



COMUNE DI CALIMERA



REGIONE PUGLIA



PROVINCIA DI LECCE

OGGETTO

CAMPAGNA DI ACQUISIZIONE DELLE VIBRAZIONI EFFETTUATA SULLA STRUTTURA PIÙ VICINA ALLE VIBRAZIONI INDOTTE DALLA "CALIMERA BIO S.R.L.", SITA IN VIA PORTOGALLO, 2 (CALIMERA, LECCE).

LOCALITÀ

CALIMERA (LECCE)

COMMITTENTE

"CALIMERA BIO S.r.l."

VIA Pierluigi Nervi, snc - 04100 - LATINA (LT)

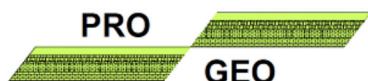
Frazione: Torre 5 gigli

ELABORATO

INDAGINE GEOFISICA



DITTA ESECUTRICE INDAGINI



Geologia e Geofisica
Prospezioni geofisiche in superficie e in foro
Indagini idrogeologiche e geotecniche

PRO-GEO s.a.s
di Alberto Angelo Raffaele Quarto & C.
Via M. R. Imbriani, 13 - 76121 Barletta
P. IVA: 05578650722
TEL E FAX: 0883-390511
EMAIL: progeos@alice.it
MOB. 3356098214
PEC: info@pec.progeos.net

PRO-GEO s.a.s.
di Alberto A.R. Quarto & C.
Via M.R. Imbriani, 13
76121 BARLETTA
P.IVA 05578650722

Sommario

<i>Sommario</i>	<i>1</i>
<i>Indicazioni generali</i>	<i>2</i>
<i>Catena di misura</i>	<i>5</i>
<i>Vibrazioni che possono indurre disturbo alle persone (UNI-9614)</i>	<i>7</i>
<i>Caratteri generali</i>	<i>7</i>
<i>Analisi dei dati</i>	<i>7</i>
<i>Risultati dell'analisi</i>	<i>10</i>
<i>Conclusioni UNI-9614:2017</i>	<i>13</i>

Indicazioni generali

Per incarico conferito alla “Pro-Geo S.a.s. di Alberto Quarto & C.” dalla “CALIMERA BIO S.R.L.” è stata condotta una campagna di acquisizione delle vibrazioni sul terreno circostante la palestra Oasi Fitness Club, sita in Via Portogallo (Calimera, Lecce), essendo la struttura più vicina alle vibrazioni indotte dalla “Calimera bio S.r.l.” (figura 1 e 2).

Periodo del rilievo	dalle 10:16 del 26/06/2024 alle 13:17 del 26/06/2024
Acquisizione dati a cura di	Pro – Geo s.a.s.
Analisi dati e stesura relazione a cura di	MoHo s.r.l.

Scopo della presente indagine è:

- acquisire dati quantitativi sul livello vibrazionale presente nell'intorno dell'edificio e stimare il livello vibrazionale a cui possono essere sottoposte le persone nell'edificio, in condizioni normali e sotto l'eccitazione proveniente dall'attività del bruciatore,
- valutare se le tali vibrazioni indotte potranno essere disturbanti per le persone.

A tal fine è stata collocata una terna sismometrica + accelerometrica (**Tromino®**, di MoHo srl) nella posizione indicata dall'icona azzurra in 2 b), all'esterno della palestra. La posizione è stata imposta dall'impossibilità di interrompere l'attività della palestra.

Sono state effettuate 3 misure di 50 minuti ciascuna in data 26/06/2024:

- in condizioni di impianto spento
- in condizioni di impianto funzionante
- in condizioni di impianto funzionante ma con mitigazione delle vibrazioni

L'acquisizione dei dati è stata svolta dalla “Pro-Geo S.a.s.” mentre l'analisi dei dati e la stesura della relazione è stata condotta dalla MoHo s.r.l., secondo la norma **UNI-9614:2017**, ditta con oltre 30 anni di esperienza nella progettazione e realizzazione di strumenti e software geofisici nel campo delle vibrazioni.

I caratteri generali dell'indagine sono riassunti in Tabella 1.



Figura 1. Immagine satellitare dell'area oggetto di studio. L'area all'interno del rettangolo viola evidenzia l'estensione dell'impianto industriale in cui è collocato il bruciatore; il pallino arancione identifica la palestra; il pallino rosso identifica infine la posizione delle misure vibrazionali.

a) BRUCIATORE**b) PALESTRA**

Figura 2. a) In alto, foto del bruciatore. b) in basso, foto della palestra e la posizione della terna velocimetrica+accelerometrica per la misura delle vibrazioni (Tromino® di MoHo s.r.l.), con indicazione del suo orientamento.

Tabella 1. Caratteri generali dell'indagine.

1	Soggetto appaltante/Committente	CALIMERA BIO S.R.L.
	Responsabile della misura	Pro-Geo s.a.s.
	Intervallo di acquisizione dati	dalle 10:16 del 26/06/2024 alle 13:17 del 26/06/2024
2	Tipo di vibrazione - energizzazione esterna	Attività del bruciatore di Calimera (Lecce)
3	Tipo di costruzione	Edificio in calcestruzzo con ampie vetrate
4	Luogo dell'indagine	Via Portogallo, Calimera (LE)
5	Catena di misura	descritta a p. 5
6	Risultati	cfr. p. 10 per UNI-9614:2017

Catena di misura

Le indagini sono state condotte per mezzo di un sismometro/accelerometro **Tromino®** di MoHo srl (www.moho.world), le cui specifiche tecniche sono illustrate nel seguito.

Modello: Tromino® TEB-0812/01-22

Produttore: MoHo s.r.l.
c/o VEGA – building Lybra
via delle Industrie 17/A
30175 Marghera (Venice) - Italy
Web: www.moho.world

Classificazione: CISPR 11 - EN 55011 (Industrial, scientific and medical (ISM) radio-frequency equipment - Radio disturbance characteristics - Limits and methods of measurement), Group 1, Class B.

Conformità agli standard: EN 55011, IEC 61000-4-2, IEC 61000-4-4, IEC 61000-4-3.

Alimentazione modelli anteriori al 2017: 2 x 1.5 V_{DC} AA batterie alcaline

Voltaggio interno +3.3 V, +3.6 V per la sezione analogica

Consumo 75 mW (GPS disattivo), 450 mW (GPS attivo)

Durata batterie 80 ore in registrazione continua senza GPS

Numero di canali 9 (3 velocimetrici, 3 accelerometrici, 1 analogico, 1 radio, 1 GPS)

Sensori 3 velocimetri elettromeccanici, a risposta equalizzata in banda da 0.8 a 300 Hz. Guadagno regolabile su più livelli fino a $\pm 4.5 \text{ cm/s}$
3 accelerometri digitali di tipo MEMS ortogonali con fondo scala $\pm 2g$.

Amplificatori 3 canali ad input variabile (velocimetri), 3 ad input monopolare (accelerometri)

Rumore < 0.5 μV r.m.s. @128 Hz di campionamento

Impedenza degli amplificatori in ingresso $10^6 \Omega$

Frequenza di campionamento 64 kHz per canale

Frequenze di campionamento in uscita	128, 256, 512, 1024, [2048 Hz]
Risoluzione A/D	24 bit
Registrazione	su memoria interna
Clock	interno, permanente con data e allarmi
GPS	12 canali con marcatempo (precisione 1 μ s)
Collegamenti	porta USB, tipo B
Dimensioni e peso	10 x 14 x 7.7 cm 1.1 kg contenitore in alluminio
Accoppiamento col terreno	puntali o cuscino reologico
Condizioni ambientali di operatività	Temperature: – 10 / +70°C Umidità: 0-90% senza condensa
Impermeabilità	indice IP → 65 (resistente alla polvere, resistente agli spruzzi)

Vibrazioni che possono indurre disturbo alle persone (UNI-9614:2017)

Caratteri generali

La norma UNI-9614, profondamente revisionata nel 2017, propone alcuni criteri di misura delle vibrazioni negli edifici, ai fini di valutarne il disturbo alle persone.

La norma si applica unicamente alle vibrazioni risentite dalle persone negli edifici e prevede che queste vengano misurate esclusivamente nei luoghi realmente abitati o di lavoro (non nei ripostigli, bagni, corridoi, vani scale ecc.) o negli ambienti privi di abitabilità.

La norma impone un trattamento statistico delle osservazioni e richiede quindi di acquisire un numero di eventi statisticamente significativo, in funzione del tipo di sorgente. Nel caso del traffico stradale, di cantiere ed industriale, il numero eventi distinti da registrare deve essere almeno 15.

La norma chiede inoltre di quantificare il livello di vibrazione residua (riquadro verde in Figura 3), nelle stesse posizioni, previo spegnimento programmato delle sorgenti di disturbo o tramite selezione delle epoche in cui il disturbo non è presente. Questo costituirà il termine rispetto al quale scalare la vibrazione disturbante (riquadri azzurri in Figura 3).

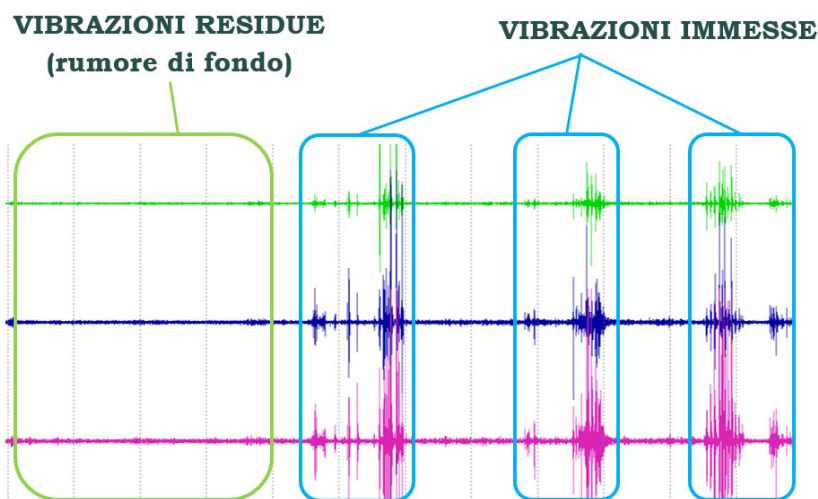


Figura 3. Esempio di epoche (intervalli) caratterizzati da solo rumore di fondo (riquadro verde) e vibrazioni immesse (riquadri azzurri).

Analisi dei dati

La norma prevede che la grandezza da misurare sia l'accelerazione assoluta e che questa vada acquisita per mezzo di accelerometri. La norma prevede i seguenti passaggi nell'analisi delle accelerazioni registrate:

1. **Filtraggio passa-banda** di tutte le componenti $a_x(t)$, $a_y(t)$, $a_z(t)$ per limitare il segnale alla banda di sensibilità umana (curve blu e rossa in Figura 4).
2. **Filtro di ponderazione** (curva gialla in Figura 4) su ogni asse, a dare l'accelerazione ponderata $a_{w,j}(t)$ secondo la sensibilità umana ai disturbi.

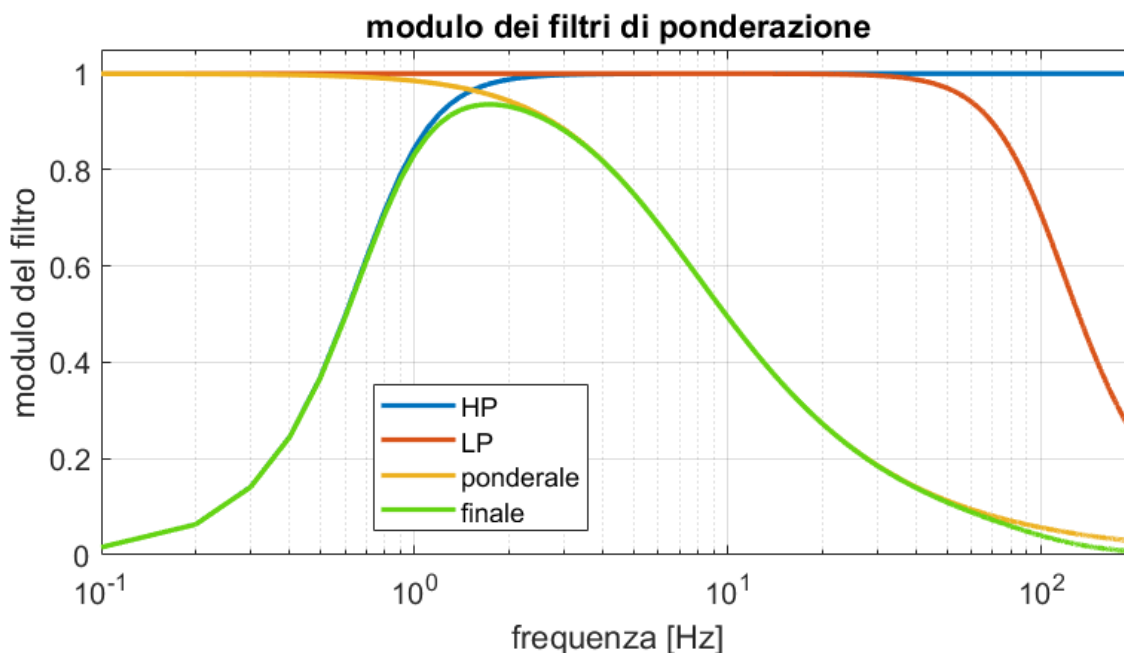


Figura 4. Filtro finale, previsto dalla UNI-9614:2017, che pesa il segnale registrato secondo la sensibilità umana alle vibrazioni. Il filtro deriva dall'applicazione di un filtro passa-alto (blu), passa-basso (arancione) e ponderale (giallo).

3. Applicati questi filtri (la banda passante risultante è data dalla curva verde in Figura 4), per l'intera storia temporale del segnale, si calcola l'andamento nel tempo dell'**accelerazione efficace ponderata per ogni asse cartesiano j** secondo l'Equazione 1, in cui il tempo di integrazione è $\tau = 1s$.

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

Equazione 1

4. Dall'accelerazione ponderata per ciascun asse cartesiano, si calcola l'**accelerazione efficace ponderata totale**:

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

Equazione 2

5. A questo punto, per ogni epoca di vibrazione individuata e per ciascun canale, si segna l'**accelerazione massima ponderata**:

$$a_{w,max,j} = \max(a_w(t))$$

Equazione 3

6. È ora possibile calcolare l'**accelerazione massima statistica ponderata**, definita come¹:

$$a_{w,ss} = \overline{a_{w,max}} + 1.8\sigma$$

Equazione 4

ove $\overline{a_{w,max}}$ è la media aritmetica sui vari eventi di $a_{w,max}$ e la deviazione standard è:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (a_{w,max,i} - \overline{a_{w,max}})^2}{N - 1}}$$

Equazione 5

con $N > 5$ per avere «credibilità» statistica.

7. Le **accelerazioni immesse dalla sorgente** vanno ripulite della parte legata al rumore di fondo, in questo modo:

$$a_{sorgente} = \sqrt{a_{fondo}^2 - a_{res}^2}$$

Equazione 6

in cui a_{fondo} è l'accelerazione ponderata massima statistica (Equazione 4) delle vibrazioni immesse e a_{res} è l'accelerazione ponderata massima statistica delle vibrazioni residue (come Equazione 4 ma calcolate sulle epoche di rumore di fondo).

Le a_{res} possono essere trascurate quando sono minori del 50% delle a_{fondo} .

Diversamente, a_{res} va confrontata con i valori di soglia proposti dalla normativa e riportati in Tabella 2 per quanto riguarda gli ambienti residenziali e lavorativi.

Sottolineiamo sin da ora che la norma UNI-9614:2017 non propone valori di soglia per ambienti ad uso sociale-ricreativo. Qui faremo riferimento agli ambienti di tipo residenziale ma si può ritenere che, poiché l'occupazione di un ambiente ad uso sociale-ricreativo è sicuramente di tipo temporaneo, rispetto all'ambiente di tipo abitativo, possano essere previste alcune deroghe rispetto ai valori riportati in Tabella 2.

AMBIENTE	PERIODO	VALORE
ABITATIVO	Diurno	7.2
	Notturmo	3.6
	Diurno festivo	5.4

Tabella 2. Limiti di riferimento delle accelerazioni di sorgente secondo UNI-9614. L'orario notturno va dalle 22 alle 6 del mattino.

¹ Il 95 al pedice indica che si lavora con 95% di confidenza, quindi approssimativamente entro 2 deviazioni standard (da cui l'1.8 σ nell'equazione).

Risultati dell'analisi

L'analisi dei dati e i risultati sono stati prodotti con **Vibri** For Humans, software prodotto da MoHo s.r.l..

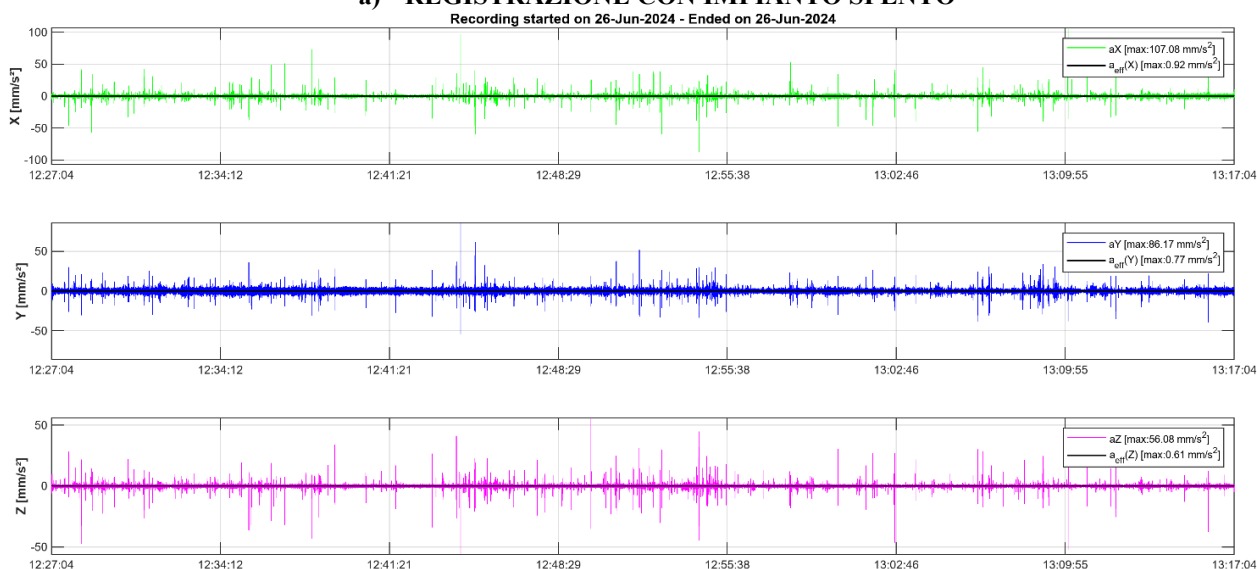
In

Figura 6 sono riportati gli esiti dell'analisi secondo UNI-9614:2017, ossia l'andamento delle accelerazioni efficaci ponderate totali nelle tre misure di 50 minuti l'una. Nelle figure 7b e 8b sono ben riconoscibili i momenti di attività del bruciatore con periodicità regolare (una fiammata ogni 20 secondi circa).

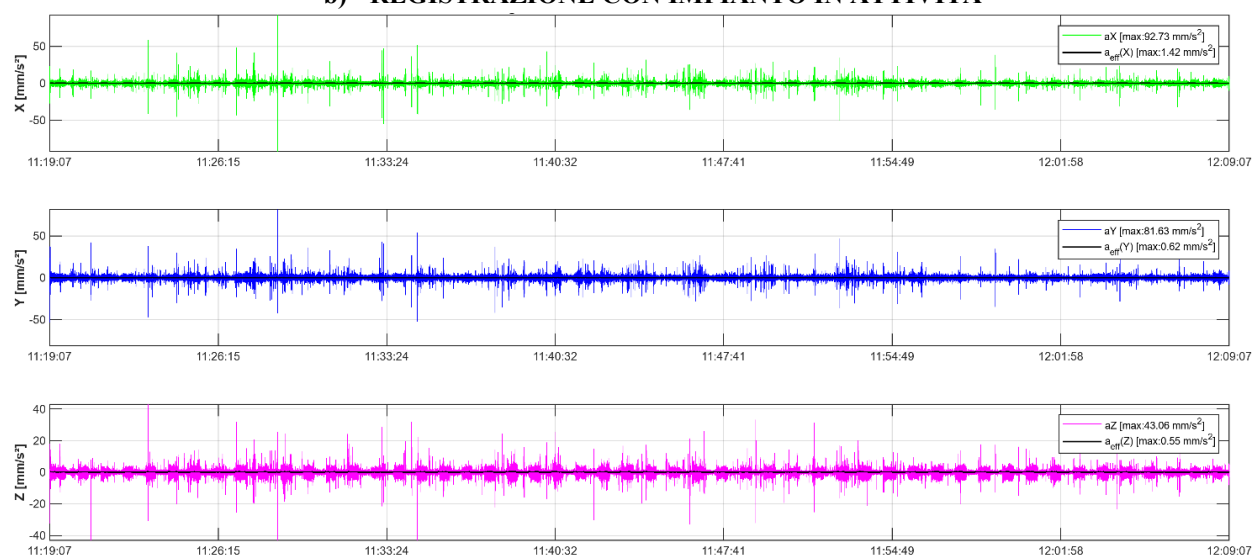
Sovrapposte ai grafici, sono le soglie ritenute disturbanti per le persone in ambiente residenziale diurno (6 am – 10 pm).

Durante il periodo di misura, in nessuna delle condizioni viene superata la soglia di disturbo diurno alle persone.

a) REGISTRAZIONE CON IMPIANTO SPENTO



b) REGISTRAZIONE CON IMPIANTO IN ATTIVITA'



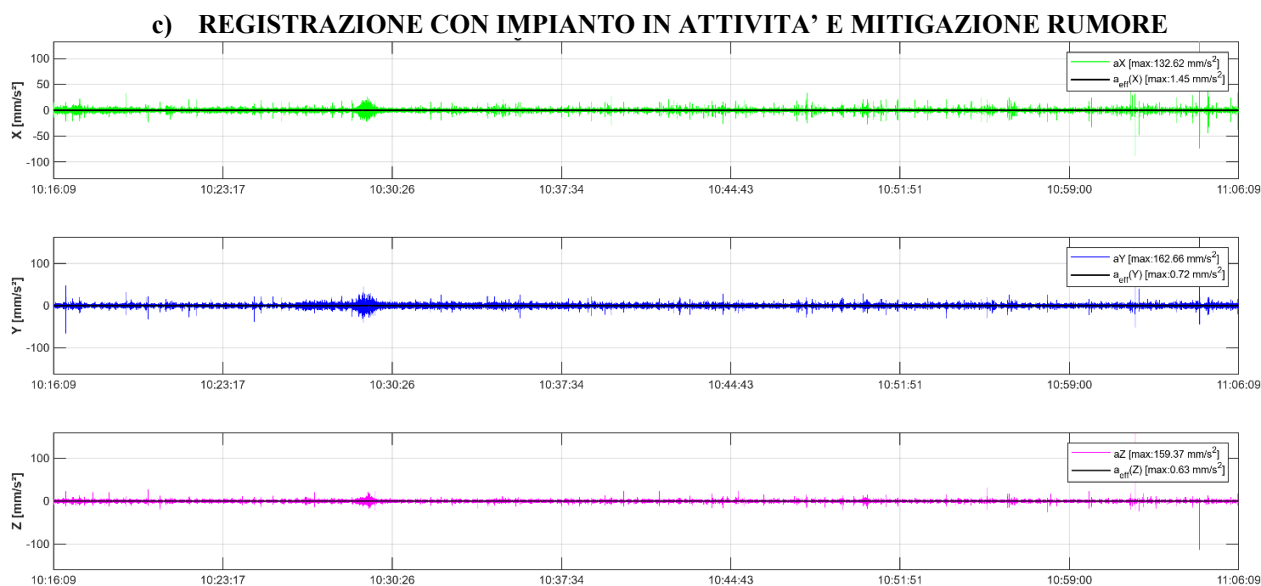


Figura 5. Accelerazioni assiali registrate nel sito durante le misure in 3 diverse condizioni: a) con impianto spento, b) con impianto in attività, c) con impianto in attività e mitigazione del rumore.



Figura 6. Accelerazioni efficaci ponderate totali registrate nel sito nelle 3 misure. La linea a tratteggio rosso indica la soglia ritenuta disturbante in condizione abitative diurne (6 am – 10 pm).

In Figura 7 è dato il confronto tra gli spettri delle tre componenti del moto (orientamento come in Figura 2b) in condizioni di bruciatore spento (curva blu), bruciatore acceso (curva rossa) e di mitigazione delle vibrazioni (curva verde), per valutare in quali bande di frequenza agisca il sistema creato.

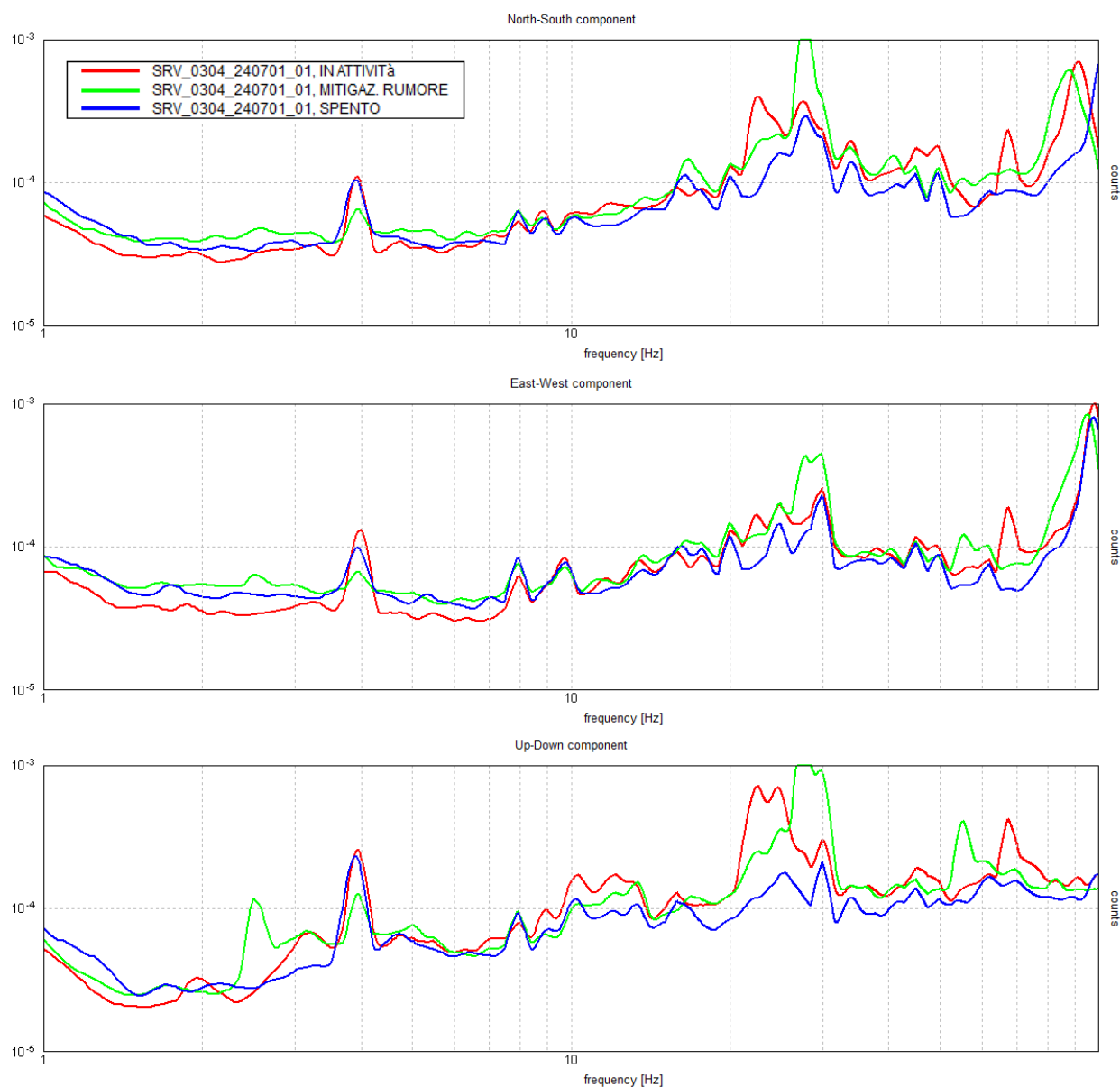


Figura 7. Confronto tra gli spettri orizzontali e verticali del moto nelle condizioni di bruciatore spento (curva blu), bruciatore acceso (curva rossa) e vibrazioni mitigate (curva verde).

Conclusioni UNI-9614:2017

L'indagine vibrazionale condotta presso la palestra Oasi Fitness Club di Calimera (Lecce) ha mostrato come, nel punto di misura indagato, le vibrazioni non abbiano superato i valori di soglia potenzialmente disturbanti per le persone in ambiente residenziale diurno. L'accelerazione massima ponderata è $a_{w, tot} = 1.62 \text{ mm/s}^2$.

Va osservato tuttavia che i valori di soglia si riferiscono ai solai delle strutture mentre in questo caso la misura è stata effettuata sul terreno. È verosimile attendersi che le misure all'interno della struttura, ed in particolare al centro della luce del solaio, possano essere maggiori anche di 2-4 volte rispetto a quanto misurato a terra. Le vibrazioni rimarrebbero con buona probabilità al di sotto dei limiti di disturbo.

Si può ritenere che, nell'intervallo temporale misurato, gli interventi di mitigazione del rumore abbiano avuto un effetto positivo, abbassando il valore massimo a $a_{w, tot} = 1.14 \text{ mm/s}^2$.

Si sottolinea infine che la norma UNI-9614:2017 non propone valori di soglia disturbanti per ambienti ad uso sociale-ricreativo. Qui si è fatto riferimento agli ambienti di tipo residenziale ma si può ritenere che, poiché l'occupazione di un ambiente ad uso sociale-ricreativo sia sicuramente di tipo temporaneo, rispetto all'ambiente di tipo abitativo, possano essere previste deroghe rispetto ai valori di soglia riportati in Tabella 2.

Per gli operatori della palestra si potrebbero applicare i valori di soglia da ambiente lavorativo, che sono però molto maggiori rispetto a quelli di tipo residenziale e che non sarebbero superati.