

TANGENZIALE EST ESTERNA DI MILANO

CODICE C.U.P. I21B05000290007
CODICE C.I.G. 017107578C

MONITORAGGIO AMBIENTALE

RELAZIONE ANNUALE CORSO D'OPERA 2014

VIBRAZIONI

CONSORZIO DI PROGETTAZIONE:

C.T.E.
Consorzio Tangenziale Engineering
Via G. Vida, 11 - 20127 MILANO

PRESIDENTE: Ing. Maurizio Torresi

I COMPONENTI:



SPEA Ingegneria Europea S.p.A



SINA S.p.A



Milano Serravalle Engineering S.r.l



TECHNITAL S.p.A



PRO.ITER. S.r.l



GIRPA S.p.A

COORDINAMENTO ATTIVITA'
MONITORAGGIO AMBIENTALE



Ing. Dorina Spoglianti
Ordine Ingegneri Milano n°A 20953

ESECUZIONE ATTIVITA'
MONITORAGGIO AMBIENTALE



Ing. Marco Salomone
Ordine Ingegneri Torino n° 8468 R

IL CONCEDENTE



CONCESSIONI
AUTOSTRADALI
LOMBARDE

IL CONCESSIONARIO

tangenziale
esterna

IL DIRETTORE DEI LAVORI

A	Maggio 2015	EMISSIONE	Ing. Ardenti	Dott. Rossi	Ing. Salomone
EM./REV.	DATA	DESCRIZIONE	ELABORAZIONE PROGETTUALE	CONTR.	APPROV.
IDENTIFICAZIONE ELABORATO				DATA:	MAGGIO 2015
OPERA TRATTO OPERA AMBITO TIPO ELABORATO PROGRESSIVA REV. MONTEEM 0 CO VB 305 A				SCALA:	-

INDICE

1	PREMESSA	2
2	DESCRIZIONE DELLE AREE DI MONITORAGGIO	3
3	PUNTI DI MONITORAGGIO	7
4	INQUADRAMENTO METODOLOGICO	10
4.1	Definizione dei parametri	10
4.2	Individuazione dei limiti di legge e definizione delle anomalie	13
4.3	Strumentazione	20
5	RISULTATI OTTENUTI	23
5.1	VIB-AB-01.....	23
5.2	VIB-PB-21.....	26
5.3	VIB-GE-01	28
5.4	VIB-GO-01.....	32
5.5	VIB-CZ-01.....	37
5.6	VIB-CS-21	40
6	CONCLUSIONI	43

1 PREMESSA

La presente relazione illustra le attività di monitoraggio della componente “Vibrazioni” svolte in fase Corso d’Opera, nell’ambito del Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA), predisposto in sede di Progetto Definitivo della Tangenziale Est Esterna di Milano.

In termini generali il Monitoraggio Ambientale ha lo scopo di esaminare le eventuali variazioni indotte sull’ambiente dalla realizzazione dell’opera, e di valutare se tali variazioni sono imputabili alla costruzione della medesima o al suo futuro esercizio. Con riferimento alla componente in esame l’obiettivo dei rilievi è quello di verificare che i recettori interessati dalla realizzazione dell’infrastruttura siano soggetti a livelli vibrazionali in linea con le previsioni progettuali e con gli standard di riferimento. Le attività di monitoraggio nella fase CO permettono di rilevare e segnalare eventuali criticità in modo da poter intervenire in maniera idonea per minimizzare l’impatto sui recettori interessati durante le fasi costruttive. Tutte le attività strumentali di rilevamento dei dati in campo e di elaborazione degli stessi sono state effettuate secondo quanto previsto dalla Relazione Specialistica - componente Vibrazioni del PMA (Documento Z0052_E_X_XXX_XXXXX_0_MN_RH_009_A) e più in generale nel rispetto della normativa nazionale ed in accordo con le pertinenti norme tecniche nazionali ed internazionali.

Le attività di monitoraggio sono state eseguite presso tutti i punti di monitoraggio interessati da lavorazioni, per i quali era prevista l’esecuzione di rilevamenti nella fase di CO. Per la descrizione delle singole campagne di misura con relative schede di restituzione e certificati di taratura si rimanda ai bollettini trimestrali (MONTEEM0COVB301A_1°trimestre 2014; MONTEEM0COVB302A_2°trimestre 2014; MONTEEM0COVB303A _3°trimestre 2014; MONTEEM0COVB304A_4°trimestre2014).

Rispetto al posizionamento previsto dal PMA – Progetto Esecutivo ed a quanto effettuato nel rilievo Ante Operam (Documento MONTEEM0AOVB101A – maggio 2012), sono state effettuate le seguenti rilocalizzazioni:

- VIB-PB-21 (nuova codifica del punto originariamente indicato con la sigla VIB-PB-01)
- VIB-CS-21 (nuova codifica del punto originariamente indicato con la sigla VIB-CS-01)

Nel corso dell’anno sono state inoltre effettuate attività di audit da parte del ST, attraverso sopralluoghi congiunti svolti nei seguenti punti:

- I Trimestre 2014: VIB-CS-21 in data 29/01/14.

L’analisi dei risultati e delle informazioni trasmesse e i sopralluoghi congiunti sono stati effettuati dal ST con i seguenti obiettivi:

- la verifica della corretta esecuzione delle attività di monitoraggio (coordinamento con le attività di cantiere, ubicazione delle stazioni di monitoraggio, frequenza dei rilievi, metodiche di rilievo e analisi, ecc.);
- la valutazione della completezza delle informazioni e dei risultati restituiti;
- l’analisi e l’interpretazione dei risultati ottenuti.

2 DESCRIZIONE DELLE AREE DI MONITORAGGIO

Le attività di monitoraggio della componente in esame sono state svolte nei comuni della provincia di Milano di Gessate e Gorgonzola, nei comuni della provincia di Lodi di Casalmaiocco e Comazzo e nel comune della provincia di Monza e Brianza di Agrate Brianza.

Nel paragrafo che segue sono estrapolate dalla Relazione geologica – idrogeologica (Documento D0000000GGRH01A – marzo 2010) e dall'allegato 1 del PMA le informazioni relative alla geologia delle aree interessate dal monitoraggio vibrazionale.

L'area di studio ricade nel Foglio 45 "Milano" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000; e si sviluppa tra l'abitato di Milano ad ovest e il fiume Adda ad est e tra l'autostrada A4 a nord e l'autostrada A1 a sud.

L'evoluzione sedimentaria della Pianura Padana è caratterizzata a partire dal Pliocene Superiore – Pleistocene Inferiore a seguito di una fase di ritiro del mare, per l'orogenesi dell'arco appenninico settentrionale, dalla deposizione di sedimenti continentali fluvio – lacustri, deltizi e di piana costiera, che segnano il passaggio da un ambiente di tipo prettamente marino ad uno di transizione marino – continentale.

L'unità sedimentaria, attribuita generalmente al Villafranchiano, è caratterizzata da sabbie fini, limi, argille e torbe per il predominare di acque tranquille. Tale unità è stata sottoposta ad un immediato sollevamento a seguito della sua deposizione, determinando una forte erosione della parte superiore con la formazione di profonde incisioni. Questa fase di sollevamento è stata accompagnata da diverse variazioni del livello marino che hanno portato alla sedimentazione di depositi marini e continentali all'interno delle incisioni. Tali sedimenti sono costituiti per lo più da sabbie e ghiaie che hanno subito fenomeni di cementazione. Si riconosce negli orizzonti conglomeratici di questo periodo la Formazione del Ceppo dell'Adda.

Il Pleistocene (1,8 MA - 10.000 anni) segna l'inizio della fase delle glaciazioni, testimoniata dagli archi morenici, posti a nord dell'area di progetto in corrispondenza degli abitati di Lesmo e Comparada e dei successivi periodi interglaciali, caratterizzati dal disfacimento e dilavamento di questi apparati ad opera degli scaricatori fluviali per la fusione dei ghiacci, responsabili della formazione del sistema di terrazzi, visibile in affioramento nell'alta pianura ai piedi degli archi morenici. Tali corsi d'acqua hanno trasportato a valle nella media e bassa pianura ingenti quantità di sedimenti, conferendo agli stessi un ottimo grado di arrotondamento, una buona classazione e una progressiva diminuzione della granulometria da nord a sud per la diminuzione dell'energia di trasporto a seguito della progressiva riduzione del gradiente morfologico della superficie topografica. Si ritrova traccia di tali depositi nell'area di studio all'altezza dell'abitato di Gessate.

Un lento innalzamento dell'alta pianura con l'affioramento in superficie dei depositi più antichi lungo gli alvei incassati dei corsi d'acqua si è verificato nel corso del Pleistocene superiore fino

all'Olocene a causa di una riattivazione delle strutture profonde compressive legate all'orogenesi dell'Appennino settentrionale. Questo sollevamento ha comportato la formazione di "dorsali" come quella di Monza, e di zone depresse, come il settore occidentale della Provincia di Milano, comprese tra le suddette sopraelevazioni, oggetto di una rilevante deposizione di alluvioni recenti ad opera dei corsi d'acqua. Il settore orientale dell'alta pianura della Provincia di Milano è quello che ha subito il maggiore sollevamento.

L'analisi delle stratigrafie dei sondaggi ha infatti permesso di individuare in corrispondenza dell'abitato di Gessate il limite meridionale di un'area tettonicamente sollevata, dove sono presenti a pochi metri dal piano campagna ed in affioramento in superficie depositi fluvio – glaciali del Mindel e del Riss.

AREA DI INDAGINE 1 da progr. 0+000 a progr. 4+000 Km (punti VIB-AB-01, VIB-PB-21, VIB-GE-01 e VIB-G0-01)

A partire dalla interconnessione con l'autostrada A4 la livelletta corre in trincea con altezza delle scarpate di scavo pari a 7-8 m ed incontra le unità Sg e secondariamente Gs e Smg fino alla fine dell'area. L'unità Sg, costituita da sabbie con ghiaie con $\Phi = 3 - 5$ cm e locale presenza di ciottoli si estende tra le progr. 0+300 Km - 0+2050 Km e 2+400 Km – 3+700 Km. La galleria artificiale Villorosi di attraversamento dell'omonimo canale tra le progr. 2+044 Km e 2+169 Km circa, vede al tetto di scavo l'unità Sg, che passa a Gs in corrispondenza della livelletta. Il grado di addensamento è medio. Localmente può aumentare la frazione ghiaiosa, Gs, o quella sabbioso – limosa, Smg. Se si considera l'altezza di scavo prevale ancora il termine Sg che si intercala localmente a lenti di Gs e Smg. E' presente in superficie un livello di limo sabbioso, inglobante ghiaietto, dello spessore medio di 1 – 2 m.

AREA DI INDAGINE 3 da progr. 8+600 a progr. 19+400 Km (punto VIB-CZ-01)

La livelletta procede in trincea tra le progr. 8+500 Km e 9+800 Km incontrando sul piano di scavo una intercalazione delle unità Gs e Sg. L'altezza di scavo è invece caratterizzata dalla unità Ls e secondariamente Gs tra le progr. 8+500 Km e 9+350 Km con spessori della prima unità di 3 – 5 m e di una intercalazione di Gs e Sg tra le progr. 9+350 Km e 9+800 Km. L'unità Ls è consistente ed ingloba ghiaie medie.

La livelletta corre in rilevato dalla progr. 9+800 Km fino alla progr. 16+800 Km ad eccezione del tratto su ponte L = 25 m per superamento del torrente Molgora in corrispondenza della progr. 12+578 Km circa. In questo lungo tratto la fondazione dei rilevati poggia sull'unità Ls, avente spessore di 1 – 2 m e grado di addensamento medio. Tale unità è a copertura della sottostante unità Gs tra progr. 9+800 Km - 11+800 Km e 16+000 – 16+800 km, e di Sg tra progr. 11+800 Km e 16+000 Km. Il grado di addensamento di Gs e Sg è medio – alto. In profondità Gs passa a Sg e a Smg, mentre Sg passa a Gs attorno ai 5-10 m di profondità e Gs a Smg ai 20 m circa di

profondità dal piano campagna. E' possibile incontrare localmente lenti dell'unità Smg dove la frazione ghiaiosa diminuisce e prevale quella sabbiosa.

Il sondaggio L3-S6 in corrispondenza delle pile del ponte sul torrente Molgora incontra l'unità Sg fino a circa 15 m di profondità dal piano campagna per poi terminare a 30 m di profondità all'interno di Gs.

I sondaggi L3-S10 e L3-S11 presso il ponte sul canale Muzza, lungo 90 m in corrispondenza circa della progr. 16+861 Km, raggiungono i 35 m di profondità. Le unità attraversate sono la Gs fino ai 10 m di profondità circa, la Smg tra i 10 e i 27 m di profondità con lenti di Gs e l'unità Ss dai 27 m ai 35 m.

La livelletta prosegue in rilevato fino alla fine del Area in corrispondenza della progr. 19+200 km.

AREA DI INDAGINE 4 da progr. 19+400 a progr. 29+800 Km (punto VIB-CS-21)

La livelletta corre sul piano campagna tra progr. 19+200 Km e 20+500 Km circa appoggiandosi all'unità Ls, che presenta un grado medio di addensamento ed uno spessore di 2 – 4 m. Tale unità passa a sabbie limose da debolmente ghiaiose a ghiaiose che si susseguono fino alle profondità di indagine, pari a 30 m.

Il tracciato prosegue quindi in rilevato tra le progr. 20+500 – 21+900 Km, dove l'unità Ls presenta uno spessore ridotto di 1 m circa per passare a sabbie limose da debolmente ghiaiose a ghiaiose, caratterizzate da un grado di addensamento medio.

I sondaggi L4 – S5 e L4 – S6 in corrispondenza del ponte sul canale Muzza, lungo 90 m e posto circa alla progressiva 22+000 Km, incontrano fino ai 5 m di profondità le unità Gs e Sg per passare a termini prettamente limoso – argillosi poco consistenti, La e Ls, fino ai 15 m di profondità. Sono presenti per altri 10 m termini sabbioso – limosi con ghiaia dispersa fino al passaggio all'unità Gs in corrispondenza dei 20 – 25 m di profondità. Il grado di addensamento delle unità sabbioso – ghiaiose è medio – alto.

La livelletta corre in rilevato tra progr. 22+100 – 26+600 Km, dove è presente l'unità Ls per uno spessore di 1 – 1.5 m con grado di addensamento medio – alto. Al di sotto di tale unità si trovano sabbie limose passanti localmente a limi sabbiosi con locale presenza della frazione ghiaiosa. Il grado di addensamento è medio – alto.

L'unità Gs si trova a partire dai 25 m di profondità e passa all'unità Smg in corrispondenza della progr. 25+500 Km.

La livelletta si abbassa al di sotto del piano campagna tra progr. 26+600 e 28+200 Km circa in corrispondenza della galleria artificiale Dresano, lunga 800 m. In questo tratto la livelletta, compresa l'altezza di scavo dell'opera, attraversa le unità Ls e Ss nei tratti di raccordo tra piano campagna e galleria mentre si colloca all'interno di sabbie limose ghiaiose sul piano di scavo della galleria. Il grado di addensamento di queste unità è medio.

La livelletta ritorna in rilevato tra progr. 28+200 e 29+500 Km circa di fine area, dove è presente l'unità Ls in superficie con spessore di 2 – 3 m e grado di addensamento medio. Tale unità passa a sabbie limoso – ghiaiose Smg che poggiano su di una potente sequenza di sabbie fini limose con livelli limoso – argillosi Ss dai 10 – 15 m di profondità fino alla profondità massima di indagine di 35 m.

Si riporta di seguito la descrizione delle unità stratigrafiche citate:

- Gs: ghiaia da sabbiosa a con sabbia, presenza di livelli sabbioso – limosi. Dimensione media dei clasti $\Phi = 3 - 6$ cm;
- Sg: sabbia con ghiaia e ciottoli, presenza di livelli sabbioso – limosi. Dimensione media dei clasti $\Phi = 3 - 5$ cm;
- Smg: sabbia ghiaiosa da limosa a debolmente limosa. Dimensione media dei clasti $\Phi = 2 - 4$ cm;
- Sm: sabbia medio – grossolana con raro ghiaietto disperso. Dimensione media dei clasti $\Phi = 0.2 - 1.5$ cm;
- Sl: sabbia medio – fine limosa da debolmente ghiaiosa a ghiaiosa. Dimensione media dei clasti $\Phi = 2 - 3$ cm;
- Ss: sabbia medio – fine da limosa a debolmente limosa. Presenza di livelli limo – sabbiosi e limo – argillosi e di rara ghiaia dispersa. Dimensione media dei clasti $\Phi = 0.2 - 2$ cm;
- Ls: limo sabbioso con possibile raro ghiaietto disperso;
- La: limo argilloso con livelli sabbiosi;
- As: argilla con limo debolmente sabbiosa;
- Al: argilla debolmente limosa.

3 PUNTI DI MONITORAGGIO

Nel corso del 2014 sono state svolte 24 campagne di monitoraggio presso 6 stazioni così suddivise: 4 punti nel lotto A, 1 punto nel lotto B e 1 punto nel lotto C.

Di seguito viene riportata una descrizione delle aree di monitoraggio e dei recettori indagati. Per ulteriori dettagli si rimanda ai bollettini trimestrali.

VIB-AB-01

L'edificio oggetto di monitoraggio è localizzato nella parte sud di Omate, frazione di Agrate Brianza. L'area risulta essere di tipo rurale con alcuni insediamenti industriali sparsi. Nell'area non risultano fonti vibrazionali di rilievo in quanto l'autostrada A4 dista circa 160 m dall'edificio, mentre la viabilità di accesso (via Fabio Filzi) è scarsamente percorsa da autoveicoli. A circa 30 m dall'edificio è presente un capannone-magazzino afferente ad un'impresa operante nella costruzione e fornitura attrezzature di impianti sportivi e ricreativi. Per accedere al punto, dallo svincolo di Agrate dell'autostrada Milano-Brescia imboccare viale Monza in direzione Omate. A nord del sovrappasso sull'autostrada accedere alla prima strada poderale a destra.

VIB-PB-21

L'edificio oggetto di monitoraggio è localizzato ad est di Pessano con Bornago, in un'area prettamente rurale nel territorio comunale di Cambiagio. Nell'area non risultano fonti vibrazionali di rilievo in quanto la Strada Provinciale dista circa 180 m dall'edificio, mentre la viabilità di accesso, di tipo poderale è scarsamente percorsa da autoveicoli. Per accedere al punto da SP 215 seguire deviazione per Cambiagio e girare a destra su strada non asfaltata (via J.F. Kennedy). Il ricettore originariamente previsto da PMA (VIB-PB-01) è posizionato a 420m in direzione sud-est, nel comune di Pessano con Bornago.

VIB-GE-01

La struttura oggetto di monitoraggio è localizzata nella zona industriale del comune di Gessate, in località "Il Cascinello". L'area risulta essere di tipo industriale. La principale fonte vibrazionale è rappresentata dall'attività lavorativa in essere all'interno del capannone oggetto di monitoraggio (costruzione, assemblaggio di scambiatori di calore), mentre risulta di scarsa rilevanza l'influenza della viabilità su viale Monza. Per accedere al punto, dallo svincolo di Agrate dell'autostrada Milano-Brescia imboccare la SP13 in direzione Pessano con Bornago e proseguire sulla SP216 verso Gessate.

VIB-G0-01

Il cascinale, sede della "Comunità Solidale della Pagnana", è localizzato tra l'area industriale di Gessate e l'abitato di Gorgonzola. Nell'area non risultano fonti vibrazionali di rilievo in quanto sia la Strada Provinciale che il tracciato ferroviario distano oltre 500 m dall'edificio, mentre la

viabilità podereale di accesso è scarsamente percorsa da autoveicoli. Per accedere al punto da SP 216 seguire in direzione sud per Cascina Lodola. Per accedere al punto da Lavagna di Comazzo proseguire su via Rossate lungo parte sterrata della viabilità fino ad oratorio di San Biagio.

VIB-CZ-01

L'oratorio di San Biagio in Rossate è un antico edificio religioso rurale, posto in località Cascina Rossate nel territorio comunale di Comazzo. Ecclesiasticamente l'oratorio dipende dalla parrocchia di Lavagna. L'area è di tipo rurale, l'unica sorgente vibrazionale è rappresentata dalla movimentazione dei mezzi tecnici nell'impianto di compostaggio localizzato a breve distanza a nord dell'edificio. Per accedere al punto da Lavagna di Comazzo proseguire su via Rossate lungo parte sterrata della viabilità fino ad oratorio di San Biagio.

VIB-CS-21

L'edificio oggetto di monitoraggio "Osteria Cologno" è localizzato nella parte nord-ovest del territorio comunale di Casalmaiocco, al confine con il comune di Dresano, in località Cologno. L'area risulta essere di tipo residenziale con alcuni insediamenti industriali ed agricoli. La principale fonte vibrazionale è costituita dalla limitrofa e trafficata SP 159 (Bettola - Sordio). Per accedere al punto, dallo svincolo di Melegnano proseguire in direzione Dresano-Villaggio Ambrosiano e immettersi sulla SP159 da via Pandina. Il ricettore originariamente previsto da PMA (VIB-CS-01) è posizionato a 240m in direzione nord-ovest.

Nella tabella che segue si riporta il dettaglio dei punti di monitoraggio (in ordine di progressiva da nord a sud).

Codifica Punto	Lotto	pk	Opera	Tipologia recettore	Indirizzo	Data Misure	N° rilievo CO	Trimestre 2014
VIB-AB-01	A	0+000	Svincolo A4	Residenziale	Via Fabio Filzi 75, Agrate Brianza (MB)	30/01/2014	2	I
						04/06/2014	3	II
						10/09/2014	4	III
VIB-PB-21	A	1+660	Svincolo Pessano	Residenziale	Via circonvallazione di Torrazza 34, Cambiago (MI)	13/02/2014	1 - 2 (4ore)	I
VIB- GE-01	A	3+085	Galleria artificiale Villoresi	Attività industriale	Via Monza 150 A/B, Gessate (MI)	14/02/2014	2	I
						05/03/2014	3	I
						10/04/2014	4	II
						03/06/2014	5	II
						29/07/2014	6	III
VIB-GO-01	A	3+950	Svincolo Gorgonzola	Residenziale	Cascina Pagnana, Gorgonzola (MI)	09/10/2014	7	IV
						14/02/2014	3	I
						11/04/2014	4	II
						04/06/2014	5	II
						29/07/2014	6	III
VIB-CZ-01	B	15+370	Area sosta Rossate	Bene storico-architettonico	San Biagio in Rossate, Comazzo (LO)	08/10/2014	7	IV
						10/12/2014	8	IV
						10/04/2014	1	II
						03/06/2014	2	II
						18/09/2014	3 - 4(4ore)	III
VIB-CS-21	C	27+555	Galleria artificiale di Cologno	Attività commerciale	Via Libertà 1, fraz. Cologno Casalmiocco (LO)	29/01/2014	1 - 2(4ore)	I
						11/04/2014	3	II
						06/06/2014	4 - 5(4ore)	II
						30/07/2014	6	III
						09/10/2014	7	IV

Tabella 1 - Punti di monitoraggio - CO 2014

4 INQUADRAMENTO METODOLOGICO

4.1 Definizione dei parametri

La misura di vibrazioni consiste nella registrazione dei segnali di accelerazione e/o velocità registrati da accelerometri monoassiali collegati ad un sistema di acquisizione e elaborazione del segnale. Le misure vengono effettuate presso recettori individuati dal PMA per la loro sensibilità e/o posizione rispetto al tracciato in progetto.

Le misure avvengono contestualmente alle lavorazioni al fine di determinare relazioni causa-effetto tra operazione di cantiere e livelli vibrazionali rilevati. A tal fine ciascuna postazione è presidiata in modo da catalogare gli eventi sensibili ascrivibili alle attività di cantiere o a fenomeni di disturbo esterni.

Le misure sono state svolte in base alle norme tecniche di cui nel seguito.

UNI 9614 – ISO 2631

I dispositivi di misura sono localizzati in corrispondenza del primo e dell'ultimo piano abitato, dal lato dell'edificio a minima distanza dal tracciato e in posizione centrale al locale (in corrispondenza della mezzeria di solaio - fondamenta). Qualora non sia possibile accedere all'interno del piano terra la terna viene collocata anche all'esterno dell'edificio pur mantenendo la distanza entro un metro dalla stessa.

In termini generali i 6 trasduttori, ciascuno collegato ad uno specifico canale della centralina di acquisizione dati, vengono disposti nel seguente modo:

- Canale 1 (CH1): Accelerometro al piano inferiore – Direzione X
- Canale 2 (CH2): Accelerometro al piano inferiore – Direzione Y
- Canale 3 (CH3): Accelerometro al piano inferiore – Direzione Z
- Canale 4 (CH4): Accelerometro al piano superiore – Direzione X
- Canale 5 (CH5): Accelerometro al piano superiore – Direzione Y
- Canale 6 (CH6): Accelerometro al piano superiore – Direzione Z

Le tre direzioni sono mutuamente perpendicolari alla giacitura dei piani individuati dalle mura del locale. La direzione X positiva viene disposta in modo da essere concorde con il verso delle pk crescenti del tracciato autostradale e le direzioni Y, Z di conseguenza in modo da formare una terna ortogonale destrorsa. Le direzioni X, Y, Z risultano rispettivamente longitudinali, trasversali e verticali rispetto al tracciato stradale in progetto.

Il rilevamento è stato eseguito memorizzando la time history discretizzata al secondo del livello dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza (secondo il filtro per assi combinati indicato dalla norma UNI 9614) e lo spettro in frequenza in bande da 1/3 d'ottava nel campo da 1 a 80 Hz (estremi inclusi).

Dalla misura complessiva sono stati estratti ed analizzati, ove presenti, gli eventi più gravosi ricadenti nelle seguenti categorie:

1. Eventi generati dall'attività di cantiere (si è indicato nel seguito con la sigla E1 l'evento più gravoso appartenente a questa categoria).
2. Eventi generati dalla movimentazione dei mezzi di cantiere (si è indicato nel seguito con la sigla E2 l'evento più gravoso appartenente a questa categoria).
3. Eventi generati dalla presenza contemporanea degli eventi 1 e 2 (si è indicato nel seguito con la sigla E3 l'evento più gravoso appartenente a questa categoria).

UNI 9916 – DIN 4150 – ISO 4866

I dispositivi di misura sono localizzati in corrispondenza del basamento dell'edificio in corrispondenza di una parete portante, alla distanza minore dalla sorgente. Nel caso in cui dalla prima misura risultassero superamenti di soglia potrebbe essere necessario usare più punti di misura: al basamento, all'ultimo piano ed in ogni particolare della struttura dell'edificio nella quale è plausibile la presenza di una risonanza e quindi la comparsa di una lesione.

In termini generali i 3 trasduttori, ciascuno collegato ad uno specifico canale della centralina di acquisizione dati, vengono disposti nel seguente modo:

- Canale 1 (CH1): Accelerometro al piano inferiore – Direzione X
- Canale 2 (CH2): Accelerometro al piano inferiore – Direzione Y
- Canale 3 (CH3): Accelerometro al piano inferiore – Direzione Z

In alternativa è possibile utilizzare accelerometri triassiali o velocimetri.

Vanno misurate le tre componenti ortogonali della velocità della vibrazione (una verticale e due trasversali). Occorre registrare la storia dei valori istantanei sui tre assi, senza alcuna ponderazione temporale (registrazione della forma d'onda). In questo modo si potranno ricavare le componenti o pcpv, o il valore assoluto o ppv e trovare la frequenza dominante.

Per quanto riguarda le normali attività domestiche si è cercato di evitare, ove possibile, il calpestio nelle stanze direttamente interessate dalle misure, mentre non è possibile individuare attività domestiche effettuate negli altri locali dell'abitazione. Tali attività risultano far parte del normale "segnale di fondo" della misura.

Con riferimento alla norma UNI 9614, il parametro utilizzato per la caratterizzazione delle vibrazioni è stata l'accelerazione quadratica media (r.m.s) ponderata, espressa in m/s^2 , usando fattori di ponderazione in bande di terzi d'ottava per postura non nota o variabile.

4.2 Individuazione dei limiti di legge e definizione delle anomalie

Nel 2005 è stato emanato un decreto che stabilisce limiti precisi ai livelli di vibrazioni tollerabili sul luogo di lavoro (D.Lgs 187 del 19/98/2005), mentre non esiste ancora alcuna disposizione di legge nazionale che fissi analoghi limiti in ambiente abitativo; ed ovviamente i limiti previsti per l'ambiente di lavoro non sono sufficientemente restrittivi onde garantire la protezione ed il confort nella case.

La Commissione Vibrazioni dell'UNI ha prodotto una completa serie di norme nazionali, che, sebbene con qualche punto di scarsa chiarezza, coprono l'intera problematica delle vibrazioni negli edifici: valutazione del disturbo alle persone, valutazione del possibile danno strutturale, implementazione della metodica di misura.

In particolare, le norme che verranno nel seguito analizzate sono:

- Norma UNI 9614:1990 "Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo";
- Norma UNI 9916:2004 "Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici".

A livello di regione Lombardia la norma di riferimento per questo tipo di disturbo è il Regolamento locale di igiene tipo (D.G.R n. 3/49784 del 28/03/1985) che richiama la ISO 2631.

Il Regolamento si applica alle vibrazioni meccaniche di tipo continuo o intermittente (successione a cadenza ravvicinata di singoli eventi vibratorii) provenienti da:

- sorgenti fisse o mobili di qualsivoglia natura esterne all'insediamento disturbato ad eccezione di quelle prodotte dalle diverse forme di traffico;
- sorgenti interne all'edificio sede del locale disturbato.

I limiti massimi consentiti sono quelli indicati dalle norme ISO in vigore (2631-1978) e relativi addendum (tra cui addendum 1 alla ISO 2631-1980) ed eventuali successive integrazioni.

Attualmente a scopo indicativo in Tabella 2 sono riportati i valori limite di base riferiti rispettivamente all'asse (Z) e agli assi (X) e (Y) e nella Tabella 3 sono riportati i fattori moltiplicativi dei valori limite di base della Tabella 2 a seconda del tipo di insediamento disturbato, del tipo di zona in cui esso insiste e del periodo del giorno (diurno, notturno).

Frequenza centrale della banda ad 1/3 d'ottava (Hz)	Accelerazione (RMS) m/s ²	
	Asse Z	Asse X e Y

1	$1 \cdot 10^{-2}$	$3.6 \cdot 10^{-3}$
1.25	$8.9 \cdot 10^{-3}$	$3.6 \cdot 10^{-3}$
1,60	$8.0 \cdot 10^{-3}$	$3.6 \cdot 10^{-3}$
2.00	$7.0 \cdot 10^{-3}$	$3.6 \cdot 10^{-3}$
2.50	$6.3 \cdot 10^{-3}$	$4.51 \cdot 10^{-3}$
3.15	$5.7 \cdot 10^{-3}$	$5.68 \cdot 10^{-3}$
4.00	$5.0 \cdot 10^{-3}$	$7.21 \cdot 10^{-3}$
5.00	$5.0 \cdot 10^{-3}$	$9.02 \cdot 10^{-3}$
6.30	$5.0 \cdot 10^{-3}$	$1.14 \cdot 10^{-2}$
8.00	$5.0 \cdot 10^{-3}$	$1.44 \cdot 10^{-2}$
10.00	$6.25 \cdot 10^{-3}$	$1.80 \cdot 10^{-2}$
12.50	$7.81 \cdot 10^{-3}$	$2.25 \cdot 10^{-2}$
16.00	$1.00 \cdot 10^{-2}$	$2.89 \cdot 10^{-2}$
20,00	$1.25 \cdot 10^{-2}$	$3.61 \cdot 10^{-2}$
25.00	$1.56 \cdot 10^{-2}$	$4.51 \cdot 10^{-2}$
31.50	$1.97 \cdot 10^{-2}$	$5.68 \cdot 10^{-2}$
40.00	$2.50 \cdot 10^{-2}$	$7.21 \cdot 10^{-2}$
50.00	$3.13 \cdot 10^{-2}$	$9.02 \cdot 10^{-2}$
63.00	$3.94 \cdot 10^{-2}$	$1.14 \cdot 10^{-1}$
80.00	$5.00 \cdot 10^{-2}$	$1.44 \cdot 10^{-1}$

Tabella 2 - Valori limite delle accelerazioni complessive validi per gli assi X,Y e per l'asse Z (Tabella 1 del Regolamento locale di igiene-tipo (ex art. 53 della L.R. 26 ottobre 1981, n.64-D.G.R n. 3/49784 del 28/03/1985))"

Insediamento	Fattore moltiplicativo		
	Periodo	Zona residenziale	Zona industriale/artigianale
di particolare tutela (es. ospedali, ecc.)	diurno	1	
	notturno	1	
abitazioni e assimilabili	diurno	2	4
	notturno	1,4	1,4
uffici e assimilabili	diurno	4	
	notturno	4	

Tabella 3 – Fattori moltiplicativi a seconda del tipo di insediamento, del tipo di zona e del periodo del giorno (Tabella 2 del Regolamento locale di igiene-tipo (ex art. 53 della L.R. 26 ottobre 1981, n.64-D.G.R n. 3/49784 del 28/03/1985))"

La ISO e la UNI indicano nell'accelerazione del moto vibratorio, il parametro fisico che può caratterizzare le vibrazioni ai fini della valutazione del disturbo indotto sulle persone. Poiché l'accelerazione è una grandezza vettoriale, la descrizione completa del fenomeno vibratorio deve essere effettuata misurando la variabilità temporale della grandezza in tre direzioni mutuamente ortogonali.

Un altro parametro assai importante da quantificare ai fini del disturbo alle persone è il contenuto in frequenza dell'oscillazione dei punti materiali. Per quanto riguarda l'organismo

umano, è noto che esso percepisce in maniera più marcata fenomeni vibratorii caratterizzati da basse frequenze (1-16 Hz) mentre, per frequenze più elevate, la percezione diminuisce. Il campo di frequenze d'interesse è quello compreso tra 1 e 80 Hz.

Questo è quanto si evince dalla norma ISO 2631, che riporta i risultati di studi effettuati sottoponendo l'organismo umano a vibrazioni pure (ossia monofrequenza) di frequenza diversa.

Nel caso di vibrazioni multifrequenza, ossia composte dalla sovrapposizione di armoniche di diversa frequenza, del tipo di quelle indotte da lavorazioni, per la definizione di indicatori di tipo psico-fisico legati alla capacità percettiva dell'uomo, occorre definire un parametro globale. Infatti la risposta dell'organismo umano alle vibrazioni dipende oltre che dalla loro intensità anche dalla loro frequenza,

Tale parametro globale, definito dalla UNI 9614 (che recepisce la ISO 2631), è l'accelerazione complessiva ponderata in frequenza a_w , che risulta essere il valore efficace (r.m.s.) dell'accelerogramma misurato adottando degli opportuni filtri che rendono tutte le componenti dello spettro equivalenti in termini di percezione e quindi di disturbo.

A tal proposito, poiché non risulta noto a priori se l'individuo soggetto al fenomeno vibratorio risulta sdraiato, seduto o in piedi, bisognerà utilizzare la curva di pesatura per "postura non nota o variabile" (UNI 9614 Prospetto I).

Nel caso si utilizzassero sistemi di acquisizione senza filtri di ponderazione, il livello dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza può essere calcolato effettuando un'analisi dell'accelerogramma misurato in terzi d'ottava nell'intervallo 1-80 Hz. Ai livelli riscontrati banda per banda va sottratta una quantità pari a quella definita dall'attenuazione dei filtri di ponderazione (UNI 9614 Prospetto I).

Per quanto riguarda i valori di soglia delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza a cui fare riferimento, vengono considerate la Tabella 4 e la Tabella 5 riportate separatamente per asse Z e assi X e Y. Nel caso s'impieghi il filtro valido per posture non note o variabili nel tempo, si assumono come limiti i valori relativi agli assi X e Y.

Destinazione d'uso	Accelerazione	
	m/s^2	dB
Aree critiche	$5,0 \cdot 10^{-3}$	74
Abitazioni notte	$7,0 \cdot 10^{-3}$	77
Abitazioni giorno	$10,0 \cdot 10^{-3}$	80
Uffici	$20,0 \cdot 10^{-3}$	86
Fabbriche	$40,0 \cdot 10^{-3}$	92

**Tabella 4 - Valori e livelli limite delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza validi per l'asse Z
(Prospetto II - UNI 9614)**

Destinazione d'uso	Accelerazione	
	m/s^2	dB

Destinazione d'uso	Accelerazione	
	m/s ²	dB
Aree critiche	3,6 10 ⁻³	71
Abitazioni notte	5,0 10 ⁻³	74
Abitazioni giorno	7,2 10 ⁻³	77
Uffici	14,4 10 ⁻³	83
Fabbriche	28,8 10 ⁻³	89

Tabella 5 - Valori e livelli limite delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza validi per gli assi X e Y (Prospetto III - UNI 9614)

I valori sopra riportati sono riferiti a vibrazioni di livello costante con periodi di riferimento diurni compresi tra le ore 7:00 e le ore 22:00 e viceversa notturni tra le 22:00 e le 7:00. È da precisare che la UNI 9614 definisce una vibrazione di livello costante quando il livello dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza, rilevato mediante costante di tempo "slow" (1 s), varia nel tempo in un intervallo di ampiezza inferiore a 5 dB.

Nel caso di vibrazioni di livello non costante (quando il livello dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza, rilevato mediante costante di tempo "slow" (1 s), varia nel tempo in un intervallo di ampiezza maggiore a 5 dB), il parametro fisico da misurare è l'accelerazione equivalente a_{w-eq} .

Per quanto attiene ai valori limite si considerano ancora quelli esposti nelle tabelle precedenti.

La norma UNI 9614 definisce le vibrazioni impulsive quando sono generate da eventi di breve durata costituiti da un rapido innalzamento del livello di accelerazione sino ad un valore massimo seguito da un decadimento che può comportare o meno, a seconda dello smorzamento della struttura, una serie di oscillazioni che tendono ad estinguersi nel tempo.

Per tale tipologia di vibrazioni, se il numero di eventi giornalieri N è non maggiore di 3, il valore dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza va confrontato con i limiti riportati nella Tabella 6.

Destinazione d'uso	Asse Z		Asse X e Y	
	m/s ²	dB	m/s ²	dB
Aree critiche	5 10 ⁻³	74	3,6 10 ⁻³	71
Abitazioni notte	7 10 ⁻³	76	5,0 10 ⁻³	74
Abitazioni giorno	0.3	109	0.22	106
Uffici	0.64	116	0.46	113
Fabbriche	0.64	116	0.46	113

Tabella 6 - Valori e livelli limite delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza validi per vibrazioni impulsive (Prospetto V - UNI 9614)

Nel caso in cui il numero di impulsi giornaliero sia maggiore di 3, i limiti della precedente tabella, relativamente alle "Abitazioni giorno", alle "Fabbriche " e agli "Uffici" vanno diminuiti in base al numero di eventi e alla loro durata. Nessuna riduzione è prevista per le "Aree critiche" e per le "Abitazioni notte".

I nuovi limiti si ottengono dai precedenti (valori in m/s^2) moltiplicandoli per il coefficiente F così definito:

- impulsi di durata inferiore ad un secondo: $F = 1.7N^{-0.5}$
- impulsi di durata superiore ad un secondo: $F = 1.7N^{-0.5}t^{-k}$

con :

t = durata dell'evento

k=1.22 per pavimenti in calcestruzzo

k=0.32 per pavimenti in legno.

Qualora i limiti così calcolati fossero minori dei limiti previsti per le vibrazioni di livello costante dovranno essere adottati come limiti questi ultimi valori.

Le tabelle precedenti evidenziano che gli ambienti critici in relazione al disturbo alle persone sono le aree critiche come le camere operatorie ospedaliere e i laboratori in cui si svolgono operazioni manuali particolarmente delicate e gli edifici residenziali con particolare riferimento al periodo notturno.

Nel caso in cui le vibrazioni misurate superino i valori limite riportati nelle tabelle precedenti, i fenomeni vibratorii possono essere considerati oggettivamente disturbanti per un individuo presente all'interno di un edificio. Il giudizio sull'accettabilità del disturbo deve essere emesso considerando la frequenza e la durata delle vibrazioni disturbanti.

Per quanto riguarda gli effetti sulle strutture, in presenza di livelli elevati e prolungati di vibrazioni, sono stati osservati danni strutturali ad edifici e/o strutture. È da notare, però, che tali livelli sono più alti di quelli normalmente tollerati dagli esseri umani, i cui livelli sono riportati nelle norme ISO 2631 e UNI 9614.

Tale considerazione è facilmente deducibile dal confronto dei valori riportati nelle norme che riportano i danni sull'uomo (ISO 2631 e UNI 9614) con i valori nelle norme che riguardano i danni strutturali (UNI 9916 e DIN 4150 e ISO 4886), pertanto le prime sono state scelte quale riferimento per gli edifici residenziali, poiché riportano dei valori limite più restrittivi.

In definitiva, soddisfatto l'obiettivo di garantire livelli di vibrazione accettabili per le persone, risulta automaticamente realizzata l'esigenza di evitare danni strutturali agli edifici. Come unica eccezione sono da annoverare le vibrazioni che incidono su monumenti e beni artistici di notevole importanza storico-monumentale, i quali devono essere trattati come punti singolari con studi e valutazioni mirate.

Ne consegue che all'interno degli edifici da monitorarsi saranno eseguite misure finalizzate al danno delle strutture solo in presenza di edifici di particolare pregio storico-architettonico. Il riscontro di livelli di vibrazione che recano disturbo alle persone sarà, per gli altri recettori,

condizione sufficiente affinché si intervenga nei tempi e nei modi opportuni per ridurre i livelli d'impatto.

La DIN 4150 e la BS 7385 fanno riferimento alla "peak component particle velocity", cioè al picco nel tempo della singola componente di velocità. Per la componente verticale dei singoli solai, la norma indica come valore di riferimento 20 mm/s limitatamente alle prime due classi di edifici. Tale valore è indipendente dal contenuto in frequenza della registrazione e può essere inferiore per la terza classe di edifici. In Tabella 7 e Tabella 8 sono riportati i valori limiti per vibrazioni di breve durata e permanenti.

Classe	Tipo di edificio	p.c.p.v in mm/s			
		Fondazioni			Piano alto
		Da 1 Hz fino a 50 Hz	Da 10 Hz fino a 50 Hz	Da 50 Hz fino a 100 Hz	Tutte le frequenze
1	Costruzioni industriali, edifici industriali e costruzioni strutturalmente simili	20	varia linearmente da 20 a 40	varia linearmente da 40 a 50	40
2	Edifici residenziali e costruzioni simili	5	varia linearmente da 5 a 15	varia linearmente da 15 a 20	15
3	Costruzioni che non ricadono nelle classi 1 e 2 e che sono degne di essere tutelate (per esempio monumenti storici)	3	varia linearmente da 3 a 8	varia linearmente da 8 a 10	8

Tabella 7 - Valori di riferimento per la velocità di vibrazione (p.c.p.v.) al fine di valutare l'azione delle vibrazioni di breve durata sulle costruzioni (Prospetto D.1 - UNI 9916)

Classe	Tipo di edificio	p.c.p.v in mm/s per tutte le frequenze
1	Costruzioni industriali, edifici industriali e costruzioni strutturalmente simili	10
2	Edifici residenziali e costruzioni simili	5
3	Costruzioni che non ricadono nelle classi 1 e 2 e che sono degne di essere tutelate (per esempio monumenti storici)	2.5

Tabella 8 - Valori di riferimento per le componenti orizzontali della velocità di vibrazione (p.c.p.v.) al fine di valutare l'azione delle vibrazioni di durature sulle costruzioni (Prospetto D.2 - UNI 9916)

In conclusione per la valutazione degli impatti vibrazionali per la popolazione si confrontano i livelli vibrazionali rilevati per banda di frequenza per gli assi X, Y e Z rispettivamente con i valori limite previsti dal Regolamento locale di igiene e con i valori limite previsti dalla UNI 9614, mentre per i beni storico-architettonici si confrontano i dati rilevati con i limiti previsti dalla UNI 9916.

Per la fase di CO viene considerata "condizione anomala" ogni situazione in cui si riscontrano parametri di misura contemporaneamente superiori sia ai limiti di legge - sia ai valori di AO.

Nelle Schede di sintesi dei bollettini trimestrali sono presentati gli spettri ottenuti secondo i filtri W_d (assi X, Y) e W_k (asse Z) della UNI ISO 2631-1/1997, relativi alla postura in piedi o seduta tipica del periodo diurno ed escludendo la posizione supina. Come richiesto dal ST è stato inoltre integrata l'analisi con l'utilizzo del filtro previsto dalla ISO 2631-2/2003; W_m , unico per i tre assi, relativo a postura non nota o variabile. A partire dal bollettino afferente al terzo trimestre 2014 le elaborazioni sono state pertanto effettuate secondo entrambe le norme ISO 2631. In allegato ai bollettini trimestrali sono pertanto riportati i grafici frequenza/accelerazione con il confronto sia con la curva limite prevista dalla norma ISO 2631-1/1997 che con la curva limite prevista dalla norma ISO 2631-2/2003. Nel primo caso i dati sono stati ponderati secondo i filtri W_d e W_k , mentre nel secondo caso i valori sono stati ponderati secondo il filtro W_m .

4.3 Strumentazione

La strumentazione per la misura delle vibrazioni è costituita essenzialmente da un trasduttore in grado di trasformare la vibrazione in un segnale elettrico, da una apparecchiatura per il condizionamento dei segnali e da un sistema per la registrazione delle grandezze misurate.

Di seguito è riportata un'immagine dello strumento utilizzato in tutte le campagne di misura.



Figura 1 - Analizzatore Sinus mod. Soundbook S/N 6255

La catena di misura e di analisi che è stata prevista in relazione agli standard di misurazione richiesti ed alle finalità delle misure è così articolata:

- trasduttori di accelerazione;
- filtri antialiasing;
- cavi schermati per la trasmissione del segnale;
- sistema di acquisizione dati con almeno 6 canali in contemporanea.

Gli accelerometri sono stati ancorati alla struttura da monitorare mediante fissaggio con cera d'api in modo da garantire un miglior risultato nella trasduzione del segnale.

Il software utilizzato per le elaborazioni è Noise Vibration Works.

Di seguito (Figura 2 e Figura 3) si riportano le caratteristiche degli accelerometri monoassiali utilizzati, estratte da *"Model 393A03, ICP Accelerometer, Installation and Operating Manual"*

Per il dettaglio della strumentazione utilizzata e dei relativi certificati di taratura si rimanda ai bollettini trimestrali.

Model Number 393A03	SEISMIC ICP® ACCELEROMETER		Revision: H ECN #: 29751
Performance	ENGLISH	SI	OPTIONAL VERSIONS
Sensitivity(± 5 %)	1000 mV/g	102 mV/(m/s ²)	Optional versions have identical specifications and accessories as listed for the standard model except where noted below. More than one option may be used.
Measurement Range	± 5 g pk	± 49 m/s ² pk	T - TEDS Capable of Digital Memory and Communication Compliant with IEEE P1451.4
Frequency Range(± 5 %)	0.5 to 2000 Hz	0.5 to 2000 Hz	Output Bias Voltage 8.5 to 12.5 VDC 8.5 to 12.5 VDC
Frequency Range(± 10 %)	0.3 to 4000 Hz	0.3 to 4000 Hz	
Frequency Range(± 3 dB)	0.2 to 6000 Hz	0.2 to 6000 Hz	
Resonant Frequency	≥ 10 kHz	≥ 10 kHz	
Broadband Resolution(1 to 10,000 Hz)	0.00001 g rms	0.0001 m/s ² rms	[1]
Non-Linearity	≤ 1 %	≤ 1 %	[2]
Transverse Sensitivity	≤ 7 %	≤ 7 %	
Environmental			
Overload Limit(Shock)	± 5000 g pk	± 49,050 m/s ² pk	
Temperature Range	-65 to +250 °F	-54 to +121 °C	
Temperature Response	See Graph	See Graph	
Base Strain Sensitivity	≤ 0.0005 g/µε	≤ 0.005 (m/s ²)/µε	[1]
Electrical			NOTES:
Excitation Voltage	18 to 30 VDC	18 to 30 VDC	[1] Typical.
Constant Current Excitation	2 to 20 mA	2 to 20 mA	[2] Zero-based, least-squares, straight line method.
Output Impedance	<250 ohm	<250 ohm	[3] See PCB Declaration of Conformance PS023 for details.
Output Bias Voltage	8 to 12 VDC	8 to 12 VDC	
Discharge Time Constant	1 to 3 sec	1 to 3 sec	
Settling Time	<15 sec	<15 sec	
Spectral Noise(1 Hz)	2 µg/√Hz	20 (µm/sec ²)/√Hz	[1]
Spectral Noise(10 Hz)	0.5 µg/√Hz	5 (µm/sec ²)/√Hz	[1]
Spectral Noise(100 Hz)	0.2 µg/√Hz	2 (µm/sec ²)/√Hz	[1]
Spectral Noise(1 kHz)	0.1 µg/√Hz	1 (µm/sec ²)/√Hz	[1]
Electrical Isolation(Case)	≥ 10 ⁹ ohm	≥ 10 ⁹ ohm	
Physical			
Sensing Element	Ceramic	Ceramic	
Sensing Geometry	Shear	Shear	
Housing Material	Stainless Steel	Stainless Steel	
Sealing	Hermetic	Hermetic	
Size (Hex x Height)	1 3/16 in x 2 3/16 in	30.2 mm x 55.6 mm	
Weight	7.4 oz	210 gm	[1]
Electrical Connector	2-Pin MIL-C-5015	2-Pin MIL-C-5015	
Electrical Connection Position	Top	Top	
Mounting Thread	1/4-28 Female	1/4-28 Female	
Mounting Torque	2 to 5 ft-lb	3 to 7 N-m	
	<p>Typical Sensitivity Deviation vs Temperature</p>		
<p>SUPPLIED ACCESSORIES: Model 081B20 Mounting Stud, with shoulder (1/4-28 to 1/4-28) (1) Model 085A31 Protective Thermal Jacket (1) Model ACS-1 NIST traceable frequency response (10 Hz to upper 5% point), (1) Model ACS-4 Single axis, low frequency phase and amplitude response cal from 0.5 to 10 Hz (1) Model M081B20 Mounting Stud 1/4-28 to M6 X 0.75 (1)</p>			
Entered: JCF	Engineer: SGA	Sales: WDC	Approved: EFS
Date: 12-2-08	Date: 11-24-08	Date: 11-24-08	Date: 12-1-08
			Spec Number: 393-1030-80
<p>All specifications are at room temperature unless otherwise specified. In the interest of constant product improvement, we reserve the right to change specifications without notice. ICP® is a registered trademark of PCB Group, Inc.</p>		<p>PCB PIEZOTRONICS™ Phone: 716-684-0001 VIBRATION DIVISION Fax: 716-685-3886 3425 Walden Avenue, Depew, NY 14043 E-Mail: vibration@pcb.com</p>	

Figura 2 – Caratteristiche tecniche accelerometri

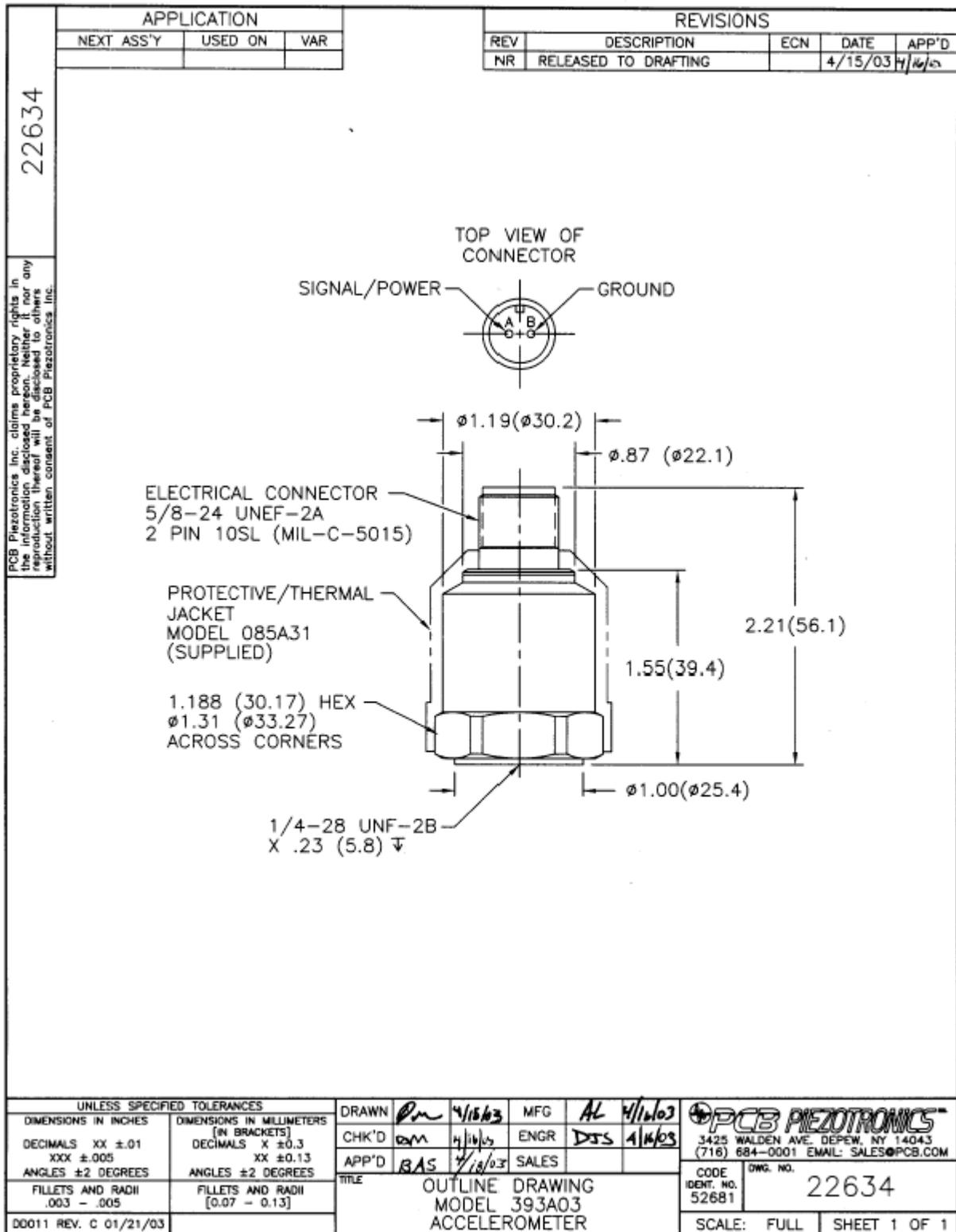


Figura 3 – Rappresentazione sezione accelerometri e pianta connettore

5 RISULTATI OTTENUTI

5.1 VIB-AB-01

La misura di rilevamento delle vibrazioni nel punto VIB-AB-01 è stata effettuata il 30/01/14 dalle 10.00 alle 12.00, il giorno 04/06/14 dalle 10.37 alle 12.37 e il giorno 10/09/14 dalle 14.26 alle 16.26.

Le terne accelerometriche sono state posizionate al secondo e al terzo piano f.t. lato sud dell'edificio, in corrispondenza delle camere da letto (Figura 4), ad eccezione del rilievo di gennaio in cui non è stato possibile il posizionamento dei sensori al secondo piano f.t., causa inaccessibilità temporanea del locale. La villetta, di costruzione recente, ha una struttura portante in calcestruzzo armato.



Figura 4 – Localizzazione terna al piano basso e al piano alto – VIB-AB-01

Durante il primo rilievo di CO 2014 erano in corso le seguenti attività di cantiere:

- IR0Q0 - Varice: idraulica di piattaforma, posa stabilizzato, posa misto cementato, pavimentazioni bituminose.
- BA0Q1 - BAR-CP 04 Polifibra: magroni.
- BA0Q1 - BAR-CP 08 TIPO D: fondazioni e elevazioni.
- Movimentazione mezzo cingolato.

Durante il secondo rilievo di CO 2014 erano in corso le seguenti attività di cantiere:

- RI0Q1 - Rampe A e B: stabilizzazione a calce.

- IR0Q0 - Varice nord e sud: ammorsamenti con A4 - formazione rilevato; idraulica; posa misto stabilizzato attacchi direzione Est innesti lato MI e VE.

Durante il terzo rilievo di CO 2014 erano in corso le seguenti attività di cantiere:

- RI0Q1 - Rampe A e B: stabilizzazione a calce.
- GA001 - Posa ferro solaio, cassero e impermeabilizzazione galleria; scapitozzatura pali.
- RI0Q1 - Demolizione e frantumazione barriere acustiche.

Si riportano di seguito le risultanze dei rilievi condotti nel punto. Per l'andamento della Time History e delle analisi in frequenza si rimanda ai bollettini trimestrali.

Rilievo	Evento	Durata	Distanza Fonte VIB-Strumento di misura	Piano	Parametro	Asse X	Asse Y	Asse Z
2 - CO 2014	E2	224 s (da 11.11.16 a 11.15.00)	180 m ca	Basso	a_{weq} [mm/s ²]	-	-	-
					Lw [dB]	-	-	-
				Alto	a_{weq} [mm/s ²]	0.51	0.66	0.40
					Lw [dB]	54.1	56.3	52.0
	Misura complessiva	7200 s	---	Basso	a_{weq} [mm/s ²]	-	-	-
					Lw [dB]	-	-	-
Alto				a_{weq} [mm/s ²]	0.24	0.27	0.15	
				Lw [dB]	47.5	48.6	43.6	
3 - CO 2014	E1	325 s (da 12.31.36 a 12.37.01)	130 m ca	Basso	a_{weq} [mm/s ²]	0.17	0.31	0.77
					Lw [dB]	44.7	49.7	57.7
				Alto	a_{weq} [mm/s ²]	0.23	0.31	0.37
					Lw [dB]	47.1	49.9	51.4
	Misura complessiva	7200 s	---	Basso	a_{weq} [mm/s ²]	0.13	0.14	0.22
					Lw [dB]	41.9	42.6	46.8
Alto				a_{weq} [mm/s ²]	0.23	0.32	0.17	
				Lw [dB]	47.1	50	44.7	
4 - CO 2014	Misura complessiva	7200 s	---	Basso	a_{weq} [mm/s ²]	0.17	0.14	0.19
					Lw [dB]	44.4	42.8	45.4
				Alto	a_{weq} [mm/s ²]	0.32	0.37	0.19
					Lw [dB]	50	51.3	45.5
AO	7200 s	---	Basso	a_{weq} [mm/s ²]	0.10	0.096	0.13	
				Lw [dB]	40.1	39.6	42.3	
			Alto	a_{weq} [mm/s ²]	0.27	0.20	0.16	
				Lw [dB]	48.7	46.1	44.3	
Valori limite (disturbo)						7.2	7.2	7.2
Soglia di percezione						3.6	3.6	5.0

Rilievo	Evento	Durata	Distanza Fonte VIB-Strumento di misura	Piano	Parametro	Asse X	Asse Y	Asse Z
					Valori limite Lweq [dB]	77	77	77

Tabella 9 - Sintesi Risultati - VIB-AB-01

La prima misura del 2014 presso il recettore VIB-AB-01 è stata effettuata il giorno 30/01/2014 dalle ore 10.00 alle ore 12.00 solo al piano superiore (3° piano f.t.), causa temporanea inaccessibilità del piano inferiore (2° piano f.t.). I rilevamenti effettuati evidenziano un aumento dei livelli misurati presso il recettore rispetto a quelli misurati in fase AO. Tali valori si mantengono comunque al di sotto dei valori limite indicati dalla norma tecnica per i recettori di tipo residenziale nel periodo diurno.

La seconda misura del 2014 presso il recettore VIB-AB-01 è stata effettuata il giorno 04/06/2014 dalle ore 10.37 alle ore 12.37 al 2° e 3° piano f.t. Dalla Time History (bollettino trimestrale) è ben evidenziato l'evento E1 connesso all'azionamento di un rullo per la compattazione del sottofondo terroso sulla viabilità di cantiere immediatamente prossima all'attuale tracciato autostradale della A4. Considerando la misura complessiva non si osservano elevati scostamenti rispetto al rilievo AO, ad eccezione dell'ultima parte del rilievo caratterizzata dall'evento E1 che ha determinato un significativo innalzamento dei valori, con particolare riferimento all'asse Z - piano basso. Tali valori si mantengono comunque al di sotto dei valori limite indicati dalla norma tecnica per i recettori di tipo residenziale nel periodo diurno. Pur non registrandosi criticità, i risultati della misura evidenziano come l'attività del rullo compattatore contribuisca ad un incremento significativo dei livelli rispetto alla situazione AO.

La terza misura del 2014 presso il recettore VIB-AB-01 è stata effettuata il giorno 10/09/2014 dalle ore 14.26 alle ore 16.26 al 2° e 3° piano f.t. sul lato sud dell'edificio, in corrispondenza delle camere da letto. Le lavorazioni risultano di varia natura e perdurano per tutta la durata del rilievo, non rendendo pertanto possibile l'estrapolazione di uno specifico evento, inoltre le lavorazioni sulle barriere acustiche risultano a distanze maggiori e non tali da essere percepibili dalla strumentazione. I rilevamenti effettuati evidenziano un aumento dei livelli misurati presso il recettore rispetto a quelli misurati in fase AO. Tali valori si mantengono comunque al di sotto dei valori limite indicati dalla norma tecnica per i recettori di tipo residenziale nel periodo diurno.

Relativamente al confronto con i valori limite del Regolamento di Igiene, dall'analisi dei valori del 2014 si evidenzia come, non vi siano allo stato attuale superamenti dei limiti previsti.

5.2 VIB-PB-21

La misura di rilevamento delle vibrazioni nel punto VIB-PB-21 è stata effettuata il 13/02/14 dalle 10.15 alle 14.15 (4 ore).

In corrispondenza del ricettore VIB-PB-21 (Figura 5), le terne accelerometriche sono state posizionate nell'unico piano di cui è composto l'edificio, in corrispondenza della camera da letto. La villetta, di costruzione recente, si compone di un unico piano con sviluppo prevalente lungo la direzione est-ovest. La struttura portante in muratura con solai lignei. I residenti segnalano alcune crepe nella parte sud del locale in cui è stata svolta la misura.



Figura 5 - Localizzazione terna al piano inferiore – VIB-PB-21

Durante il rilievo di CO 2014 erano in corso le seguenti attività di cantiere:

- Svincolo di Pessano: escavazione e movimento terra.

Si riportano di seguito le risultanze dei rilievi condotti nel punto. Per l'andamento della Time History e delle analisi in frequenza si rimanda ai bollettini trimestrali.

Rilievo	Evento	Durata	Distanza Fonte VIB-Strumento di misura	Piano	Parametro	Asse X	Asse Y	Asse Z
1 - CO 2014	E2	30 s (da 14.00.51 a 14.01.21)	120 m ca	Basso	a_{weq} [mm/s ²]	0.064	0.13	0.067
					Lw [dB]	36.1	42.1	36.5
				Alto	a_{weq} [mm/s ²]	-	-	-
					Lw [dB]	-	-	-
	Misura complessiva	7200 s	---	Basso	a_{weq} [mm/s ²]	0.046	0.061	0.048
					Lw [dB]	33.2	35.7	33.6
				Alto	a_{weq} [mm/s ²]	-	-	-
					Lw [dB]	-	-	-
AO	7200 s	---	Basso	a_{weq} [mm/s ²]	-	-	-	
				Lw [dB]	-	-	-	
			Alto	a_{weq} [mm/s ²]	-	-	-	
				Lw [dB]	-	-	-	
					Valori limite (disturbo) a_{weq} [mm/s ²]	7.2	7.2	7.2
					Soglia di percezione [mm/s ²]	3.6	3.6	5.0
					Valori limite Lweq [dB]	77	77	77

Tabella 10 - Sintesi Risultati - VIB-PB-21

Il rilievo in esame ha avuto una durata complessiva pari a 4 ore. L'analisi della Time History, riportata nel bollettino trimestrale, mostra un leggero decremento dei livelli accelerometrici durante la pausa pranzo, a partire dalle ore 12.00 per circa 50 minuti. Complessivamente i valori si mantengono modesti ed ampiamente inferiori ai limiti normativi, con alcuni picchi in corrispondenza del passaggio dei mezzi pesanti sulla circonvallazione di Torrazza, utilizzata anche come viabilità di cantiere (PC004). Complessivamente si osserva un passaggio di circa 3 mezzi pesanti al minuto, non è possibile tuttavia discriminare quali siano afferenti alle attività TEEM e quali no. Tale passaggio determina un incremento dei dati corrispondenti all'asse y, parallelo alla direzione della suddetta viabilità. Per quanto riguarda le lavorazioni in corrispondenza dello svincolo e della Trincea di Pessano, l'unico escavatore in azione non determina sensibili aumenti dei livelli accelerometrici, non sono state pertanto evidenziati eventi E1 ed E3. L'evento E3, considerabile come transiente ai sensi della norma ISO 2631-2, è inoltre caratterizzato da un valore MTVV pari a 0,32 mm/s².

Relativamente al confronto con i valori limite del Regolamento di Igiene, dall'analisi dei valori del 2014 si evidenzia come, non vi siano allo stato attuale superamenti dei limiti previsti.

5.3 VIB-GE-01

La misura di rilevamento delle vibrazioni nel punto VIB-GE-01 è stata effettuata il 14/02/14 dalle 12.45 alle 14.45, il 05/03/14 dalle 12.00 alle 14.00, il 10/04/14 dalle 14.05 alle 16.05, il 03/06/14 dalle 10.17 alle 12.17, il 29/07/14 dalle 13.51 alle 15.51 e il 09/10/14 dalle 9.52 alle 11.52.

Nel caso specifico del punto VIB-GE-01 (Figura 6), la terna è stata ubicata in corrispondenza degli uffici al secondo piano fuori terra – lato ovest – del capannone industriale.

L'ampliamento adibito ad uffici ha una struttura portante in acciaio, mentre il resto dei capannoni è costituita da elementi prefabbricati in calcestruzzo.



Figura 6 – Localizzazione terna al piano alto – VIB-GE-01

Durante il rilievo di CO 2014 effettuato a febbraio erano in corso le seguenti attività di cantiere:

- Ponte canale ID004: posa predalles.
- Trincea TR005: scavo (abbassamento quota stabilizzato).
- Variante SP216 IR003: realizzazione scotico e rilevato.
- Montaggio armatura metallica, cassero e getto elevazioni TW007.

Durante il rilievo di CO 2014 effettuato a marzo erano in corso le seguenti attività di cantiere:

- Ponte canale ID004: posa predalles.
- Cavalcavia CV003: posa armatura e getto cls soletta, realizzazione muri andatori.
- Trincea TR005: scavo e movimento terra (sbancamento a quota cassonetto stradale).
- Variante SP216 IR003: realizzazione tombini IN10000/1, realizzazione scotico e rilevato.
- Montaggio armatura metallica, cassero e getto elevazioni TW007.

Durante il rilievo di CO 2014 effettuato ad aprile erano in corso le seguenti attività di cantiere:

- TW007 - SL104: scavo di sbancamento.
- ID003/004/005/006/007 - Canalette idrauliche: ripristino reticolo idraulico.
- IR003 - Variante SP216: posa misto stabilizzato e realizzazione pavimentazione bituminosa tra sezione 30 e sezione 68; frantumazione jet grouting.

Durante il rilievo di CO 2014 effettuato a giugno erano in corso le seguenti attività di cantiere:

- Ponte canale ID004: montaggio ferro, cassetatura e getto muri andatori vasche ed elevazioni canaletta; rinterri a tergo spalle impalcato.
- TW007 - SL105: rinterri e fossi di guardia.
- Montaggio armatura metallica e getto plinti segnaletica SE007.
- IR003 - Variante SP216: posa misto stabilizzato; realizzazione pavimentazione bituminosa.
- TR005 - Pavimentazione stradale tra pk 3+250 e 3+450: posa misto stabilizzato.

Durante il rilievo di CO 2014 effettuato a luglio erano in corso le seguenti attività di cantiere:

- TR005 - Pavimentazione stradale: posa misto stabilizzato e stesura misto cementato.
- TW007 - Realizzazione fossi di guardia.
- TR005 - Pavimentazione stradale tra pk 3+250 e 3+450: posa misto stabilizzato.

Durante il rilievo di CO 2014 effettuato ad ottobre erano in corso le seguenti attività di cantiere:

- Trincea TR005: posa guard rail, scavo zona SP216, stesura misto cementato, realizzazione pavimentazione - stesa base.
- Idraulica TW007: idraulica impianti.
- Deviazione SP216 IR003: realizzazione rilevato, completamento idraulica.

Si riportano di seguito le risultanze dei rilievi condotti nel punto. Per l'andamento della Time History e delle analisi in frequenza si rimanda ai bollettini trimestrali.

Rilievo	Evento	Durata	Distanza Fonte VIB-Strumento di misura	Piano	Parametro	Asse X	Asse Y	Asse Z
2 - CO 2014	E	3121 s (da 13.53.00 a 14.55.00)	NON DEFINITA	Basso	a_{weq} [mm/s^2]	-	-	-
					Lw [dB]	-	-	-
				Alto	a_{weq} [mm/s^2]	0.25	0.18	0.82
					Lw [dB]	47.8	45.3	58.3
	Misura complessiva	7200 s	---	Basso	a_{weq} [mm/s^2]	-	-	-
					Lw [dB]	-	-	-
Alto				a_{weq} [mm/s^2]	0.26	0.20	0.89	

Rilievo	Evento	Durata	Distanza Fonte VIB-Strumento di misura	Piano	Parametro	Asse X	Asse Y	Asse Z
					Lw [dB]	48.4	46.2	59.0
3 - CO 2014	E3	3611 s (da 12.59.50 a 14.00.00)	160 m ca	Basso	a _{weq} [mm/s ²]	-	-	-
					Lw [dB]	-	-	-
				Alto	a _{weq} [mm/s ²]	0.28	0.33	1.037
					Lw [dB]	48.9	50.3	60.3
	Misura complessiva	7200 s	---	Basso	a _{weq} [mm/s ²]	-	-	-
					Lw [dB]	-	-	-
Alto				a _{weq} [mm/s ²]	0.23	0.28	0.93	
				Lw [dB]	47.4	49	59.4	
4 - CO 2014	Misura complessiva	7200 s	---	Basso	a _{weq} [mm/s ²]	-	-	-
					Lw [dB]	-	-	-
				Alto	a _{weq} [mm/s ²]	0.21	0.27	0.93
					Lw [dB]	46.4	48.8	59.3
5 - CO 2014	Misura complessiva	7200 s	---	Basso	a _{weq} [mm/s ²]	-	-	-
					Lw [dB]	-	-	-
				Alto	a _{weq} [mm/s ²]	0.20	0.26	0.89
					Lw [dB]	46.1	48.2	58.9
6 - CO 2014	Misura complessiva	7200 s	---	Basso	a _{weq} [mm/s ²]	-	-	-
					Lw [dB]	-	-	-
				Alto	a _{weq} [mm/s ²]	0.37	0.36	1.40
					Lw [dB]	51.4	51.2	62.9
7 - CO 2014	Misura complessiva	7200 s	---	Basso	a _{weq} [mm/s ²]	-	-	-
					Lw [dB]	-	-	-
				Alto	a _{weq} [mm/s ²]	0.20	0.26	1.11
					Lw [dB]	46.1	48.4	60.9
AO		7200 s	---	Basso	a _{weq} [mm/s ²]	-	-	-
					Lw [dB]	-	-	-
				Alto	a _{weq} [mm/s ²]	0.19	0.26	0.84
					Lw [dB]	45.8	48.4	58.5
					Valori limite (disturbo) a _{weq} [mm/s ²]	7.2	7.2	7.2
					Soglia di percezione [mm/s ²]	3.6	3.6	5
					Valori limite Lweq [dB]	77	77	77

Tabella 11 - Sintesi Risultati - VIB-GE-01

Durante il primo trimestre 2014 presso il recettore VIB-GE-01 sono stati condotti due rilievi, il secondo dei quali a seguito di una lamentela da parte dei responsabili della ditta in cui è stata effettuata la misura.

Entrambe sono state eseguite rispettando la stessa modalità di rilievo svolta durante la fase AO ed il rilievo di CO svolto nel 2013, gli accelerometri sono stati pertanto posizionati esclusivamente negli uffici del 2° piano f.t., in quanto al piano inferiore risultano localizzate le macchine operatrici (impiegate nella costruzione/assemblaggio di scambiatori di calore (punzonatrici, piegatrici, strumentazione per la saldatura, sistemi di movimentazione del materiale etc.).

La prima misura è stata effettuata il giorno 14/02/2014 dalle ore 12:45 alle ore 14:45. La principale fonte vibrazionale risulta rappresentata dall'attività lavorativa in essere all'interno del capannone oggetto di monitoraggio, e anche l'evento "E", la cui fonte vibrazionale non risulta associabile a nessuna delle attività riscontrate in cantiere, potrebbe essere ad essa imputabile. La seconda misura è stata effettuata il giorno 05/03/2014 dalle ore 12:00 alle ore 14:00, parzialmente sovrapposta alla pausa pranzo; nella Time History è infatti evidente la diminuzione dei valori registrati in tale periodo, benché i valori della misura complessiva si mantengano simili, se non inferiori a quelli del precedente rilievo.

I risultati delle successive misure del 2014 risultano confrontabili con i valori AO, in alcuni rilievi si osserva tuttavia un andamento ciclico dei livelli vibrazionali, con i picchi che si ripetono con un periodo pari a circa dieci minuti. Durante il rilievo è stata indagata in cantiere la possibile causa di tale fenomeno, senza tuttavia trovare alcuna lavorazione caratterizzata da una simile ripetitività.

In linea generale i risultati delle misure non evidenziano superamenti dei limiti previsti, né livelli di vibrazioni particolarmente elevati o criticità; anche relativamente al confronto con i valori limite del Regolamento di Igiene, dall'analisi dei valori del 2014 si evidenzia come, non vi siano allo stato attuale superamenti dei limiti previsti.

5.4 VIB-GO-01

La misura di rilevamento delle vibrazioni nel punto VIB-GO-01 è stata effettuata il 14/02/14 dalle 9.45 alle 11.45, il 11/04/14 dalle 10.00 alle 12.00, il 04/06/14 dalle 14.11 alle 16.11, il 29/07/14 dalle 10.29 alle 12.29, il 08/10/14 dalle 13.48 alle 15.48 e il 10/12/14 dalle 10.00 alle 12.00.

La terna al piano inferiore (primo piano f.t.) è stata posizionata in corrispondenza del salotto dell'appartamento lato sud-est dell'edificio, mentre la terna al piano superiore, durante il primo rilievo non è stata posizionata a causa della presenza costante di persone all'interno dei vari locali. Successivamente, nel secondo e nel terzo rilievo condotto in CO 2014, è stata posizionata in sala da pranzo all'ultimo piano (terzo piano f.t.). Durante il quarto rilievo condotto in CO 2014, la terna è stata ubicata solo in corrispondenza della camera da letto al secondo piano f.t., sul lato dell'edificio più esposto alle lavorazioni (Figura 7).

La struttura portante è in muratura, con solai lignei e travi di rinforzo in acciaio. Il cascinale, che si sviluppa a quadrato intorno ad un'area centrale, risulta di recente ristrutturazione. La struttura portante è in muratura, con solai lignei e travi di rinforzo in acciaio.



Figura 7 - Localizzazione terne al piano basso, intermedio e alto – VIB-GO-01

Durante il rilievo di CO 2014 effettuato a febbraio erano in corso le seguenti attività di cantiere:

- TW008 - SL106: montaggio armatura metallica e getto fondazioni, impermeabilizzazione.
- Casello Gessate RA0S2: miscelazione jet grouting, frantumazione jet grouting.

Durante il rilievo di CO 2014 effettuato ad aprile erano in corso le seguenti attività di cantiere:

- RA0S2 - Area casello: formazione rilevato, esecuzione jet grouting, movimento terra.

Durante il rilievo di CO 2014 effettuato a giugno erano in corso le seguenti attività di cantiere:

- CV0S2 - Cavalcavia svincolo di Gessate: scavo e getto pali \varnothing 1000.
- Campo Industriale: movimento terra e vagliatura.
- TW008 - SL106 - Idraulica e impianti: scavo per posa tubi pozzetti; montaggio armatura metallica e getto soletta.
- RA0S2 - Vasca protezione falda VF00001: getto magroni, montaggio armatura metallica e getto fondazioni/elevazioni conci 24A-16A, esecuzione jet grouting, movimento terra.
- TR005 - Pavimentazione stradale tra pk 3+250 e 3+450: posa misto stabilizzato.

Durante il rilievo di CO 2014 effettuato a luglio erano in corso le seguenti attività di cantiere:

- CV0S2 - Cavalcavia svincolo Gessate Spalla B: scapitozzatura pali, montaggio armatura metallica e getto fondazioni Spalla B.
- TW008 - Fossi di guardia.
- RA0S2 - Vasche di protezione idraulica: getto magroni, montaggio armatura metallica, getto fondazioni ed elevazioni.
- CS0S2 - Casello Gessate: realizzazione opere in tunnel casello, posa impermeabilizzazione aree casello, rilevato.

Durante il rilievo di CO 2014 effettuato ad ottobre erano in corso le seguenti attività di cantiere:

- Trincea TR006: montaggio armatura metallica, getto fondazioni ed elevazioni vasca di protezione idraulica VF00002; formazione rilevato.
- RA0S2 Rampa A Vasca di protezione idraulica VF00003: realizzazione cordolo elevazione, impermeabilizzazione zona anteriore muro di controripa, rinterro a tergo muro di controripa e realizzazione rilevato.
- Realizzazione fondazione per barriera antirumore BA0S2.
- Ripristino e manutenzione Piste di Cantiere.

Durante il rilievo di CO 2014 effettuato a dicembre erano in corso le seguenti attività di cantiere:

- CV0S2 - Ponte canale/cavalcavia: montaggio ferro armatura e getto elevazioni.
- Ripristino e manutenzione Piste di Cantiere.

Si riportano di seguito le risultanze dei rilievi condotti nel punto. Per l'andamento della Time History e delle analisi in frequenza si rimanda ai bollettini trimestrali.

Rilievo	Evento	Durata	Distanza Fonte VIB-Strumento di misura	Piano	Parametro	Asse X	Asse Y	Asse Z				
3 - CO 2014	Misura complessiva	7200 s	---	Basso	a_{weq} [mm/s ²]	0.067	0.057	0.069				
					Lw [dB]	36.6	35.2	36.8				
				Alto	a_{weq} [mm/s ²]	-	-	-				
					Lw [dB]	-	-	-				
4 - CO 2014	E1	1051 s (da 10.36.52 a 10.54.23)	100 m ca	Basso	a_{weq} [mm/s ²]	0.10	0.096	0.13				
					Lw [dB]	40.0	39.7	42.3				
				Alto	a_{weq} [mm/s ²]	0.32	0.50	0.39				
					Lw [dB]	50.1	54.0	51.8				
	Misura complessiva	7200 s	---	Basso	a_{weq} [mm/s ²]	0.084	0.082	0.11				
					Lw [dB]	38.5	38.2	41.0				
				Alto	a_{weq} [mm/s ²]	0.27	0.41	0.32				
					Lw [dB]	48.7	52.2	50.2				
5 - CO 2014	E1	1975 s (da 14.25.56 a 14.58.51)	100 m ca	Basso	a_{weq} [mm/s ²]	0.14	0.16	0.32				
					Lw [dB]	43.1	44.3	50.0				
				Alto	a_{weq} [mm/s ²]	0.54	0.59	0.49				
					Lw [dB]	54.6	55.3	53.9				
	Misura complessiva	7200 s	---	Basso	a_{weq} [mm/s ²]	0.13	0.15	0.25				
					Lw [dB]	42.0	43.4	48.0				
				Alto	a_{weq} [mm/s ²]	0.47	0.51	0.41				
					Lw [dB]	53.5	54.2	52.2				
6 - CO 2014	Misura complessiva	7200 s	---	Basso	a_{weq} [mm/s ²]	0.058	0.055	0.08				
					Lw [dB]	35.3	34.9	38.1				
				Alto	a_{weq} [mm/s ²]	0.25	0.22	0.32				
					Lw [dB]	47.8	46.9	50				
				7 - CO 2014	E1	101 s (da 14.47.59 a 14.49.40)	100 m ca	Basso	a_{weq} [mm/s ²]	-	-	-
									Lw [dB]	-	-	-
Alto (Intermedio)	a_{weq} [mm/s ²]	0.6	0.53					3.4				
	Lw [dB]	55.6	54.6					70.6				
Misura complessiva	7200 s	---	---	Basso	a_{weq} [mm/s ²]	-	-	-				
					Lw [dB]	-	-	-				
				Alto (Intermedio)	a_{weq} [mm/s ²]	0.55	0.48	1.5				
					Lw [dB]	54.8	53.6	63.4				
8 - CO 2014	E3	638 s (da 10.25.13 a 10.35.51)	80 m ca	Basso	a_{weq} [mm/s ²]	-	-	-				
					Lw [dB]	-	-	-				
				Alto (Intermedio)	a_{weq} [mm/s ²]	0.6	0.63	0.61				
					Lw [dB]	55.6	56	55.6				
	Misura complessiva	7200 s	---	---	Basso	a_{weq} [mm/s ²]	-	-	-			
						Lw [dB]	-	-	-			
					Alto (Intermedio)	a_{weq} [mm/s ²]	0.43	0.41	0.4			
						Lw [dB]	52.7	52.3	52.1			
AO*	7200 s	---	---	Basso	a_{weq} [mm/s ²]	0.044	0.033	0.071				
					Lw [dB]	32.8	30.3	37.0				
				Alto	a_{weq} [mm/s ²]	0.099	0.081	0.14				
					Lw [dB]	39.9	38.1	43				

Rilievo	Evento	Durata	Distanza Fonte VIB- Strumento di misura	Piano	Parametro	Asse X	Asse Y	Asse Z
* I valori AO si riferiscono alle misure effettuate al primo e terzo piano f.t.					Valori limite (disturbo) a_{weq} [mm/s ²]	7.2	7.2	7.2
					Soglia di percezione [mm/s ²]	3.6	3.6	5
					Valori limite L _{weq} [dB]	77	77	77

Tabella 12 - Sintesi Risultati - VIB-GO-01

La prima misura del 2014 è stata effettuata il giorno 14/02/2014 dalle ore 09:45 alle ore 11:45. La terna al piano inferiore (primo piano f.t.) è stata posizionata in corrispondenza del salotto dell'appartamento lato sud-est dell'edificio, mentre la terna al piano superiore non è stata posizionata a causa della presenza costante di persone all'interno dei vari locali. Durante la misura le attività di cantiere risultano localizzate a distanze tali da non essere significativamente individuabili dalla postazione presidiata, né distinguibili sulla Time History. Si osserva, rispetto alla misura di AO, un incremento rispettivamente di 3,8 dB e 4,9 dB nella propagazione delle vibrazioni lungo gli assi X ed Y, mentre i valori relativi all'asse Z risultano praticamente invariati. In ogni caso non si registra, allo stato attuale, alcun superamento dei limiti previsti.

La seconda misura del 2014 è stata effettuata il giorno 11/04/2014 dalle ore 10.00 alle ore 12.00, durante la quale sono stati registrati 4 eventi, il più gravoso dei quali, occorso tra le 10.37 e le 10.54, è stato indicato in tabella come evento E1. Ciascuno di questi eventi è stato determinato da 2-3 macchinari utilizzati per la perforazione ed il consolidamento con la tecnica del Jet Grouting.

La terza misura del 2014 è stata effettuata il giorno 04/06/2014 dalle ore 14.11 alle ore 16.11, durante la quale sono stati registrati 2 eventi, il più gravoso dei quali, occorso tra le 14.26 e le 14.59, è stato indicato in tabella come evento E1. Come nel caso del precedente rilievo di CO, ciascuno di questi eventi è stato determinato da 2-3 macchinari utilizzati per la perforazione ed il consolidamento con la tecnica del Jet Grouting.

Durante la quarta misura del 2014 le attività di cantiere risultano localizzate in tutta l'area localizzata a nord ed a est rispetto alla postazione, a partire da una distanza minima di circa 90 m dalla stessa. In concomitanza della misura le lavorazioni, di varia natura, interessavano un numero elevato di mezzi e erano caratterizzate da una distribuzione spaziale tale da non essere significativamente individuabili dalla postazione presidiata, né distinguibili sulla Time History. Relativamente alla misura complessiva si osserva, rispetto alla misura di AO, un significativo incremento dei livelli di vibrazione, in particolare al piano alto. In ogni caso, i valori sono inferiori

alle precedenti campagne, e non si registra alcun superamento dei limiti previsti dalla norma UNI 9614.

Durante la quinta misura del 2014 le attività di cantiere risultano posizionate in tutta l'area localizzata a nord ed a est rispetto alla postazione, a partire da una distanza minima di circa 80 m dalla stessa. Le lavorazioni più significative e direttamente correlabili con i picchi osservabili nella Time History risultano le seguenti:

- Manutenzione e ripristino delle piste di cantiere, effettuate con l'utilizzo di numero 3 escavatori e localizzate a circa 80 m dalla postazione (asse A del RA0S2).
- Formazione del rilevato e successiva compattazione con rullo a circa 100 m dalla postazione.

Entrambe le attività si protraggono durante l'intero periodo di misura, con le uniche interruzioni intorno alle 14.20 e alle 15.00. A partire dalle 14.40 fino alle 15.01 si osserva l'attivazione del sistema vibrante del rullo compattatore, il quale determina all'interno di tale intervallo diversi picchi di intensità e durata variabile. Il più gravoso, indicato con la sigla E1, determina innalzamenti significativi delle accelerazioni lungo l'asse Z, fino a valori prossimi alla soglia di percezione pari a $5,0 \text{ mm/s}^2$. La frequenza caratteristica dell'evento è pari a 25 Hz. L'evento E1, considerabile come transiente ai sensi della norma ISO 2631-2, è inoltre caratterizzato da un valore MTVV pari a $5,96 \text{ mm/s}^2$. In ogni caso non si registra, allo stato attuale, alcun superamento dei limiti previsti dalla norma UNI 9614.

Durante l'ultima misura del 2014 le attività di cantiere risultano posizionate in tutta l'area localizzata a nord ed a est rispetto alla postazione, a partire da una distanza minima di circa 80 m dalla stessa. Le lavorazioni più significative e direttamente correlabili con i picchi osservabili nella Time History risultano le seguenti:

- Manutenzione e ripristino delle piste di cantiere, effettuata con l'utilizzo di numero 1 o 2 escavatori ed evacuazione mediante autocarro di alcuni cumuli di terreno localizzati a circa 80 m dalla postazione (asse A del RA0S2).

L'attività si protrae dall'inizio della misura alle ore 11.30 circa. A partire dalle 10.25 fino alle 10.35 entra in funzione il secondo escavatore e viene allontanato il materiale inerte mediante autocarro. La somma della lavorazione con escavatori (E1) e movimentazione con autocarro (E2) è stata indicata con la sigla E3. Tale evento determina innalzamenti delle accelerazioni equamente ripartiti lungo i 3 assi e dell'ordine di circa 5-6 dB rispetto alla misura indisturbata.

In linea generale i risultati delle misure non evidenziano superamenti dei limiti previsti, né livelli di vibrazioni particolarmente elevati, seppur con qualche eccezione; anche relativamente al confronto con i valori limite del Regolamento di Igiene, dall'analisi dei valori del 2014 si evidenzia come, non vi siano allo stato attuale superamenti dei limiti previsti.

5.5 VIB-CZ-01

La misura di rilevamento delle vibrazioni nel punto VIB-CZ-01 è stata effettuata il 10/04/14 dalle 9.58 alle 11.58, il 03/06/14 dalle 13.58 alle 15.58 e il 18/09/14 dalle 10.30 alle 14.30 (4 ore).

Relativamente al punto VIB-CZ-01 (Figura 8), la terna è stata ubicata in mezzeria alla pianta della struttura. Lo schema planimetrico è centrale con, in alzato, un blocco strutturale di base, quadrangolare ed accentrato, aperto su tre lati da cappelle, che si irradiano dagli assi principali. L'edificio religioso, la cui costruzione risale approssimativamente alla fine del '400 è stata sottoposta ad un restauro di consolidamento urgente nel 1911¹.

La struttura portante è in muratura piena. Sono in corso, a partire dai mesi estivi, interventi di restauro conservativo della chiesa bramantesca, nell'ambito dei Progetti Speciali Ambientali PSA3 "Muzza - San Biagio in Rossate". Tali attività di ristrutturazione sono state interrotte durante l'esecuzione dei rilievi di MA.



Figura 8 - Localizzazione terna al piano inferiore – VIB-CZ-01

Durante il rilievo di CO 2014 effettuato ad aprile erano in corso le seguenti attività di cantiere:

- RI007 - Rilevato Autostradale da Progr. km 14+850 A Progr. Km 16+862,54: realizzazione rilevato, stabilizzazione, completamento Tombino IN10507, realizzazione Tombini IN10505 e IN10506.

Durante il rilievo di CO 2014 effettuato a giugno erano in corso le seguenti attività di cantiere:

- RI007 - Rilevato Autostradale da Progr. km 14+850 a Progr. Km 16+862,54: realizzazione rilevato; stabilizzazione.

¹ G.B. Sannazzaro (2010) "La chiesa bramantesca di San Biagio a Rossate"

- TW025 - Smaltimento acque di piattaforma da Progr. km 14+850 a Progr. Km 16+862,54: realizzazione idraulica di piattaforma.
- ES025 - Opere Civili da Progr. km 14+850 a Progr. Km 16+862,54: impiantistica.

Durante il rilievo di CO 2014 effettuato a settembre erano in corso le seguenti attività di cantiere:

- RI007 - Rilevato Autostradale da Progr. km 14+850 A Progr. Km 16+862,54: realizzazione rilevato compreso area palude; completamento posa misto stabilizzato; stesa misto cementato tra pk 14+850 e CV013; stesa base e binder.
- TW025 - Smaltimento acque di piattaforma da Progr. km 14+850 A Progr. Km 16+862,54: pozzetto di nodo vasca; idraulica di piattaforma.
- ES025 - Opere Civili da Progr. km 14+850 A Progr. Km 16+862,54: posa cavidotti impianti.
- BA025 - Mitigazioni Acustiche da Progr. km 14+850 A Progr. Km 16+862,54: posa pezzi speciali.

Si riportano di seguito le risultanze dei rilievi condotti nel punto. Per l'andamento della Time History e delle analisi in frequenza si rimanda ai bollettini trimestrali.

Rilievo	Evento	Durata	Distanza Fonte VIB-Strumento di misura	Piano	Parametro	Asse X	Asse Y	Asse Z
1 - CO 2014	Misura complessiva	7200 s	---	Basso	a_{weq} [mm/s ²]	0.057	0.058	0.062
					Lw [dB]	35.1	35.3	35.9
				Alto	a_{weq} [mm/s ²]	-	-	-
					Lw [dB]	-	-	-
2 - CO 2014	Misura complessiva	7200 s	---	Basso	a_{weq} [mm/s ²]	0.072	0.067	0.078
					Lw [dB]	37.1	36.5	37.9
				Alto	a_{weq} [mm/s ²]	-	-	-
					Lw [dB]	-	-	-
3 - 4 - CO 2014	Misura complessiva*	10800 s	---	Basso	a_{weq} [mm/s ²]	0.073	0.07	0.089
					Lw [dB]	37.2	37	39
				Alto	a_{weq} [mm/s ²]	-	-	-
					Lw [dB]	-	-	-
AO		7200 s	---	Basso	a_{weq} [mm/s ²]	0.045	0.043	0.064
					Lw [dB]	33.1	32.8	36.1
				Alto	a_{weq} [mm/s ²]	-	-	-
					Lw [dB]	-	-	-
* Sul rilievo complessivo di 4 ore è stato mascherato l'intervallo temporale compreso tra le 12.00 e le 13.00					Valori limite (disturbo)	7.2	7.2	7.2
					a_{weq} [mm/s ²]			
					Soglia di percezione	3.6	3.6	5

Rilievo	Evento	Durata	Distanza Fonte VIB-Strumento di misura	Piano	Parametro	Asse X	Asse Y	Asse Z
					[mm/s ²]			
					Valori limite Lweq [dB]	77	77	77

Tabella 13 - Sintesi Risultati - VIB-CZ-01

Tutti i rilievi svolti nel corso del 2014 mostrano leggeri incrementi nei livelli accelerometrici rispetto al rilievo AO; i valori si mantengono tuttavia su medie significativamente inferiori ai limiti normativi.

5.6 VIB-CS-21

La misura di rilevamento delle vibrazioni nel punto VIB-CS-21 è stata effettuata il 29/01/14 dalle 10.45 alle 14.45 (4 ore), il 11/04/14 dalle 13.10 alle 15.10, il 06/06/14 dalle 10.54 alle 14.54 (4 ore), il 30/07/14 dalle 10.00 alle 12.00 e il 09/10/14 dalle 13.10 alle 15.10.

Nel punto VIB-CS-21 (Figura 9) la terna al piano superiore (primo piano f.t.) è stata posizionata in corrispondenza dell'ufficio posizionato al di sopra dell'ingresso principale del ristorante, sul lato dell'edificio più esposto alle lavorazioni lungo la viabilità di accesso. La terna al piano inferiore non è stata posizionata, d'accordo con il ST (audit del 29/01/14), a causa della normale esecuzione delle attività di ristorazione al piano terra. La struttura portante dell'edificio è in cls armato, con solai lignei. Si segnalano alcune fessure nelle travature oblique del sottotetto.



Figura 9 - Localizzazione terna al piano inferiore – VIB-CS-21

Durante il rilievo di CO 2014 effettuato a gennaio erano in corso le seguenti attività di cantiere:

- Galleria Artificiale Cologno GA007: realizzazione diaframmi, jet grouting, scavo galleria artificiale.

Durante il rilievo di CO 2014 effettuato ad aprile erano in corso le seguenti attività di cantiere:

- GA007 - Galleria Artificiale Cologno da pk 27+386,44 a pk 27+727,44: getto fondazione 2-3 sud, jet grouting.

Durante il rilievo di CO 2014 effettuato a giugno erano in corso le seguenti attività di cantiere:

- GA007 - Galleria Artificiale Cologno da prog. 27+386,44 a prog. 27+727,44: cassetta+getto elevazioni conci 3 Dx - Canna Nord.

Durante il rilievo di CO 2014 effettuato a luglio erano in corso le seguenti attività di cantiere:

- GA007 - Galleria Artificiale Cologno da prog. 27+386,44 a prog. 27+727,44: armatura, casseratura e getto elevazioni conci 1-2-3 Canna Nord; impermeabilizzazione solaio conci 10-9-8

Durante il rilievo di CO 2014 effettuato ad ottobre erano in corso le seguenti attività di cantiere:

- GA007 - Galleria Artificiale Cologno da prog. 27+386,44 a prog. 27+727,44: armatura, casseratura e getto elevazioni laterali conci 2 e 3 - canna sud; installazione linea di wellpoint - canna nord e sud; scavo conci 7-8-9-10-11-12 canna nord e sud con posa delle trincee drenanti; esecuzione trincee drenanti da concio 8 a 12 - canna nord e sud; getto magrone da concio 8 a 12 - canna nord e su; prescavo nicchia con pulizia diaframmi.

Si riportano di seguito le risultanze dei rilievi condotti nel punto. Per l'andamento della Time History e delle analisi in frequenza si rimanda ai bollettini trimestrali.

Rilievo	Evento	Durata	Distanza Fonte VIB-Strumento di misura	Piano	Parametro	Asse X	Asse Y	Asse Z
1 - 2 - CO 2014	E3	4500 s (da 10.45.00 a 12.00.00)	da 150 m a 200 m ca	Basso	a_{weq} [mm/s ²]	-	-	-
					Lw [dB]	-	-	-
				Alto	a_{weq} [mm/s ²]	0.39	0.57	0.27
					Lw [dB]	51.8	55.1	48.8
	Misura complessiva	14400 s	---	Basso	a_{weq} [mm/s ²]	-	-	-
					Lw [dB]	-	-	-
Alto				a_{weq} [mm/s ²]	0.36	0.46	0.24	
				Lw [dB]	51.1	53.2	47.8	
3 - CO 2014	E	4080 s (da 13.10.00 a 14.18.00)	da 80 m a più di 200 m	Basso	a_{weq} [mm/s ²]	-	-	-
					Lw [dB]	-	-	-
				Alto	a_{weq} [mm/s ²]	0.47	0.49	0.3
					Lw [dB]	53.4	53.8	49.5
	Misura complessiva	7200 s	---	Basso	a_{weq} [mm/s ²]	-	-	-
					Lw [dB]	-	-	-
Alto				a_{weq} [mm/s ²]	0.40	0.48	0.28	
				Lw [dB]	51.9	53.6	48.9	
4 - 5 - CO 2014	Misura complessiva	14400 s	---	Basso	a_{weq} [mm/s ²]	-	-	-
					Lw [dB]	-	-	-
				Alto	a_{weq} [mm/s ²]	0.42	0.41	0.29
					Lw [dB]	52.4	52.2	49.1
6 - CO 2014	Misura complessiva	7200 s	---	Basso	a_{weq} [mm/s ²]	-	-	-
					Lw [dB]	-	-	-
				Alto	a_{weq} [mm/s ²]	0.34	0.34	0.21
					Lw [dB]	50.6	50.6	46.5

Rilievo	Evento	Durata	Distanza Fonte VIB-Strumento di misura	Piano	Parametro	Asse X	Asse Y	Asse Z
7 - CO 2014	Misura complessiva	7200 s	---	Basso	a_{weq} [mm/s ²]	-	-	-
					Lw [dB]	-	-	-
				Alto	a_{weq} [mm/s ²]	0.35	0.53	0.31
					Lw [dB]	51	54.4	49.7
AO		3600 s (da 12.00.00 a 13.00.00 del 29/01/14)	---	Basso	a_{weq} [mm/s ²]	-	-	-
					Lw [dB]	-	-	-
				Alto	a_{weq} [mm/s ²]	0.36	0.46	0.25
					Lw [dB]	51.2	53.2	47.9
					Valori limite (disturbo) a_{weq} [mm/s²]	7.2	7.2	7.2
					Soglia di percezione [mm/s²]	3.6	3.6	5
					Valori limite Lweq [dB]	77	77	77

Tabella 14 - Sintesi Risultati - VIB-CS-21

Dalla campagna di monitoraggio di CO07 presso il recettore in esame (effettuata il giorno 29/01/2014 dalle ore 10:45 alle ore 14:45) è stata estrapolata la parte di misura compresa tra le 12.00 e le 13.00, afferente alla pausa pranzo e utilizzabile come riferimento AO.

In linea generale i risultati delle misure non evidenziano superamenti dei limiti previsti, né livelli di vibrazioni particolarmente elevati o criticità.

Per quanto riguarda il confronto con i valori limite del Regolamento di Igiene, relativamente al rilievo di aprile, si evidenzia un superamento del valore corrispondente all'asse Z della frequenze di 6,3 Hz e di 8 Hz: valore misurato pari a 0,09 m/s² e 0,018 m/s² contro un valore limite pari a 0,005 m/s². Moltiplicando tale valore per il fattore correttivo pari a 2 (edificio assimilabile ad abitazione), si ottiene un dato inferiore al limite regionale per la frequenza più bassa ed un dato di poco superiore al limite per la frequenza di 8 Hz: valore misurato pari a 0,018 m/s² contro un valore limite pari a 0,01 m/s².

6 CONCLUSIONI

Nella presente relazione sono stati presentati i risultati della campagna di monitoraggio della componente "Vibrazioni" relativi alla fase Corso Opera svolti in corrispondenza dei punti VIB-AB-01, VIB-PB-21, VIB-GE-01, VIB-GO-01, VIB-CZ-01 e VIB-CS-21. Durante le attività di rilievo non sono state individuate criticità rilevanti.

Come concordato con il ST per la misura condotta su VIB-CS-21 è stata estrapolata l'acquisizione effettuata tra le 12.00 e le 13.00 nell'ora di pausa del cantiere. La misura estrapolata è stata valutata come Ante Operam per il ricettore.

Rispetto ai precedenti rilievi di Corso d'Opera è stata modificata la posizione dei sensori nel punto VIB-GO-01, al fine di minimizzare il disturbo da calpestio dei residenti.

Prendendo in considerazione la normativa vigente, l'attività di rilievo è stata effettuata procedendo secondo i seguenti step:

- classificazione della postazione;
- acquisizione per un periodo minimo di 120 minuti;
- elaborazione dei dati;
- interpretazione dei risultati;
- confronto dei valori ottenuti con le soglie imposte dalla normativa.

Le informazioni raccolte non hanno messo in risalto la presenza di sorgenti di vibrazioni tali da determinare il superamento delle soglie di anomalia.

I valori di picco delle accelerazioni rilevate sono infatti risultate sempre inferiori ai limiti imposti dalla norma UNI 9614, mentre si osserva un unico superamento relativamente alla postazione VIB-CS-21 per quanto riguarda il Regolamento Locale di Igiene Tipo, superamento caratterizzante un'unica frequenza e che non determina valori confrontabili con la soglia minima di percezione.

Pur non registrandosi criticità, in considerazione di alcuni incrementi significativi registrati rispetto all'AO, presumibilmente dovuto ai macchinari operativi al momento della misura (macchinari per la perforazione ed il consolidamento con la tecnica del Jet Grouting e macchinari per la compattazione del sottofondo mediante rullo) sono state adottate adeguate modalità operative al fine di contenere il disturbo e prevenire potenziali situazioni di criticità.

Verranno inoltre svolti nel corso del 2015 ulteriori rilievi per mantenere monitorate le aree.