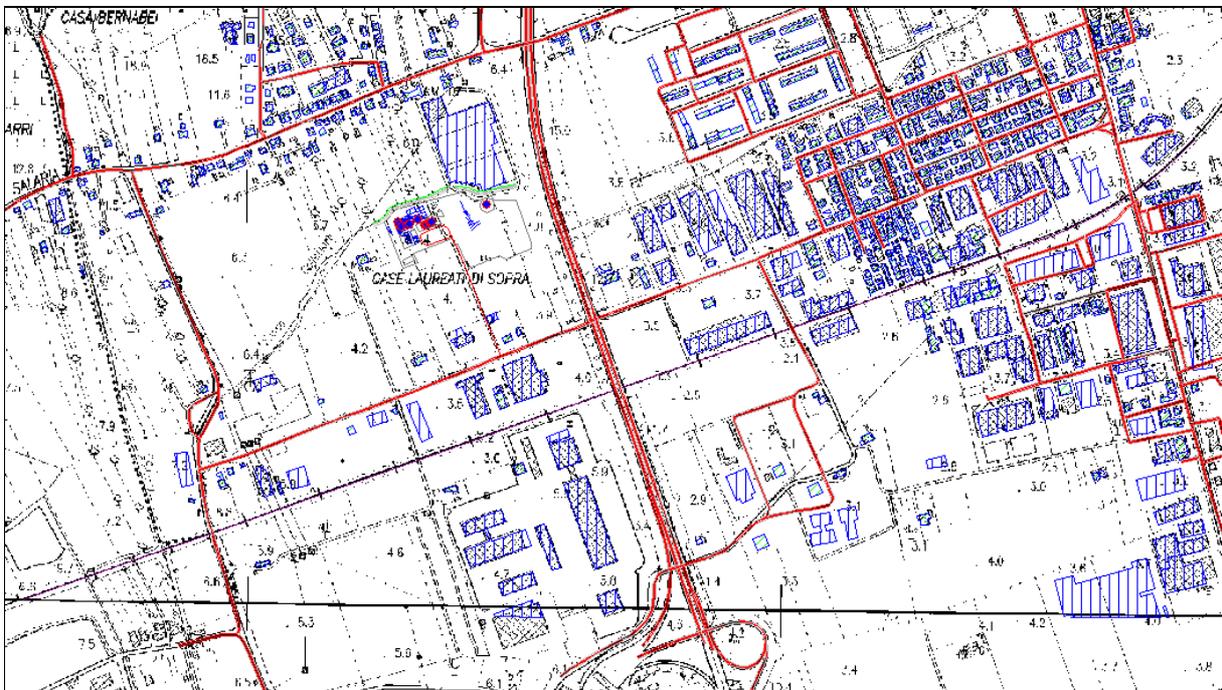


Figura 4. Inserimento degli edifici e delle strade nel modello (vista planimetrica)

Il modello rappresenta in modo tridimensionale la situazione territoriale dell'area.

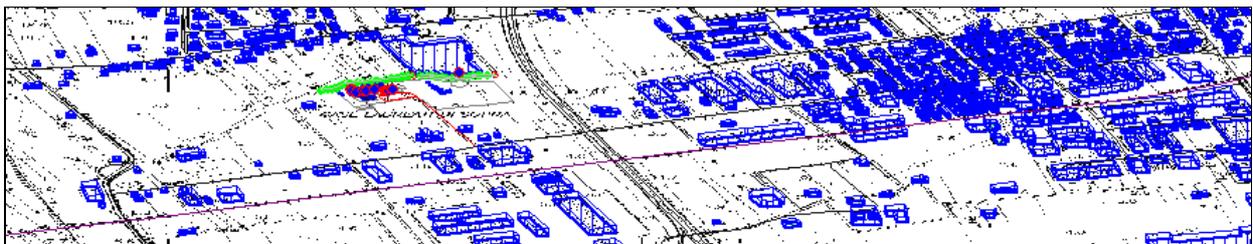


Figura 5. Inserimento degli edifici e delle strade nel modello (vista 3D)

7.2 Creazione dell'orografia del terreno

Sulla base delle informazioni altimetriche raccolte nelle cartografie vettoriali dell'area, è stato ricreato il modello digitale del terreno (DGM) fino a una distanza di almeno 500 metri dal confine d'impianto in modo da comprendere le abitazioni limitrofe potenzialmente interessate dalle emissioni di vibrazioni.



Figura 6. Creazione del modello digitale del terreno (vista 3D)

Una volta definita l'orografia del territorio, sono stati inseriti nello scenario di calcolo tutti gli elementi che si comportano come ostacoli alla propagazione dell'onda sonora come, ad esempio, i muretti di contenimento interni, il muro perimetrale e gli edifici.

7.3 Il modello di propagazione nel terreno delle onde vibrazionali

Lo studio della propagazione vibratoria sui terreni vede la concorrenza di due fenomeni che interagiscono tra di loro:

- l'attenuazione materiale del mezzo, legata alle caratteristiche dissipative del terreno all'interno del quale avviene la propagazione di energia vibratoria. L'attenuazione materiale del mezzo è un fenomeno complesso (dipende ad esempio dalla frequenza e ampiezza del moto), risultante dalla interazione di diversi meccanismi tra cui le perdite di energia di natura viscosa per attrito tra le particelle di terreno e le dissipazioni dovute al movimento relativo tra fasi solida e fluida;
- l'attenuazione geometrica, legata al fenomeno di propagazione dell'energia vibratoria entro volumi di terreno sempre crescenti con l'aumentare della distanza dalla sorgente. In un mezzo omogeneo essa è legata alla geometria della sorgente (puntuale, lineare, etc.), alla sua profondità, alle caratteristiche del dominio sede dei fenomeni propagatori (presenza di ostacoli, discontinuità, etc.). L'attenuazione geometrica dipende poi dal particolare tipo di campo vibratorio studiato e si manifesta in modo diverso per le onde di volume rispetto alle onde di superficie o di interfaccia.

L'approccio scelto per creare un modello propagativo delle vibrazioni nel terreno durante le attività per la realizzazione della centrale di stoccaggio parte dalle relazioni presenti in letteratura, definendo poi i parametri specifici del terreno in modo che vi sia una buona rispondenza tra i valori misurati alle diverse distanze e i valori teorici. In questo senso possiamo fare alcune considerazioni per cui:

- le sorgenti delle attività modellizzate sono di tipo puntuale e areale a secondo della loro estensione;
- l'attenuazione dissipativa del mezzo è stata calcolata nell'ipotesi di mezzo debolmente dissipativo e campo vibratorio costituito in prevalenza da onde di volume nelle vicinanze della sorgente, e di superficie di tipo Rayleigh per distanze maggiori;
- l'attenuazione geometrica pertinente alla sorgente puntuale nel campo vicino è stata assunta proporzionale a r^{-1} , mentre nel campo lontano si è considerata una prevalenza di onde di Rayleigh con una legge di attenuazione proporzionale a r^{-n} , dove n varia in funzione della distanza.

Pertanto, l'attenuazione delle vibrazioni è stata calcolata in condizioni di campo libero mediante la seguente espressione:

$$A(r, f) = A(r_0, f) \cdot \left(\frac{r_0}{r}\right)^n \cdot e^{-2\mu f \epsilon / c(r-r_0)} \quad (7)$$

dove

- $A(r, f)$ è il valore dell'accelerazione alla frequenza f misurabile alla distanza r dalla sorgente;
- $A(r_0, f)$ è il valore dell'accelerazione alla frequenza f misurato alla distanza r_0 dalla sorgente;
- e è un parametro legato alle caratteristiche geotecniche del terreno;
- c è la velocità di propagazione dell'onda vibrazionale nel terreno.

7.4 La propagazione delle vibrazioni negli edifici

La propagazione delle vibrazioni negli edifici e la risposta di pareti e solai dipendono dalle caratteristiche costruttive dell'edificio. Al fine delle valutazioni è importante separare due aspetti fondamentali del fenomeno:

- l'interazione suolo-fondazioni
- la propagazione nel corpo dell'edificio.

Il primo aspetto è legato al fatto che la mancanza di solidarietà all'interfaccia terreno-struttura dà luogo a fenomeni dissipativi, configurandosi come un fenomeno limitante della trasmissione. Detto fenomeno è perciò condizionato dalla tipologia delle fondazioni (fondazioni a platea, fondazioni su plinti isolati, pali di fondazioni, ecc.).

Nel caso di fondazioni a platea la grande area di contatto con il terreno determina una perdita di accoppiamento praticamente nulla alle basse frequenze fino alla frequenza di risonanza della fondazione.

Per le altre tipologie di fondazioni possono essere utilizzate curve empiriche che consentono la stima dei livelli di vibrazione della fondazione in funzione dei livelli di vibrazione del terreno.

La propagazione nel corpo dell'edificio è determinante sia per gli abitanti sia per le strutture in quanto i pavimenti, pareti e soffitti degli edifici sono soggetti a significative amplificazioni delle vibrazioni rispetto a quelle trasmesse dalle fondazioni. In molti casi la risonanza delle strutture orizzontali può causare un'amplificazione delle vibrazioni nel campo di frequenze comprese tra 10 e 30 Hz. I problemi maggiori si verificano quando la frequenza di risonanza dei solai coincide con la frequenza di picco dello spettro di vibrazione del terreno.

Negli edifici multipiano un valore di attenuazione delle vibrazioni da piano a piano è approssimativamente pari a 3 dB. I risultati di misure sperimentali svolti da Ishii e Tachibana in un edificio a 10 piani fuori terra con struttura in calcestruzzo armato e acciaio mostrano un'attenuazione di circa 1 dB alle basse frequenze in corrispondenza dei piani alti e maggiore di 3 dB ai primi piani.

La norma DIN 4150 riferisce che, nel caso di vibrazioni orizzontali le frequenze proprie dei piani di un edificio seguono all'incirca la legge $f = 10/n$, essendo n il numero del piano. Per la componente verticale si hanno circa $f = 10$ Hz per pavimenti poco rigidi e $f = 30$ Hz per pavimenti molto rigidi. Gli incrementi per risonanza possono essere dell'ordine di 3÷8 volte, con rari casi di incrementi fino a 15 volte.

Risultati analoghi sono stati ottenuti nel corso di misure eseguite dalle Ferrovie Svizzere: generalmente si ha un'attenuazione nelle componenti orizzontali x e y ($f = 0\div 80$ Hz) tra suolo e piano terra degli edifici ma si verifica un'amplificazione della componente verticale z tra suolo e piano terra e suolo-primo piano.

Mediamente l'amplificazione sul pavimento è di 5 dB per frequenze di risonanza di circa 20 Hz, ma può arrivare anche a 20 dB nel caso del pavimento del piano terra con frequenza di risonanza di circa 40 Hz.

Le caratteristiche strutturali degli edifici che influiscono sulla propagazione delle vibrazioni trasmesse dal terreno alla fondazione vengono considerate composte da due componenti:

- propagazione da piano a piano;
- amplificazione degli orizzontamenti.

I due fenomeni comportano evidentemente due effetti contrari, il primo di attenuazione, il secondo di amplificazione. In relazione alle condizioni specifiche che caratterizzano gli immobili, uno dei due effetti può prevalere sull'altro, come pure i due effetti si possono elidere vicendevolmente.

In generale i fenomeni si differenziano in relazione al campo di frequenza in cui hanno specifica rilevanza.

Le vibrazioni, prevalentemente verticali in corrispondenza del sistema fondazionale dell'edificio, si propagano verso l'alto con una attenuazione progressiva da piano a piano.

Nella seguente tabella 3 riportiamo tale attenuazione (espressa in dB) in funzione della frequenza per altezze di interpiano sino a 3.2 m e per n. 3 orizzontamenti.

Il primo orizzontamento connota la posizione di minima attenuazione che viene considerata nelle verifiche previsionali.

Piano	Frequenze in terzi d'ottava (Hz)								
	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80
1° Orizzontamento	-2	-2	-2	-2	-3	-3	-3	-3	-3
2° Orizzontamento	-4	-4	-4	-4	-5	-5	-5	-5.5	-6
3° Orizzontamento	-6	-6	-6	-6	-7	-7	-7	-7	-7.5

Tabella 3 – Attenuazioni di interpiano (espressi in dB) – DIN 4150

Per ciò che riguarda la propagazione delle vibrazioni nel corpo della struttura i problemi maggiori riguardano i solai: la vibrazione può essere amplificata in corrispondenza della frequenza fondamentale degli orizzontamenti, che dipende dalla luce del solaio e dalla loro tipologia costruttiva.

L'amplificazione dei solai spazia in un ambito che va da 5 dB per frequenze proprie di circa 20 Hz a valori limite di 20 dB per frequenze proprie di circa 40 Hz. Le frequenze proprie degli orizzontamenti più diffusi si situano tra 10 Hz e 20 Hz.

Per le frequenze orizzontali, come già citato, la norma DIN 4150 suggerisce di calcolare le frequenze proprie ai vari piani con la formula $f = 10/n$, dove n è il numero del piano.

Per le frequenze connesse a modi verticali, la frequenza propria di un solaio si può esprimere come:

$$f_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (\text{Hz}) \quad (8)$$

dove "k" viene assunto approssimativamente come la rigidità per carichi concentrati in mezzeria ed "m" come la massa della striscia di solaio considerata (il calcolo preciso proviene dalla risoluzione di un integrale di Duhamel).

Nella figura seguente sono riportati, a titolo esemplificativo, i valori di amplificazione attesi per orizzontamenti in latero-cemento di classico dimensionamento per differenti luci.

Le curve tabellate fornite dalla letteratura indicano che non sono attese amplificazioni per le componenti in frequenza superiori a 50 Hz.

Nel caso di struttura portante orizzontale in acciaio e legno, sono messe in conto, in relazione ai minori smorzamenti strutturali che caratterizzano tali materiali costruttivi, maggiori amplificazioni, dell'ordine del 10% per l'acciaio e del 20% per il legno.

<i>Luce del solaio</i>	<i>Frequenze in terzi d'ottava (Hz)</i>								
	<i>12.5</i>	<i>16</i>	<i>20</i>	<i>25</i>	<i>31.5</i>	<i>40</i>	<i>50</i>	<i>63</i>	<i>80</i>
<i>Luce da 4 m</i>	<i>1.5</i>	<i>2,6</i>	<i>4.4</i>	<i>8.4</i>	<i>20</i>	<i>4.1</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>
<i>Luce da 5 m</i>	<i>4.3</i>	<i>8.7</i>	<i>20</i>	<i>4.8</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>
<i>Luce da 6 m</i>	<i>20</i>	<i>3.7</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>
<i>Luce da 7 m</i>	<i>4.8</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>

Tabella 4 – Amplificazioni in funzione della luce del solaio (espressi in dB) – DIN 4150

7.5 Accoppiamento terreno-edificio

La differenza tra il livello di vibrazione del terreno e quello delle strutture di fondazione è detta attenuazione per perdita di accoppiamento (coupling loss).

Dal punto di vista fondazionale, gli edifici possono essere classificati come edifici su fondazione diretta (plinti isolati o a travi continue) ed edifici su fondazioni profonde (pali, pozzi, diaframmi, ecc).

La figura seguente fornisce i valori sperimentali medi della perdita di accoppiamento in funzione della frequenza per fondazioni su pali nel terreno o su plinti di edifici in muratura, con o senza intelaiatura.

Per gli edifici con struttura portante verticale in muratura, in relazione alla maggiore massa, viene messa in conto una maggiore attenuazione pari a 2 dB.

Per edifici con struttura portante verticale in acciaio, in relazione alla minore massa in gioco, viene messa in conto una riduzione di attenuazione, rispetto al caso di struttura portante in cemento armato, pari a 2 dB.

Per fondazioni a platea generale dato che la vibrazione della stessa può essere considerata simile a quella che si verificherebbe nel terreno senza la presenza della platea, la perdita di accoppiamento è zero alle basse frequenze fino alla frequenza di risonanza della platea.

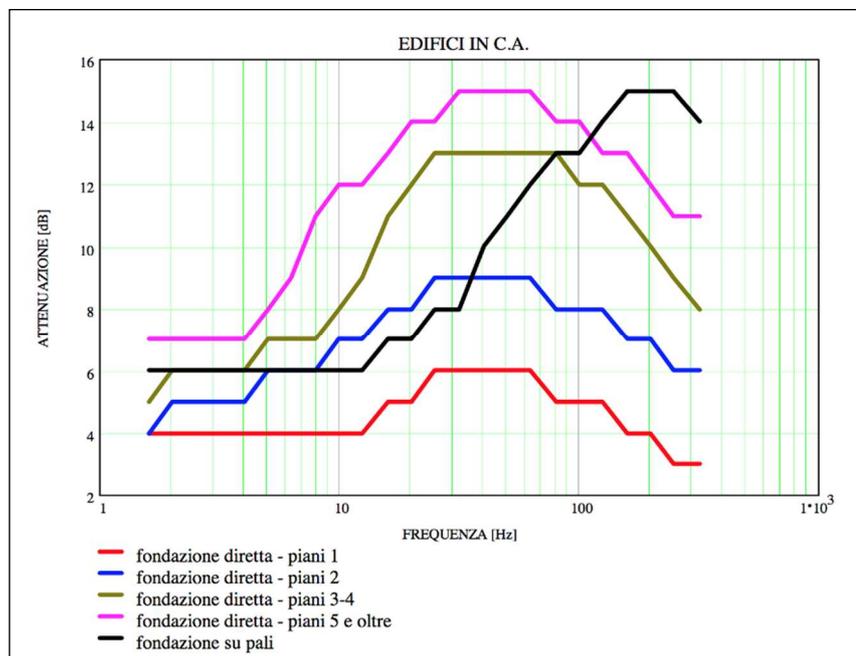


Figura 7. Attenuazioni legate all'accoppiamento terreno-fondazioni

Il comportamento varia se le fondazioni della costruzione non sono in cemento armato. Nella figura seguente è possibile osservare la differenza di attenuazione per accoppiamento tra i diversi tipi di fondazioni.

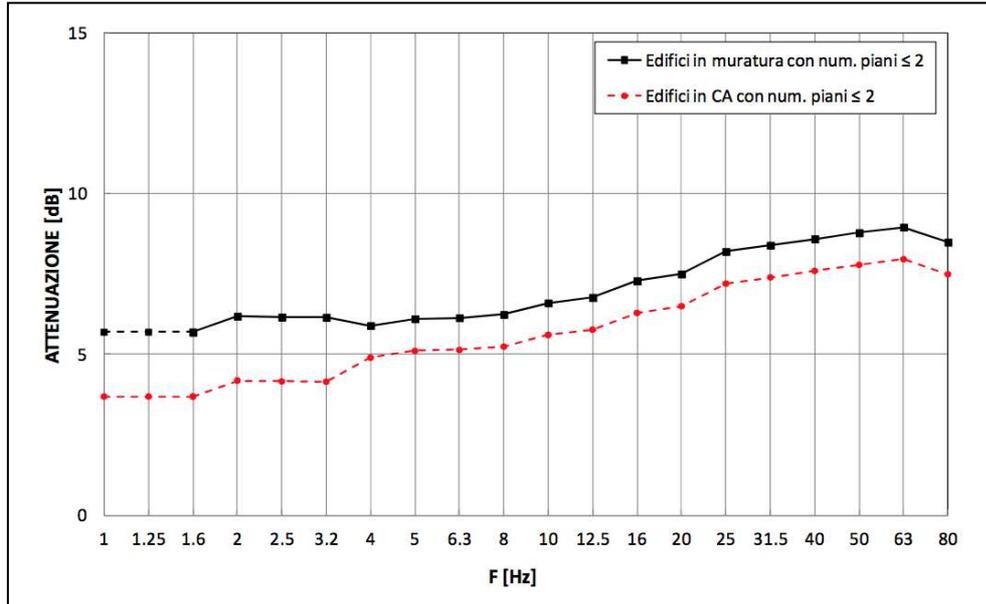


Figura 8. Attenuazioni legate all'accoppiamento terreno-fondazioni

7.6 Inserimento delle sorgenti

La fase realizzativa del progetto richiederà l'utilizzo complessivo stimato delle macchine di trasporto ed operatrici, da impiegarsi nel periodo dei lavori di costruzione in funzione della programmazione delle attività. Si precisa che per la fase di cantiere i mezzi impiegati non saranno tutti presenti contemporaneamente e che il loro funzionamento sarà alternato in base alle attività da svolgere di volta in volta.

La mancanza di dati specifici sulle vibrazioni prodotte dalle macchine rappresenta una problematica significativa nell'effettuare valutazioni precise degli impatti delle attività di costruzione. Per affrontare questa situazione, è stato necessario fare affidamento su misurazioni effettuate in passato su mezzi o macchine simili.

Questa pratica riflette un approccio prudente e ragionevole, in quanto l'esperienza pregressa può fornire una base solida per comprendere e stimare le vibrazioni che potrebbero essere generate dalle attrezzature. Utilizzare dati storici da macchine simili può consentire una valutazione preliminare degli impatti e delle possibili misure di mitigazione da adottare.

Nella presente valutazione sono state considerate solo le sorgenti con una certa rilevanza in termini di livelli di vibrazioni. Per la fase di cantiere il periodo di attività delle sorgenti s'intende a funzionamento parziale e ciò dipende direttamente dal tipo di lavorazione in corso, che varia in base alla pianificazione come da cronoprogramma.. Le sorgenti rimanenti mostrano un livello di vibrazioni modesto, e quindi possono essere ritenute trascurabili.

Qui di seguito si riportano i dati di input utilizzati per le diverse sorgenti:

FASE DI CANTIERE

Sorgente	n. sorgenti	n. ore di lavoro	Valore acc. misurato a 1m dalla sorgente (mm/s ²) - Vettore
Pala meccanica	1	66	986.0
Escavatori	2	66	986.0
Trattori posatubi	3	6	490.7
Trattori trasportatori	2	36	490.7

FASE DI PERFORAZIONE

Sorgente	n. sorgenti	Valore acc. misurato a 1m dalla sorgente (mm/s ²) - Vettore
Sonda perforatrice	6	316.2
Vibrovagli	3	274.6
Pompe	9	77.8
Gruppi elettrogeni e SCR	6	26.1

FASE DI ESERCIZIO - INIEZIONE

Sorgente	Unità	n. sorgenti attive	n. sorgenti di riserva	Valore acc. misurato a 1m dalla sorgente (mm/s ²) - Vettore
Compressore aria	10	1	1	77.9
Compressore gas	19	1	--	77.9
Cooler	19	1	--	115.1

FASE DI ESERCIZIO - EROGAZIONE

Sorgente	Unità	N. Sorgenti attive	N. Sorgenti di riserva	Valore acc. misurato a 1m dalla sorgente (mm/s ²) - Vettore
Compressore aria	10	1	1	77.9
Compressore gas	19	1	--	77.9
Cooler	04	1	--	115.1
Valvola duse	03	6	--	22.1

8. PREVISIONE DEI LIVELLI SONORI NEL TERRITORIO CIRCOSTANTE

8.1 Premessa

Al fine di comprendere l'impatto vibrazionale sul territorio, attraverso i calcoli di propagazione descritti in precedenza, sono state realizzate una serie di mappe di isolivello vibrazionale, allegate alla relazione. In questo modo è possibile individuare la propagazione sul territorio stesso delle onde vibrazionali. Di seguito sono riportate le tabelle dei ricettori coinvolti dalle emissioni vibrazionali del cantiere. I valori riportati in tabella si riferiscono al piano terra dell'edificio.

8.2 Individuazione dei Ricettori

La figura seguente mostra i ricettori considerati nel modello, come descritto al paragrafo 2.2:

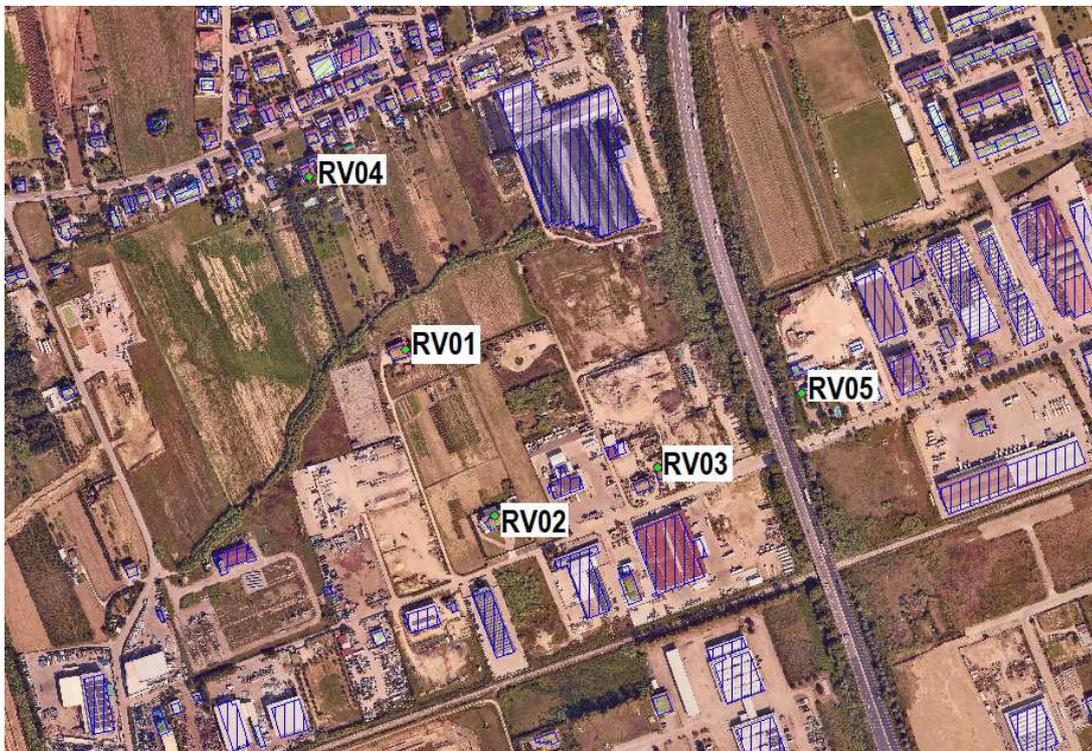


Figura 9. Ricettori considerati per la valutazione

8.3 Valutazione secondo UNI 9614:2017

Al fine di valutare la situazione dei vari scenari di vibrazioni, abbiamo considerato come sorgenti tutte quelle più impattanti relative alle attività di cantiere, di perforazione e di esercizio.

8.3.1 Fase di cantiere

Periodo diurno

ID	Vibrazione sorgente (mm/s ²)	Vibrazione residua (mm/s ²)	Vibrazione immessa (mm/s ²)	Valore Limite (mm/s ²)
RV01	1.0	0.3	1.0	7.2
RV02	0.5	0.4	0.6	7.2
RV03	0.6	0.4	0.7	7.2
RV04	0.4	0.1	0.4	7.2
RV05	0.4	0.4	0.6	7.2

8.3.2 Fase di perforazione

Periodo diurno

ID	Vibrazione sorgente (mm/s ²)	Vibrazione residua (mm/s ²)	Vibrazione immessa (mm/s ²)	Valore Limite (mm/s ²)
RV01	1.3	0.3	1.3	7.2
RV02	0.6	0.4	0.7	7.2
RV03	0.7	0.4	0.8	7.2
RV04	0.6	0.1	0.6	7.2
RV05	0.6	0.4	0.7	7.2

Periodo notturno

ID	Vibrazione sorgente (mm/s ²)	Vibrazione residua (mm/s ²)	Vibrazione immessa (mm/s ²)	Valore Limite (mm/s ²)
RV01	1.3	0.3	1.3	3.6
RV02	0.6	0.4	0.7	3.6
RV03	0.7	0.4	0.8	3.6
RV04	0.6	0.1	0.6	3.6
RV05	0.6	0.4	0.7	3.6

8.3.3 Fase di esercizio - Erogazione

Periodo diurno

ID	Vibrazione sorgente (mm/s ²)	Vibrazione residua (mm/s ²)	Vibrazione immessa (mm/s ²)	Valore Limite (mm/s ²)
RV01	0.1	0.3	0.3	7.2
RV02	0.0	0.4	0.4	7.2
RV03	0.1	0.4	0.4	7.2
RV04	0.0	0.1	0.1	7.2
RV05	0.0	0.4	0.4	7.2

Periodo notturno

ID	Vibrazione sorgente (mm/s ²)	Vibrazione residua (mm/s ²)	Vibrazione immessa (mm/s ²)	Valore Limite (mm/s ²)
RV01	0.1	0.3	0.3	3.6
RV02	0.0	0.4	0.4	3.6
RV03	0.1	0.4	0.4	3.6
RV04	0.0	0.1	0.1	3.6
RV05	0.0	0.4	0.4	3.6

8.3.4 Fase di esercizio - Iniezione

Periodo diurno

ID	Vibrazione sorgente (mm/s ²)	Vibrazione residua (mm/s ²)	Vibrazione immessa (mm/s ²)	Valore Limite (mm/s ²)
RV01	0.1	0.3	0.3	7.2
RV02	0.0	0.4	0.4	7.2
RV03	0.1	0.4	0.4	7.2
RV04	0.0	0.1	0.1	7.2
RV05	0.0	0.4	0.4	7.2

Periodo notturno

ID	Vibrazione sorgente (mm/s ²)	Vibrazione residua (mm/s ²)	Vibrazione immessa (mm/s ²)	Valore Limite (mm/s ²)
RV01	0.1	0.3	0.3	3.6
RV02	0.0	0.4	0.4	3.6
RV03	0.1	0.4	0.4	3.6
RV04	0.0	0.1	0.1	3.6
RV05	0.0	0.4	0.4	3.6

9. CONCLUSIONI

Al fine di valutare correttamente il futuro impatto del nuovo impianto di stoccaggio gas e delle relative fasi realizzative e operative per la componente vibrazioni, è stata valutata la situazione esistente sul territorio in termini di vibrazioni residue (vedasi Allegato VIV_I), come richiesto dalla recente norma in materia UNI 9614:2017 "Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo", attraverso una minuziosa campagna di misure sul territorio (riportata nel capitolo 6).

Successivamente attraverso i calcoli previsionali, sono stati stimati i valori delle vibrazioni immesse agli edifici presenti sul territorio dalle attività del progetto mediante calcolo dei valori puntuali sugli edifici.

Dal confronto tra i valori vibrazionali presso i ricettori considerati, ottenuti come differenza quadratica tra i valori immessi stimati e le vibrazioni residue, non è emerso nessun superamento dei limiti previsti dalla UNI 9614:2017 per la tipologia di edifici considerati.

APPENDICE A - LA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Le misure sono state eseguite con accelerometri triassiali ad alta sensibilità ($1 \text{ V/g} \sim 100 \text{ mV/m/s}^2$), connessi direttamente al sistema di analisi (analizzatore in tempo reale a 4 canali).

La catena di misura era così costituita:

- Analizzatore Svan 948;
- Accelerometro ad alta sensibilità Dytran modello 3233°
- Calibratore accelerometrico PCB 394C06



Figura 10. – Catena di misura

L'intera catena di misura, costituita dall'accelerometro, dall'analizzatore e dal calibratore accelerometrico, è stata certificata presso un Centro di Taratura Accreditato ISO 17025 ed i relativi Certificati vengono riportati in Allegato 2, mentre nella tabella che segue riportiamo gli estremi.

Strumento	Modello	Costruttore	Matricola	Certificato	Data certificato
Analizzatore di vibrazioni a 4 canali	SVAN 948	SVANTEK	8871	49848-V	2023-10-13
Accelerometro triassiale	3233A	Dytran	123		
Calibratore accelerometrico	394C06	PCB	1773	51177-V	2023-06-27

Tabella 5 – Estremi dei certificati della catena di misura

Il rilevatore di vibrazioni con il suo accelerometro è stato verificato per ogni asse con il calibratore accelerometrico, prima e dopo ogni sessione di misura, senza riscontrare variazioni superiori al 2%.



Figura 11. – Calibratore accelerometrico

L'accelerometro triassiale ad alta sensibilità Dytran mod. 3233A consente misurazioni a bassi livelli vibratori, Il suo rumore elettrico, nella banda di frequenza considerata per le misurazioni (circa 1-100 Hz), è di 12 $\mu\text{m/s}^2$.

Equivalent Electrical Noise		0.00008	g rms	0.00078	m/s^2 rms
Spectral Noise	1Hz	12	$\mu\text{g rms} / \sqrt{\text{Hz}}$	118	$\mu\text{m/s}^2 \text{ rms} / \sqrt{\text{Hz}}$
	10Hz	4	$\mu\text{g rms} / \sqrt{\text{Hz}}$	39	$\mu\text{m/s}^2 \text{ rms} / \sqrt{\text{Hz}}$
	100Hz	1.2	$\mu\text{g rms} / \sqrt{\text{Hz}}$	12	$\mu\text{m/s}^2 \text{ rms} / \sqrt{\text{Hz}}$
	1000Hz	0.5	$\mu\text{g rms} / \sqrt{\text{Hz}}$	5	$\mu\text{m/s}^2 \text{ rms} / \sqrt{\text{Hz}}$

Figura 12. Dati del rumore elettrico dell'accelerometro usato.

Valutazione di impatto vibrazionale

Allegato VIV_I

Misure di vibrazione

	<i>Costumer/Committente</i> <i>Gas Plus</i>	<i>Project Number/Numero Progetto</i>	
	<i>General Project/Progetto Generale</i> <i>Valutazione di Impatto Vibrazionale</i>	<i>Activity/Attività effettuata</i> <i>Misure di vibrazioni residue</i>	
	<i>Date/Data: 06/05/2024</i>	<i>Revision/Revisione: 01.00</i>	<i>Location/Località: San Benedetto del Tronto (AP)</i>
	<i>Project Manager/Responsabile Progetto: SM</i>		<i>Sheet/Pagina: 1</i>

Monitoraggio vibrazioni residue

San Benedetto del Tronto (AP)



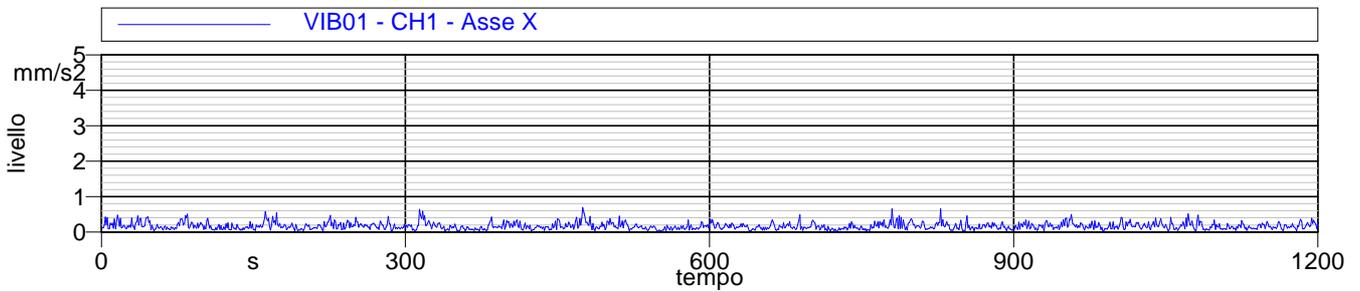
	Costumer/Committente <i>Gas Plus</i>	Project Number/Numero Progetto	
	General Project/Progetto Generale <i>Valutazione di Impatto Vibrazionale</i>	Activity/Attività effettuata <i>Misure di vibrazioni residue</i>	
	Date/Data: 06/05/2024	Revision/Revisione: 01.00	Location/Località: San Benedetto del Tronto (AP)
	Project Manager/Responsabile Progetto: SM		Sheet/Pagina: 2

VIB01

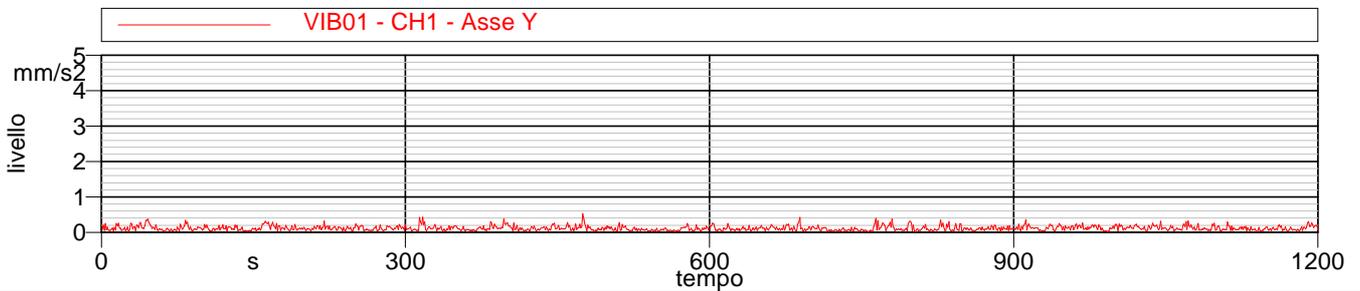
- $A_{w,X} = 0.2 \text{ mm/s}^2$
- $A_{w,Y} = 0.1 \text{ mm/s}^2$
- $A_{w,Z} = 0.2 \text{ mm/s}^2$
- $A_{w,TOT} = 0.3 \text{ mm/s}^2$



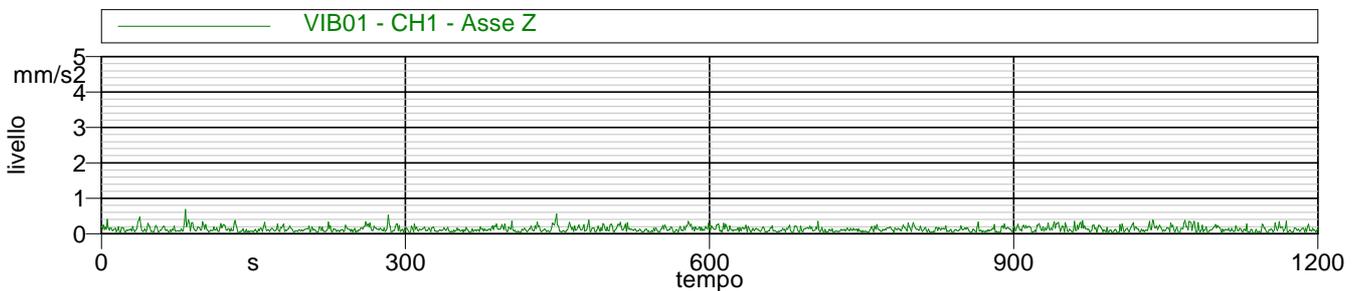
Asse X



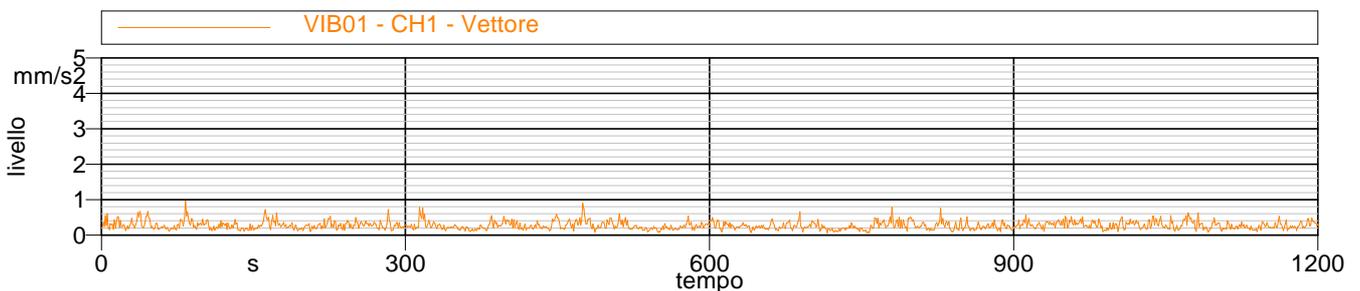
Asse Y



Asse Z



Somma vettoriale assi



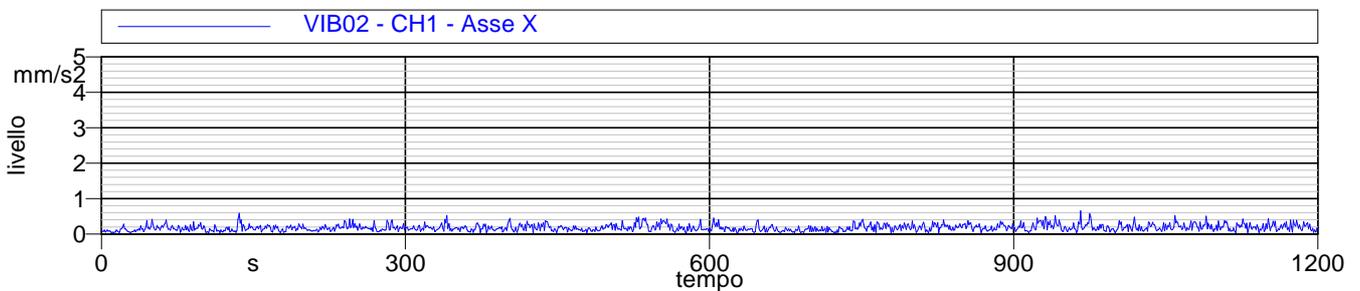
	Costumer/Committente <i>Gas Plus</i>	Project Number/Numero Progetto	
	General Project/Progetto Generale <i>Valutazione di Impatto Vibrazionale</i>	Activity/Attività effettuata <i>Misure di vibrazioni residue</i>	
	Date/Data: 06/05/2024	Revision/Revisione: 01.00	Location/Località: San Benedetto del Tronto (AP)
	Project Manager/Responsabile Progetto: SM		Sheet/Pagina: 3

VIB02

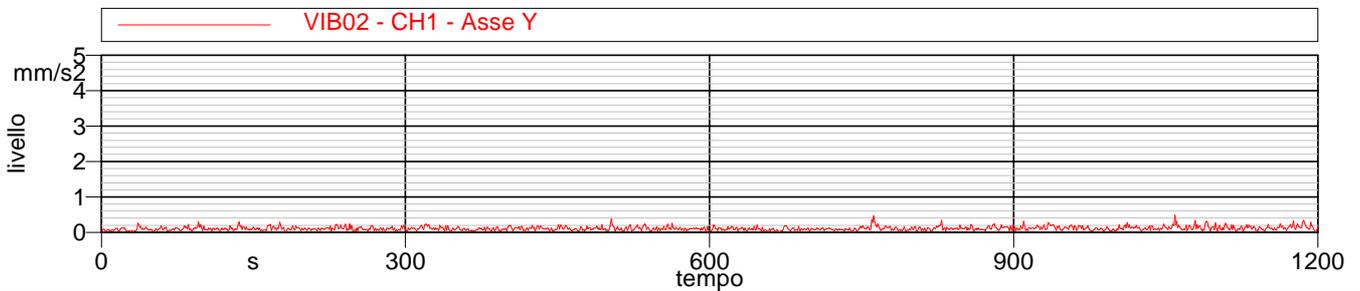
$A_{w,X} = 0.2 \text{ mm/s}^2$
$A_{w,Y} = 0.1 \text{ mm/s}^2$
$A_{w,Z} = 0.2 \text{ mm/s}^2$
$A_{w,TOT} = 0.4 \text{ mm/s}^2$



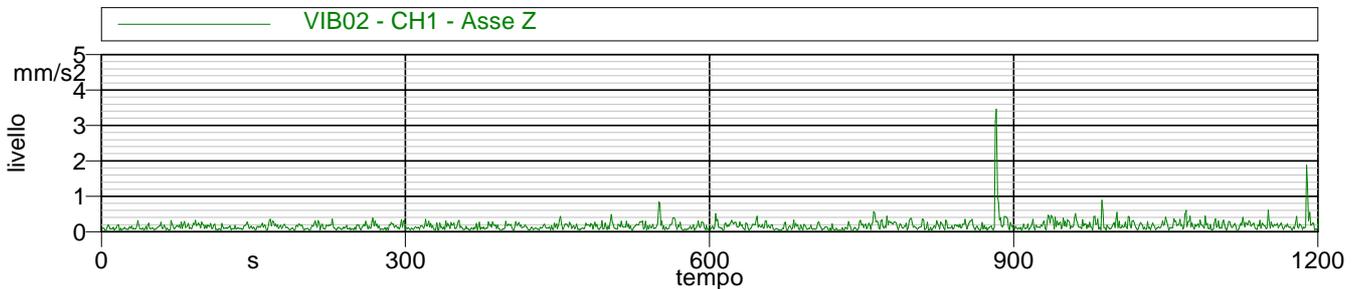
Asse X



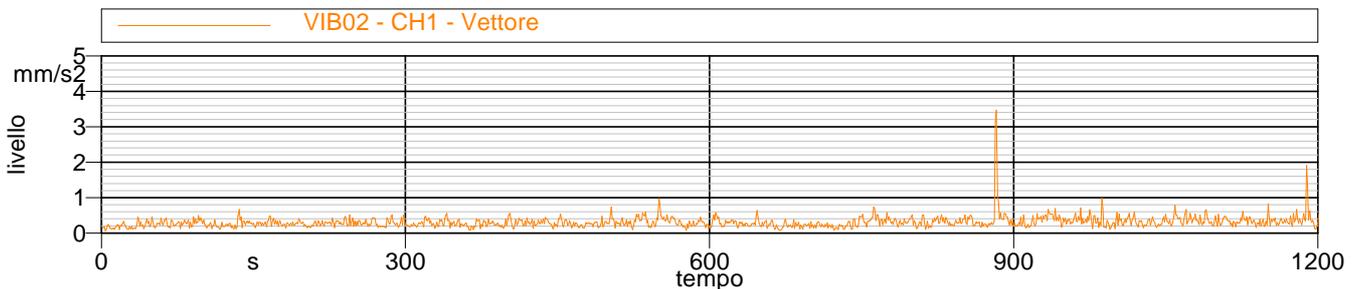
Asse Y



Asse Z



Somma vettoriale assi



	Costumer/Committente <i>Gas Plus</i>	Project Number/Numero Progetto	
	General Project/Progetto Generale <i>Valutazione di Impatto Vibrazionale</i>	Activity/Attività effettuata <i>Misure di vibrazioni residue</i>	
	Date/Data: 06/05/2024	Revision/Revisione: 01.00	Location/Località: San Benedetto del Tronto (AP)
	Project Manager/Responsabile Progetto: SM		Sheet/Pagina: 4

VIB03

$$A_{w,X} = 0.2 \text{ mm/s}^2$$

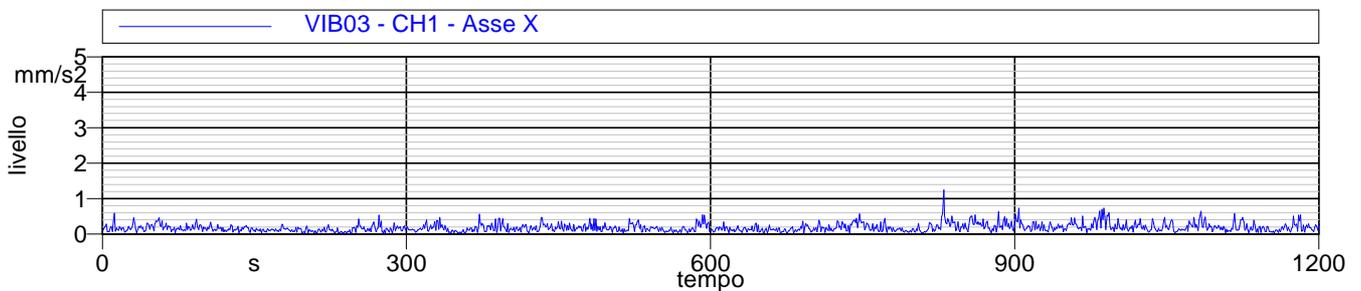
$$A_{w,Y} = 0.2 \text{ mm/s}^2$$

$$A_{w,Z} = 0.2 \text{ mm/s}^2$$

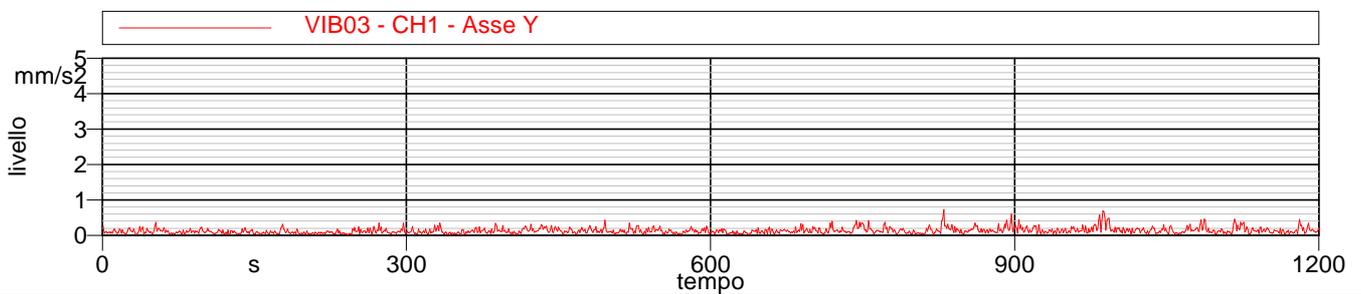
$$A_{w,TOT} = 0.4 \text{ mm/s}^2$$



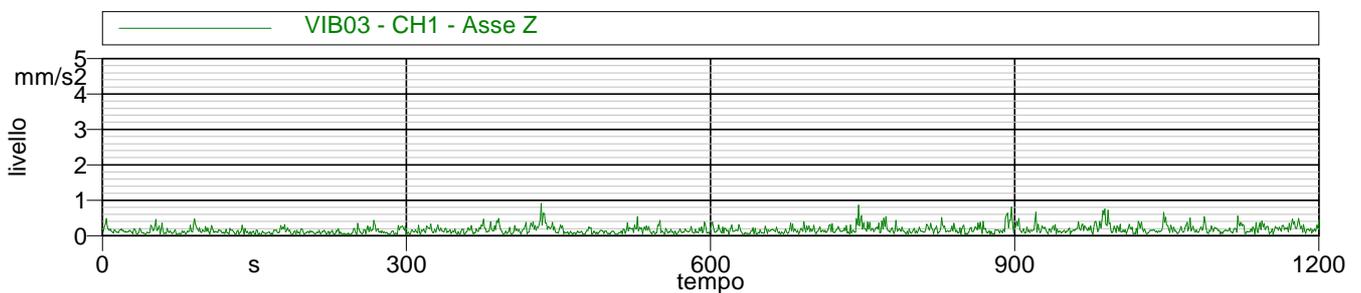
Asse X



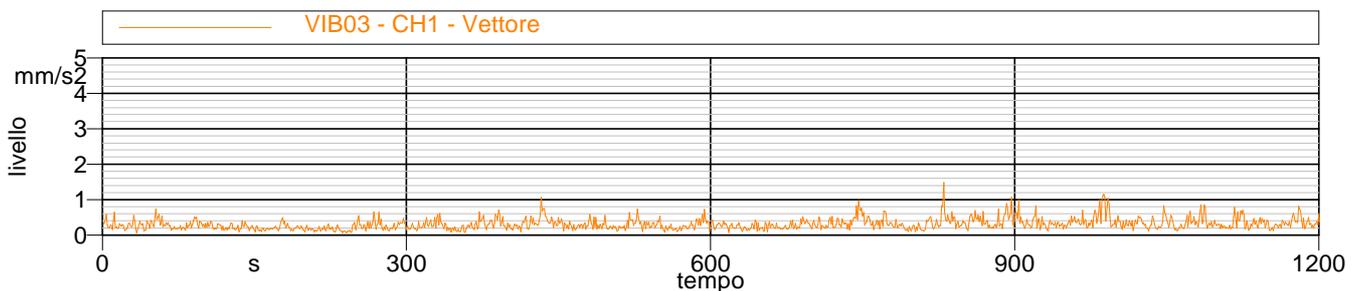
Asse Y



Asse Z



Somma vettoriale assi



	Costumer/Committente <i>Gas Plus</i>	Project Number/Numero Progetto	
	General Project/Progetto Generale <i>Valutazione di Impatto Vibrazionale</i>	Activity/Attività effettuata <i>Misure di vibrazioni residue</i>	
	Date/Data: 06/05/2024	Revision/Revisione: 01.00	Location/Località: San Benedetto del Tronto (AP)
	Project Manager/Responsabile Progetto: SM		Sheet/Pagina: 5

VIB04

$$A_{w,X} = 0.3 \text{ mm/s}^2$$

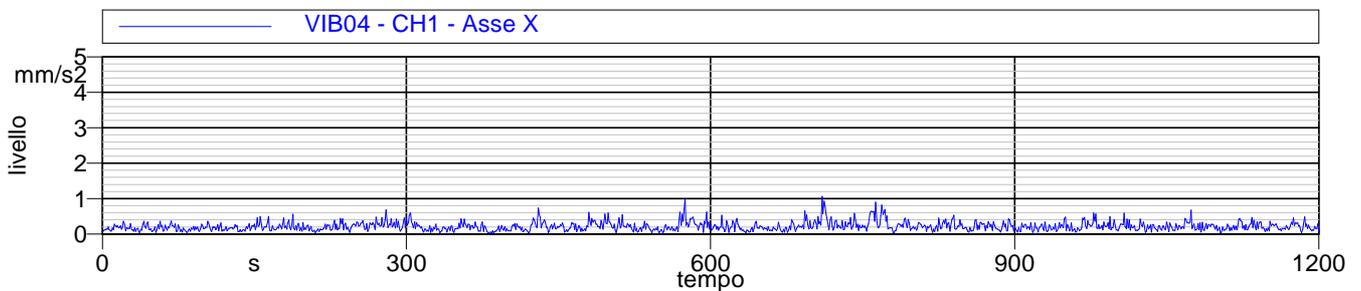
$$A_{w,Y} = 0.2 \text{ mm/s}^2$$

$$A_{w,Z} = 0.2 \text{ mm/s}^2$$

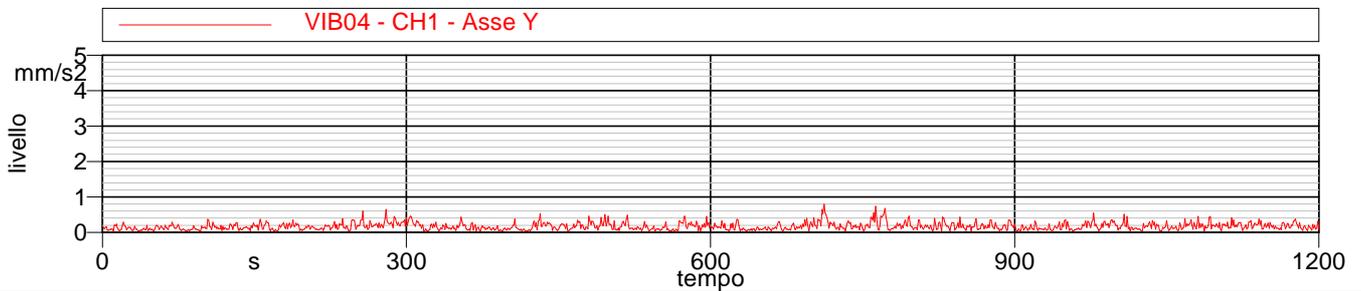
$$A_{w,TOT} = 0.4 \text{ mm/s}^2$$



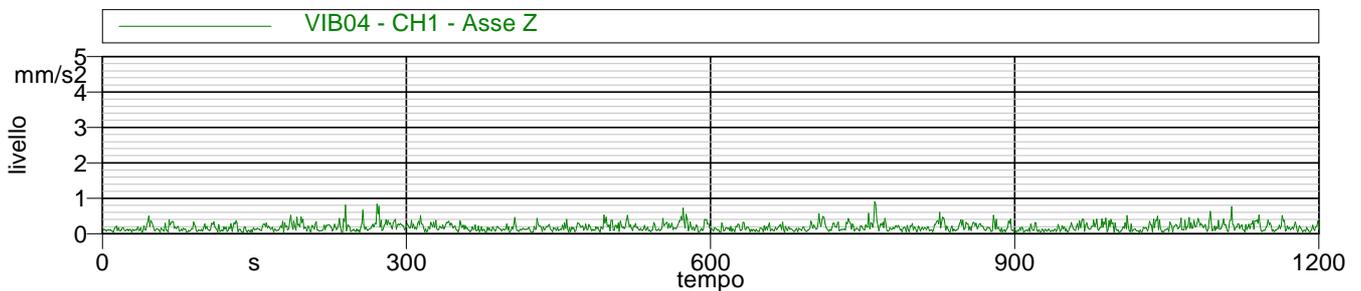
Asse X



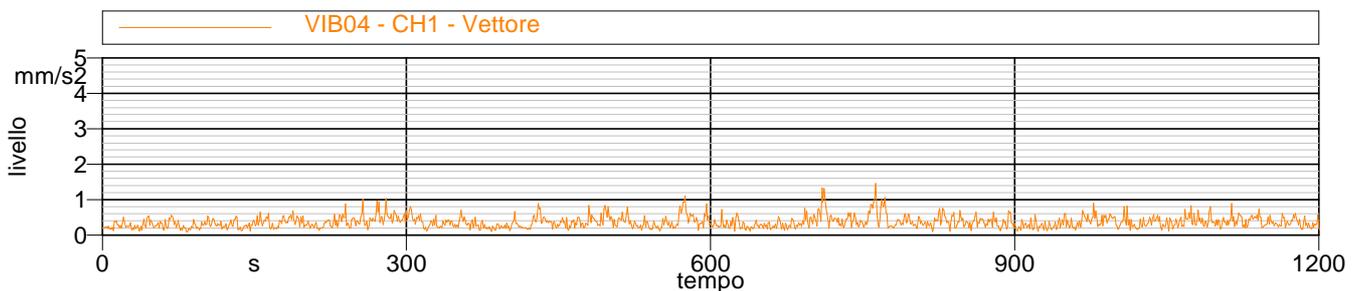
Asse Y



Asse Z



Somma vettoriale assi



	Costumer/Committente Gas Plus	Project Number/Numero Progetto	
	General Project/Progetto Generale Valutazione di Impatto Vibrazionale		Activity/Attività effettuata Misure di vibrazioni residue
	Date/Data: 06/05/2024	Revision/Revisione: 01.00	Location/Località: San Benedetto del Tronto (AP)
	Project Manager/Responsabile Progetto: SM		Sheet/Pagina: 6

VIB05

$$A_{w,X} = 0.1 \text{ mm/s}^2$$

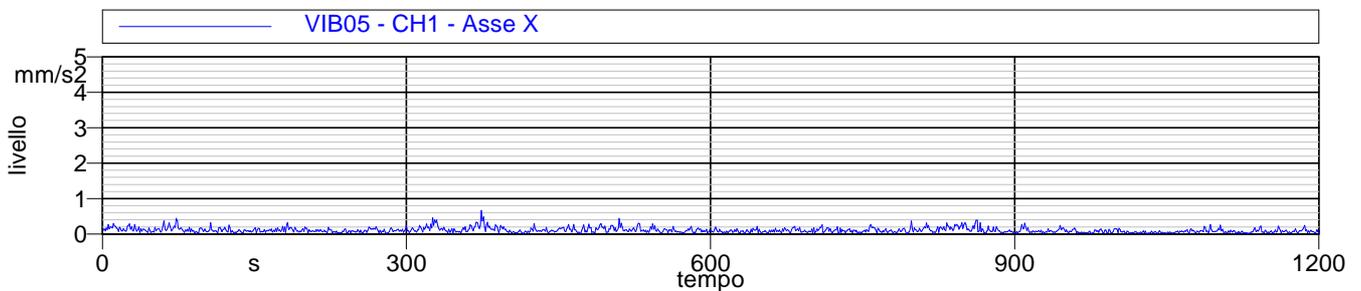
$$A_{w,Y} = 0.1 \text{ mm/s}^2$$

$$A_{w,Z} = 0.1 \text{ mm/s}^2$$

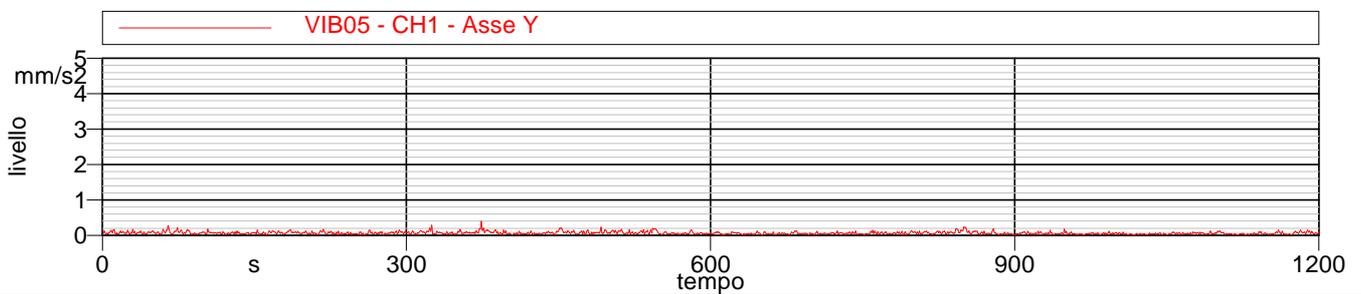
$$A_{w,TOT} = 0.2 \text{ mm/s}^2$$



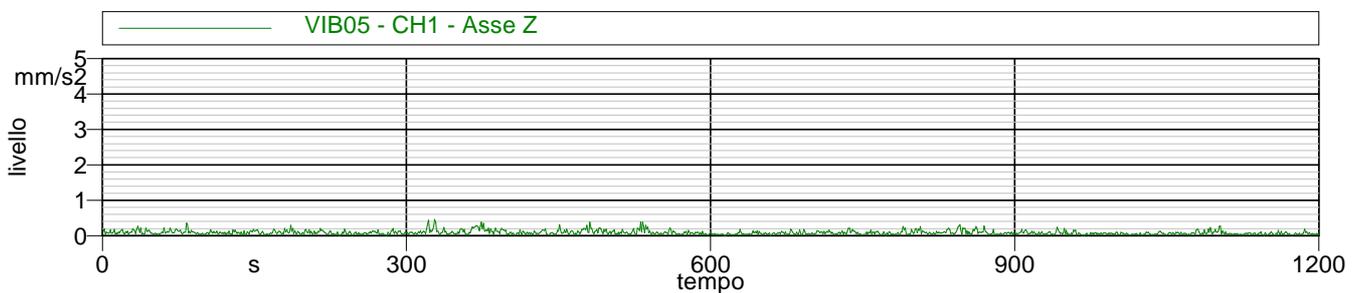
Asse X



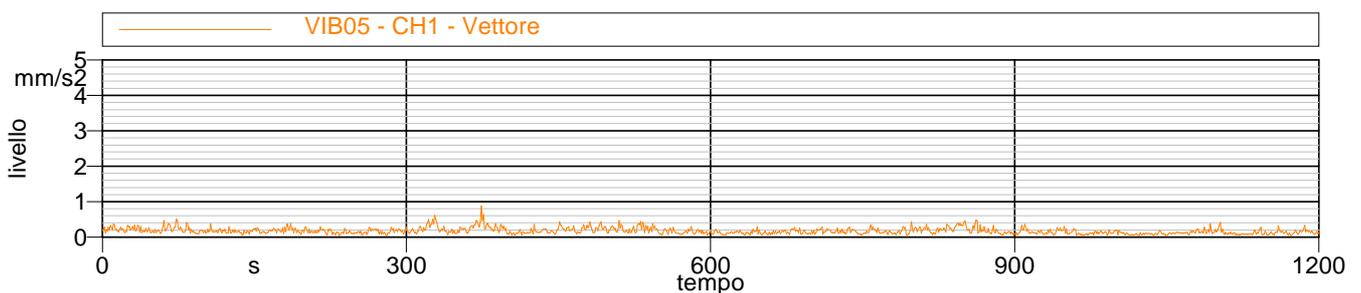
Asse Y



Asse Z



Somma vettoriale assi



	Costumer/Committente <p style="text-align: center;"><i>Gas Plus</i></p>	Project Number/Numero Progetto	
	General Project/Progetto Generale <p style="text-align: center;"><i>Valutazione di Impatto Vibrazionale</i></p>	Activity/Attività effettuata <p style="text-align: center;"><i>Misure di vibrazioni residue</i></p>	
	Date/Data: 06/05/2024	Revision/Revisione: 01.00	Location/Località: San Benedetto del Tronto (AP)
	Project Manager/Responsabile Progetto: SM		Sheet/Pagina: 7

VIB06

$$A_{w,X} = 0.1 \text{ mm/s}^2$$

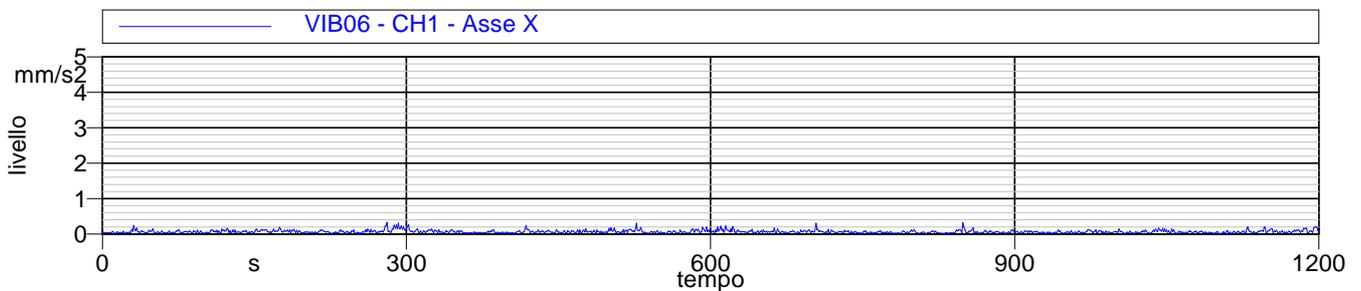
$$A_{w,Y} = 0.1 \text{ mm/s}^2$$

$$A_{w,Z} = 0.1 \text{ mm/s}^2$$

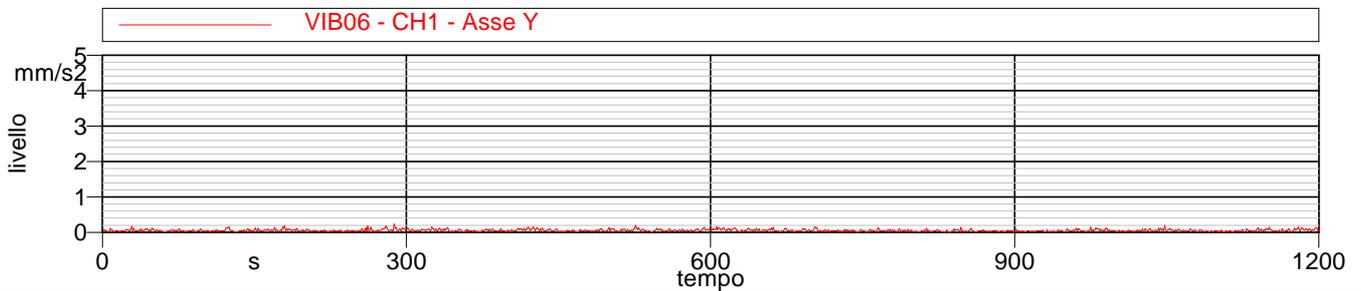
$$A_{w,TOT} = 0.1 \text{ mm/s}^2$$



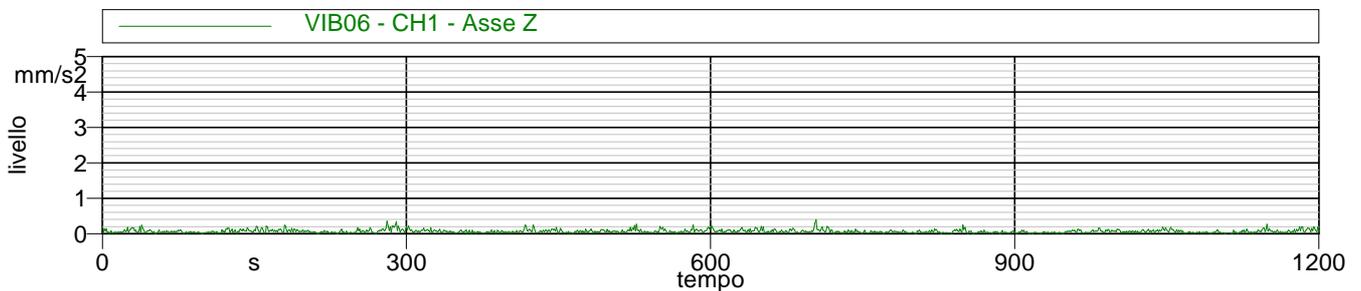
Asse X



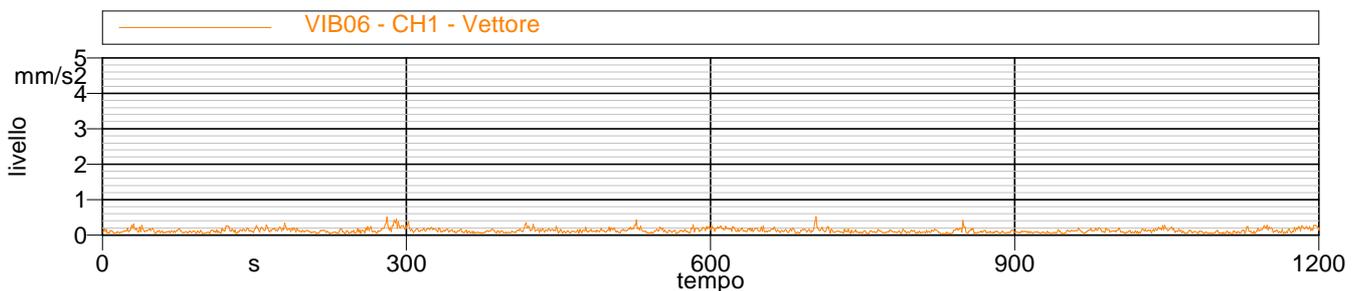
Asse Y



Asse Z



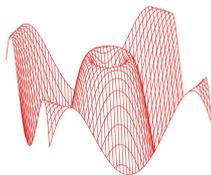
Somma vettoriale assi



Valutazione di impatto vibrazionale

Allegato VIV_II

Certificati di taratura degli strumenti



L.C.E. S.r.l. a Socio Unico
Via dei Platani, 7/9 Opera (MI)
T. 02 57602858 - www.lce.it - info@lce.it

CERTIFICATO DI TARATURA LAT 068 49848-V
Certificate of Calibration LAT 068 49848-V

- data di emissione
date of issue 2022-10-13
- cliente
customer L.C.E. SRL
20073 - OPERA (MI)
- destinatario
receiver L.C.E. SRL
20073 - OPERA (MI)

Si riferisce a

Referring to
- oggetto
item Misuratore di vibrazioni + Accelerometro triassiale
- costruttore
manufacturer Svantek + Dytran
- modello
model SVAN 948 Ch.1,2,3 + 3233A
- matricola
serial number 8871 + 123
- data di ricevimento oggetto
date of receipt of item 2022-10-10
- data delle misure
date of measurements 2022-10-13
- registro di laboratorio
laboratory reference Reg. 03

Il presente certificato di taratura è emesso in base all'accreditamento LAT N° 068 rilasciato in accordo ai decreti attuativi della legge n. 273/1991 che ha istituito il Sistema Nazionale di Taratura (SNT). ACCREDIA attesta le capacità di misura e di taratura, le competenze metrologiche del Centro e la riferibilità delle tarature eseguite ai campioni nazionali e internazionali delle unità di misura del Sistema Internazionale delle Unità (SI).
Questo certificato non può essere riprodotto in modo parziale, salvo espressa autorizzazione scritta da parte del Centro.

*This certificate of calibration is issued in compliance with the accreditation LAT N° 068 granted according to decrees connected with Italian law No. 273/1991 which has established the National Calibration System. ACCREDIA attests the calibration and measurement capability, the metrological competence of the Centre and the traceability of calibration results to the national and international standards of the International System of Units (SI).
This certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing Centre.*

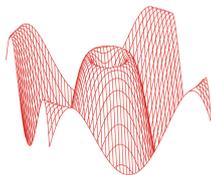
I risultati di misura riportati nel presente Certificato sono stati ottenuti applicando le procedure di taratura citate alla pagina seguente, dove sono specificati anche i campioni o gli strumenti che garantiscono la catena di riferibilità del Centro e i rispettivi certificati di taratura in corso di validità. Essi si riferiscono esclusivamente all'oggetto in taratura e sono validi nel momento e nelle condizioni di taratura, salvo diversamente specificato.

The measurement results reported in this Certificate were obtained following the calibration procedures given in the following page, where the reference standards or instruments are indicated which guarantee the traceability chain of the laboratory, and the related calibration certificates in the course of validity are indicated as well. They relate only to the calibrated item and they are valid for the time and conditions of calibration, unless otherwise specified.

Le incertezze di misura dichiarate in questo documento sono state determinate conformemente alla Guida ISO/IEC 98 e al documento EA-4/02. Solitamente sono espresse come incertezza estesa ottenuta moltiplicando l'incertezza tipo per il fattore di copertura k corrispondente ad un livello di fiducia di circa il 95 %. Normalmente tale fattore k vale 2.

The measurement uncertainties stated in this document have been determined according to the ISO/IEC Guide 98 and to EA-4/02. Usually, they have been estimated as expanded uncertainty obtained multiplying the standard uncertainty by the coverage factor k corresponding to a confidence level of about 95%. Normally, this factor k is 2.

Direzione Tecnica
(Approving Officer)



L.C.E. S.r.l. a Socio Unico
 Via dei Platani, 7/9 Opera (MI)
 T. 02 57602858 - www.lce.it - info@lce.it

CERTIFICATO DI TARATURA LAT 068 49848-V
Certificate of Calibration LAT 068 49848-V

Di seguito vengono riportate le seguenti informazioni:

- la descrizione dell'oggetto in taratura (se necessaria);
- l'identificazione delle procedure in base alle quali sono state eseguite le tarature;
- gli strumenti/campioni che garantiscono la riferibilità del Centro;
- gli estremi dei certificati di taratura di tali campioni e l'Ente che li ha emessi;
- il luogo di taratura (se effettuata fuori dal Laboratorio);
- le condizioni ambientali e di taratura;
- i risultati delle tarature e la loro incertezza estesa.

In the following, information is reported about:

- description of the item to be calibrated (if necessary);
- technical procedures used for calibration performed;
- instruments or measurement standards which guarantee the traceability chain of the Centre;
- relevant calibration certificates of those standards with the issuing Body;
- site of calibration (if different from Laboratory);
- calibration and environmental conditions;
- calibration results and their expanded uncertainty.

Strumenti sottoposti a verifica
Instrumentation under test

Strumento	Costruttore	Modello	Matricola
Misuratore di vibrazioni	Svantek	SVAN 948 Ch.1,2,3	8871
Accelerometro triassiale	Dytran	3233A	123

Procedure tecniche, norme e campioni di riferimento
Technical procedures, Standards and Traceability

I risultati di misura riportati nel presente Certificato sono stati ottenuti applicando la procedura di taratura N. PTL 22 Rev. 1.9.

Le verifiche effettuate sull'oggetto della taratura sono in accordo con quanto previsto dalla norma ISO 16063-21:2003.

Le tolleranze riportate sono relative alla classe di appartenenza dello strumento come definito nella norma ISO 16063-21.

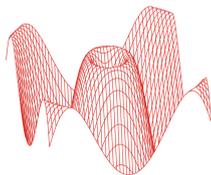
Nella tabella sottostante vengono riportati gli estremi dei campioni di riferimento dai quali ha inizio la catena della riferibilità del Centro.

Strumento	Matricola	Certificato	Data taratura	Data scadenza
Accelerometro PCB 301A03	945	INRIM 20-0653-02	2020-10-19	2022-10-19
Amplificatore di misura Brüel & Kjaer 2693	2504022	INRIM 20-0653-04	2020-10-19	2022-10-19
Scheda di acquisizione National Instruments NI USB-4431	149447D	LAT121 9534	2021-11-05	2022-11-05
Stazione meteo Ahlborn Almemo 2590+FHAD46-C2L00	H17121184+17110098	LAT N.128U-275/22	2022-02-15	2023-02-15
Barometro digitale DRUCK DPI 150	3268333	LAT 128P-930/21	2021-11-22	2022-11-22

Condizioni ambientali durante le misure
Environmental parameters during measurements

Parametro	Di riferimento	Intervallo di validità	All'inizio delle misure	Alla fine delle misure
Temperatura / °C	23	da 20 a 26	25	24
Umidità / %	50	da 30 a 70	55	56
Pressione / hPa	1013	da 800 a 1050	1009	1008

Nella determinazione dell'incertezza non è stata presa in considerazione la stabilità nel tempo dell'oggetto in taratura.



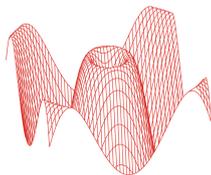
CERTIFICATO DI TARATURA LAT 068 49848-V
Certificate of Calibration LAT 068 49848-V

Capacità metrologiche del Centro
Metrological capabilities of the Laboratory

Nella tabella vengono riportate le capacità metrologiche del Centro per la grandezza accelerazione e le relative incertezze ad esse associate.

Grandezza	Strumento in taratura	Campo di misura	Condizioni di misura	Incertezza (*)
Accelerazione	Catene accelerometriche con trasduttori a singola faccia e doppia faccia	9,81 m/s ²	DC	0,5 %
		da 0,5 m/s ² a 300 m/s ²	1 Hz ≤ f < 5 Hz	3,4 %
			5 Hz ≤ f < 20 Hz	2,0 %
			20 Hz ≤ f < 1 kHz	1,5 %
			1 kHz ≤ f < 5 kHz	2,0 %
	5 kHz ≤ f ≤ 10 kHz	3,8 %		
	Analizzatori con trasduttore accoppiato	9,81 m/s ²	DC	0,6 %
		da 0,5 m/s ² a 300 m/s ²	1 Hz ≤ f < 5 Hz	3,5 %
			5 Hz ≤ f < 20 Hz	2,2 %
			20 Hz ≤ f < 1 kHz	1,7 %
1 kHz ≤ f < 5 kHz			2,1 %	
Analizzatori con trasduttore mano braccio	da 1 m/s ² a 100 m/s ²	da 10 Hz a 800 Hz	2,5 %	
Analizzatori con trasduttore corpo intero	da 0,1 m/s ² a 15 m/s ²	da 2 Hz a 80 Hz	2,5 %	
Calibratore vibrometrico: accelerazione frequenza	da 0,5 m/s ² a 15 m/s ²	da 15 Hz a 1 kHz	0,8 % 0,04 %	

(*) L'incertezza di misura è dichiarata come incertezza estesa corrispondente al livello di fiducia al 95% ed è ottenuta moltiplicando l'incertezza tipo per il fattore di copertura k specificato.



L.C.E. S.r.l. a Socio Unico
Via dei Platani, 7/9 Opera (MI)
T. 02 57602858 - www.lce.it - info@lce.it

Centro di Taratura LAT N° 068
Calibration Centre
Laboratorio Accreditato di Taratura
Accredited Calibration Laboratory



LAT N° 068

Pagina 4 di 6
Page 4 of 6

CERTIFICATO DI TARATURA LAT 068 49848-V
Certificate of Calibration LAT 068 49848-V

1. Ispezione preliminare

Durante questa fase vengono eseguiti i controlli preliminari sulla strumentazione in taratura. I risultati di tali controlli sono riportati nella tabella sottostante.

Controllo	Esito
Ispezione visiva iniziale	OK
Integrità meccanica	OK
Integrità funzionale	OK
Equilibrio termico	OK
Alimentazione	OK
Luogo di taratura	SEDE

2. Misurando, modalità e condizioni di misura

Il misurando è l'accelerazione letta sullo strumento in taratura. La taratura è stata eseguita applicando il metodo di confronto con la catena di riferimento.

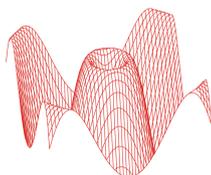
Impostazioni			
	Asse X	Asse Y	Asse Z
Metodo di fissaggio	colla cianoacrilica	colla cianoacrilica	serraggio a vite
Coppia di serraggio	non applicabile	non applicabile	2,0 Nm
Materiale supporto	acciaio inox	acciaio inox	acciaio inox
Orientamento trasduttore	verticale	verticale	verticale
Temperatura stimata trasduttore	24,4 °C	24,4 °C	24,4 °C
Range	316 m/s ²	316 m/s ²	316 m/s ²
Pesatura in frequenza	HP1	HP1	HP1

3. Sensibilità dell'intera catena

Nella tabella sottostante viene riportato il valore di sensibilità dell'intera catena alla frequenza specificata. Viene specificata sia la sensibilità letta prima della messa in punto sia dopo la messa in punto.

L'incertezza riportata in tabella è uguale a $2,0\% + r\%$, dove r è il contributo della risoluzione dello strumento in taratura.

Asse	Frequenza / Hz	Sensibilità iniziale / mV/(m/s ²)	Sensibilità finale / mV/(m/s ²)	Ritarato	Incetezza / %
Asse X	80	106	106	no	2,5
Asse Y	80	107	107	no	2,5
Asse Z	80	112	112	no	2,4



CERTIFICATO DI TARATURA LAT 068 49848-V
Certificate of Calibration LAT 068 49848-V

4. Risposta dell'intera catena

Le tolleranze riportate sono quelle della norma ISO 16063-21:2003.

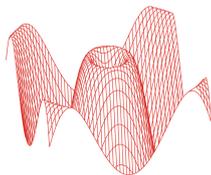
L'incertezza riportata in tabella è uguale a $2,0\% + r\%$, dove r è il contributo della risoluzione dello strumento in taratura.

Asse X

Frequenza / Hz	Accelerazione impostata / m/s ²	Accelerazione di riferimento pesata / m/s ²	Letture strumento / m/s ²	Differenza / %	Incetezza / %	Tolleranza norma / %
1	1,0	1,024	1,02	-0,4	3,5	+100/-100
2	1,0	1,002	1,04	3,8	3,5	+100/-100
5	2,0	2,036	2,10	3,1	2,2	+100/-100
10	5,0	5,144	5,30	3,0	2,1	+100/-100
20	10,0	10,148	10,2	0,5	2,5	+100/-100
40	10,0	10,154	10,1	-0,5	2,5	+100/-100
80	10,0	9,966	9,89	-0,8	2,1	+100/-100
160	10,0	9,988	9,85	-1,4	2,1	+100/-100
315	10,0	10,025	9,82	-2,0	2,1	+100/-100
630	10,0	9,984	9,73	-2,5	2,1	+100/-100
1000	10,0	9,995	9,90	-1,0	2,1	+100/-100

Asse Y

Frequenza / Hz	Accelerazione impostata / m/s ²	Accelerazione di riferimento pesata / m/s ²	Letture strumento / m/s ²	Differenza / %	Incetezza / %	Tolleranza norma / %
1	1,0	1,026	1,07	4,2	3,5	+100/-100
2	1,0	0,992	0,946	-4,7	3,1	+100/-100
5	2,0	2,038	2,12	4,0	2,2	+100/-100
10	5,0	5,165	5,36	3,8	2,1	+100/-100
20	10,0	10,173	10,5	3,2	2,5	+100/-100
40	10,0	9,834	10,0	1,7	2,5	+100/-100
80	10,0	9,925	10,0	0,8	2,5	+100/-100
160	10,0	9,988	9,97	-0,2	2,1	+100/-100
315	10,0	10,024	10,0	-0,2	2,5	+100/-100
630	10,0	9,993	9,82	-1,7	2,1	+100/-100
1000	10,0	9,964	9,85	-1,1	2,1	+100/-100



Centro di Taratura LAT N° 068
Calibration Centre
Laboratorio Accreditato di Taratura
Accredited Calibration Laboratory



LAT N° 068

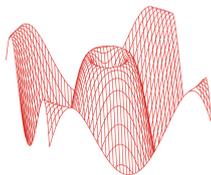
L.C.E. S.r.l. a Socio Unico
Via dei Platani, 7/9 Opera (MI)
T. 02 57602858 - www.lce.it - info@lce.it

Pagina 6 di 6
Page 6 of 6

CERTIFICATO DI TARATURA LAT 068 49848-V
Certificate of Calibration LAT 068 49848-V

Asse Z

Frequenza / Hz	Accelerazione impostata / m/s ²	Accelerazione di riferimento pesata / m/s ²	Letture strumento / m/s ²	Differenza / %	Incertezza / %	Tolleranza norma / %
1	1,0	1,016	0,980	-3,5	3,1	+100/-100
2	1,0	0,999	0,988	-1,1	3,1	+100/-100
5	2,0	2,039	2,06	1,0	2,2	+100/-100
10	5,0	5,161	5,26	1,9	2,1	+100/-100
20	10,0	10,194	10,2	0,1	2,5	+100/-100
40	10,0	9,819	9,85	0,3	2,1	+100/-100
80	10,0	9,959	9,94	-0,2	2,1	+100/-100
160	10,0	9,985	9,86	-1,3	2,1	+100/-100
315	10,0	10,011	9,89	-1,2	2,1	+100/-100
630	10,0	10,023	9,98	-0,4	2,1	+100/-100
1000	10,0	9,945	10,2	2,6	2,5	+100/-100



L.C.E. S.r.l. a Socio Unico
Via dei Platani, 7/9 Opera (MI)
T. 02 57602858 - www.lce.it - info@lce.it

CERTIFICATO DI TARATURA LAT 068 51177-V
Certificate of Calibration LAT 068 51177-V

- data di emissione
date of issue 2023-06-27
- cliente
customer L.C.E. SRL
20073 - OPERA (MI)
- destinatario
receiver L.C.E. SRL
20073 - OPERA (MI)

Si riferisce a

Referring to
- oggetto
item Calibratore accelerometrico
- costruttore
manufacturer PCB
- modello
model 394C06
- matricola
serial number 1773
- data di ricevimento oggetto
date of receipt of item 2023-06-16
- data delle misure
date of measurements 2023-06-27
- registro di laboratorio
laboratory reference Reg. 03

Il presente certificato di taratura è emesso in base all'accreditamento LAT N° 068 rilasciato in accordo ai decreti attuativi della legge n. 273/1991 che ha istituito il Sistema Nazionale di Taratura (SNT). ACCREDIA attesta le capacità di misura e di taratura, le competenze metrologiche del Centro e la riferibilità delle tarature eseguite ai campioni nazionali e internazionali delle unità di misura del Sistema Internazionale delle Unità (SI).
Questo certificato non può essere riprodotto in modo parziale, salvo espressa autorizzazione scritta da parte del Centro.

*This certificate of calibration is issued in compliance with the accreditation LAT N° 068 granted according to decrees connected with Italian law No. 273/1991 which has established the National Calibration System. ACCREDIA attests the calibration and measurement capability, the metrological competence of the Centre and the traceability of calibration results to the national and international standards of the International System of Units (SI).
This certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing Centre.*

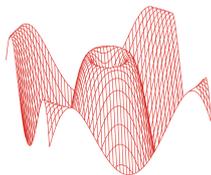
I risultati di misura riportati nel presente Certificato sono stati ottenuti applicando le procedure di taratura citate alla pagina seguente, dove sono specificati anche i campioni o gli strumenti che garantiscono la catena di riferibilità del Centro e i rispettivi certificati di taratura in corso di validità. Essi si riferiscono esclusivamente all'oggetto in taratura e sono validi nel momento e nelle condizioni di taratura, salvo diversamente specificato.

The measurement results reported in this Certificate were obtained following the calibration procedures given in the following page, where the reference standards or instruments are indicated which guarantee the traceability chain of the laboratory, and the related calibration certificates in the course of validity are indicated as well. They relate only to the calibrated item and they are valid for the time and conditions of calibration, unless otherwise specified.

Le incertezze di misura dichiarate in questo documento sono state determinate conformemente alla Guida ISO/IEC 98 e al documento EA-4/02. Solitamente sono espresse come incertezza estesa ottenuta moltiplicando l'incertezza tipo per il fattore di copertura k corrispondente ad un livello di fiducia di circa il 95 %. Normalmente tale fattore k vale 2.

The measurement uncertainties stated in this document have been determined according to the ISO/IEC Guide 98 and to EA-4/02. Usually, they have been estimated as expanded uncertainty obtained multiplying the standard uncertainty by the coverage factor k corresponding to a confidence level of about 95%. Normally, this factor k is 2.

Direzione Tecnica
(Approving Officer)



CERTIFICATO DI TARATURA LAT 068 51177-V
Certificate of Calibration LAT 068 51177-V

Di seguito vengono riportate le seguenti informazioni:

- la descrizione dell'oggetto in taratura (se necessaria);
- l'identificazione delle procedure in base alle quali sono state eseguite le tarature;
- gli strumenti/campioni che garantiscono la riferibilità del Centro;
- gli estremi dei certificati di taratura di tali campioni e l'Ente che li ha emessi;
- il luogo di taratura (se effettuata fuori dal Laboratorio);
- le condizioni ambientali e di taratura;
- i risultati delle tarature e la loro incertezza estesa.

In the following, information is reported about:

- description of the item to be calibrated (if necessary);
- technical procedures used for calibration performed;
- instruments or measurement standards which guarantee the traceability chain of the Centre;
- relevant calibration certificates of those standards with the issuing Body;
- site of calibration (if different from Laboratory);
- calibration and environmental conditions;
- calibration results and their expanded uncertainty.

Strumenti sottoposti a verifica
Instrumentation under test

Strumento	Costruttore	Modello	Matricola
Calibratore accelerometrico	PCB	394C06	1773

Procedure tecniche, norme e campioni di riferimento
Technical procedures, Standards and Traceability

I risultati di misura riportati nel presente Certificato sono stati ottenuti applicando la procedura di taratura N. PTL 23 Rev. 1.8.

Le verifiche effettuate sull'oggetto della taratura sono in accordo con il metodo interno di taratura per confronto con accelerometro tarato secondo la ISO 16063-21:2003.

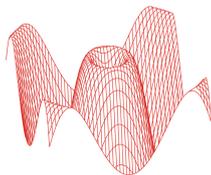
Nella tabella sottostante vengono riportati gli estremi dei campioni di riferimento dai quali ha inizio la catena della riferibilità del Centro.

Strumento	Matricola	Certificato	Data taratura	Data scadenza
Stazione meteo Ahlborn Almemo 2590+FHAD46-C2L00	H17121184+17110098	1011010_2023_ACCR_MC	2023-01-18	2024-01-18
Amplificatore di carica Brüel & Kjaer 2692-OS4	2487261	IRNIM 22-0755-03	2022-10-21	2024-10-21
Barometro digitale DRUCK DPI 150	3268333	LAT 128P-999/22	2022-11-21	2023-11-21
Scheda di acquisizione National Instruments NI USB-4431	17E4D2E	LAT019 69924	2022-10-11	2024-10-11
Accelerometro Brüel & Kjaer 4371V	2328442	INRIM 22-0755-02	2022-10-21	2024-10-21

Condizioni ambientali durante le misure
Environmental parameters during measurements

Parametro	Di riferimento	Intervallo di validità	All'inizio delle misure	Alla fine delle misure
Temperatura / °C	23	da 20 a 26	24	24
Umidità / %	50	da 30 a 70	62	61
Pressione / hPa	1013	da 800 a 1050	1001	1001

Nella determinazione dell'incertezza non è stata presa in considerazione la stabilità nel tempo dell'oggetto in taratura.



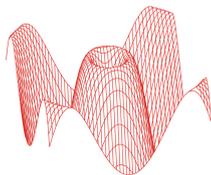
CERTIFICATO DI TARATURA LAT 068 51177-V
Certificate of Calibration LAT 068 51177-V

Capacità metrologiche del Centro
Metrological capabilities of the Laboratory

Nella tabella vengono riportate le capacità metrologiche del Centro per la grandezza accelerazione e le relative incertezze ad esse associate.

Grandezza	Strumento in taratura	Campo di misura	Condizioni di misura	Incertezza (*)
Accelerazione	Catene accelerometriche con trasduttori a singola faccia e doppia faccia	9,81 m/s ²	DC	0,5 %
		da 0,5 m/s ² a 300 m/s ²	1 Hz ≤ f < 5 Hz	3,4 %
			5 Hz ≤ f < 20 Hz	2,0 %
			20 Hz ≤ f < 1 kHz	1,5 %
			1 kHz ≤ f < 5 kHz	2,0 %
	5 kHz ≤ f ≤ 10 kHz	3,8 %		
	Analizzatori con trasduttore accoppiato	9,81 m/s ²	DC	0,6 %
		da 0,5 m/s ² a 300 m/s ²	1 Hz ≤ f < 5 Hz	3,5 %
			5 Hz ≤ f < 20 Hz	2,2 %
			20 Hz ≤ f < 1 kHz	1,7 %
1 kHz ≤ f < 5 kHz			2,1 %	
5 kHz ≤ f ≤ 10 kHz	3,9 %			
Analizzatori con trasduttore mano braccio	da 1 m/s ² a 100 m/s ²	da 10 Hz a 800 Hz	2,5 %	
Analizzatori con trasduttore corpo intero	da 0,1 m/s ² a 15 m/s ²	da 2 Hz a 80 Hz	2,5 %	
Calibratore vibrometrico: accelerazione	da 0,5 m/s ² a 15 m/s ²	da 15 Hz a 1 kHz	0,8 %	
frequenza			0,04 %	

(*) L'incertezza di misura è dichiarata come incertezza estesa corrispondente al livello di fiducia al 95% ed è ottenuta moltiplicando l'incertezza tipo per il fattore di copertura k specificato.



CERTIFICATO DI TARATURA LAT 068 51177-V
Certificate of Calibration LAT 068 51177-V

1. Ispezione preliminare

Durante questa fase vengono eseguiti i controlli preliminari sulla strumentazione in taratura. I risultati di tali controlli sono riportati nella tabella sottostante.

Controllo	Esito
Ispezione visiva iniziale	OK
Integrità meccanica	OK
Integrità funzionale	OK
Equilibrio termico	OK
Alimentazione	OK
Luogo di taratura	SEDE

2. Misurando, modalità e condizioni di misura

Il misurando è il livello di accelerazione generato, la sua stabilità, frequenza e relativa stabilità e distorsione totale. Il livello di accelerazione generato è calcolato come il rapporto tra la tensione in uscita dalla catena di riferimento e la sensibilità della catena di riferimento stessa. La taratura per la determinazione dell'ampiezza dell'accelerazione, è stata eseguita tramite il metodo del confronto con la catena di riferimento.

In caso di utilizzo per misure mano-braccio e corpo-intero i limiti sono quelli riportati nella norma ISO 8041:2017 - Annex A.

3. Livello di accelerazione generato

In questa prova viene verificato il livello di accelerazione generato e la sua stabilità in ampiezza.

Livello nominale m/s ²	Livello generato m/s ²	Errore %	Massa applicata g	Stabilità livello %	Incertezza %
9,80	9,80	-0,04	11,0	0,06	0,80
9,80	9,77	-0,32	140,0	0,18	0,80

4. Frequenza del livello generato

In questa prova viene verificata la frequenza del segnale generato e la relativa stabilità.

Frequenza nominale Hz	Frequenza generata Hz	Errore %	Massa applicata g	Stabilità frequenza %	Incertezza %
159,16	159,65	0,30	11,0	0,03	0,04
159,16	159,66	0,31	140,0	0,03	0,04

5. Distorsione del livello generato

In questa prova viene misurata la distorsione totale del segnale generato dal calibratore.

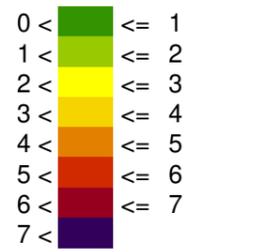
Livello nominale m/s ²	Livello generato m/s ²	Distorsione %	Massa applicata g	Incertezza %
9,80	9,80	0,75	11,0	0,12
9,80	9,77	0,77	140,0	0,12

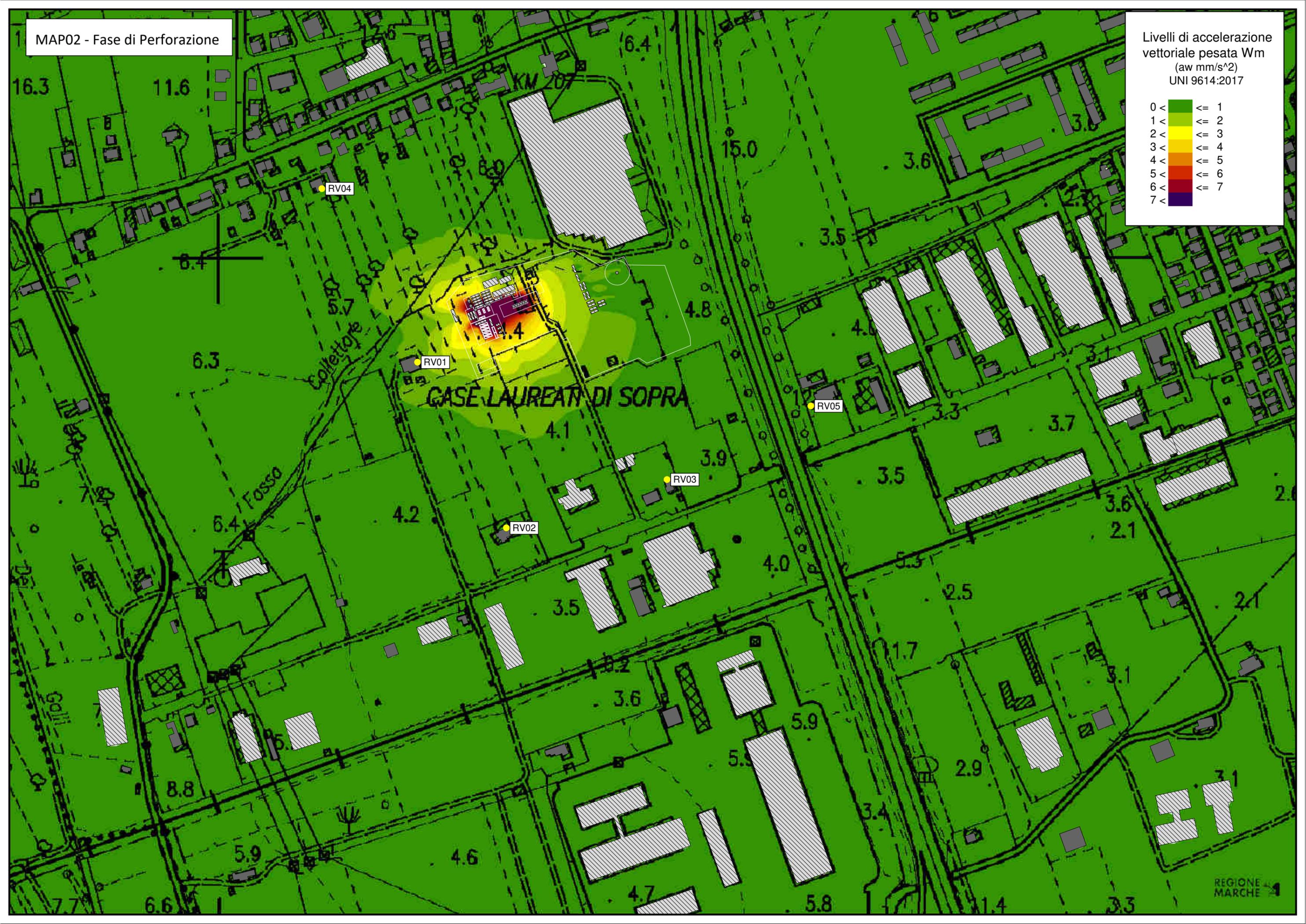
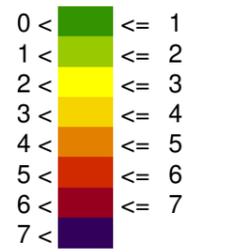
Valutazione di impatto vibrazionale

Allegato VIV_III

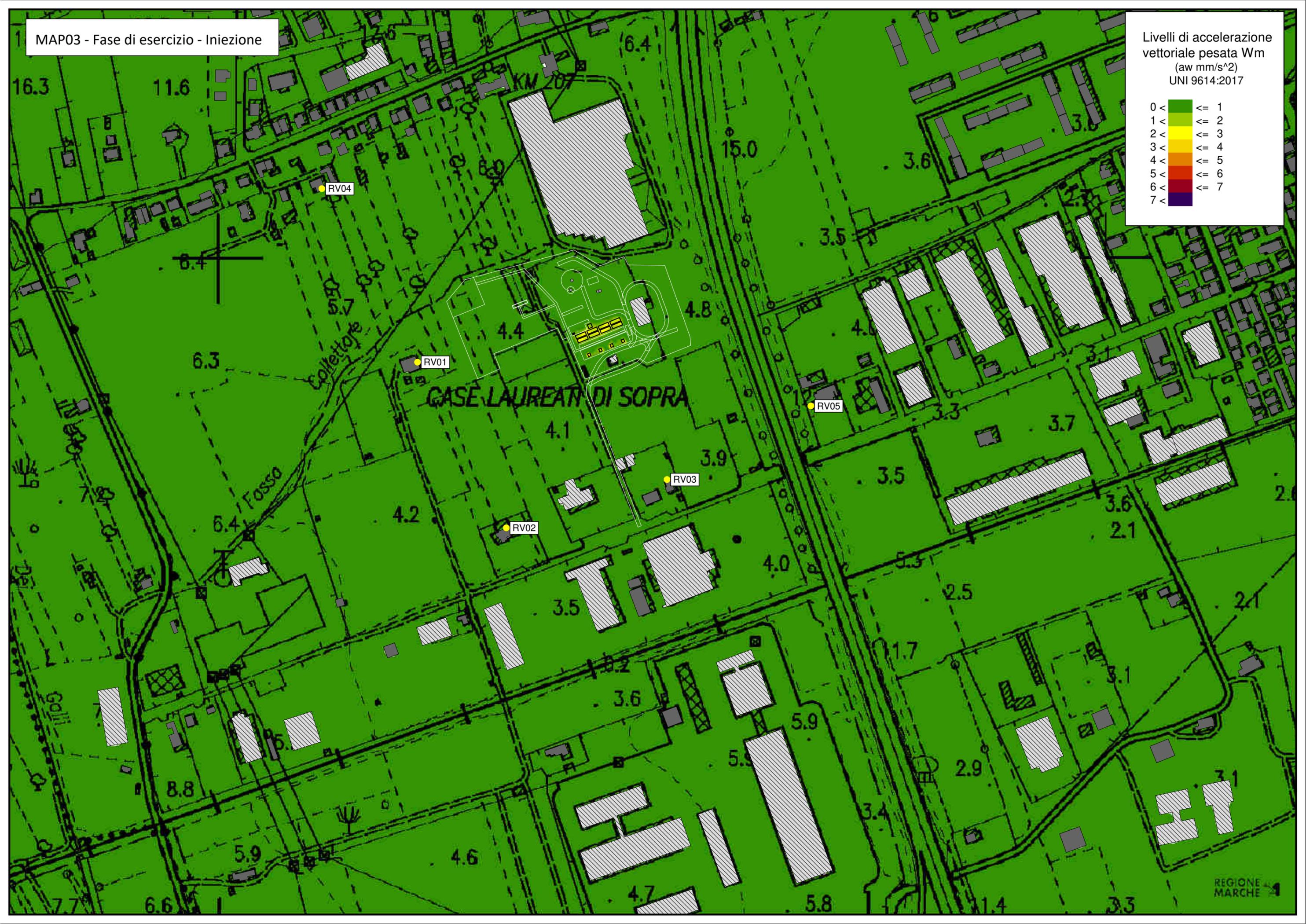
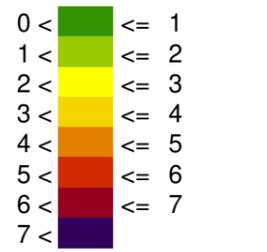
Mappe di impatto vibrazionale

Livelli di accelerazione
vettoriale pesata W_m
(a_w mm/s²)
UNI 9614:2017





Livelli di accelerazione
vettoriale pesata W_m
(a_w mm/s²)
UNI 9614:2017



Livelli di accelerazione
vettoriale pesata W_m
(a_w mm/s²)
UNI 9614:2017

