

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA  
LEGGE OBIETTIVO N. 443/01  
LINEA A.V. /A.C. TORINO – VENEZIA Tratta MILANO – VERONA  
Lotto Funzionale Brescia-Verona  
PROGETTO DEFINITIVO**

**PROGETTO MONITORAGGIO AMBIENTALE  
COMPONENTE VIBRAZIONI**

PROGETTISTA INTEGRATORE  
saipem spa  
Tommaso Tarantè  
Dottore in Ingegneria Civile iscritto all'albo degli Ingegneri della Provincia di Milano al n. 42208/01 (Sez. A Settori 01 civile e ambientale) (in casella di dell'informazione) (in casella di dell'informazione)  
Tel. 02.52025500 Fax 02.52025509  
CF e P.IVA 08237460157

IL PROGETTISTA  
saipem spa  
Tommaso Tarantè  
Dottore in Ingegneria Civile iscritto all'albo degli Ingegneri della Provincia di Milano al n. 42208/01 (Sez. A Settori 01 civile e ambientale) (in casella di dell'informazione) (in casella di dell'informazione)  
Tel. 02.52025500 Fax 02.52025509  
CF e P.IVA 08237460157

ALTA SORVEGLIANZA



Verificato	Data	Approvato	Data

COMMESSA    LOTTO    FASE    ENTE    TIPO DOC.    OPERA/DISCIPLINA    PROGR.    REV.

I	N	0	5	0	0	D	E	2	R	H	A	R	0	0	0	3	0	0	4	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

PROGETTAZIONE GENERAL CONTRACTOR									Autorizzato/Data
Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Consorzio Cepav due Project Director (Ing. F. Lombardi) Data: _____
0	31.03.14	Emissione per CdS	M.T.	31.03.14	PADOVANI	31.03.14	LAZZARI	31.03.14	
1	01.07.14	Revisione per CdS	M.T.	01.07.14	PADOVANI	01.07.14	LAZZARI	01.07.14	

SAIPEM S.p.a. COMM. 032121

Data: 01.07.14

Doc. N.: IN0500DE2RHAR00030041



Progetto cofinanziato  
dalla Unione Europea

CUP: F81H91000000008

**INDICE**

<b>1. PREMESSA</b>	<b>3</b>
<b>2. QUADRO INFORMATIVO ESISTENTE</b>	<b>6</b>
<b>3. RIFERIMENTI NORMATIVI</b>	<b>6</b>
<b>4. MODALITA' DI MONITORAGGIO</b>	<b>17</b>
4.1 Acquisizione dati pregressi	17
4.2 Sopralluoghi preliminari	17
4.3 Individuazione dei punti di monitoraggio	18
4.4 Fissaggio dell'accelerometro agli elementi strutturali	18
4.5 Modalità di rilievo	19
4.6 Rilievo di altre informazioni	20
4.7 Memorizzazione dati	20
4.8 Strumentazione	20
4.8.1 Taratura della strumentazione	22
4.8.2 Calibrazione della strumentazione	22
4.9 Indicatori	22
4.9.1 Indicatori vibrazionali	22
4.9.2 Altre informazioni	24
4.10 Misure previste e criteri di individuazione dei punti di monitoraggio	24
4.11 Articolazione temporale delle misure	28
4.12 Localizzazione dei punti di monitoraggio	30
<b>5. DOCUMENTAZIONE PRODOTTA E SISTEMA INFORMATIVO</b>	<b>31</b>
5.1 Documentazione prodotta	31
5.2 Sistema informativo	32

Allegato n. 1 - Componente Vibrazioni - Elenco dei punti di monitoraggio



## 1. PREMESSA

Scopo del monitoraggio delle vibrazioni, coerentemente con le indicazioni delle Linee Guida per la predisposizione del PMA delle opere soggette a Valutazione di Impatto Ambientale, è quello di definire lungo il tracciato della nuova tratta AV/AC Milano – Verona, lotto funzionale Brescia-Verona, i livelli attuali di vibrazione (ante operam e ante esercizio, prima cioè della realizzazione della linea e della successiva entrata in funzione) e di seguirne l'evoluzione in fase di costruzione (corso d'opera, durante la fase realizzativa dell'intera linea) ed esercizio (funzionamento a regime della nuova linea ferroviaria), al fine di verificare le condizioni di criticità e la compatibilità con gli standard di riferimento.

Il monitoraggio sarà effettuato su recettori individuati nell'ambito di una fascia di territorio situata a cavallo della linea AV, ritenuta potenzialmente a rischio per le vibrazioni trasmesse.

In particolare, nella scelta delle aree da sottoporre a controllo, si sono considerati i seguenti fattori:

- livelli di emissione delle diverse sorgenti (convogli ferroviari, macchine di cantiere, ecc.);
- infrastrutture attualmente esistenti;
- geolitologia del terreno;
- tipologia e classe di sensibilità dei ricettori interessati.

Il monitoraggio ambientale delle vibrazioni sarà articolato su tre fasi temporali distinte:

### **ante operam (AO) / ante esercizio (AE)**

Tramite misure in campo sarà definito lo stato attuale dei livelli di vibrazione in quelle aree ritenute critiche per la presenza di infrastrutture in esercizio o comunque sorgenti significative. Le misure saranno precedute da sopralluoghi che certificheranno la presenza di livelli di vibrazione tali da giustificare l'effettuazione della misura in fase ante operam / ante esercizio. In ogni caso, le aree individuate, saranno poi oggetto di monitoraggio nelle fasi successive (*costruzione, esercizio*).

Le rilevazioni dovranno rappresentare il termine di confronto per i futuri livelli di vibrazione indotti da attività di cantiere, fronte avanzamento lavori e transito dei treni sulla nuova linea ferroviaria.



La fase *ante operam* si riferisce alle misure effettuate prima dell'inizio dei lavori e finalizzate al confronto con misure che saranno effettuate durante la fase realizzativa della linea, ovvero il cosiddetto corso d'opera; la fase *ante esercizio* si riferisce invece alle misure effettuate prima dell'entrata in funzione della nuova linea, e quindi del passaggio dei convogli ferroviari, e finalizzate ad un confronto con la situazione di esercizio della linea ferroviaria.

### **corso d'opera (CO)**

Saranno misurati e confrontati con la normativa e, dove previsto, con l'Ante Operam, i livelli di vibrazione su ricettori situati in prossimità dei cantieri o del fronte avanzamento lavori, prodotti dalle lavorazioni effettuate in tali aree.

### **post operam o di esercizio (ES)**

Saranno monitorate le immissioni di vibrazioni dovute al passaggio dei convogli ferroviari, su ricettori potenzialmente critici, allo scopo di valutare i cambiamenti rispetto alla fase pre-esercizio, caratterizzare la sorgente e verificare il rispetto dei limiti normativi in vigore.

Le verifiche riguarderanno gli effetti:

- di "annoyance" sulla popolazione;
- di interferenza con le attività produttive ad alta sensibilità;
- su emergenze archeologiche e beni monumentali di particolare rilevanza;
- sugli edifici, per quello che riguarda i possibili danni materiali alle strutture.

I valori rilevati in corrispondenza dei ricettori consentiranno in particolare di valutare il disturbo alle persone secondo le norme ISO2631/UNI9614<sup>1</sup>, i possibili danni alle strutture secondo la norma UNI9916, il possibile disturbo da rumore per conversione delle vibrazioni prodotte dai transiti ferroviari e l'efficacia degli interventi di mitigazione.

Alcune misure, inoltre, saranno condotte in corrispondenza di attività produttive presenti nell'ambito di influenza del progetto e particolarmente sensibili alle vibrazioni, al fine di verificare le possibili interferenze su tali attività.

<sup>1</sup> I limiti normativi e le curve di pesatura da applicarsi sugli spettri di accelerazione, definiti nella UNI 9614, sono in sostanziale accordo con quelli della ISO 2631 parte 2

Durante le attività di monitoraggio saranno rilevati, con strumentazione adeguata, gli spettri di accelerazione nella banda di frequenze:

- da 1 a 250 Hz per la valutazione del disturbo fisico sul corpo degli individui e per la valutazione di eventuali danni alle strutture;
- da 1 a 1000 Hz, in casi particolari, per la valutazione del rumore trasmesso per via strutturale, nel rispetto delle indicazioni del DPR 459/98, qualora più cautelativo.

La valutazione dell'annoyance sulla popolazione e la verifica del rispetto dei limiti imposti dalla ISO 2631/UNI 9614, garantiscono implicitamente l'assenza di interferenze con attività produttive particolarmente sensibili alle vibrazioni, oltre al rispetto dei limiti imposti dalla UNI 9916 per la valutazione dei danni alle strutture. Pertanto queste verifiche saranno eseguite solo in casi particolari (edifici molto prossimi alla linea, beni storico - monumentali di particolare rilevanza, ecc.).

Tutti gli elaborati di riferimento citati all'interno del documento sono da intendersi con codice commessa "IN05" in luogo di "A202".

## 2. QUADRO INFORMATIVO ESISTENTE

Al fine di sviluppare il Progetto di Monitoraggio Ambientale della componente Vibrazioni per la nuova tratta Milano – Verona sono stati considerati diversi documenti. Non sono stati presi in esame rilievi di vibrazioni effettuati da terzi nel territorio interessato dalla linea in quanto, allo stato attuale, non esistono dati relativi a campagne sperimentali di monitoraggio condotte in modo organico.

In particolare si è fatto riferimento ai seguenti documenti:

- Linea AV Milano - Napoli, tratta Milano – Bologna, “Progetto Monitoraggio Ambientale componente vibrazioni”, revisione 2003;
- Linea AV Milano - Napoli, tratta Milano – Bologna, Relazioni ante operam e corso d’opera, anni 2003 e 2004;
- Linea Torino – Venezia, tratta Milano – Verona, “Studio di Impatto Ambientale della linea ferroviaria Alta Velocità Milano – Verona”, 2003;
- Linea Torino – Venezia, tratta Milano – Verona, “Rumore e Vibrazioni schede di censimento dei Ricettori”, A20200DE2SHIM0006001;

## 3. RIFERIMENTI NORMATIVI

Le indagini per il monitoraggio della componente vibrazioni saranno effettuate secondo principi, metodi e strumenti conformi agli standard nazionali ed alle seguenti normative:

- UNI 9614 - Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo e successive revisioni;
- ISO 8041 - ENV 28041 - Risposta degli individui alle vibrazioni. Strumenti di misura
- UNI 9916 - Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici;

- UNI 11048 – Vibrazioni meccaniche ed urti – metodo di misura delle vibrazioni negli edifici al fine della valutazione del disturbo;
- ISO 2631 parti 1 e 2 - Valutazione dell'esposizione degli individui alle vibrazioni globali del corpo; Parte 1 – Requisiti generali; Parte 2 – Vibrazioni continue ed urti indotte in edifici (1-80 Hz);
- ISO 4866 Vibrazioni meccaniche ed urti - Vibrazioni di edifici - Guida per la misura di vibrazioni e valutazioni dei loro effetti sugli edifici;
- ISO 4865 Vibrazioni meccaniche ed urti - Metodi di analisi e presentazione dei dati;
- ISO 5347 - Metodi per la calibrazione dei rilevatori di vibrazioni e di urti;
- ISO 5348 - Montaggio meccanico degli accelerometri.

La valutazione dell'esposizione dell'uomo alle vibrazioni è contemplata nella ISO 2631; in particolare nella parte 2 si tratta l'esposizione umana alle vibrazioni all'interno degli edifici. In Italia l'UNI (Organismo di Normazione Nazionale) ha emanato la UNI 9614 che concorda nei contenuti con la ISO 2631/2. La valutazione delle vibrazioni come possibile causa di danni strutturali o architettonici agli edifici è guidata dalle norme ISO 4866 e dalla UNI 9916 che è in sostanziale accordo con la ISO 4866. Altra norma internazionale che permette di valutare gli effetti delle vibrazioni sugli edifici è la DIN 4150/3.

Si riporta di seguito una sintetica descrizione delle norme citate.

**Norma ISO 2631-2 “Evaluation of human exposure to whole-body vibration continuous and shock-induced vibrations in buildings (1 to 80 Hz)”.**

Considera due tipi di vibrazioni: continue ed intermittenti. Si applica a vibrazioni trasmesse da superfici solide lungo gli assi x, y e z per persone in piedi, sedute o coricate. La gamma di frequenze considerate va da 1 a 80 Hz. La grandezza per caratterizzare l'intensità del fenomeno vibratorio è l'accelerazione che viene espressa in termini di valore efficace (RMS):

$$a_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T a^2(t) \cdot dt}$$

dove:

$a(t)$  = accelerazione in funzione del tempo

$T$  = tempo di integrazione.

In generale<sup>2</sup>, i quattro parametri fisici per la determinazione del comportamento umano alle vibrazioni sono: l'intensità, la frequenza, la direzione e la durata (tempo di esposizione) delle vibrazioni.

La risposta allo stimolo vibratorio è riferita a tre tipi di reazione soggettiva:

- mantenimento dell'efficienza lavorativa;
- conservazione dello stato di salute e sicurezza;
- mantenimento del comfort;

per le quali sono stati stabiliti dei limiti di esposizione.

I limiti sono definiti a partire da curve di base, riportate nella tabella successiva, da applicarsi ad accelerazione e velocità misurate lungo l'asse z, gli assi x o y e o su tutti gli assi nel caso di posture non note o variabili.

La curva limite per posture non note o variabili tiene conto del fatto che, in alcuni casi (per esempio all'interno di edifici residenziali utilizzati da persone in piedi o coricate in diverse ore del giorno) non è possibile definire un asse specifico di vibrazione. Le curve di base, moltiplicate per i fattori riportati nella tabella successiva, definiscono i limiti da applicarsi per verificare il comfort degli individui all'interno di edifici.

**Tab. 3.1.1.A.: Valori numerici delle curve di base**

Frequenza [Hz]	Accelerazione (efficace) [m/s <sup>2</sup> ]			Velocità (efficace) [m/s]		
	Asse z	Assi x- y	Postura non nota	Asse z	Assi x- y	Postura non nota
1	1×10 <sup>-3</sup>	3.6×10 <sup>-3</sup>	3.6×10 <sup>-3</sup>	1.59×10 <sup>-4</sup>	5.73×10 <sup>-4</sup>	5.73×10 <sup>-4</sup>
1.25	8.9×10 <sup>-3</sup>	3.6×10 <sup>-3</sup>	3.6×10 <sup>-3</sup>	1.13×10 <sup>-4</sup>	4.58×10 <sup>-4</sup>	4.58×10 <sup>-4</sup>
1.6	8×10 <sup>-3</sup>	3.6×10 <sup>-3</sup>	3.6×10 <sup>-3</sup>	7.96×10 <sup>-4</sup>	3.58×10 <sup>-4</sup>	3.58×10 <sup>-3</sup>
2.0	7×10 <sup>-3</sup>	3.6×10 <sup>-3</sup>	3.6×10 <sup>-3</sup>	5.57×10 <sup>-4</sup>	2.87×10 <sup>-4</sup>	2.87×10 <sup>-4</sup>
2.5	6.3×10 <sup>-3</sup>	4.51×10 <sup>-3</sup>	3.72×10 <sup>-3</sup>	4.01×10 <sup>-4</sup>	2.87×10 <sup>-4</sup>	2.37×10 <sup>-4</sup>
3.2	5.7×10 <sup>-3</sup>	5.68×10 <sup>-3</sup>	3.87×10 <sup>-3</sup>	2.88×10 <sup>-4</sup>	2.87×10 <sup>-4</sup>	1.95×10 <sup>-4</sup>
4.0	5×10 <sup>-3</sup>	7.21×10 <sup>-3</sup>	4.07×10 <sup>-3</sup>	1.99×10 <sup>-4</sup>	2.87×10 <sup>-4</sup>	1.62×10 <sup>-4</sup>
5.0	5×10 <sup>-3</sup>	9.02×10 <sup>-3</sup>	4.3×10 <sup>-3</sup>	1.59×10 <sup>-4</sup>	2.87×10 <sup>-4</sup>	1.36×10 <sup>-4</sup>
6.3	5×10 <sup>-3</sup>	1.14×10 <sup>2</sup>	4.6×10 <sup>-3</sup>	1.26×10 <sup>-4</sup>	2.87×10 <sup>-4</sup>	1.16×10 <sup>-4</sup>
8.0	5×10 <sup>-3</sup>	1.44×10 <sup>2</sup>	5×10 <sup>-3</sup>	9.95×10 <sup>-5</sup>	2.87×10 <sup>-4</sup>	9.95×10 <sup>-5</sup>
10.0	6.3×10 <sup>-3</sup>	1.8×10 <sup>2</sup>	6.3×10 <sup>-3</sup>	9.95×10 <sup>-5</sup>	2.87×10 <sup>-4</sup>	9.95×10 <sup>-5</sup>
12.5	7.81×10 <sup>-3</sup>	2.25×10 <sup>2</sup>	7.8×10 <sup>-3</sup>	9.95×10 <sup>-5</sup>	2.87×10 <sup>-4</sup>	9.95×10 <sup>-5</sup>
16.0	1×10 <sup>2</sup>	2.89×10 <sup>2</sup>	1×10 <sup>3</sup>	9.95×10 <sup>-5</sup>	2.87×10 <sup>-4</sup>	9.95×10 <sup>-5</sup>
20.0	1.25×10 <sup>2</sup>	3.61×10 <sup>2</sup>	1.25×10 <sup>2</sup>	9.95×10 <sup>-5</sup>	2.87×10 <sup>-4</sup>	9.95×10 <sup>-5</sup>
25.0	1.56×10 <sup>2</sup>	4.51×10 <sup>2</sup>	1.56×10 <sup>2</sup>	9.95×10 <sup>-5</sup>	2.87×10 <sup>-4</sup>	9.95×10 <sup>-5</sup>
31.5	1.97×10 <sup>2</sup>	5.68×10 <sup>2</sup>	1.97×10 <sup>2</sup>	9.95×10 <sup>-5</sup>	2.87×10 <sup>-4</sup>	9.95×10 <sup>-5</sup>
40.0	2.5×10 <sup>2</sup>	7.21×10 <sup>2</sup>	2.5×10 <sup>2</sup>	9.95×10 <sup>-5</sup>	2.87×10 <sup>-4</sup>	9.95×10 <sup>-5</sup>

<sup>2</sup> I requisiti generali sono descritti dalla ISO 2631/1

Frequenza [Hz]	Accelerazione (efficace) [m/s <sup>2</sup> ]			Velocità (efficace) [m/s]		
	Asse z	Assi x- y	Postura non nota	Asse z	Assi x- y	Postura non nota
50.0	$3.13 \times 10^{-2}$	$9.02 \times 10^{-2}$	$3.13 \times 10^{-2}$	$9.95 \times 10^{-5}$	$2.87 \times 10^{-4}$	$9.95 \times 10^{-5}$
63.0	$3.94 \times 10^{-2}$	$1.14 \times 10^{-1}$	$3.94 \times 10^{-2}$	$9.95 \times 10^{-5}$	$2.87 \times 10^{-4}$	$9.95 \times 10^{-5}$
80.0	$5 \times 10^{-2}$	$1.44 \times 10^{-1}$	$5 \times 10^{-2}$	$9.95 \times 10^{-5}$	$2.87 \times 10^{-4}$	$9.95 \times 10^{-5}$

Tab. 3.1.1.B.: Fattori di moltiplicazione delle curve di base

Luogo	Periodo	Vibrazioni continue o intermittenti	Eccitazioni da vibrazioni impulsive, che si producono più volte nel giorno
Zone critiche di lavoro (quali: sale chirurgiche d'ospedali, laboratori di precisione, ecc.)	Giorno	1	1
	Notte		
Residenze	Giorno	2 ÷ 4	30 ÷ 90
	Notte	1.4	1.4 ÷ 20
Uffici	Giorno	4	60 ÷ 128
	Notte		
Luoghi di lavoro	Giorno	8	90 ÷ 128
	Notte		

I limiti per quanto riguarda la risposta umana alle vibrazioni all'interno di edifici tengono pertanto conto del periodo del giorno, del tipo di vibrazione e distinguono tra i diversi tipi di insediamento.

I risultati delle misure, devono essere confrontati con la curva base di riferimento, moltiplicata per il corretto fattore moltiplicativo; il confronto può essere effettuato o singolarmente su tutti i valori ottenuti su ciascuna banda dello spettro o sul valore globale, pesato secondo le curve di ponderazione riportate nella seguente tabella.

Le curve di ponderazione devono essere applicate ai livelli misurati lungo l'asse z, gli assi x-y o su tutti gli assi, nel caso di posture non note o variabili.

**Tab. 3.1.1.C.: Attenuazione dei filtri di ponderazione**

<i>Frequenza [Hz]</i>	<i>Asse z [dB]</i>	<i>Assi x- y [dB]</i>	<i>Postura non nota o variabile<sup>3</sup> [dB]</i>
1	6	0	0.1
1.25	5	0	0.2
1.6	4	0	0.3
2.0	3	0	0.5
2.5	2	2	0.8
3.2	1	4	1.2
4.0	0	6	1.8
5.0	0	8	2.5
6.3	0	10	3.6
8.0	0	12	4.8
10.0	2	14	6.2
12.5	4	16	7.8
16.0	6	18	9.6
20.0	8	20	11.4
25.0	10	22	13.2
31.5	12	24	15.1
40.0	14	26	17.2
50.0	16	28	19.1
63.0	18	30	21.1
80.0	20	32	23.1

<sup>3</sup> La curva di ponderazione per postura non nota o variabile è calcolata a partire dalla relazione

$$\text{Attenuazione} = \sqrt{1 + (f/5.6)^2} \quad \text{dove } f \text{ è la frequenza di banda considerata}$$



### **Norma UNI 9614 - “Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo”.**

I contenuti di questa norma sono sostanzialmente analoghi a quelli della ISO 2631/2 anche se il testo e l'articolazione dei paragrafi differiscono a volte notevolmente. Nella norma UNI sono riportate indicazioni supplementari riguardanti le vibrazioni residue, la valutazione del disturbo dovuta a vibrazioni di livello non costante e a vibrazioni prodotte da veicoli ferroviari.

Rispetto alla norma ISO variano anche le definizioni delle tipologie di vibrazione.

Le vibrazioni immesse in un edificio possono essere definite:

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

La soglia di percezione delle vibrazioni si pone a  $5,0 \cdot 10^{-3}$  m/s<sup>2</sup> (74 dB) per l'asse z e a  $3,6 \cdot 10^{-3}$  m/s<sup>2</sup> (71dB) per gli assi x e y (valori di accelerazione ponderata in frequenza).

A partire da tali valori vengono definiti i limiti da applicarsi alle accelerazioni complessive ponderate in frequenza che riportiamo nella tabella 3.1.2.A seguente.

Nel caso di posture non note o variabili, i livelli di accelerazioni globali, ponderati in frequenza, devono essere confrontati con i limiti più restrittivi, ossia quelli definiti lungo gli assi x ed y.

Nel caso di edifici residenziali, il confronto deve essere su limiti differenziati per il periodo diurno e notturno, di cui è definita la durata:

- *Periodo diurno*: dalle 7:00 alle 22:00,
- *Periodo notturno*: dalle 22:00 alle 7:00.

**Tab. 3.1.2.A.: Limiti delle acc. totali ponderate in frequenza, di livello costante e non**

Destinazione d'uso	Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ]	La [dB]
<i>Asse z</i>		
Aree critiche	5.0×10 <sup>-3</sup>	74
Abitazioni (Notte)	7.0×10 <sup>-3</sup>	77
Abitazioni (Giorno)	10.0×10 <sup>-3</sup>	80
Uffici	20.0×10 <sup>-3</sup>	86
Fabbriche	40.0×10 <sup>-3</sup>	92
<i>Assi x e y</i>		
Aree critiche	3.6×10 <sup>-3</sup>	71
Abitazioni (Notte)	5.0×10 <sup>-3</sup>	74
Abitazioni (Giorno)	7.0×10 <sup>-3</sup>	77
Uffici	14.4×10 <sup>-3</sup>	83
Fabbriche	28.8×10 <sup>-3</sup>	89

Nella norma vengono infine definite delle curve di ponderazione da applicarsi ai livelli misurati lungo l'asse z, gli assi x-y o su tutti gli assi, nel caso di posture non note o variabili. Le curve di ponderazione per gli assi x, y e z sono le stesse definite nella ISO 2631; la curva per postura non nota o variabile corrisponde in linea di massima a quella della ISO 2631, arrotondata per difetto alla prima cifra decimale.

**Tab. 3.1.2.B.: Attenuazione filtri di ponderazione**

<i>Frequenza</i> [Hz]	<i>Asse z</i> [dB]	<i>Assi x- y</i> [dB]	<i>Postura non nota o variabile</i> [dB]
1	6	0	0
1.25	5	0	0
1.6	4	0	0
2.0	3	0	0
2.5	2	2	0.5
3.2	1	4	1
4.0	0	6	1.5
5.0	0	8	2
6.3	0	10	2.5
8.0	0	12	3
10.0	2	14	5
12.5	4	16	7
16.0	6	18	9
20.0	8	20	11
25.0	10	22	13
31.5	12	24	15
40.0	14	26	17
50.0	16	28	19
63.0	18	30	21
80.0	20	32	23



### Norme ISO 4866 e UNI 9916.

La norma ISO 4866 “Mechanical vibration and shock. Vibration of buildings. Guidelines for the measurement of vibrations and evaluation of their effects on buildings” e la norma UNI 9916 “Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazione sugli edifici” sono in sostanziale accordo tra loro e sono pertanto descritte assieme.

Queste due norme stabiliscono i criteri e forniscono una guida per la scelta di appropriati metodi di misura, di trattamento dei dati e di valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici, con riferimento alla loro risposta strutturale ed integrità architettonica.

Un altro scopo descritto nelle norme è quello di ottenere dati comparabili sulle caratteristiche delle vibrazioni rilevati in tempi diversi su uno stesso edificio, o su edifici diversi a parità di sorgente di eccitazione, nonché di fornire criteri di valutazione degli effetti delle vibrazioni medesime.

Per semplicità, sono considerate gamme di frequenza variabili da 0,1 a 150 Hz. Tale intervallo interessa una grande casistica di edifici e di elementi strutturali di edifici sottoposti ad eccitazione naturale (vento, terremoti, ecc.) nonché ad eccitazione causata dall'uomo (traffico, attività di costruzione, ecc.).

In alcuni casi l'intervallo di frequenza delle vibrazioni può essere più ampio (per esempio vibrazioni indotte da macchinari all'interno degli edifici): tuttavia eccitazioni con contenuto in frequenza superiore a 150 Hz non sono tali da influenzare significativamente la risposta dell'edificio.

Gli effetti di danno a carico delle strutture vengono classificati secondo tre livelli:

1) Danno di soglia: formazione di fessure filiformi sulle superfici dei muri a secco o accrescimento di fessure già esistenti sulle superfici in gesso o sulle superfici di muri a secco; inoltre formazioni di fessure filiformi nei giunti di malta delle costruzioni in muratura di mattoni. Possono verificarsi per vibrazioni di piccola durata, con frequenze maggiori di 4 Hz e velocità di vibrazione di 4÷50 mm/s, e per vibrazioni continue, con velocità di 2÷5 mm/s.

2) Danno minore: formazione di fessure più aperte, distacco e caduta di gesso o di pezzi di intonaco di muri a secco; formazione di fessure in murature di mattoni.

Possono verificarsi per:

a) vibrazioni di piccola durata con frequenze superiori a 4 Hz nel campo di velocità vibrazione compreso tra 20÷100 mm/s;



b) vibrazioni continue associate a velocità di 3÷10 mm/s.

3) Danno maggiore: danneggiamento di elementi strutturali; fessure nei pilastri; aperture di giunti; serie di fessure nei blocchi di muratura.

Possono verificarsi per:

a) vibrazioni di piccola durata con frequenze superiori a 4 Hz e velocità vibrazionale tra 20÷200 mm/s;

b) vibrazioni continue associate a velocità di 5÷20 mm/s.

In fondo alla norma sono riportate due appendici; la prima costituisce una guida semplificata e utile per classificare gli edifici secondo la loro probabile reazione alle vibrazioni meccaniche trasmesse attraverso il terreno.

Nell'ambito di questa classificazione, un sistema dinamico è costituito dal terreno e dallo strato di base (magrone) sul quale si trovano le fondazioni (se esistono) oltre che la struttura medesima dell'edificio. Si considerano 14 categorie semplificate tenendo conto dei seguenti fattori:

- il tipo di costruzione,
- il tipo di fondazione,
- il tipo di terreno,
- fattori d'importanza sociale.

La seconda appendice fornisce una succinta rassegna di dati, tratti da normativa o letteratura, inerenti i livelli di vibrazione ritenuti accettabili per le costruzioni.

### **DIN 4150/3 "Eschütterungen im Bauwesen. Entwirklungen auf bauliche Anlagen".**

La norma DIN 4150 è divisa in tre parti come la ISO 2631.

La terza parte di questa norma riguarda la determinazione e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici.

Numerose misure di velocità di vibrazione hanno permesso di definire valori di velocità ammissibili:

**Tab. 3.1.4.A.: Valori numerici delle velocità ammissibili**

CATEGORIA	TIPI DI STRUTTURE	VELOCITA' DI VIBRAZIONE [mm/s] <sup>4</sup>			
		Misura alla fondazione Campi di freq. (Hz)			Misura al pavimento dell'ultimo piano Frequenze diverse
		>10	10-50	50-100 <sup>5</sup>	
1	Edifici utilizzati per scopi commerciali, edifici industriali e simili	20	20-40	40-50	40
2	Edifici residenziali e simili	5	5-15	15-20	15
3	Strutture particolarmente sensibili alle vibrazioni, non rientranti nelle categorie precedenti e di grande valore intrinseco	3	3-8	8-20	8

a) velocità massime ammissibili per vibrazioni transitorie

- sull'edificio (nel suo complesso) : non determinabile data la grande dispersione dei valori e delle casistiche;
- sui pavimenti:  $v < 20$  mm/s in direzione verticale nel punto di massima vibrazione;

b) velocità massime ammissibili per vibrazioni stazionario

- sull'edificio (nel suo complesso):  $v < 5$  mm/s in direzione orizzontale misurata all'ultimo piano;
- sui pavimenti:  $v < 10$  mm/s in direzione verticale nel punto di massima vibrazione.

La norma indica anche le modalità di verifica di resistenza al massimo sforzo di flessione, ricavato a partire dalla misura della massima velocità di vibrazione.

#### **Norma UNI ENV 28041 - ISO 8041.**

Il testo della norma internazionale ISO 8041:1990 è stato approvato dal CEN come norma europea sperimentale ENV 28041 senza alcuna modifica.

La norma in oggetto definisce la strumentazione per la misurazione delle vibrazioni secondo il metodo fornito dalla ISO 2631.1, in un intervallo di frequenze definite, allo scopo di determinare le vibrazioni nello stesso modo con cui vengono percepite dagli esseri umani. Essa si applica alla strumentazione per misurazioni trasmesse al sistema mano-braccio e/o di

<sup>4</sup> Si intende la massima delle tre componenti della velocità nel punto di misure.

<sup>5</sup> Per frequenze maggiori di 100 Hz possono applicarsi i valori riportati in questa colonna.

vibrazioni trasmesse al corpo intero. Per altri metodi di misurazione si rimanda alla ISO 2631 ed alla ISO 5349. Vengono inoltre definite le prove elettriche, vibratorie e ambientali, destinate a verificare la conformità con le caratteristiche specificate, ed il metodo per la calibrazione della sensibilità.

Scopo della norma è di garantire la coerenza e la compatibilità dei risultati e la riproducibilità delle misurazioni eseguite con strumenti differenti utilizzando tale metodo di misurazione.

La strumentazione per la misura delle vibrazioni è generalmente una combinazione di un trasduttore di vibrazioni, un amplificatore con una determinata ponderazione in frequenza e un dispositivo rilevatore-integratore con caratteristiche definite.

Le caratteristiche specificate nella norma sono rappresentate da:

- a) caratteristiche di ponderazione in frequenza;
- b) la banda passante;
- c) le caratteristiche di ponderazione nel tempo del rilevato e dell'indicatore;
- d) la sensibilità ai diversi fattori ambientali.

Per quanto riguarda l'analisi spettrale, sono specificate le caratteristiche dei filtri da applicarsi.

#### 4. MODALITA' DI MONITORAGGIO

Le modalità di monitoraggio saranno sostanzialmente le stesse nelle differenti fasi (ante operam / ante esercizio, costruzione ed esercizio) e saranno costituite da sopralluoghi e da misure dei livelli vibrazionali su quei ricettori prossimi a sorgenti significative (in AO / AE) oppure critici in relazione alle attività di costruzione (CO) e di esercizio (ES) della linea.

Prima dell'inizio delle attività di misura, saranno effettuate indagini preliminari volte ad acquisire i dati esistenti ed a verificare e caratterizzare le postazioni di misura.

In linea generale, le fasi che si seguiranno per la caratterizzazione dei recettori e per effettuare le misure sui punti individuati, sono quelle descritte nei paragrafi che seguono.

##### 4.1 Acquisizione dati pregressi

Verranno acquisiti gli eventuali rilievi di vibrazioni effettuati da terzi successivamente all'emissione del presente documento. Saranno effettuate ricerche bibliografiche sulla geolitologia del territorio di interesse in prossimità dei punti di monitoraggio nonché l'escursione termica giornaliera nei diversi mesi al fine di individuare i periodi in cui saranno da evitare le misure per terreno gelato.

##### 4.2 Sopralluoghi preliminari

In questa fase viene verificata la presenza di sorgenti significative esistenti e successivamente la fattibilità delle misure nelle stazioni di monitoraggio individuate, sia dal punto di vista dei fattori ambientali che possono influenzare i rilievi che da quello del posizionamento della strumentazione.

A questo proposito, sono presi accordi o acquisiti permessi per effettuare le misure all'interno di edifici pubblici o di proprietà private. Qualora non si riescano ad effettuare le misure su una postazione nell'ambito del punto di rilievo definito, viene individuato un nuovo punto di monitoraggio, che si trovi il più vicino possibile alla sorgente di vibrazione da indagare ed al punto prima individuato.

Nel corso del sopralluogo si caratterizza la postazione di misura definendone tutti i dati anagrafici per la sua identificazione univoca.

Particolare attenzione è dedicata al rilevamento delle caratteristiche strutturali degli edifici che possono trasmettere, amplificare o attenuare il fenomeno vibratorio.

Per poter descrivere in maniera adeguata e valutare correttamente gli effetti delle vibrazioni si opera una classificazione degli edifici sulla base degli elementi descritti nelle ISO 9916, che



concorrono a determinare la reazione di una struttura sottoposta agli effetti delle vibrazioni meccaniche.

Questi sono:

- categoria della struttura;
- fondazioni;
- natura del terreno.

Infine si verifica la eventuale presenza di nuove sorgenti di vibrazioni sul territorio interessato dal monitoraggio oltre a quelle già previste ed individuate.

Le informazioni così ottenute saranno inserite in appositi campi delle schede “anagrafiche” di ogni rispettivo ricettore.

#### **4.3 Individuazione dei punti di monitoraggio**

Con riferimento ai criteri assunti descritti nel seguito, sono individuate le postazioni di monitoraggio in corrispondenza dei recettori che potrebbero rivelarsi particolarmente sensibili (edifici abitati, capannoni industriali, siti archeologici, beni storico - monumentali).

#### **4.4 Fissaggio dell’accelerometro agli elementi strutturali**

Il fissaggio dei trasduttori agli elementi strutturali degli edifici sarà conforme alle indicazioni del costruttore o alla norma ISO 5348 per gli accelerometri<sup>6</sup>. Le modalità adottate saranno indicate nel rapporto di prova.

Nei limiti del possibile dovranno essere evitati elementi di supporto del trasduttore; in ogni caso l’elemento di supporto deve potersi considerare rigido nel campo di frequenze di interesse. Esso può essere fissato all’elemento strutturale per mezzo di viti o resine incollanti ad essiccazione rapida.

Il fissaggio diretto del captatore è sempre preferibile. Sono ammessi il collegamento meccanico con vite, l’incollaggio ed il fissaggio magnetico; in ogni caso il metodo adottato non deve causare alterazioni della grandezza da misurare nel campo di frequenza di interesse.

Per valutare la risposta globale della struttura i trasduttori non devono essere fissati vicino o in corrispondenza di punti singolari, ossia di zone della struttura ove variazioni di rigidezza locali, discontinuità accentuate od altro possono influire in modo significativo sulla risposta misurata.

<sup>6</sup> UNI ISO 5348:1991 Vibrazioni meccaniche ed urti. Montaggio meccanico degli accelerometri



a) **Edifici residenziali:** l'accelerometro sarà fissato in modo differente alla struttura da monitorare in relazione alle necessità specifiche del rilevamento, in generale nel centro dell'ambiente nel quale vengono condotte le misure. In particolare sarà opportuno – quando possibile – individuare lo schema strutturale degli orizzontamenti identificando le campate dei solai e disponendo quindi i sensori in corrispondenza della mezzeria degli stessi solai (ove sono attese le massime vibrazioni per la componente verticale). Si eviteranno pavimenti rivestiti con moquette, linoleum o palchetti in legno ancorati su sottostrutture lignee, al fine di garantire il migliore risultato nella trasduzione del segnale, in quanto il medesimo non viene filtrato da una eventuale risonanza massa-molla. Potranno essere utilizzati sensori triassiali oppure 3 sensori monoassiali disposti secondo le tre componenti ortogonali di accelerazione. In quest'ultimo caso i sensori potranno essere fissati ad un blocco di acciaio del peso di circa 10-15 kg dotato di viti filettate i cui assi coincidono con la terna cartesiana di riferimento. Il blocco di acciaio verrà semplicemente appoggiato al solaio, verificando la messa in bolla del blocco.

b) **Edifici industriali:** i criteri di fissaggio del trasduttore al basamento della macchina o del locale dipenderanno dalle specifiche condizioni operative e dalle caratteristiche del basamento o del locale stesso. Per quanto attiene il posizionamento dei sensori vale quanto indicato con riferimento agli edifici residenziali.

c) **Siti archeologici e beni storico - monumentali:** in corrispondenza dei punti di monitoraggio in esterno (reperti archeologici, siti storico - monumentali, etc.) il sensore verrà fissato ad un blocco di acciaio del peso di circa 10-15 kg dotato di viti filettate o altri dispositivi i cui assi coincidono con la terna cartesiana di riferimento. Il blocco di acciaio sarà semplicemente appoggiato al suolo, in zona piana, avendo cura di eliminare lo strato vegetale eventualmente presente, oppure sulla struttura muraria facente parte del bene archeologico o storico - monumentale.

#### 4.5 Modalità di rilievo

Nell'ambito di ciascuna fase di monitoraggio, le misure potranno avere differente durata come descritto al successivo paragrafo "Articolazione temporale delle misure".

I rilievi sono eseguiti tenendo presente che:

- All'inizio di ogni rilievo si procede innanzitutto alla definizione del campo dinamico di misura con delle registrazioni di livelli di vibrazione nelle 3 direzioni ortogonali quindi si effettua la misura del segnale.
- Gli indicatori rilevati durante le misure, sono quelli elencati al successivo paragrafo "Indicatori" ed in particolare vengono acquisiti i valori di accelerazione efficace, globale e per bande d'ottava.
- La calibrazione dell'intera catena di misura è effettuata all'inizio di ogni giornata di misure ed ogni qual volta possa servire (cambio cassette nel DAT, urto accidentale dell'accelerometro, ecc.).

Le misurazioni che saranno effettuate nella fase di corso d'opera (vibrazioni da attività di cantiere e di linea) avranno una durata di 12 o 24 ore a seconda che l'attività monitorata venga effettuata solo durante il periodo diurno oppure prosegua in quello notturno.

In fase di esercizio le misure sui ricettori dovranno registrare almeno 10 transiti della tipologia di treno più impattante, ovvero del "treno progetto" (eurostar oppure intercity).

#### 4.6 Rilievo di altre informazioni

Al fine di associare i singoli eventi alle misure saranno inoltre rilevate le lavorazioni impattanti, i flussi di traffico veicolare/ferroviario e le caratteristiche di altre potenziali sorgenti di vibrazioni nel periodo di registrazione prescelto. I dati saranno inseriti nelle schede di monitoraggio che verranno compilate per ogni campagna di misura.

#### 4.7 Memorizzazione dati

Le misure di vibrazione ed i dati rilevati sono memorizzati su supporto informatico e successivamente inserite in un database, analizzate ed elaborate.

Relativamente ad ogni fase di monitoraggio, in corrispondenza di ciascuna sezione o postazione di misura sono quindi compilate le schede di monitoraggio che saranno allegate alle relazioni e ai bollettini emessi periodicamente.

#### 4.8 Strumentazione

I sensori di misura sono trasduttori atti a misurare grandezze fisiche (siano esse cinematiche, meccaniche o di altro tipo) sia in campo statico sia in campo dinamico.

Generalmente il trasduttore è collegato ad un circuito elettronico di condizionamento in grado di fornire un segnale elettrico legato alla grandezza da misurare; il segnale può essere acquisito e registrato per le necessarie elaborazioni.

La catena complessiva di misura (trasduttori, apparecchi per il condizionamento del segnale ed il sistema di registrazione dati) deve essere calibrata in accordo con le specifiche del costruttore od alla norma ISO 5347<sup>7</sup>. Nel rapporto di prova dovrà essere completamente descritta la catena di misura ed acquisizione dati e dovranno essere precisate le caratteristiche di risposta in frequenza del sistema di misura completo.

La catena di misura si compone usualmente di:

- Accelerometri monoassiali/triassiali;
- Amplificatore di carica;
- Analizzatore di spettro in tempo reale o registratore magnetico DAT;
- PC portatile<sup>8</sup>;
- Software dedicato per l'acquisizione dati.

Per ogni sensore e per il relativo circuito di condizionamento occorre siano definite e note le caratteristiche prestazionali, in particolare:

- curva di taratura;
- la risposta in frequenza del sistema trasduttore + unità di condizionamento;
- campo di misura;
- sensibilità;
- linearità;
- precisione;
- tensione di alimentazione.

Oltre alle caratteristiche dei sensori, rivestono importanza anche quelle relative all'intera catena di misura; in particolare:

- le caratteristiche dei cavi;
- la schermatura e la messa a terra (es: congruenza tra i riferimenti di massa);
- le caratteristiche degli amplificatori e dei filtri (se necessari);

<sup>7</sup> UNI ISO 5347:1993 Metodi per la taratura di trasduttori di urti e vibrazioni

<sup>8</sup> La registrazione del segnale può avvenire o su DAT o su PC o su entrambi

- la distanza tra i trasduttori e le unità di condizionamento (eventualità di adottare captatori alimentati in corrente, ripetitori di segnale);
- la protezione delle unità di condizionamento e dei sistemi di acquisizione.

#### 4.8.1 Taratura della strumentazione

Gli strumenti di misura utilizzati saranno corredati da certificato di taratura rilasciato da laboratorio qualificato secondo le norme UNI ISO 5347:1993.

#### 4.8.2 Calibrazione della strumentazione

La calibrazione della catena di misura sarà svolta utilizzando appositi calibratori tarati. Il modo più comodo per eseguire in campo il controllo periodico della calibrazione consiste nell'impiego di una sorgente di vibrazione calibrata alimentata a batteria.

Qualora sia utilizzata un sistema di registrazione e di riproduzione, i segnali di calibrazione saranno registrati.

### 4.9 Indicatori

#### 4.9.1 Indicatori vibrazionali

##### Grandezze di base

Le vibrazioni che si propagano attraverso un mezzo elastico possono essere caratterizzate attraverso tre grandezze di base:

- il vettore *spostamento*,  $\mathbf{s} = (s_x \quad s_y \quad s_z)$ , misurato in m;
- il vettore *velocità*,  $\mathbf{v} = (v_x \quad v_y \quad v_z)$ , misurato in m/s;
- il vettore *accelerazione*,  $\mathbf{a} = (a_x \quad a_y \quad a_z)$ , misurato in m/s<sup>2</sup>.

Queste grandezze possono alternativamente essere espresse, invece che in m, m/s, m/s<sup>2</sup>, come livelli in dB rispetto a dei valori di riferimento, secondo le seguenti espressioni<sup>9</sup>:

$$L_s = 20 \cdot \text{Log} \frac{s}{s_0} \quad s_0 = 10^{-12} \text{ m} \quad \text{Livello di spostamento in dB}$$

<sup>9</sup> Queste definizioni possono essere applicate a ciascuna componente delle grandezze considerate così come ai loro valori efficaci, la cui definizione è data nel paragrafo successivo, ecc..

$$L_v = 20 \cdot \text{Log} \frac{v}{v_0} \quad v_0 = 10^{-9} \text{ m/s} \quad \text{Livello di velocità in dB}$$

$$L_a = 20 \cdot \text{Log} \frac{a}{a_0} \quad a_0 = 10^{-6} \text{ m/s}^2 \quad \text{Livello di accelerazione in dB}$$

Durante l'esecuzione del monitoraggio, la grandezza di base, che sarà rilevata per caratterizzare l'intensità delle vibrazioni, sarà l'accelerazione.

In situazioni specifiche (per esempio per la valutazione dei danni agli edifici), potranno inoltre essere misurate, tramite integrazione diretta del segnale proveniente dall'accelerometro, la velocità e/o lo spostamento.

### Valori efficaci di accelerazione, velocità, spostamento

Le vibrazioni verranno caratterizzate attraverso la misura del valore efficace o valore quadratico medio (RMS - Root Mean Square) di accelerazione e/o velocità e spostamento.

Il valore efficace dell'accelerazione è definito come:

$$a_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [a(t)]^2 \cdot dt}$$

dove  $a(t)$  è il valore istantaneo dell'accelerazione e  $T$  è il tempo di integrazione<sup>10</sup>.

In modo analogo, il livello di accelerazione è definito come:

$$L_{RMS} = 10 \cdot \text{Log} \left[ \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [a(t)/a_0]^2 \cdot dt} \right]$$

In modo analogo vengono definiti anche i valori efficaci di velocità e spostamento.

### Accelerazione equivalente ponderata

Durante il monitoraggio saranno valutate, in un intervallo di tempo rappresentativo, l'accelerazione equivalente o il livello equivalente dell'accelerazione, ponderati secondo la curva definite nella norme ISO 2631 o UNI 9614 e definiti come:

$$a_{w,eq} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [a_w(t)]^2 \cdot dt} \quad L_{w,eq} = 10 \cdot \text{Log} \left[ \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [a_w(t)/a_0]^2 \cdot dt} \right]$$

<sup>10</sup> Il tempo di integrazione  $T$  può coincidere sia con la costante di tempo impostata sullo strumento di misura (per es. 125 ms) che con un intervallo di tempo significativo (per es. il passaggio di un treno) dal punto di vista del fenomeno vibratorio. In questo secondo caso, l'accelerazione efficace viene denominata anche accelerazione equivalente.

dove:

$a_w(t)$  è l'accelerazione complessiva ponderata in frequenza

$T$  è la durata del rilievo.

#### 4.9.2 Altre informazioni

Durante l'esecuzione delle misure, per ciascuna postazione e per ogni fase di monitoraggio, saranno rilevate anche le seguenti informazioni:

- lavorazioni effettuate nei cantieri;
- lavorazioni effettuate lungo la linea;
- traffico su infrastrutture stradali (flussi veicoli pesanti e leggeri, distanza minima dell'infrastruttura dal ricettore, ecc.) e ferroviarie ( numero e composizione dei treni transitati, tipologia, distanza dal ricettore, ecc.).

Il rilievo del traffico in prossimità di sorgenti veicolari o ferroviarie potrà essere effettuato tramite l'impiego di una telecamera ed un sistema di fotocellule, con un sistema di spire (da adottarsi per il rilievo del solo traffico stradale) o con altra metodica.

#### 4.10 Misure previste e criteri di individuazione dei punti di monitoraggio

I punti di monitoraggio delle vibrazioni sono stati individuati nell'ambito delle aree potenzialmente impattate durante la fase di costruzione e di esercizio della linea ad alta velocità / alta capacità, ovvero aree in cui più probabilmente potrebbero essere raggiunti i limiti di accelerazione globale ponderata indicati dalla norma UNI 9614.

I recettori in cui sono stati posizionati i punti di monitoraggio sono stati scelti in base a:

- distanza dalla sorgente (massimo 200 m);
- presenza di cantieri operativi limitrofi agli edifici;
- presenza di attività particolarmente impattanti lungo linea ed in corrispondenza di edifici abitati;
- presenza di siti archeologici o beni storico - monumentali ricadenti in una fascia di 200 m dalla linea;
- probabile esposizione alle vibrazioni indotte dal passaggio del treno (distanza massima 200 m).



Le distanze sono da intendersi misurate dall'asse del binario più esterno per quanto attiene le linee ferroviarie e dal ciglio delle strade per il passaggio di mezzi di cantiere.

Una volta determinata l'area critica ed individuati gli edifici ricadenti in tale area, per mezzo delle schede contenute nel documento "Rumore e Vibrazioni schede di censimento dei Ricettori", doc. A20200DE2SHIM0006001, si è proceduto a selezionare gli edifici che probabilmente saranno maggiormente impattati.

La corretta individuazione dei punti di monitoraggio sarà verificata ulteriormente per mezzo di sopralluoghi dettagliati, finalizzati al riconoscimento diretto dei parametri in grado di intervenire sulla propagazione, smorzamento e amplificazione delle vibrazioni tra sorgenti e ricettori (tipologie di fondazioni, spessori dei solai, inerzia della struttura portante dell'edificio, etc.) e sulla criticità del ricettore (presenza di attività industriali che utilizzano macchine, sistemi o tecnologie di precisione, etc.).

Dovrà essere valutata anche l'effettiva abitabilità e la disponibilità dei proprietari alla realizzazione delle misure.

Nel caso in cui si siano riscontrati più ricettori ricadenti nei criteri assunti per la scelta dei punti di monitoraggio poco distanti tra loro, si è individuato quale punto di monitoraggio il ricettore potenzialmente soggetto ai livelli di vibrazione più gravosi.

Nella fase *ante operam / ante esercizio* sarà definito lo stato attuale tramite la misurazione dei livelli di vibrazioni in quelle aree in cui sono già presenti sorgenti significative (strade ad intenso traffico, ferrovie, ecc.).

Nella fase di *costruzione* saranno controllati e confrontati con la normativa e con le misure già effettuate dal monitoraggio, i livelli di vibrazione sui ricettori di cantiere e di linea individuati.

Nella fase di *esercizio* saranno rilevate le immissioni di vibrazione dovute al passaggio di convogli ferroviari sulla nuova linea AV/AC, in corrispondenza di ricettori critici, allo scopo di valutare l'evoluzione della situazione vibrazionale rispetto alla fase ante esercizio e l'efficacia degli interventi di mitigazione adottati e l'eventuale necessità di adottarne ulteriori.

I punti di monitoraggio possono essere distinti in base all'attività monitorata in:

- punti a monitoraggio del fronte avanzamento lavori,
- punti a monitoraggio di cantieri,
- punti a monitoraggio dell'esercizio ferroviario.

Le misure presso i ricettori saranno condotte in ambiente abitativo interno, con una postazione di misura ubicata al primo piano fuori terra ed una all'ultimo piano dello stesso edificio nel caso di edifici a più piani, in quei locali abitativi nei quali, a seguito di sopralluogo ed analisi preliminare, sono prevedibili i livelli di vibrazione più elevati in concomitanza delle diverse sorgenti.

Qualora presso un punto siano previste misure relative a più fasi, nelle diverse campagne sarà mantenuta la stessa localizzazione della postazione di rilievo.

I rilievi saranno effettuati congiuntamente lungo gli assi x, y, z. L'orientamento degli assi x e y sarà documentato in modo da poter essere riprodotto nelle misure effettuate in fasi successive.

Sono comunque sottoposti a monitoraggio anche quei punti, qualora venissero individuati, di riconosciuta elevata sensibilità alle vibrazioni quali: beni monumentali, siti archeologici, industrie che operano utilizzando macchinari e strumentazione di precisione.

Nel corso delle misure saranno annotati i flussi di traffico veicolare, durante le misure in fase di costruzione saranno inoltre descritte le lavorazioni in corso nelle aree di lavoro. Per la fase di esercizio, oltre ai dati di traffico veicolare, si acquisiranno i dati di transito ferroviario: in particolare sarà indicata ora e durata di transito nonché le caratteristiche dei convogli ferroviari. Di seguito sono specificati i criteri di selezione dei punti di monitoraggio adottati con riferimento alle diverse fasi.

#### **Ante operam (AO) / ante esercizio (AE)**

Nella fase ante operam / ante esercizio le misure saranno previste presso quei ricettori nei quali può essere significativo l'effetto di sorgenti già presenti sul territorio. Sono stati comunque considerati:

- Ricettori posti a distanza minore o uguale a 200 m dalla linea AV che risentano dell'interferenza di infrastrutture esistenti (autostrada A4, Linea FS Milano - Venezia, altre strade statali e/o provinciali di elevato traffico) o in progetto;
- Ricettori sensibili.

Tutti i ricettori che prevedono la fase di AO/AE avranno anche una fase di monitoraggio durante la fase realizzativa della linea e/o durante l'esercizio della stessa.

La durata delle misure (una misura per ogni punto di monitoraggio) per i punti per cui in fase di sopralluogo è stata accertata la presenza di sorgenti significative, sarà pari a 24 ore. Nel caso di



edificio a più piani, vi saranno due postazioni: una al primo piano fuori terra ed una all'ultimo piano.

### Corso d'opera (CO)

I punti di monitoraggio sono stati individuati assumendo i seguenti criteri:

- Fronte avanzamento lavori: con riferimento alle diverse attività previste (infissione palancole, esecuzione/infissione pali di fondazione, scavo, compattazione terra) sono stati individuati i ricettori abitati o ad elevata sensibilità ambientale più prossimi ai lavori lungo il tracciato;
- Cantieri: per i cantieri in cui sono previste attività impattanti dal punto di vista delle vibrazioni si realizzerà una misura presso il ricettore più esposto ad una distanza inferiore a 200 m dal perimetro del cantiere. In relazione alle lavorazioni previste sono oggetto di monitoraggio i cantieri operativi, le aree necessarie alla realizzazione delle gallerie e i cantieri armamento.

Nell'eventualità che nel corso della fase di costruzione emergano aree di interesse archeologico ad oggi non conosciute per le quali sia previsto il loro mantenimento, saranno individuati punti di misura integrativi dei livelli di vibrazione.

La durata delle misure (una misura per ogni anno di corso d'opera per ogni punto di monitoraggio individuato) sarà pari a 12 o 24 ore a seconda che l'attività monitorata venga effettuata solo durante il periodo diurno oppure prosegua in quello notturno. Nel caso di edificio a più piani, vi saranno due postazioni: una al primo piano fuori terra ed una all'ultimo piano.

Per la scelta del periodo di attivazione della misura, nel caso dei cantieri si farà riferimento alle attività standard all'interno dell'orario di lavoro, nel caso di attività di linea verranno monitorate le lavorazioni da ritenersi maggiormente impattanti.

### Esercizio (ES)

In relazione alle informazioni disponibili sono state individuate diverse tipologie di punti di monitoraggio:

- ricettori abitati distanti meno di 200 metri dai tratti di linea in cui sono previsti interventi di mitigazione con riferimento alle vibrazioni;
- punti di riconosciuta elevata sensibilità alle vibrazioni (beni storico monumentali e siti archeologici), posti ad una distanza inferiore o uguale a 200 m;



- edifici, posti ad una distanza comunque inferiore a 200 m, dove è previsto un livello di vibrazioni indotto dal passaggio treni, maggiore o uguale al limite indicato dalla norma UNI 9614 (Appendice A, Prospetto III) diminuito di un dB;

Come già indicato con riferimento alla fase di costruzione, anche in esercizio saranno individuati punti di misura integrativi, nell'eventualità che emergano aree di interesse archeologico ad oggi non conosciute.

Le misure presso ciascun ricettore individuato (una misura per ogni punto di monitoraggio) dovranno registrare almeno 10 transiti del treno progetto, che può essere un treno di tipo ES oppure IC (nell'allegato alla presente relazione, nel quale sono elencati i punti di monitoraggio, la suddetta misura è stata abbreviata con "TP10"). Nei tratti in cui la linea AV/AC corre in affiancamento alla linea storica la misura sarà di 24 ore. Nel caso di edificio a più piani, vi saranno due postazioni: una al primo piano fuori terra ed una all'ultimo piano.

#### 4.11 Articolazione temporale delle misure

La scelta dei periodi di monitoraggio sarà fatta, tra l'altro, considerando le caratteristiche microclimatiche dell'ambiente di misura; vista infatti la sensibilità degli accelerometri, variazioni di temperatura e alti valori di umidità relativa possono influire sui risultati in maniera significativa.

Per ciò che riguarda la propagazione delle vibrazioni non esiste una vera e propria stagionalità se non quella derivante dalla fluttuazione del livello di falda, che può determinare variazioni nello spettro di emissione e nell'intensità vibrometrica, e dalla variazione di rigidità degli strati superficiali del terreno nei periodi di gelo invernali. E' pertanto sconsigliato procedere alle misure nei mesi in cui le temperature ambientali scendono sotto zero.

Oltre ai fattori climatici, i rilievi sono influenzati dalle variazioni cicliche dei flussi di traffico. Sono perciò escluse le misure in periodi particolari (giorni festivi e prefestivi, mese di agosto, ultima settimana di dicembre, settimana di Pasqua, giorni di mercato o coincidenti con eventi attrattori di traffico).

Le campagne di rilievo, dove previste, saranno effettuate, per ogni punto di monitoraggio, una volta nelle fase ante operam, una volta l'anno nella fase di corso ed una volta durante la fase di esercizio.

Per i ricettori che prevedono fasi “AE” (ossia una misura in fase ante esercizio e una in fase di esercizio), la misura della fase “A” sarà da realizzarsi terminata la realizzazione della linea, prima dell’entrata in esercizio della stessa ovvero del transito treni, a monitoraggio dei quali è prevista la fase “E”.

Sulla base della durata dei campionamenti temporali previsti su ciascuna postazione di monitoraggio, del numero dei recettori, dell’elaborazione dati e restituzione degli stessi tramite schede di misura e documenti periodici e dei periodi in cui si svolgeranno i lavori di realizzazione della linea Alta Velocità, si definirà un programma delle attività relative al monitoraggio durante le diverse fasi.

In generale le attività di monitoraggio per la fase ante operam seguiranno un programma come di seguito indicato.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Indagini preliminari	■	■										
Sopralluoghi		■	■	■								
Rilievi in campo				■	■	■	■	■	■			
Elaborazione dati				■	■	■	■	■	■			
Relazione finale									■	■	■	

In corso d’opera, per effettuare le misure, si privilegeranno i primi periodi in cui sono previste le massime interferenze al fine di acquisire informazioni utili a minimizzare i disturbi causati dalle attività di costruzione nelle fasi successive. Le campagne di misura per il fronte avanzamento lavori (una per ogni anno di corso d’opera) si protrarranno per tutta la durata delle attività impattanti di costruzione della specifica opera per cui è stato attivato il punto di monitoraggio.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Indagini preliminari	■	■										
Sopralluoghi		■	■	■								
Rilievi in campo			■									
Elaborazione dati				■	■							
Bollettino - Relazione							■	■				■

L’attività di monitoraggio delle vibrazioni finalizzata all’esercizio inizierà non appena terminata la costruzione, con tre mesi in cui saranno realizzate le misure ante operam finalizzate all’esercizio della linea; una volta che il passaggio treni sarà a regime inizierà la vera e propria fase di esercizio. Questa si protrarrà per 8-10 mesi durante i quali saranno effettuati rilievi in

tutte le aree di monitoraggio individuate, controllando il rispetto dei valori limite dettati dalla normativa e verificando l'efficacia delle opere di mitigazione.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Indagini preliminari												
Sopralluoghi												
Rilievi in campo AE												
Rilievi in campo ES												
Elaborazione dati AE												
Elaborazione dati ES												
Relazione finale												

#### 4.12 Localizzazione dei punti di monitoraggio

Applicando alla tratta Alta Velocità Milano - Verona la metodologia di selezione dei punti descritta precedentemente sono state identificate le aree da sottoporre a monitoraggio nelle fasi ante operam / ante esercizio, corso d'opera ed esercizio.

In generale i punti sono stati scelti e posizionati in aree che possono essere considerate come rappresentative, sia per quanto riguarda la fase di costruzione che per quella di esercizio, di situazioni simili riscontrabili lungo tutto il tracciato della linea che verrà realizzata.

Ogni ricettore avrà un codice che oltre ad indicare la componente darà informazioni sulla tipologia e sulla fase.

A seconda dell'attività monitorata il punto di monitoraggio potrà assumere uno dei seguenti codici (nnn rappresenta il numero progressivo):

- **VICnnn**, per punti a monitoraggio dei **cantieri**.
- **VILnnn**, per punti di **Fronte Avanzamento Lavori**.
- **VIEnnn**, per punti dedicati al monitoraggio dell'**esercizio** della linea ferroviaria.
- **VIBnnn**, per punti che prevedono misure sia in **corso d'opera** (fal, cantiere) che in **esercizio**.

Nell'allegato 1 vengono riportati i punti di monitoraggio individuati; per ogni punto sono indicati, tra l'altro: il codice del punto, informazioni sull'ubicazione (lotto, pk, posizione e distanza rispetto alla linea, comune, la scheda di censimento del ricettore individuabile nel documento A20200DE2SHIM0006001, ecc.), interferenze, fasi, frequenza e tipo di misura, eventuali note, il riferimento alla tavola dell'atlante cartografico su cui trovare il punto.

La localizzazione dei punti/ricettori individuati sul territorio è riportata nell'Atlante Cartografico (doc. A20200DE2NZIM0006002) relativo alla componente Vibrazioni.

## 5. DOCUMENTAZIONE PRODOTTA E SISTEMA INFORMATIVO

Al termine dell'effettuazione delle campagne di misura i dati raccolti, relativi a ciascuna postazione di monitoraggio, sono elaborati al fine di valutare l'interferenza subita, mettendo in relazione i valori misurati con le condizioni ante operam / ante esercizio e con i valori di normativa, allo scopo di verificare il rispetto degli standard per la salute pubblica.

Al termine di ogni fase, e con cadenza semestrale durante la fase di corso d'opera, verranno prodotti dei documenti di sintesi (bollettini o relazioni) delle misure, al fine di fornire una visione di insieme di tutti i dati raccolti, commentati e spiegati anche per mezzo di opportune elaborazioni. Per la fase di corso d'opera, al termine della stessa, sarà prodotta inoltre una relazione conclusiva che comprenderà dati e analisi di sintesi di tutte le misure effettuate nel periodo di costruzione della linea, al fine, tra l'altro, di valutare quali cambiamenti ha subito il livello vibrazionale nell'intorno dei ricettori durante le attività e in che modo le eventuali mitigazioni adottate hanno influito sui suddetti livelli.

Sarà inoltre creato un sistema informativo, accessibile tramite la rete internet, in cui saranno memorizzati i risultati delle misure e le relative elaborazioni.

### 5.1 Documentazione prodotta

Durante lo svolgimento del monitoraggio saranno prodotti i seguenti documenti:

- A. **Relazione ante operam:** sarà emessa una relazione al termine delle campagne di monitoraggio relative alla fase ante operam.
- B. **Bollettini semestrali in corso d'opera:** in ciascun bollettino saranno presentati i risultati delle campagne effettuate nei punti di monitoraggio e valutati i livelli vibrazionali del territorio interessato dalla costruzione della linea ferroviaria.
- C. **Relazioni annuali in fase di corso d'opera:** al termine di ogni anno di monitoraggio di corso d'opera sarà predisposta una sintesi delle misure e delle elaborazioni effettuate durante i 12 mesi di riferimento evidenziando le eventuali situazioni critiche incontrate, le soluzioni mitigative adottate e i risultati ottenuti. Al termine della fase CO sarà prodotta inoltre una relazione conclusiva che comprenderà dati ed analisi di sintesi di tutte le misure effettuate.
- D. **Relazione post operam:** sarà emessa una relazione al termine delle campagne di monitoraggio relative alla fase di esercizio, che conterrà quindi anche le eventuali misure eseguite in fase AE.



## 5.2 Sistema informativo

Per mezzo del sistema informativo sarà possibile gestire e rappresentare le informazioni ed i dati acquisiti in ogni postazione durante le diverse fasi (ante operam / ante esercizio, costruzione, esercizio) del monitoraggio delle vibrazioni.

Le informazioni ed i dati rilevati saranno organizzati e rappresentati su scale cartografiche sia di insieme che di dettaglio.

E' possibile anche la rappresentazione tramite GIS delle informazioni su cartografia in scala ingrandita limitatamente ai casi in cui non sarà possibile darne una descrizione sufficientemente accurata su scala di dettaglio.

Il database, per ciascuna postazione di monitoraggio, permetterà la visualizzazione di:

- *dati di sintesi*: indicatore/i rilevato/i e/o misurato/i (Leq, Lmax, Lmin, SEL, livelli statistici, ecc.), riferito/i al periodo diurno e notturno o all'intervallo di misura, presentati in forma grafica e/o tabellare;
- *dati di dettaglio*: time history, distribuzioni spettrali e statistiche dei livelli di rumore misurati e presentati in forma grafica e/o tabellare;
- *altre informazioni*: dati meteo, presenza e tipologia di sorgenti di rumore, traffico presente su infrastrutture stradali e/o ferroviarie, ecc.

Tutte queste informazioni saranno riportate anche su opportune schede di restituzione dei risultati, elaborate in modo tale da contenere tutti i dati e le elaborazioni, che saranno allegate ai documenti emessi.

**Allegato n. 1 al documento  
IN05 00 D E2 RH AR0003 004**

**PROGETTO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE**

**COMPONENTE VIBRAZIONI**

**Elenco dei punti di monitoraggio**

## **INDICE**

- Elenco punti di monitoraggio tratta AV/AC e interconnessioni

codice punto	tratto	pk indic.	lato linea	distanza da interferenza / linea (m)	località	comune	prov.	regione	opere AV/AC interferenti (fase CO)	altre infrastrutture interferenti	ambito misura	fasi A = AO/AE C = CO E = ES	frequenza misura	tipologia misura AO/AE	tipologia misura CO	tipologia misura ES	scheda censimento ricettore	note	tavola atlante
VIL016	AV/AC	70+900	S	35	cascina Guarneri	Travagliato	BS	LOMBARDIA	sottopasso sp18 SL61	Esistente: sp 18	FAL esercizio	CE	1/fase in E 1/anno in C		12 ore	TP10	301		10
VIE017	AV/AC	72+300	N	50	cascina Martor	Travagliato	BS	LOMBARDIA		Esistente: sp 19	esercizio	E	1/fase			TP10	309		10
VIE018	AV/AC	77+460	S	26	cascina Fenilnuova	Azzano Mella	BS	LOMBARDIA	sottopasso e rilevato RI28	Progetto: ACP	esercizio	E	1/fase			TP10	331		12
VIB019	AV/AC	79+422	S	33		Capriano del Colle	BS	LOMBARDIA	Viadotto Mella VI05		FAL esercizio	CE	1/fase in E 1/anno in C		12 ore	TP10	360	a monitoraggio anche del cantiere	12
VIB020	AV/AC	86+400	S	40		Montirone	BS	LOMBARDIA	Viadotto Gardesana VI 07	ACP	FAL esercizio	CE	1/fase in E 1/anno in C		12 ore	TP10	416		14
VIB021	AV/AC	86+850	S	40		Montirone	BS	LOMBARDIA	Viadotto Gardesana VI 07	Esistente: FS Cremona-Brescia; ACP	FAL esercizio	ACE	1/fase in A e E 1/anno in C	24 ore	12 ore	TP10	419		14
VIC022	cantiere	87+500	S	50		Montirone	BS	LOMBARDIA	cantiere operativo L301	ACP	cantiere	C	1/anno		12 ore		435		14
VIE023	AV/AC	89+550	S	100		Castenedolo	BS	LOMBARDIA		ACP	esercizio	E	1/fase			TP10	454		14
VIE024	AV/AC	91+550	N	50	cascina Belvedere	Castenedolo	BS	LOMBARDIA		ACP	esercizio	E	1/fase			TP10	465		15
VIC025	cantiere	98+440	S	50	cascina Naviglio	Calcinato	BS	LOMBARDIA	cantiere operativo L303		cantiere	C	1/anno		12 ore		485		16
VIL026	AV/AC	99+300	S	30		Calcinato	BS	LOMBARDIA	CV autostrada IV16 - GA Calcinato	Esistente: A4 Mi-Ve	FAL	AC	1/fase in A 1/anno in C	24 ore	12 ore		1514		16
VIE027	AV/AC	100+500	N	45		Calcinato	BS	LOMBARDIA		Esistente: A4 Mi-Ve; via Cavour	esercizio	AE	1/fase	24 ore		TP10	493		17
VIE028	AV/AC	102+500	N	30	cascina Cava	Calcinato	BS	LOMBARDIA	Rilevato RI 40 e sottopasso sp28	Esistente: A4 Mi-Ve	esercizio	AE	1/fase	24 ore		TP10	552		17
VIB045	AV/AC	108+375	N	75		Lonato	BS	LOMBARDIA	GN02	Esistente: A4 Mi-Ve	FAL	AC	1/fase in A 1/anno in C	24 ore	24 ore		837		18
VIC030	cantiere	110+830	S	20		Desenzano sul Garda	BS	LOMBARDIA	cantiere operativo L402		cantiere	C	1/anno		12 ore		768		19
VIE031	AV/AC	113+600	S	30		Desenzano sul Garda	BS	LOMBARDIA	CVF via Montonale Basso IV21	Esistente: A4 Mi-Ve	esercizio	E	1/fase			TP10	789		20
VIB032	AV/AC	116+800	S	50	Servizi per l'istruzione	Desenzano sul Garda	BS	LOMBARDIA	GA Colli Storici GA 08	Esistente: A4 Mi-Ve	FAL esercizio	ACE	1/fase in A e E 1/anno in C	24 ore	12 ore	TP10	815	scuola	20
VIB033	AV/AC	119+390	S	65	cascina Roveglia	Pozzolengo	BS	LOMBARDIA	CVF Pozzolengo ss13	Esistente: A4 Mi-Ve	FAL esercizio	ACE	1/fase in A e E 1/anno in C	24 ore	12 ore	TP10	998		21
VIC034	cantiere	121+000	S	60		Peschiera del Garda	VR	VENETO	cantiere operativo L501	Esistente: sc Berra	cantiere	C	1/anno		12 ore		nd		21
VIL035	AV/AC	122+010	S	30		Peschiera del Garda	VR	VENETO	GA Frassino	Esistente: A4 Mi-Ve	FAL	C	1/anno in C		12 ore		899		21
VIB036	AV/AC	122+400	S	50	Madonna del Frassino	Peschiera del Garda	VR	VENETO	GA Frassino	Esistente: A4 Mi-Ve	FAL esercizio	ACE	1/fase in A e E 1/anno in C	24 ore	12 ore	TP10	923 e sch. 21	bene vincolato	22
VIL037	AV/AC	122+550	S	20		Peschiera del Garda	VR	VENETO	GA Frassino	Esistente: A4 Mi-Ve	FAL	C	1/anno		12 ore		916		22
VIB039	AV/AC	125+200	S	30		Castelnuovo sul Garda	VR	VENETO	GA Paradiso	Esistente: A4 Mi-Ve	FAL esercizio	ACE	1/fase in A e E 1/anno in C	24 ore	12 ore	TP10	952		22
VIE040	AV/AC	129+863	S	49		Sona	VR	VENETO		Esistente: A4 Mi-Ve	esercizio	E	1/fase			TP10	1013	vincolo rio tionello	23
VIB042	AV/AC	132+056	N	50		Sona	VR	VENETO			FAL esercizio	CE	1/fase in E 1/anno in C		12 ore	TP10	1051		24
VIB043	AV/AC	137+900	S	60	Siberia	Sommacampagna	VR	VENETO	sottopasso via Mincio	Esistente: FS Mi-Ve	FAL esercizio	ACE	1/fase in A e E 1/anno in C	24 ore	12 ore	24 ore	1129		25
VIE044	AV/AC	140+150	S	60		Sommacampagna	VR	VENETO		Esistente: FS Mi-Ve	esercizio	AE	1/fase	24 ore		24 ore	1177		25
VIL901	IC BRE EST	1+810	N	25	cascina Margherita	Calcinato	BS	LOMBARDIA	IV 16	Esistente: FS MI-VE	FAL	C	1/anno		12 ore		1502		28
VIE902	IC BRE EST	4+930	N	65		Mazzano	BS	LOMBARDIA		Esistente: FS MI-VE	esercizio	AE	1/fase	24 ore		24 ore	1559		28