

TANGENZIALE EST ESTERNA DI MILANO

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

MONITORAGGIO AMBIENTALE

RELAZIONE ANNUALE CORSO D'OPERA 2015

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



IL DIRETTORE DEI LAVORI

A	Febbraio 2016	EMISSIONE	Ing. Ardentì	Dott. Rossi	Ing. Salomone
EM./REV.	DATA	DESCRIZIONE	ELABORAZIONE PROGETTUALE	CONTR.	APPROV.
IDENTIFICAZIONE ELABORATO				DATA:	FEBBRAIO 2016
	OPERA	TRATTO OPERA	AMBITO	TIPO ELABORATO	PROGRESSIVA
	MONTEEM	0	CO	VB	405
				REV.	A
				SCALA:	-

INDICE

1	PREMESSA	2
2	DESCRIZIONE DELLE AREE DI MONITORAGGIO	4
3	PUNTI DI MONITORAGGIO	8
4	INQUADRAMENTO METODOLOGICO	11
4.1	Definizione dei parametri	11
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-GE-01	25
5.3	VIB-GO-01	29
5.4	VIB-SG-01	32
5.5	VIB-CS-21	35
6	CONCLUSIONI	38

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 (MONTEEM0COVB401A_1°trimestre 2015; MONTEEM0COVB402A_2°trimestre 2015; MONTEEM0COVB403A_3°trimestre2015; MONTEEM0COVB404A_4°trimestre2015).

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-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:

- Il Trimestre 2015: VIB-CS-21 in data 17/06/15.

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.

Il giorno 16/05/2015 l'intero asse principale della TEEM è stato aperto al traffico. In data 25/05/2015 è stato effettuato un sopralluogo specifico da parte di Tangenziale Esterna, della struttura di Monitoraggio Ambientale e di Alta Sorveglianza al fine di definire per ogni stazione di monitoraggio le possibili fonti di pressioni ancora presenti derivanti dalle operazioni di ripristino delle aree di cantiere lungo linea, dalle realizzazione delle opere a verde e dalla persistenza dei campi industriali e delle cave di prestito.

In generale lungo l'asse principale saranno mantenuti i seguenti elementi di cantiere in relazione ai lavori di realizzazione delle Opere Connesse:

- Cantiere Industriale CI01 – Lotto A
- Cantiere Industriale CI02 – Lotto B
- Cantiere industriale CI03 – Lotto C
- Cantiere Base – Lotto B
- Cava di Melzo/Pozzuolo

Oltre agli elementi succitati, attivi lungo l'asse TEEM, il sopralluogo effettuato ha delineato una situazione di transizione del cantiere lungo linea in quanto sono tutt'ora in corso operazioni di dismissione del cantiere e di ripristino delle aree nonché alcune lavorazioni finali quali la risoluzione di interferenze idrauliche ed i lavori di realizzazione delle opere a verde.

Alla luce del sussistere di questa fase di transizione del cantiere CTE ha proposto una programmazione puntuale del Monitoraggio Ambientale per il periodo estivo (Giugno, Luglio, Agosto, Settembre). Questa programmazione ha quindi comportato la sospensione di alcune attività presso punti di monitoraggio non più soggetti a pressioni di corso d'opera ed il mantenimento presso punti ancora interessati da singolarità di cantiere.

La proposta di programmazione puntuale è stata riportata al Supporto Tecnico dell'Osservatorio Ambientale nell'ambito di un specifico Tavolo Tecnico tenutosi il 28/05/2015.

Il Supporto Tecnico dell'Osservatorio Ambientale, nell'ambito di specifici sopralluoghi e Tavoli Tecnici (TT del 21/10/2015 e successivo sopralluogo del 02/11/2015), ha poi condiviso con CTE un ulteriore piano operativo di monitoraggio di Corso d'opera sulla base dell'effettiva evoluzione delle attività di cantiere.

Il Monitoraggio della componente Vibrazioni effettuato nel secondo e nel terzo trimestre 2015 è stato pertanto calibrato in funzione delle variazioni puntuali concordate con il ST e riportate nei seguenti Dossier:

- "Monitoraggio Ambientale – Apertura Asse TEEM (maggio 2015)".
- "Monitoraggio Ambientale – Aggiornamento dell'avanzamento del Monitoraggio di Corso d'Opera (novembre 2015)".

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, Gorgonzola e San Giuliano Milanese, nel comune della provincia di Lodi di Casalmaiocco 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-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 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.

AREA DI INDAGINE “Collegamento SP40 Binaschina – SP39 Cerca” (punto VIB-SG-01)

Depositi fluvioglaciali, attraversati dalle verticali di sondaggio indicativamente a partire da 16m di profondità, risultano grossolani (ghiaia con sabbia da debolmente limosa a limosa - AGI); i sovrastanti depositi alluvionali sono relativamente meno grossolani (sabbia da debolmente limosa a limosa - AGI). Internamente a entrambe le formazioni si trovano lenti di limi argillosi di spessore modesto. Non è evidente, e quindi significativa in termini progettuali, la distinzione all'interno dell'unità post glaciale tra alluvioni antiche, recenti e attuali.

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 2015 sono state svolte 12 campagne di monitoraggio presso 5 stazioni così suddivise: 3 punti nel lotto A e 2 punti 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-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 poderale 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-SG-01

Rocca Brivio è un complesso monumentale che si trova in territorio di San Giuliano Milanese, a tre chilometri dal centro e a un chilometro da Melegnano. Nell'area non risultano fonti vibrazionali di rilievo in quanto sia la Strada Statale 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 SS 9 (Melegnano direzione San Giuliano Milanese) seguire a destra per via Rocca Brivio.

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 2015
VIB-AB-01	A	0+000	Svincolo A4	Residenziale	Via Fabio Filzi 75, Agrate Brianza (MB)	16/03/2015	5-6 (4 ore)	I
VIB-GE-01	A	3+085	Galleria artificiale Villoresi	Attività industriale	Via Monza 150 A/B, Gessate (MI)	20/01/2015	8	I
						23/04/2015	9	II
VIB-GO-01	A	3+950	Svincolo Gorgonzola	Residenziale	Cascina Pagnana, Gorgonzola (MI)	12/03/2015	9-10 (4 ore)	I
VIB-SG-01	C	viabilità secondaria	CD17 Collegamento SP40 – SP39	Bene storico- architettonico	Via Rocca Brivio, San Giuliano Milanese (MI)	30/01/2015	1	I
						22/04/2015	2	II
						18/06/2015	3	II
						15/09/2015	4	III
						20/11/2015	5	IV
VIB-CS-21	C	27+555	Galleria artificiale di Cologno	Attività commerciale	Via Libertà 1, fraz. Cologno Casalmaiocco (LO)	22/01/2015	8	I
						17/06/2015	9	II
						20/11/2015	10	IV

Tabella 1 - Punti di monitoraggio - CO 2015

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 10 ⁻²	3.6 10 ⁻³
1.25	8.9 10 ⁻³	3.6 10 ⁻³
1,60	8.0 10 ⁻³	3.6 10 ⁻³
2.00	7.0 10 ⁻³	3.6 10 ⁻³
2.50	6.3 10 ⁻³	4.51 10 ⁻³
3.15	5.7 10 ⁻³	5.68 10 ⁻³
4.00	5.0 10 ⁻³	7.21 10 ⁻³
5.00	5.0 10 ⁻³	9.02 10 ⁻³
6.30	5.0 10 ⁻³	1.14 10 ⁻²
8.00	5.0 10 ⁻³	1.44 10 ⁻²
10.00	6.25 10 ⁻³	1.80 10 ⁻²
12.50	7.81 10 ⁻³	2.25 10 ⁻²
16.00	1.00 10 ⁻²	2.89 10 ⁻²
20,00	1.25 10 ⁻²	3.61 10 ⁻²
25.00	1.56 10 ⁻²	4.51 10 ⁻²
31.50	1.97 10 ⁻²	5.68 10 ⁻²
40.00	2.50 10 ⁻²	7.21 10 ⁻²
50.00	3.13 10 ⁻²	9.02 10 ⁻²
63.00	3.94 10 ⁻²	1.14 10 ⁻¹
80.00	5.00 10 ⁻²	1.44 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
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 Sensitivity(± 5 %) 1000 mV/g Measurement Range ± 5 g pk Frequency Range(± 5 %) 0.5 to 2000 Hz Frequency Range(± 10 %) 0.3 to 4000 Hz Frequency Range(± 3 dB) 0.2 to 6000 Hz Resonant Frequency ≥ 10 kHz Broadband Resolution(1 to 10,000 Hz) 0.00001 g rms Non-Linearity ≤ 1 % Transverse Sensitivity ≤ 7 % Environmental Overload Limit(Shock) ± 5000 g pk Temperature Range -65 to +250 °F Temperature Response See Graph Base Strain Sensitivity ≤ 0.0005 g/με Electrical Excitation Voltage 18 to 30 VDC Constant Current Excitation 2 to 20 mA Output Impedance <250 ohm Output Bias Voltage 8 to 12 VDC Discharge Time Constant 1 to 3 sec Settling Time <15 sec Spectral Noise(1 Hz) 2 μg/√Hz Spectral Noise(10 Hz) 0.5 μg/√Hz Spectral Noise(100 Hz) 0.2 μg/√Hz Spectral Noise(1 kHz) 0.1 μg/√Hz Electrical Isolation(Case) ≥ 10 ⁸ ohm Physical Sensing Element Ceramic Sensing Geometry Shear Housing Material Stainless Steel Sealing Hermetic Size (Hex x Height) 1 3/16 in x 2 3/16 in Weight 7.4 oz Electrical Connector 2-Pin MIL-C-5015 Electrical Connection Position Top Mounting Thread 1/4-28 Female Mounting Torque 2 to 5 ft-lb	ENGLISH 1000 mV/g ± 5 g pk 0.5 to 2000 Hz 0.3 to 4000 Hz 0.2 to 6000 Hz ≥ 10 kHz 0.00001 g rms ≤ 1 % ≤ 7 % ± 5000 g pk -65 to +250 °F See Graph ≤ 0.0005 g/με 18 to 30 VDC 2 to 20 mA <250 ohm 8 to 12 VDC 1 to 3 sec <15 sec 2 μg/√Hz 0.5 μg/√Hz 0.2 μg/√Hz 0.1 μg/√Hz ≥ 10 ⁸ ohm Ceramic Shear Stainless Steel Hermetic 1 3/16 in x 2 3/16 in 7.4 oz 2-Pin MIL-C-5015 Top 1/4-28 Female 2 to 5 ft-lb	SI 102 mV/(m/s ²) ± 49 m/s ² pk 0.5 to 2000 Hz 0.3 to 4000 Hz 0.2 to 6000 Hz ≥ 10 kHz 0.0001 m/s ² rms ≤ 1 % ≤ 7 % ± 49,050 m/s ² pk -54 to +121 °C See Graph ≤ 0.005 (m/s ²)/με 18 to 30 VDC 2 to 20 mA <250 ohm 8 to 12 VDC 1 to 3 sec <15 sec 20 (μm/sec ²)/√Hz 5 (μm/sec ²)/√Hz 2 (μm/sec ²)/√Hz 1 (μm/sec ²)/√Hz ≥ 10 ⁸ ohm Ceramic Shear Stainless Steel Hermetic 30.2 mm x 55.6 mm 210 gm 2-Pin MIL-C-5015 Top 1/4-28 Female 3 to 7 N-m	OPTIONAL VERSIONS Optional versions have identical specifications and accessories as listed for the standard model except where noted below. More than one option may be used. T - TEDS Capable of Digital Memory and Communication Compliant with IEEE P1451.4 Output Bias Voltage 8.5 to 12.5 VDC 8.5 to 12.5 VDC
NOTES: [1] Typical. [2] Zero-based, least-squares, straight line method. [3] See PCB Declaration of Conformance PS023 for details.			
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)			
CE [3]			
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.			
Entered: JH Engineer: SH Sales: WDC Approved: EB Spec Number: Date: 12-2-08 Date: 11-24-08 Date: 11-24-08 Date: 12-1-08 393-1030-80		 Phone: 716-684-0001 Fax: 716-685-3886 E-Mail: vibration@pcb.com 3425 Walden Avenue, Depew, NY 14043	

Figura 2 – Caratteristiche tecniche accelerometri

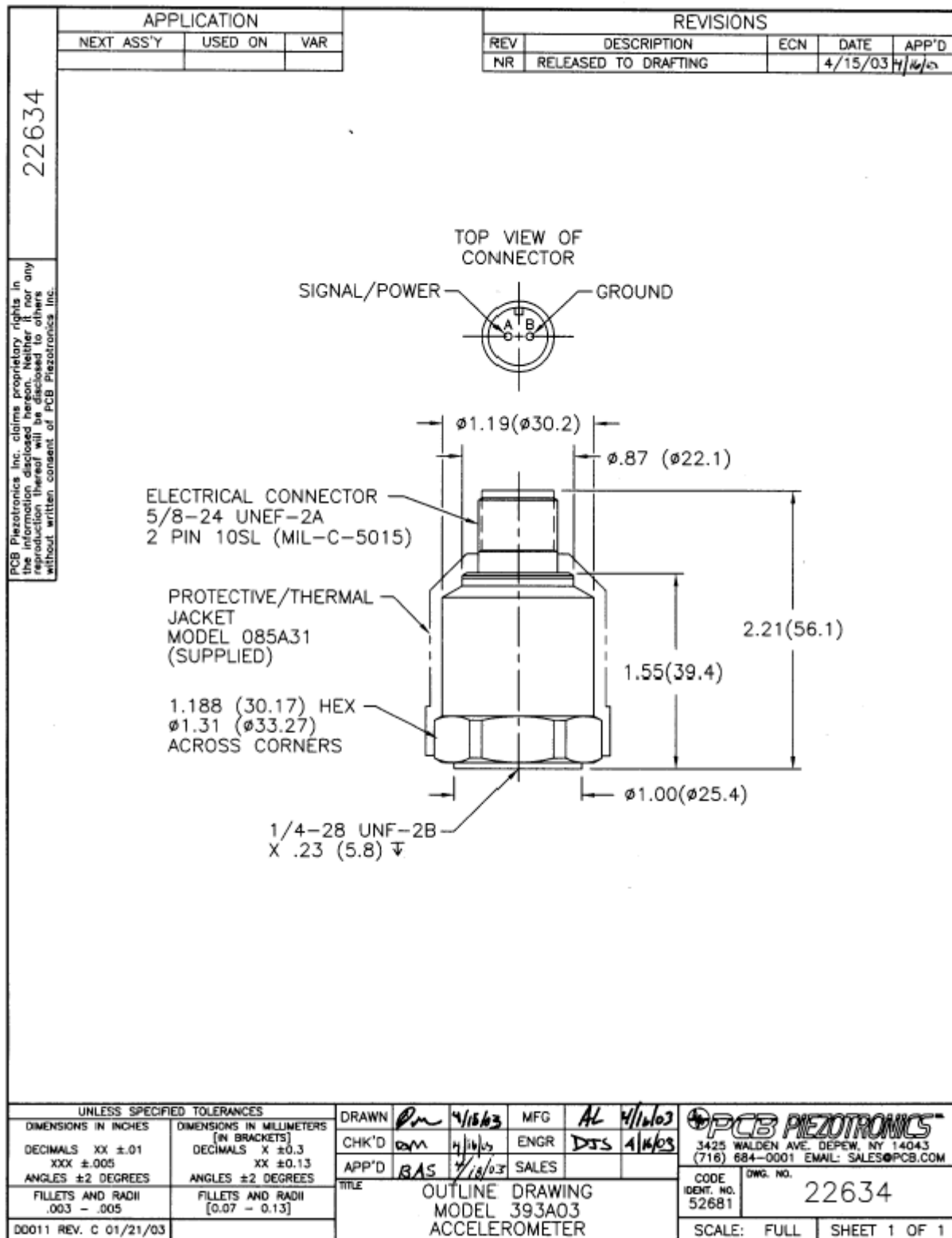


Figura 3 – Rappresentazione sezione accelerometri e pianta connettore

5 RISULTATI OTTENUTI

5.1 VIB-AB-01

La misura di rilevamento delle vibrazioni nel punto VIB-AB-01 è stata effettuata il 16/03/15 dalle 13.30 alle 17.30 (4 ore).

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. 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 rilievo di CO 2015 erano in corso le seguenti attività di cantiere:

- Idraulica TW0Q1: posa tubazioni idrauliche e canalette, ripristino canaletta esistente, formazione idraulica di piattaforma, posa in opera canaletta grigliata.
- Rilevato RI0Q1: stesa rilevato stradale, stesa misto stabilizzato, stesa base, stesa binder.
- Barriere acustiche BA0Q1: posa ferro, cassero e getto fondazione barriera acustica; posa barriere CB-02/03_AB-02/03.
- Illuminazione IE0Q1: scavo e posa tubazioni, posa linee per illuminazione, scavo e posa plinti.

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
5-6 - CO 2015	E1	157 s (da 14.05.15 a 14.07.52)	140 m ca	Basso	a_{weq} [mm/s ²]	0.14	0.14	0.78
					Lw [dB]	42.8	42.8	57.8
				Alto	a_{weq} [mm/s ²]	0.23	0.39	0.50
					Lw [dB]	47.1	51.8	54.0
	Misura complessiva	14400 s	---	Basso	a_{weq} [mm/s ²]	0.12	0.13	0.18
					Lw [dB]	41.1	42.1	45.2
Alto				a_{weq} [mm/s ²]	0.19	0.29	0.18	
				Lw [dB]	45.7	49.4	45.1	
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
a_{weq} [mm/s ²]								
Soglia di percezione						3.6	3.6	5.0
[mm/s ²]								
Valori limite						77	77	77
Lweq [dB]								

Tabella 9 - Sintesi Risultati - VIB-AB-01

Dalla Time History (durata complessiva pari a 4 ore) è ben evidenziato l'evento E1 connesso all'azionamento di un rullo in azione di compattazione in prossimità dello svincolo con la A4. Le differenze più elevate si osservano relativamente ai canali CH3 e CH6 e cioè, per entrambi i piani, lungo la direzione Z, verticale rispetto al tracciato stradale in progetto.

Considerando la misura complessiva non si osservano elevati scostamenti rispetto al rilievo AO. Nella Time History si segnalano alcuni picchi (in particolare per il canale CH6 che corrisponde alla direzione Z al 3° piano) non riconducibili alle lavorazioni ed in parte afferenti alle attività all'interno dell'abitazione: pulizie domestiche dalle 15 alle 16 circa che non hanno interessato le stanze con gli accelerometri.

Relativamente al confronto con i valori limite del Regolamento di Igiene, dall'analisi dei valori del 2015 si evidenzia come, non vi siano allo stato attuale superamenti dei limiti previsti.

5.2 VIB-GE-01

La misura di rilevamento delle vibrazioni nel punto VIB-GE-01 è stata effettuata il 20/01/15 dalle 10.08 alle 14.08 e il 23/04/15 dalle 10.17 alle 12.17.

Nel caso specifico del punto VIB-GE-01 (Figura 5), 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 5 – Localizzazione terna al piano alto – VIB-GE-01

Durante il rilievo di CO 2015 effettuato a gennaio erano in corso le seguenti attività di cantiere:

- Trincea TR005: scavo zona SP216, idraulica impianti TW007.
- Deviante SP216 IR003: realizzazione rilevato, completamento idraulica.

Durante il rilievo di CO 2015 effettuato ad aprile erano in corso le seguenti attività di cantiere:

- Trincea TR005: posa conduttori e delinea tori impianti elettrici, posa cavi presidio idraulico SL 105 e fornitura elettrica, sistemazione scarpate, finiture varie e posa rete di protezione.

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
8 - CO 2015	Misura complessiva	7200 s	---	Basso	a_{weq} [mm/s ²]	-	-	-
					Lw [dB]	-	-	-
				Alto	a_{weq} [mm/s ²]	0.33	0.43	1.22
					Lw [dB]	50.4	52.7	61.7
9 - CO 2015	Misura complessiva	7200 s	---	Basso	a_{weq} [mm/s ²]	-	-	-
					Lw [dB]	-	-	-
				Alto	a_{weq} [mm/s ²]	0.28	0.29	1.16
					Lw [dB]	48.8	49.1	61.3
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)						7.2	7.2	7.2
a_{weq} [mm/s ²]								
Soglia di percezione [mm/s ²]						3.6	3.6	5
Valori limite Lweq [dB]						77	77	77

Tabella 10 - Sintesi Risultati - VIB-GE-01

Durante il primo rilievo svolto nel 2015 le lavorazioni risultano localizzate a nord del ricettore in corrispondenza della variante IR003 ed in corrispondenza della trincea TR005, ad ovest del punto di monitoraggio, a partire circa 220 m dalla postazione (intersezione trincea TR005 e SP216). In corrispondenza del sedime del tracciato principale le lavorazioni risultano continuative e tali da coinvolgere un numero elevato di mezzi (autocarri per il trasporto del materiale di risulta ed escavatori gommati). Non risulta pertanto distinguibile un singolo evento E1, bensì l'intera misura risulta caratterizzata dalle attività di cui sopra.

Non è inoltre possibile distinguere i mezzi di cantiere transitanti sulla viabilità locale utilizzata come pista di cantiere.

In generale, si registra un incremento complessivo dei livelli accelerometrici. Non si esclude un contributo delle macchine operatrici localizzate al piano inferiore del ricettore oggetto di monitoraggio.

Relativamente al confronto con i valori limite del Regolamento di Igiene (UNI ISO 2631-1/1997), dall'analisi dei valori riportati in allegato al bollettino trimestrale si evidenzia un superamento del dato corrispondente all'asse Z alle frequenze di 8 e 10 Hz: valori misurati pari a $0,007 \text{ m/s}^2$ e $0,020 \text{ m/s}^2$ contro valori limite pari a $0,005 \text{ m/s}^2$ e $0,00625 \text{ m/s}^2$. Moltiplicando tali valore per il fattore correttivo previsto dalla normativa si ottiene tuttavia un dato inferiore al limite regionale: valori limite pari a $0,04 \text{ m/s}^2$ e $0,025 \text{ m/s}^2$; considerando un fattore moltiplicativo per uffici/diurno/zona residenziale pari a 4 (fattore moltiplicativo per area industriale/artigianale non presente).

Anche relativamente al confronto con i valori limite della ISO 2631-2/2003 (filtro Wm unico per i tre assi), dall'analisi dei valori riportati in allegato al bollettino trimestrale si evidenzia 1 superamento del valore limite: dati relativi all'asse Z per la frequenza 10 Hz. Nello specifico, la norma ISO 2631-2/2003 non riporta i fattori correttivi di cui sopra, che sono tuttavia riportati nel Regolamento di Igiene Tipo della regione Lombardia. Applicando tali fattori i valori riscontrati risultano entro i limiti.

Durante il secondo rilievo svolto nel 2015, le lavorazioni risultano localizzate in corrispondenza della trincea TR005, ad ovest del punto di monitoraggio, a partire circa 220 m dalla postazione (intersezione trincea TR005 e SP216). Le attività di cantiere, giunte alla fase finale prima dell'apertura del tracciato principale, risultano di "finitura" e legate al completamento degli impianti tecnologici.

Non sono pertanto stati riscontrati valori anomali, seppur le accelerazioni sono superiori a quelle rilevate in fase AO, in particolare di 3 dB per gli assi X e Z. Non si esclude un contributo delle macchine operatrici localizzate al piano inferiore del ricettore oggetto di monitoraggio.

Relativamente al confronto con i valori limite del Regolamento di Igiene (UNI ISO 2631-1/1997), dall'analisi dei valori riportati in allegato al bollettino trimestrale si evidenzia un superamento del dato corrispondente all'asse Z alle frequenze di 8 e 10 Hz: valori misurati pari a $0,0055 \text{ m/s}^2$ e $0,011 \text{ m/s}^2$ contro valori limite pari a $0,005 \text{ m/s}^2$ e $0,00625 \text{ m/s}^2$. Moltiplicando tali valore per il fattore correttivo previsto dalla normativa si ottiene tuttavia un dato inferiore al limite regionale: valori limite pari a $0,04 \text{ m/s}^2$ e $0,025 \text{ m/s}^2$; considerando un fattore moltiplicativo per uffici/diurno/zona residenziale pari a 4 (fattore moltiplicativo per area industriale/artigianale non presente).

Relativamente al confronto con i valori limite della ISO 2631-2/2003 (filtro Wm unico per i tre assi), dall'analisi dei valori riportati in allegato al bollettino trimestrale non si evidenziano superamenti del valore limite.

Poichè i valori elevati per la frequenza 10 Hz sono stati riscontrati anche nei precedenti rilievi di CO, è stata approfondita l'analisi simulando una modellazione dei valori secondo le ISO 2631 per la misura di Ante Operam, svolta sullo stesso ricettore e con le stesse modalità in data

14/09/2011. Tale analisi (si rimanda al bollettino del primo trimestre 2015 per approfondimenti) permette di affermare che, già a partire dalla fase AO, esiste una frequenza di vibrazione caratteristica che determina il superamento della curva limite (norma del 1997, a meno dei coefficienti correttivi). Tali vibrazioni sono pertanto, con ogni probabilità, generate dai macchinari in uso presso lo stabilimento o da qualche fonte esterna non individuata.

In linea generale non si registra, allo stato attuale, alcun superamento dei limiti previsti dalla norma UNI 9614.

5.3 VIB-GO-01

La misura di rilevamento delle vibrazioni nel punto VIB-GO-01 è stata effettuata il 12/03/15 dalle 11.15 alle 16.15 (4 ore di rilievo + 1 ora circa di fermo lavorazioni - pausa pranzo).

La terna è stata ubicata in corrispondenza della sala da pranzo al terzo piano f.t. (l'unico non occupato dei tre), sul lato dell'edificio più esposto alle lavorazioni (Figura 6).

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'aia centrale, risulta di recente ristrutturazione.



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

Durante il rilievo di CO 2015 erano in corso le seguenti attività di cantiere:

- Trincea TR006: posa pali illuminazione e conduttori, posa fibra ottica, sistemazione scarpate, stesa misto cementato, posa cavi presidio idraulico SL 106.
- Area casello CS0S2: scavo e posa tubazioni, posa impermeabilizzazione, tracciamento piazzale e aiuole, posa impianti elettrici finiture cartongessi pavimenti e rivestimenti in ceramica, fornitura e posa isole prefabbricate, assemblaggio e posa elettrica pensilina, stesa misto cementato, getto cls e finiture, stabilizzazione a calce e compattazione con rullo.
- Rampe casello RA0S2: posa pali illuminazione e conduttori.

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
9-10 - CO 2015	E1	1050 s (da 11.37.00 a 14.54.30)	100 m ca	Basso	a_{weq} [mm/s ²]	-	-	-
					Lw [dB]	-	-	-
				Alto	a_{weq} [mm/s ²]	0.57	0.50	0.74
					Lw [dB]	55.1	54.0	57.5
	Misura complessiva	14400 s	---	Basso	a_{weq} [mm/s ²]	-	-	-
					Lw [dB]	-	-	-
Alto				a_{weq} [mm/s ²]	0.40	0.35	0.31	
				Lw [dB]	52.0	50.9	49.8	
AO*	7200 s	---	Basso	a_{weq} [mm/s ²]	0.044	0.044	0.033	
				Lw [dB]	32.8	32.8	30.3	
			Alto	a_{weq} [mm/s ²]	0.099	0.099	0.081	
				Lw [dB]	39.9	39.9	38.1	
* I valori AO si riferiscono alle misure effettuate al primo e terzo piano f.t.					Valori limite (disturbo)	7.2	7.2	7.2
					a_{weq} [mm/s ²]			
					Soglia di percezione [mm/s ²]	3.6	3.6	5
					Valori limite Lweq [dB]	77	77	77

Tabella 11 - Sintesi Risultati - VIB-GO-01

Durante la misura 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 risultano aver incrementato i livelli accelerometrici di 1 ordine di grandezza rispetto alla fase AO, tale differenza è infatti osservabile confrontando sulla Time History la parte mascherata (pausa pranzo dalle 11.55 alle 13.05) dalla restante parte del rilievo in cui si osserva un incremento approssimativo delle accelerazioni di circa 10 dB.

La lavorazione più impattante risulta essere la stabilizzazione a calce – compattazione del sottofondo con rullo in concomitanza della quale si registrano nella Time History dei picchi (eventi E1) i cui livelli non superano comunque i limiti.

Più in generale, i valori sono inferiori alle precedenti campagne, e non si registra alcun superamento dei limiti previsti.

Tuttavia, pur non registrandosi criticità, i risultati delle misure eseguite nel primo trimestre 2015 confermano quanto già osservato nelle precedenti campagne e cioè come le attività delle macchine operatrici (rullo compattatore, escavatori, ecc.) contribuiscano ad un incremento significativo dei livelli (nella misura è evidente l'incremento dei livelli che si ha nel periodo a cantiere attivo confrontato con quello della pausa pranzo).

5.4 VIB-SG-01

La misura di rilevamento delle vibrazioni nel punto VIB-SG-01 è stata effettuata il 30/01/15 dalle 10.00 alle 12.00, il 22/04/15 dalle 10.19 alle 12.19, il 18/06/15 dalle 09.46 alle 11.46, il 15/09/15 dalle 10.08 alle 12.08 ed il 20/11/15 dalle 09.58 alle 11.58.

Relativamente al punto VIB-SG-01 (Figura 7), la terna è stata posizionata al piano inferiore (primo piano f.t.) ed al 4° piano f.t., sul lato dell'edificio più esposto alla viabilità connessa del tracciato autostradale. Il piano terra verrà adibito a cucina, mentre l'ultimo piano è in fase di ristrutturazione. L'imponente palazzo, in mattoni rossi a vista, è stato interamente ricostruito nel '600 dal marchese Luigi Brivio sulle fondamenta di un castello risalente al XII secolo. E' dotato di un cortile porticato, aperto su un lato dal quale si accede all'ex giardino all'italiana cinto da un muro. Sulla sinistra della facciata fa salienza il volume di una cappella settecentesca a pianta centrale. Gli accelerometri al piano superiore sono stati posizionati nel vano scala, poiché le stanze retrostanti sono in ristrutturazione e non presentano una pavimentazione idonea al fissaggio degli accelerometri.

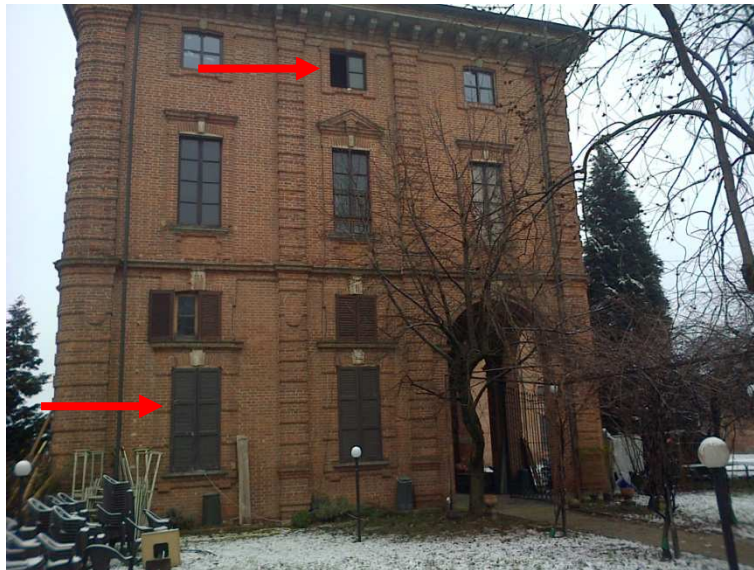


Figura 7 - Localizzazione terna al piano inferiore – VIB-CZ-01

Durante il rilievo di CO 2015 effettuato a gennaio aprile erano in corso le seguenti attività di cantiere:

- Attività propedeutiche all'inizio dei lavori c/o il nuovo collegamento "SP40 Binaschina - SP39 Cerca".

Durante il rilievo di CO 2015 effettuato ad aprile erano in corso le seguenti attività di cantiere:

- Attività propedeutiche all'inizio dei lavori c/o il nuovo collegamento "SP40 Binaschina - SP39 Cerca".

Durante il rilievo di CO 2015 effettuato a giugno erano in corso le seguenti attività di cantiere:

- IVT01 – Viadotto Lambro "SP40 Binaschina - SP39 Cerca": realizzazione pile viadotto.
- C17 – "SP40 Binaschina - SP39 Cerca": scavi/rilevati.

Durante il rilievo di CO 2015 effettuato a settembre erano in corso le seguenti attività di cantiere:

- IVT01 – Viadotto Lambro "SP40 Binaschina - SP39 Cerca": assemblaggio pile ed impalcato viadotto.

Durante il rilievo di CO 2015 effettuato a novembre erano in corso le seguenti attività di cantiere:

- IVT01 – Viadotto Lambro "SP40 Binaschina - SP39 Cerca": assemblaggio pile ed impalcato, posa in opera ferro di armatura soletta.

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 2015	Misura complessiva	7200 s	---	Basso	a_{weq} [mm/s ²]	0.05	0.05	0.06
					Lw [dB]	35.1	34.2	35.7
				Alto	a_{weq} [mm/s ²]	0.21	0.16	0.18
					Lw [dB]	46.4	44.0	45.0
2 - CO 2015	Misura complessiva	7200 s	---	Basso	a_{weq} [mm/s ²]	0.068	0.062	0.054
					Lw [dB]	36.7	35.9	34.8
				Alto	a_{weq} [mm/s ²]	0.18	0.13	0.092
					Lw [dB]	45.3	42.2	39.3
3 - CO 2015	Misura complessiva	7200 s	---	Basso	a_{weq} [mm/s ²]	0.14	0.10	0.16
					Lw [dB]	43.2	40.2	44.0
				Alto	a_{weq} [mm/s ²]	0.45	0.29	0.16
					Lw [dB]	53.1	49.4	44.2
4 - CO 2015	Misura complessiva	7200 s	---	Basso	a_{weq} [mm/s ²]	0.13	0.10	0.15
					Lw [dB]	42.1	40.0	43.5
				Alto	a_{weq} [mm/s ²]	0.34	0.24	0.20
					Lw [dB]	50.6	47.7	46.2
5 - CO 2015	Misura complessiva	7200 s	---	Basso	a_{weq} [mm/s ²]	0.059	0.053	0.058
					Lw [dB]	35.6	34.5	35.4
				Alto	a_{weq} [mm/s ²]	0.23	-	0.084
					Lw [dB]	47.4	-	38.5
AO		7200 s	---	Basso	a_{weq} [mm/s ²]	0.05	0.042	0.046
					Lw [dB]	34.0	32.4	33.3

Rilievo	Evento	Durata	Distanza Fonte VIB-Strumento di misura	Piano	Parametro	Asse X	Asse Y	Asse Z
				Alto	a_{weq} [mm/s ²]	0.17	0.13	1.9
					Lw [dB]	44.5	42.6	65.4
					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 12 - Sintesi Risultati - VIB-SG-01

I rilievi svolti a giugno e a settembre 2015 mostrano gli incrementi maggiori nei livelli accelerometrici rispetto al rilievo AO, pur non determinando superamenti dei limiti normativi. In questi mesi, infatti, le attività di costruzione della viabilità connessa risultano nella fase più intensa.

Durante i primi 2 rilievi svolti nel punto, invece, le attività risultano in fase iniziale e non determinano grosse variazioni dei livelli accelerometrici rispetto alla fase AO.

Durante l'ultimo rilievo del 2015, svolto il 20 novembre, le attività di costruzione della viabilità connessa risultano afferenti principalmente al viadotto Lambro, localizzato a partire da circa 380 m dalla postazione di misura; i valori rilevati sono stati pertanto confrontabili con quelli rilevati in fase AO (si segnala che, in quest'ultimo rilievo, a causa di un problema tecnico al canale CH5 - asse Y, piano alto, i relativi dati non sono stati restituiti).

Non si registra alcun superamento dei limiti previsti dalla norma UNI 9614, mentre le analisi fatte rispetto alla UNI 9916 (edificio storico) hanno determinato valori inferiori alla soglia di rilevanza strumentale.

Relativamente al confronto con i valori limite del Regolamento di Igiene, dall'analisi dei valori riportati in allegato ai bollettini trimestrali si evidenzia come, non vi siano stati superamenti dei limiti previsti.

5.5 VIB-CS-21

La misura di rilevamento delle vibrazioni nel punto VIB-CS-21 è stata effettuata il 22/01/15 dalle 10.00 alle 12.00, il 17/06/15 dalle 10.00 alle 12.00 ed il 20/11/15 dalle 14.02 alle 16.02.

Nel punto VIB-CS-21 (Figura 8) 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 8 - Localizzazione terna al piano inferiore – VIB-CS-21

Durante il rilievo di CO 20154 effettuato a gennaio erano in corso le seguenti attività di cantiere:

- GA007 - Galleria Artificiale Cologno da prog. 27+386,44 a prog. 27+727,44: armatura, cassetta 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.

Durante il rilievo di CO 2015 effettuato a giugno erano in corso le seguenti attività di cantiere:

- Ripristino - sistemazione cantiere e realizzazione rotatoria su SP.
- Movimento terra da area di stoccaggio.

Durante il rilievo di CO 2015 effettuato a novembre erano in corso le seguenti attività di cantiere:

- Movimentazione mezzi di cantiere e finiture nuova rotatoria.

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
8 - CO 2015	Misura complessiva	14400 s	---	Basso	a_{weq}	-	-	-
					Lw [dB]	-	-	-
				Alto	a_{weq}	0.27	0.35	0.23
					Lw [dB]	48.5	50.9	47.2
9 - CO 2015	Misura complessiva	7200 s	---	Basso	a_{weq}	-	-	-
					Lw [dB]	-	-	-
				Alto	a_{weq}	0.43	0.32	0.31
					Lw [dB]	52.7	50.1	49.9
10 - CO 2015	Misura complessiva	7200 s	---	Basso	a_{weq}	-	-	-
					Lw [dB]	-	-	-
				Alto	a_{weq}	0.15	-	0.19
					Lw [dB]	43.5	-	45.7
AO		3600 s (da 12.00.00 a 13.00.00 del 29/01/14)	---	Basso	a_{weq}	-	-	-
					Lw [dB]	-	-	-
				Alto	a_{weq}	0.36	0.46	0.25
					Lw [dB]	51.2	53.2	47.9
					Valori (disturbo) a_{weq}	7.2	7.2	7.2
					Soglia di percezione [mm/s ²]	3.6	3.6	5
					Valori Lweq [dB]	77	77	77

Tabella 13 - Sintesi Risultati - VIB-CS-21

Durante la misura svolto il 22/01/15 le attività di cantiere più prossime al ricettore risultano localizzate in corrispondenza dell'area afferente alla Galleria Artificiale di Cologno. Le lavorazioni, di varia natura, sono state continuative per l'intero intervallo di monitoraggio e principalmente localizzate all'interno della galleria. La Time History mostra un andamento particolare per l'accelerometro collegato al canale CH5 (asse Y). I relativi valori sono infatti più elevati rispetto a quanto riscontrato sugli assi X e Z. I dati mostrano tuttavia livelli accelerometrici molto bassi, inferiori anche alle rilevazioni svolte in fase di AO equivalente.

Durante la misura svolta il 17/06/15 le attività di cantiere più prossime al ricettore risultano localizzate in corrispondenza della rotatoria sovrastante la Galleria Artificiale di Cologno. Le lavorazioni, di varia natura, sono state continuative per l'intero intervallo di monitoraggio. Si segnala in particolare l'utilizzo di un rullo compattatore (senza sistema vibrante attivo), azionato a partire dalle ore 10.45, la cui percezione strumentale non è tuttavia significativa. Non sono pertanto stati estrapolati dalla misura complessiva eventi specifici. I dati mostrano livelli accelerometrici più elevati di quanto rilevato in fase AO per i soli assi X e Z.

Durante la misura svolta il 20/11/15 i dati mostrano livelli accelerometrici inferiori a quanto rilevato in fase AO. Le attività di costruzione sono limitate a lavori di finitura della nuova viabilità prospiciente al ricettore monitorato che non determinano pertanto innalzamenti significativi. Si segnala che a causa di un problema tecnico al canale CH5 (asse Y, piano alto), i relativi dati non sono stati restituiti.

Non si registra, nel corso del 2015, alcun superamento dei limiti previsti dalla norma UNI 9614.

Relativamente al confronto con i valori limite del Regolamento di Igiene, dall'analisi dei valori riportati in allegato ai bollettini trimestrali si evidenzia come, non vi siano stati nel corso del 2015 superamenti dei limiti previsti.

6 CONCLUSIONI

Nella presente relazione sono stati presentati i risultati della campagna di monitoraggio della componente "Vibrazioni" relativi alla fase Corso Opera svolti nel 2015 in corrispondenza dei punti VIB-AB-01, VIB-GE-01, VIB-GO-01, VIB-SG-01 e VIB-CS-21. Durante le attività di rilievo non sono state individuate criticità rilevanti.

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 osservano, per quanto riguarda il Regolamento Locale di Igiene Tipo, valori che si avvicinano ai valori limite di alcune frequenze caratteristiche nel punto VIB-GE-01.

Verranno svolti nel corso del 2016 ulteriori rilievi nel punto VIB-SG-01, unico punto in corrispondenza del quale risultano lavorazioni residue.