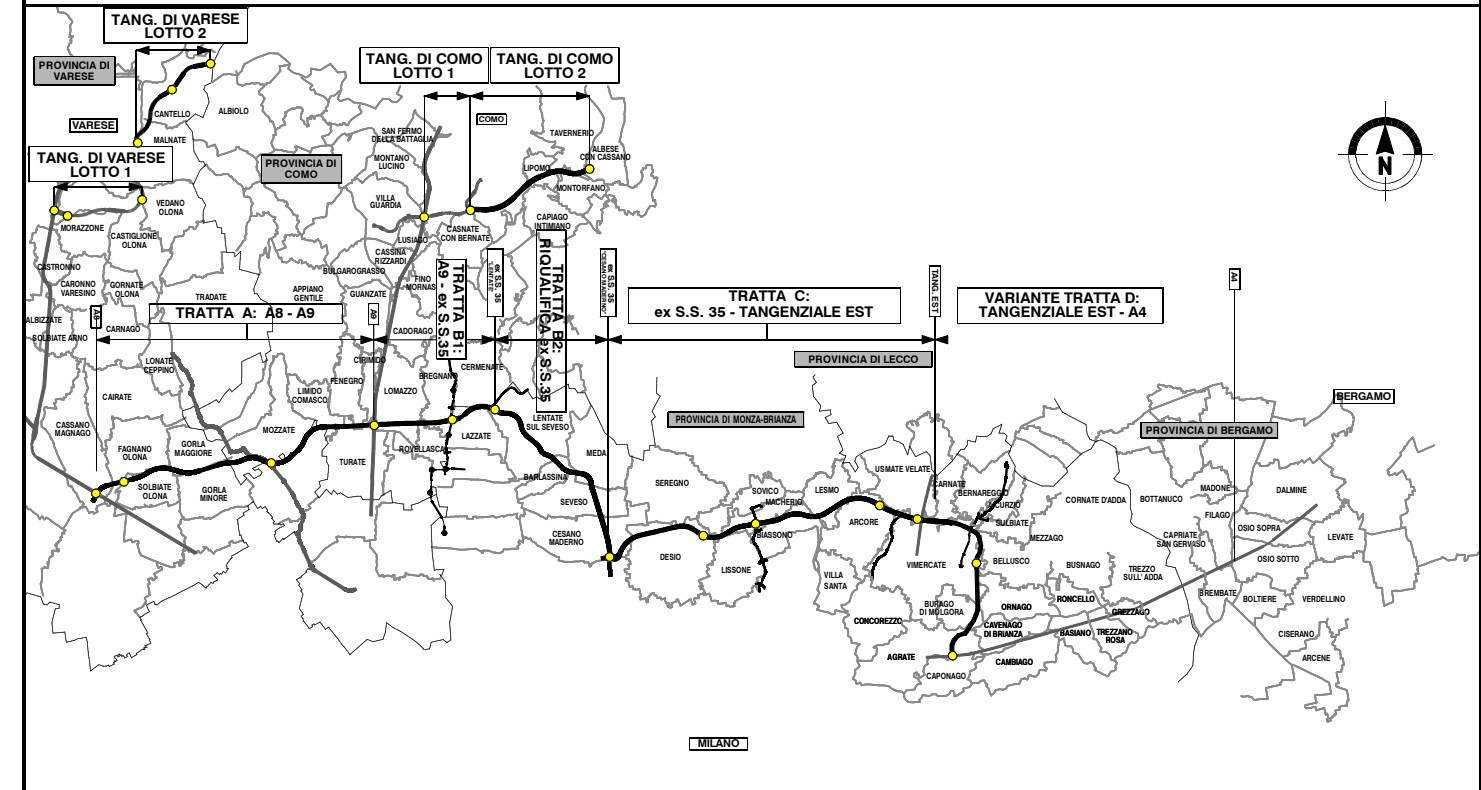


QUADRO DI UNIONE GENERALE



COLLEGAMENTO AUTOSTRADALE DALMINE-COMO-VARESE-VALICO DEL GAGGIOLO E OPERE AD ESSO CONNESSE

CODICE C.U.P. F11B06000270007

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE VARIANTE TRATTA D

PROGETTO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

Componente Vibrazioni - Relazione specialistica

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

FASE PROGETTUALE	AMBITO	TRATTA	CATEGORIA	OPERA	PARTI DI OPERA	TIPO ELABORATO	PROGRESSIVA	REVISIONE ESTERNA
D	SA	DD	PMA	0000	000	RS	008	A

DATA 30 Giugno 2023

SCALA

CONCEDENTE



PROGETTAZIONE



DATA REVISIONE ELABORAZIONE PROGETTUALE

DATA	REVISIONE	ELABORAZIONE PROGETTUALE
30 Giugno 2023	EMISSIONE	A

Redatto Ing. Norese	Visto Ing. Samorani	Contributo specialistico Arch. Saldini
------------------------	------------------------	---

CONCESSIONARIO

Direttore Ingegneria e BIM Center: Arch. Fabio Massimo Saldini
Direttore Tecnico: Ing. Paolo Simonetta
Responsabile Funzione Tecnica, Project Financing e ACT Ing. Andrea Monguzzi

VERIFICA E VALIDAZIONE

RTI: Conteco Check S.r.l. (Mandante), Rina Check S.r.l. (Mandataria), Bureau Veritas Italia S.p.a. (Mandataria)

INDICE

Parte prima – Aspetti generali	2
1. PREMESSA	2
2. OBIETTIVI SPECIFICI	3
3. IL TRACCIATO DI PEDEMONTANA IN PROGETTO	4
3.1 CENSIMENTO DEI RICETTORI	4
3.2 MISURE DI VIBRAZIONI NEL PMA	5
4. RIFERIMENTI NORMATIVI	5
4.1 NORMATIVA INTERNAZIONALE	5
4.2 NORMATIVA NAZIONALE	5
4.3 NORMATIVA REGIONALE	6
5. RIFERIMENTI DOCUMENTALI	6
5.1 QUADRO INFORMATIVO	6
5.2 PRESCRIZIONI DELIBERA CIPE	6
5.3 DELIBERA CIPE N° 77 DEL 29 MARZO 2006.....	6
5.4 DELIBERA CIPE N° 97 DEL 6 NOVEMBRE 2009	7
Parte seconda – Descrizione delle attività di monitoraggio	8
6. IDENTIFICAZIONE DELLE AREE INTERESSATE E DEI PUNTI DI MONITORAGGIO	8
6.1 CRITERI ADOTTATI	8
6.2 IDENTIFICAZIONE DELLE AREE.....	9
6.3 IDENTIFICAZIONE DEI PUNTI DI MONITORAGGIO.....	9
6.4 VERIFICA DI FATTIBILITÀ IN CAMPO.....	9
7. ATTIVITÀ	10
7.1 ATTIVITÀ PRELIMINARI.....	10
7.2 INSTALLAZIONE DELLA STRUMENTAZIONE, CALIBRAZIONE E ANALISI DI PRE-RILEVAMENTO.....	11
7.3 ESECUZIONE DELLE MISURE	12
7.4 STRUMENTAZIONE DI MISURA.....	13
8. ARTICOLAZIONE TEMPORALE	14
8.1 FASI DEL MONITORAGGIO.....	14

8.2 FREQUENZE DELLE MISURE.....	14
Parte terza – Risultati delle attività di monitoraggio	16
9. CODIFICA DEI PUNTI DI MONITORAGGIO E DEI RISULTATI	16
10. INTEGRAZIONE NEL SISTEMA INFORMATIVO TERRITORIALE	17
11. GESTIONE DELLE ANOMALIE	17
11.1 CRITERI PER LA DEFINIZIONE DEI LIVELLI DI CRITICITÀ.....	17
11.2 PROCEDURE DI VALUTAZIONE.....	20
12. DOCUMENTAZIONE DA PRODURRE	21

Allegato 1 – Schede punti di monitoraggio

Parte prima – Aspetti generali

1. PREMESSA

La presente relazione costituisce la sezione del Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA) relativa alla descrizione della componente “Vibrazioni”.

Per monitoraggio ambientale si intende l’insieme dei controlli, periodici o continui, di determinati parametri biologici, chimici e fisici che caratterizzano le componenti ambientali coinvolte nella realizzazione e nell’esercizio delle opere.

L’immissione di fenomeni vibranti all’interno degli edifici presenti nelle zone limitrofe ad un’opera stradale è causata dai macchinari utilizzati nelle lavorazioni durante le fasi di costruzione; in fase di esercizio dell’opera, non si presentano invece significativi fenomeni di immissione di vibrazioni attribuibili al transito dei veicoli.

Il monitoraggio per la componente ambientale in oggetto viene eseguito prima e durante la realizzazione dell’opera al fine di:

- misurare gli stati di ante operam e corso d’opera in modo da documentare l’evolversi delle caratteristiche ambientali;
- controllare le previsioni di impatto per la fase di costruzione;
- fornire agli Enti preposti al controllo gli elementi di verifica della corretta esecuzione delle procedure di monitoraggio.

A questo proposito generalmente si assumono come riferimento i valori registrati allo stato attuale (ante operam), si procede poi con misurazioni nel corso delle fasi di costruzione (a cadenza regolare oppure in relazione alle opere e alle attività più impattanti).

Assunti come "punto zero" di riferimento i livelli vibrazionali attuali (ante operam), si procederà alla misurazione dei livelli vibrazionali nella fase di realizzazione delle attività di cantiere relativa all’esercizio del Collegamento Autostradale Dalmine-Como-Varese-Valico del Gaggiolo ed opere ad esso connesse.

Il monitoraggio dell’opera, nelle sue diverse fasi, deve essere programmato al fine di tutelare il territorio e la popolazione residente dalle possibili modificazioni che la costruzione dell’opera possono comportare.

Le attività di monitoraggio permetteranno di rilevare e segnalare eventuali criticità in modo da poter intervenire in maniera idonea al fine di ridurre l’impatto sui ricettori interessati.

Il Piano di Monitoraggio Ambientale, di cui la presente relazione è da considerarsi parte integrante, è stato redatto nell’ambito del Progetto Definitivo dell’Autostrada Pedemontana Lombarda.

In particolare, il presente elaborato si riferisce alla “Variante tratta D approvata”.

Si precisa altresì che le attività da svolgere previste nel presente elaborato derivano da un processo di aggiornamento dell'elaborato originale (Marzo 2009), avvenuto sulla base: delle attività svolte in fase ante operam, corso d'opera e post operam sulle tratte già realizzate, delle attività sino ad ora svolte nell'ambito della fase di ante operam (sopralluoghi e rilievi), delle Istruttorie Tecniche di ARPA Lombardia di agosto 2010 e maggio 2018 e sulla base di accordi presi con ARPA durante le attività di rilievo.

Il documento si compone della relazione, strutturata in tre sezioni, e di un allegato:

- “*Parte Prima - Aspetti generali*” in cui viene fornito un inquadramento dell'infrastruttura in progetto nonché una caratterizzazione della stessa in termini di criticità dal punto di vista vibrazionale; è inoltre riportata una disamina sia della normativa attualmente in vigore sia dei documenti specifici e utilizzati quale supporto di base;
- “*Parte Seconda – Descrizione delle attività di monitoraggio*” che contiene le indicazioni relative ai criteri adottati per l'individuazione e l'ubicazione dei punti di monitoraggio, alle attività in campo; fornisce inoltre informazioni sull'articolazione temporale del monitoraggio (sia in termini di fasi che di frequenze di rilievo);
- “*Parte Terza – Risultati delle attività di monitoraggio*” in cui vengono dettagliate le modalità di restituzione dei dati rilevati, i criteri per la definizione delle criticità e la definizione delle anomalie e viene fornita evidenza della documentazione da produrre.
- *Allegato 1 “Schede punti di monitoraggio”*, in cui sono descritti i siti di monitoraggio.

I punti identificati sono riportati nella tavola allegata con la cartografia dei punti di monitoraggio.

2. OBIETTIVI SPECIFICI

Il monitoraggio ambientale della componente “Vibrazioni” viene effettuato allo scopo di verificare che i ricettori interessati dalla realizzazione dell'infrastruttura siano soggetti a livelli vibrazionali in linea con le previsioni progettuali e con gli standard di riferimento.

Per la componente specifica, il monitoraggio nella fase ante operam è finalizzato ai seguenti obiettivi:

- fornire un quadro completo delle caratteristiche vibrazionali dell'ambiente antropico prima dell'apertura dei cantieri;
- procedere alla scelta degli indicatori ambientali che possano rappresentare nel modo più significativo possibile (per le opere principali e maggiormente impattanti per la componente in esame) la “situazione zero” a cui riferire l'esito dei successivi rilevamenti dei livelli vibrazionali in corso d'opera;
- consentire una rapida e semplice valutazione degli accertamenti effettuati, al fine di evidenziare specifiche esigenze ambientali.

Le finalità del monitoraggio nella fase di corso d'opera sono le seguenti:

- documentare l'eventuale alterazione, dovuta allo svolgimento delle fasi di realizzazione dell'opera, dei parametri rilevati nello stato ante operam;
- individuare eventuali situazioni critiche che si dovessero verificare nella fase di realizzazione delle opere, allo scopo di prevedere delle modifiche alla gestione delle attività del cantiere.

Alla luce di quanto sopra esposto il presente documento si propone di:

- inquadrare la componente in esame nell'ambito del progetto della Pedemontana Lombarda (Variante tratta D approvata);
- descrivere i processi che hanno portato all'individuazione dei punti di monitoraggio;
- fornire le specifiche per una corretta esecuzione delle attività di monitoraggio in campo;
- fornire le indicazioni per la restituzione dei dati e l'organizzazione degli stessi in una banca dati struttura.

Il monitoraggio ambientale costituisce un utile e valido supporto nel caso si configurino condizioni di emergenza. Infatti, in tali condizioni su tempestiva indicazione e richiesta della Direzione Lavori si potranno prevedere ulteriori verifiche sulla componente in esame.

3. IL TRACCIATO DI PEDEMONTANA IN PROGETTO

Come anticipato in precedenza (cap. 2), la presente relazione si riferisce al monitoraggio della “Variante tratta D approvata”.

Il tracciato in esame interessa i seguenti Comuni della Provincia Monza e Brianza:

Usmate Velate, Vimercate, Carnate, Sulbiate, Bellusco, Ornago, Burago di Molgora, Agrate Brianza, Caponago.

Per l'elenco completo dei comuni si rimanda alla Relazione Generale.

3.1 CENSIMENTO DEI RICETTORI

È stato realizzato il censimento dei recettori più esposti allo scopo di caratterizzare, dal punto di vista territoriale e vibrazionale, gli edifici localizzati all'interno della fascia di 100 m per lato dal ciglio dell'infrastruttura stradale di progetto (assi principali ed assi connessi).

Nell'ambito dello svolgimento delle attività di censimento, sono stati quindi individuati i recettori valutati più rappresentativi per la descrizione degli scenari acustici AO, CO. In considerazione della poca significatività delle vibrazioni prodotte dal traffico autoveicolare, non sono previsti punti di monitoraggio per la fase PO. I punti di monitoraggio previsti sono sinteticamente descritti e riportati nella seguente figura:

VIB-VI-01 cascina Gargantini in adiacenza sbocco nuova galleria in Vimercate

VIB-VI-02 in adiacenza di cascina Baraggiola

VIB-AB-03 adiacenza residenze di via Marnoni in Agrate Brianza

VIB-CP-04 cascina Turro in Caponago.

Figura 3-1 Punti di monitoraggio



3.2 MISURE DI VIBRAZIONI NEL PMA

In fase di redazione dello studio specialistico, al fine di caratterizzare il clima vibrazionale attuale, sono state elaborate dedicate relazioni sperimentali presenti in letteratura, che hanno consentito di utilizzare codici di calcolo, sia per la fase di cantiere CO che per la fase post operam PO. Le valutazioni si sono estese fino ad una fascia di circa 100 metri dal ciglio dell'infrastruttura.

Nella definizione del PMA sono, previste misure di vibrazioni con modalità prescritte dalle vigenti norme tecniche.

Nello specifico saranno eseguite misure di vibrazioni della durata di due ore per le fasi AO e CO relativamente al solo periodo diurno, dalle 07.00 alle 22.00.

Le posizioni di misura saranno scelte in ambiti territoriali in adiacenza alla infrastruttura e maggiormente significativi per il procedere delle diverse fasi di cantiere.

Per ogni postazione di misura saranno fornite:

- data, luogo, ora del rilevamento e descrizione delle condizioni meteorologiche, velocità e direzione del vento;
- tempo di riferimento, di osservazione e di misura;
- condizioni di misura (posizione dell'accelerometro all'interno del locale indagato);
- catena di misura completa, precisando la strumentazione impiegata e relativo grado di precisione, con i corrispondenti certificati di taratura rilasciati da centri SIT riconosciuti;
- livelli di accelerazione ponderati in frequenza nelle tre direzioni X, Y e Z e livelli di accelerazione ponderati in frequenza nelle tre direzioni X, Y e Z per banda di frequenza;
- time history dei livelli di accelerazione misurati;
- classe di destinazione d'uso alla quale appartiene il luogo di misura e limiti di vibrazione vigenti;
- elenco nominativo degli osservatori che hanno presenziato alla misurazione;
- identificativo e firma leggibile del tecnico competente che ha eseguito le misure;
- coordinate GPS del punto di misura;
- fotografia del microfono;
- stralcio planimetrico del punto di misura.

4. RIFERIMENTI NORMATIVI

Si è fatto riferimento agli strumenti normativi attualmente vigenti sia in ambito nazionale che internazionale. Tali norme definiscono le grandezze e i parametri che devono essere misurati, i sistemi di rilevazione e le caratteristiche della strumentazione che deve essere impiegata.

In particolare, la valutazione delle vibrazioni deve essere eseguita in relazione al loro effetto sull'uomo e sulle strutture.

Gli effetti delle vibrazioni sull'uomo all'interno degli edifici sono descritti nel Regolamento locale di igiene tipo, nella norma ISO 2631-2 (2003) e nella UNI 9614 (2017).

Per la valutazione dei danni strutturali, le normative di riferimento sono la ISO 4866 e la UNI 9916, che riportano essenzialmente gli stessi contenuti tecnici.

Di seguito sono elencati i principali riferimenti normativi adottati per la stesura del progetto di monitoraggio ambientale relativamente alla componente Vibrazioni.

4.1 NORMATIVA INTERNAZIONALE

DIN 4150-3 (prima edizione 1986, sostituita da edizione 1999) Le vibrazioni nelle costruzioni Parte 3: Effetti sui manufatti;

Norma ISO 2631/1 (prima edizione 1985, attuale edizione 2014) Stima dell'esposizione degli individui a vibrazioni globali del corpo - Parte 1: Specifiche generali;

Norma ISO 4866 (prima edizione 1990, attuale edizione 2010) Vibrazioni meccaniche ed impulsi - Vibrazioni degli edifici - Guida per la misura delle vibrazioni e valutazione dei loro effetti sugli edifici;

Norma ISO 2631/2 (prima edizione 1989, attuale edizione 2003) Stima dell'esposizione degli individui a vibrazioni globali del corpo - Parte 2: Vibrazioni continue ed impulsive negli edifici (da 1 a 80 Hz).

4.2 NORMATIVA NAZIONALE

Norma UNI 9916 (gennaio 2014) Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici;

Norma UNI 9614 (1997) Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo;

Norma UNI 9513 (1989) Vibrazioni e Urti. Vocabolario.

4.3 NORMATIVA REGIONALE

D.G.R n. 3/49784 del 28/03/1985 e successiva deliberazione n. 219 del 24 aprile 2008

"Regolamento locale di igiene-tipo (ex art. 53 della L.R. 26 ottobre 1981, n.64)".

5. RIFERIMENTI DOCUMENTALI

5.1 QUADRO INFORMATIVO

La presente relazione è stata redatta utilizzando come supporto lo Studio di Impatto Ambientale (S.I.A.) del Progetto definitivo della variante della Tratta D.

Nella stesura del progetto di monitoraggio ambientale sono state recepite, inoltre, le indicazioni formulate da ARPA Lombardia, in occasione dei tavoli tecnici, in particolare le istruttorie tecniche di Agosto 2010 e Maggio 2018, vale a dire:

- l'opportunità di non effettuare misure di vibrazioni ante operam laddove non siano presenti sorgenti significative dal punto di vista vibrazionale (es. infrastruttura ferroviaria esistente), bensì di prevedere esclusivamente misure vibrazionali in fase di corso d'opera;
- la necessità di effettuare il monitoraggio in corso d'opera della componente Vibrazioni nell'ambito delle lavorazioni più impattanti (lavorazioni di perforazione e infissione dei diaframmi, apertura trincee, scavi fondazioni, realizzazione pali, ecc.) come programmate da cronoprogramma lavori;
- l'opportunità di non considerare le misure di vibrazioni per la condizione di post operam, considerata la tipologia di infrastruttura di progetto oggetto di studio;
- la necessità di ubicare i punti di monitoraggio da eseguirsi in corrispondenza di ricettori prossimi agli imbocchi/sbocchi delle gallerie naturali e artificiali, considerando che le lavorazioni di perforazione e infissione dei diaframmi sono le più critiche dal punto di vista degli impatti vibrazionali sui ricettori, oltre che in corrispondenza dei ricettori ubicati in prossimità delle aree di lavorazione dei viadotti;

5.2 PRESCRIZIONI DELIBERA CIPE

Per la redazione del presente elaborato si è tenuto conto delle prescrizioni e delle raccomandazioni relative in generale alla componente "Vibrazioni" inerenti alle attività di monitoraggio, formulate in sede di approvazione del Progetto Preliminare da parte del CIPE (Delibera CIPE n. 77 del 29.3.2006") e di approvazione del Progetto Definitivo (Delibera CIPE n° 97 del 6 Novembre 2009).

5.3 DELIBERA CIPE N° 77 DEL 29 MARZO 2006

N	TESTO	TEMA	SOTTOTEMA
265	Approfondire l'analisi delle vibrazioni generate dal traffico stradale atteso sulla futura opera, mediante esame e valutazione puntuale in	VIBRAZIONI	

N	TESTO	TEMA	SOTTOTEMA
	corrispondenza dei punti di criticità; tale analisi andrà condotta prendendo come riferimento la generazione e propagazione delle vibrazioni in relazione alla conformazione geologica del sottosuolo, alle caratteristiche degli edifici, alla velocità di transito ed al tipo di pavimentazione utilizzato nella realizzazione dell'opera, prevedendo gli interventi di mitigazione delle vibrazioni così da garantire il rispetto dei limiti delle norme UNI 9614;		

5.4 DELIBERA CIPE N° 97 DEL 6 NOVEMBRE 2009

N	TESTO	TEMA e SOTTOTEMA	RECEPIMENTO PRESCRIZIONE
138a	Dovrà essere attuato un monitoraggio delle vibrazioni in corrispondenza di quei recettori che si trovino a distanze dal tracciato, in relazione alla tipologia dello stesso ed alle caratteristiche del terreno che determinano la propagazione, che non consentano di affermare in sicurezza che i livelli di vibrazione saranno al di sotto della soglia di percezione.	MONITORAGGIO- RUMORE/VIBRAZIONI	Il monitoraggio delle vibrazioni è già previsto nel Piano di Monitoraggio Ambientale.

Parte seconda – Descrizione delle attività di monitoraggio

6. IDENTIFICAZIONE DELLE AREE INTERESSATE E DEI PUNTI DI MONITORAGGIO

Sulla base di quanto riportato nei documenti a disposizione per la redazione del Piano di Monitoraggio Ambientale è necessario procedere alla definizione di:

1. identificazione delle aree di interesse;
2. criteri di scelta dei punti di monitoraggio e dei parametri oggetto di indagine;
3. ubicazione punti di monitoraggio;
4. verifica di fattibilità in campo delle indagini;
5. fasi di monitoraggio.

6.1 CRITERI ADOTTATI

Nella scelta dei punti di monitoraggio si è tenuto conto degli elaborati di progetto relativi a:

- Progettazione Definitiva del Collegamento Autostradale Dalmine-Como-Varese-Valico del Gaggiolo ed opere ad esso connesse;
- Progettazione definitiva “Variante Tratta D approvata”
- Piano di Cantierizzazione.

In linea generale devono essere previste campagne di monitoraggio nelle tipologie di ricettori che risultano più sensibili alle vibrazioni indotte dalle lavorazioni:

- edifici residenziali;
- attività sensibili quali ospedali, industrie di precisione, ecc.;
- emergenze storico-culturali.

Le sorgenti vibrazionali legate alla cantierizzazione dell’opera sono riconducibili, in via prioritaria, alle seguenti tipologie:

- cantieri fissi (ospitanti impianti o lavorazioni che comportino emissioni significative);
- fronte di avanzamento lavori;
- piste e viabilità di cantiere.

I punti di monitoraggio sono posizionati in corrispondenza dei ricettori (edifici residenziali e ad uso commerciale) ubicati in prossimità delle aree operative (cantieri operativi, aree tecniche e fronte di avanzamento lavori) laddove gli impatti vibrazionali sono maggiormente significativi.

6.2 IDENTIFICAZIONE DELLE AREE

Le indagini, in particolare durante la fase di corso d'opera, devono essere effettuate in corrispondenza del ricettore più prossimo alle aree di cantiere in funzione del fronte avanzamento lavori nonché in tutti quei punti di monitoraggio considerati significativi e descritti in modo più approfondito nel relativo paragrafo.

In relazione alle potenziali criticità presenti durante la costruzione dell'opera si è fatto riferimento al Piano di Cantierizzazione redatto nell'ambito del Progetto Definitivo.

6.3 IDENTIFICAZIONE DEI PUNTI DI MONITORAGGIO

La scelta dei punti di monitoraggio è stata fatta secondo i criteri esposti nei capitoli precedenti ed ubicati sulla base dell'analisi di:

- cartografia tecnica regionale;
- fotopiano;
- tracciato.

Le posizioni di misura sono localizzate in prossimità di edifici o gruppi di edifici.

La localizzazione dei punti d'indagine è stata effettuata in conformità all'analisi preliminare di carattere territoriale, svolto utilizzando la cartografia del progetto definitivo.

L'analisi delle attività costruttive e dei recettori presenti sul territorio ha evidenziato la presenza di potenziali criticità in 4 punti, situati in prossimità delle lavorazioni di realizzazione delle gallerie di progetto (gallerie naturali ed artificiali), prossimi alle aree di lavorazione dei viadotti e in corrispondenza dei ricettori più esposti indipendentemente dalla destinazione d'uso del ricettore stesso. I recettori presi in considerazione sono i seguenti:

- Cascina Gargantini;
- Cascina Baraggiola;
- Edificio in Omate adiacente infrastruttura;
- Cascina Turro;

La Tabella 1 la fase di monitoraggio in cui si effettuerà la misura e il riferimento alla tratta di appartenenza.

Per le informazioni sulla codifica dei punti si rimanda allo specifico capitolo.

Tabella 1 – Codifica punti di monitoraggio

Codifica Punto	Fase di monitoraggio	Comune	Provincia	Distanza dall'asse (m)
VIB-VI-01	CO	Vimercate	Monza e Brianza	62
VIB-VI-02	CO	Vimercate	Monza e Brianza	20
VIB-AB-03	AO-CO	Agrate Brianza	Monza e Brianza	18
VIB-CP-04	AO-CO	Caponago	Monza e Brianza	100

Nella Tabella 2 vengono riportati i punti in cui sono eseguite le indagini di ante operam mentre nella Tabella 3 sono riportati i punti in cui le indagini vengono eseguite nella sola fase di corso d'opera. Il monitoraggio AO viene svolto precauzionalmente soltanto nelle aree interessate da altre importanti infrastrutture stradali A4 e TEEM; la fase in CO interesserà sia le due postazioni ante operam che altre due postazioni più esposte nella fase avanzamento cantiere. Non sono previsti monitoraggi PO perché i recettori più esposti risultano ubicati a distanze tali da garantire l'ottemperanza ai limiti normativi più restrittivi.

Nell'Allegato 1 sono illustrate le schede descrittive dei punti di monitoraggio e la tavola in allegato riporta la cartografia dei punti di monitoraggio.

Tabella 2 - Punti monitorati durante la fase di ante operam.

Codice monitoraggio	Comune	Provincia
VIB-AB-03	Agrate Brianza	Monza e Brianza
VIB-CP-04	Caponago	Monza e Brianza

Tabella 3 - Punti monitoraggio in cui vengono eseguite le sole indagini di corso d'opera.

Codice monitoraggio	Comune	Provincia
VIB-VI-01	Vimercate	Monza e Brianza
VIB-VI-02	Vimercate	Monza e Brianza
VIB-AB-03	Agrate Brianza	Monza e Brianza
VIB-CP-04	Caponago	Monza e Brianza

6.4 VERIFICA DI FATTIBILITÀ IN CAMPO

Nei punti di misura previsti nel Piano di Monitoraggio Ambientale per i quali è prevista l'esecuzione delle indagini nella sola fase di corso d'opera, si dovrà effettuare una verifica di fattibilità in campo così come fatto per i punti in cui è stato eseguito il monitoraggio di ante operam. Tale verifica consiste di:

- verifica dell'accessibilità degli edifici per la realizzazione delle misure nelle varie fasi del monitoraggio;
- definizione delle informazioni e dei parametri che consentono di indicare l'esatta localizzazione sul territorio del ricettore quali: indirizzo, progressiva relativa alla futura infrastruttura, distanza dalla strada e/o ferrovia esistente e coordinate geografiche;
- definizione della classificazione degli edifici ai sensi della norma UNI 9614, ma anche della destinazione d'uso del ricettore, l'altezza del ricettore e il numero di piani;
- definizione in dettaglio delle sorgenti vibranti in essere e della loro distanza rispetto all'edificio;
- selezione dei locali degli edifici da monitorarsi in cui posizionare i dispositivi di misura tenendo presente che esse sono le stesse nelle varie fasi di monitoraggio;
- elaborazione delle planimetrie in scala opportuna dei locali e in cui è svolto il monitoraggio riportanti le distanze tra le pareti delle stanze e i punti in cui vengono localizzati i trasduttori.

I dati rilevati saranno inseriti in una scheda di campo e saranno a disposizione per tutte le fasi di monitoraggio.

Nel caso in cui, a seguito dei sopralluoghi in campo eseguiti preliminarmente all'attività di esecuzione delle indagini di monitoraggio, non si verifichi una o più delle condizioni di fattibilità per l'ubicazione della postazione di misura sopra descritte, sarà necessario procedere ad una sua rilocalizzazione.

Eventuali rilocalizzazioni, dovranno essere effettuate individuando in situ un'ubicazione alternativa che risponda alle medesime finalità del punto di misura da sostituire. Tali rilocalizzazioni saranno sottoposte per approvazione ad APL e all'Organo di Controllo.

7. ATTIVITÀ

L'attività in campo viene realizzata interamente in situ da tecnici qualificati, che devono provvedere a quanto necessario per la compilazione delle schede di misura, per la restituzione dei dati e per un corretto accertamento.

In campo verrà compilata una scheda (cosiddetta scheda di campo) ove per ogni punto di indagine occorre rendere disponibili almeno le seguenti informazioni:

- caratterizzazione fisica del territorio appartenente alle aree di indagine;
- caratterizzazione delle principali sorgenti vibrazionali (impianti produttivi, ecc.);
- planimetria dei siti di indagine;
- strumentazione utilizzata;
- note e osservazioni alle misure.

L'attività di misura in campo prevede un'organizzazione preliminare in sede che passa attraverso l'analisi del programma di cantiere (tale attività è essenziale nella fase di corso d'opera per poter controllare le potenziali interferenze e poterle correlare alle lavorazioni svolte) e la preparazione di tutto il materiale necessario per l'accertamento strumentale.

L'attività successiva a quella di campo richiede invece che tutti i dati siano organizzati, che le analisi siano effettuate nel minor tempo possibile e che tutti i dati raccolti siano inseriti nel SIT al fine di essere analizzati e validati.

Di seguito si descrivono i processi che caratterizzano le attività descritte.

7.1 ATTIVITÀ PRELIMINARI

Prima di procedere con l'uscita in campo è necessario:

- richiedere alla Direzione Lavori l'aggiornamento della programmazione di cantiere;
- definire il programma delle attività di monitoraggio;
- caricare la programmazione delle campagne di monitoraggio nell'apposita sezione del SIT denominata programmazione attività di rilievo.

Sopralluogo in campo

Sarà necessario effettuare un sopralluogo finalizzato a verificare le seguenti condizioni:

- assenza di situazioni locali che possano disturbare le misure;
- consenso della proprietà ad accedere al ricettore da monitorarsi;
- disponibilità e facilità di accesso agli spazi interni delle proprietà private da parte dei tecnici incaricati delle misure per tutta la durata prevista del monitoraggio ambientale e

per tutte le fasi in cui è previsto il monitoraggio;

- possibilità, ove necessario, di alimentazione alla rete elettrica.

Nel caso in cui il punto di monitoraggio previsto dal Piano di Monitoraggio Ambientale non soddisfi in modo sostanziale una delle caratteristiche sopra citate, sarà scelta una postazione alternativa, ma pur sempre rappresentativa delle caratteristiche qualitative dell'area di studio, rispettando i criteri sopra indicati.

Nel corso del sopralluogo è necessario verificare e riportare correttamente sulla scheda tutti i dettagli relativi alla localizzazione geografica, con particolare attenzione all'accessibilità al punto di misura, in modo che il personale addetto alle misure possa, in futuro, disporre di tutte le informazioni per accedere al punto di monitoraggio prescelto.

Saranno anche effettuate fotografie e sarà riportato, nella scheda, uno stralcio cartografico con indicata l'ubicazione del punto di monitoraggio. Il sopralluogo sarà effettuato una sola volta prima di qualsiasi attività di misura.

Acquisizione del permesso

Durante il sopralluogo si dovrà procedere all'acquisizione di un permesso scritto in cui si dovranno riportare le seguenti informazioni:

- modalità di accesso al sito d'indagine;
- tipo di attività che sarà svolta dal personale tecnico incaricato;
- codice del punto di monitoraggio;
- modalità di rimborso di eventuali danni arrecati alla proprietà.

7.2 INSTALLAZIONE DELLA STRUMENTAZIONE, CALIBRAZIONE E ANALISI DI PRE-RILEVAMENTO

Preliminarmente all'installazione della strumentazione sarà necessaria la verifica delle idonee condizioni per l'esecuzione del rilievo in relazione alle lavorazioni in corso; tale attività risulta fondamentale in particolare nella fase di CO in quanto l'operatore, oltre al controllo delle buone condizioni tecniche per l'esecuzione del rilievo, dovrà verificare che le lavorazioni in corso siano esattamente quelle per le quali è stato previsto il controllo a seguito dell'analisi del programma di cantiere.

Pertanto, si possono presentare due casi:

1. *il rilievo non può avere luogo*: qualora ciò accada deve esserne data tempestiva

comunicazione al coordinatore del monitoraggio. Nel caso in cui si siano verificate alterazioni significative delle condizioni iniziali in prossimità del punto di monitoraggio si potrà valutare l'opportunità di procedere alla rilocalizzazione del punto di monitoraggio (cosa che comporterà la definizione di un nuovo sito e la soppressione del precedente, con un aggiornamento dei punti di misura, un nuovo sopralluogo e una eventuale nuova richiesta di permesso di accesso alle proprietà private). Nel caso in cui al momento dell'uscita in campo non sono in corso le attività di costruzione previste dal programma lavori, una volta sentito il personale di cantiere, si potrà decidere di effettuare comunque l'accertamento strumentale oppure concordare una nuova data in relazione agli obiettivi di monitoraggio fissati;

2. *il rilievo può avere luogo*: qualora venga svolta l'attività di misura, si deve compilare la scheda di campo indicando l'attività di costruzione in corso nel campo note e osservazioni alle misurazioni.

Di seguito si riportano gli accorgimenti da seguire in fase di installazione della strumentazione e calibrazione della stessa.

I dispositivi di misura sono localizzati in corrispondenza del primo e dell'ultimo solaio abitato, dal lato dell'edificio a minima distanza dal tracciato. Il monitoraggio è preferibilmente svolto in stanze in cui non si verificano interferenze con le attività residenziali e in posizione centrale al locale (in corrispondenza della mezzera del solaio).

All'interno delle stanze scelte, al primo e all'ultimo piano dell'edificio, devono essere misurate le vibrazioni in tre direzioni mutuamente perpendicolari: a tal fine sarà necessario posizionare un accelerometro triassiale o 3 accelerometri monoassiali. Tutti gli accelerometri trasmettono simultaneamente i dati ad una centralina di acquisizione dati.

I trasduttori devono essere ancorati alla struttura da monitorare mediante fissaggio con cera d'api in modo da garantire un miglior risultato nella trasduzione del segnale e comunque secondo quanto indicato nella ISO 5348.

In alternativa al precedente metodo e nel caso non fosse possibile l'accesso nei locali interni, i trasduttori possono essere resi solidali, mediante attacco magnetico o filettato, ad un massetto d'acciaio, avente peso adeguato, appoggiato al suolo in maniera stabile.

I trasduttori devono essere connessi con il sistema d'acquisizione dati che sarà collocato in posizione idonea. Poiché è necessario acquisire contemporaneamente i dati provenienti da tutti i traduttori si rende necessario l'utilizzo di un sistema di acquisizione avente almeno 6 canali.

Prima dell'inizio di ogni ciclo di misura deve essere effettuata la calibrazione della catena di misura utilizzando appositi calibratori tarati.

Preventivamente alla registrazione del segnale si procede ad una verifica dei livelli di vibrazione rilevabili da tutti i trasduttori posizionati al fine di verificare la funzionalità dei collegamenti.

In questa fase è possibile verificare la presenza di vibrazioni statisticamente non significative dovute ad esempio ad attività di manutenzione o all'impiego di macchine utensili all'interno dell'edificio: in questi casi è richiesta l'interruzione del funzionamento o si attende che sia esaurita la causa del disturbo.

7.3 ESECUZIONE DELLE MISURE

Il monitoraggio ambientale della componente Vibrazioni consiste in una campagna di misure atte a rilevare la presenza di moti vibratorii all'interno di edifici e a verificarne gli effetti sulla popolazione e sugli edifici stessi.

In particolare, per quanto concerne gli effetti sulla popolazione, le verifiche riguardano esclusivamente gli effetti di "annoyance", ovvero gli effetti di fastidio indotti dalle vibrazioni percettibili dagli esseri umani. Tali effetti dipendono in misura variabile dall'intensità, dal campo di frequenza delle vibrazioni, dalla numerosità degli eventi e dal contesto abitativo nel quale gli stessi eventi si manifestano (ambiente residenziale, fabbrica, etc.). Tale disturbo, infatti, non ha un organo bersaglio, ma è esteso all'intero corpo e può essere ricondotto ad un generico fastidio all'insorgenza di ogni vibrazione percettibile. È bene evidenziare che tale fastidio non comporta aspetti di natura sanitaria e/o tecnopatologica correlate alle vibrazioni e, ancora di più, aspetti di natura medico-legale correlati a patologie ma, si tratta dell'insorgenza di una generica sensazione percettiva che può arrecare fastidio, qualora il soggetto svolga una qualsiasi attività, anche non lavorativa.

Il rilevamento deve essere eseguito in modo tale che possa essere restituita la time history del livello dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza (secondo il filtro per assi combinati indicato dalla norma UNI 9614) secondo per secondo, ma anche lo spettro in frequenza ponderato secondo il filtro per la peggiore situazione riscontrata con riferimento alle tre posture tipiche: seduto, in piedi e sdraiato), come indicato dalla ISO 2631.

L'analisi di frequenza della vibrazione viene effettuata in bande da 1/3 d'ottava nel campo da 1 a 80 Hz (estremi inclusi).

Le vibrazioni sono misurate contemporaneamente in due punti mediante due terne accelerometriche. La prima terna viene posizionata al piano terra mentre la seconda all'ultimo

piano (da considerarsi abitato) dell'edificio da monitorarsi. Qualora non sia possibile accedere all'interno del piano terra, la terna sarà collocata all'esterno dell'edificio pur mantenendo la distanza entro un metro dalla stessa, tenendo anche in conto per la scelta in esterno del differente tipo di terreno. Qualora non sia possibile accedere all'ultimo piano dell'edificio, in presenza di ricettore isolato, si riloca la postazione di misura (altro ricettore), previa approvazione dell'Organo di controllo.

Per il monitoraggio della componente Vibrazioni sono state previste due tipologie di misura di seguito riportate.

Tipo VIA: Misure di caratterizzazione dei livelli vibratorii attuali

La misura, eseguita nella fase di ante operam, era mirata all'acquisizione dei livelli vibratorii presenti. La misura è costituita da un rilievo della durata di due ore. Il rilievo sarà eseguito nel periodo di riferimento diurno (07:00 – 22:00).

Durante i rilievi saranno acquisiti in continuo i livelli vibratorii presenti e l'operatore annoterà il verificarsi di eventi particolari che hanno indotto dei livelli vibrazionali non normalmente riscontrabili sul sito. Tali eventi saranno mascherati in fasi di post-elaborazione della misura. Le misure AO sono previste soltanto per le aree interessate dalla presenza di altre importanti infrastrutture, A4 e TEEM, al fine di evidenziare eventuali eventi da prendere in considerazione nella valutazione CO.

Tipo VIC: Misure in corrispondenza di ricettori prospicienti al fronte di avanzamento lavori

La misura è mirata all'acquisizione dei livelli vibrazionali indotti dalle attività di costruzione (corso d'opera). Tale misura deve essere dunque eseguita nella finestra temporale in cui, nelle vicinanze del ricettore monitorato, vengono eseguite le attività critiche in relazione all'emissione di vibrazioni nel terreno. La misura avrà la durata di due ore durante la quale verranno misurate in continuo le vibrazioni indotte dalle lavorazioni. Al fine di determinare relazioni di causa-effetto tra operazione di cantiere e livelli vibrazionali rilevati occorre che la postazione di misura sia presidiata: l'operatore annoterà ogni evento determinante fenomeni vibranti sensibili. Inoltre, l'operatore dovrà annotare anche eventi sensibili non ascrivibili ad attività di cantiere che saranno riconosciuti in fase di post-elaborazione della misura.

Gli eventi vibratorii registrati saranno suddivisi, in base alla sorgente che li ha generati, nelle seguenti categorie:

- Eventi generati da infrastrutture di trasporto;

- Eventi generati da attività interne all'edificio;
- Eventi generati dall'attività di cantiere;
- Eventi generati dalla movimentazione dei mezzi di cantiere.

Una volta suddivisi gli eventi, per ogni tipologia di sorgente, verrà restituito lo spettro medio della vibrazione. Per ogni evento registrato e per ogni trasduttore accelerometrico installato sarà restituito il valore RMS dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza secondo filtro per assi combinati UNI 9614, oltre alla time-history anzidetta e lo spettro in frequenza dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza secondo il filtro ISO 2631.

Le indagini saranno concentrate, in accordo con la D.L., nei periodi in cui si effettuano le lavorazioni più onerose (trincee, fondazioni, pali, diaframmi, ecc.).

Per le rilevazioni in corso d'opera si terrà conto del fatto che le sorgenti di vibrazione sono numerose e possono realizzare sinergie d'emissione, oltre che generare l'esaltazione del fenomeno se si considerano le frequenze di risonanza delle strutture degli edifici monitorati.

In parallelo alla registrazione delle vibrazioni, deve essere svolta anche la caratterizzazione delle sorgenti di emissione che interessano il rilevamento.

Nel caso di vibrazioni dovute alle lavorazioni di cantiere si devono annotare l'insieme delle lavorazioni eseguite e, in particolare, quelle che hanno generato eventi che hanno superato il valore di soglia.

7.4 STRUMENTAZIONE DI MISURA

La strumentazione utilizzata, in accordo alla norma UNI 9614, deve rispondere alle norme IEC 184, IEC 222 e IEC 225.

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.

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.

Nella Tabella 4 si riportano le caratteristiche tecniche minime degli accelerometri che devono essere utilizzati.

Tabella 4 - Caratteristiche tecniche degli accelerometri

Grandezza	
Sensibilità	1 V/g
Range di frequenza	0.3 – 500 Hz
Range di misura	± 1 g
Risoluzione	0.000005 g rms
Linearità	± 1 %
Sensibilità trasversale	<5 %

La strumentazione adoperata deve essere sottoposta a verifica di taratura in appositi centri specializzati (Accredia) almeno una volta ogni due anni. Il risultato della taratura effettuata deve essere validato da un apposito certificato.

8. ARTICOLAZIONE TEMPORALE

Le misure ante operam devono essere eseguite prima dell'inizio dei lavori. Le misure in corso d'opera devono essere eseguite nelle finestre temporali in cui le lavorazioni critiche (trincee, fondazioni, pali, diaframmi, ecc.) in termini di emissioni vibranti vengono svolte nelle vicinanze del ricettore da monitorare come riportato nel cronoprogramma lavori.

Tutte le misure saranno mirate alla valutazione del disturbo indotto sulle persone presenti negli edifici e dovranno essere eseguite in accordo al Regolamento locale di igiene e alla norma UNI 9614.

8.1 FASI DEL MONITORAGGIO

Poiché la causa dei fenomeni vibranti negli edifici limitrofi ad un'opera stradale è la fase di realizzazione dell'opera stessa, il monitoraggio della componente ambientale "Vibrazioni" è stato articolato esclusivamente nelle fasi ante operam (solo ove siano presenti sorgenti significative dal punto di vista vibrazionale) e di corso d'opera, come concordato nei tavoli tecnici tenuti con ARPA Lombardia.

Nell'ambito della fase ante opera si procederà alla rilevazione degli attuali livelli di vibrazione indotti dalla pluralità delle sorgenti presenti significative prima dell'apertura dei cantieri, e saranno assunti come "punto zero" di riferimento. Durante le fasi di realizzazione dell'opera, si procederà al monitoraggio dei livelli vibrazionali allo scopo di:

- rilevare i livelli vibrazionali dovuti alle lavorazioni effettuate nella fase di realizzazione della tratta in progetto;
- individuare eventuali situazioni critiche (superamento dei limiti di riferimento) che si dovessero verificare nella fase di realizzazione delle opere (principalmente opere di scavo e traforo agli imbocchi delle gallerie, scavo per fondazioni e pali nelle aree di lavorazione dei viadotti), allo scopo di prevedere modifiche alla gestione delle attività di cantiere e/o di adeguare la conduzione dei lavori.

Le misure di tipo VIA saranno eseguite, una sola volta per ciascun ricettore, nella fase ante operam.

Le misure di tipo VIC devono essere eseguite, per ciascun ricettore, esclusivamente durante la realizzazione dell'opera quando le attività costruttive potenzialmente impattanti in termini di vibrazioni indotte verranno eseguite in prossimità dei recettori individuati.

Per una visione d'insieme si riassume in Tabella 5, l'elenco dei punti di misura interessati dal monitoraggio nelle fasi ante operam/corso d'opera, e, per ciascuna fase temporale la tipologia di misura prevista divisa per tratta di appartenenza.

Tabella 5– Misure previste sui ricettori sede di monitoraggio

Codice monitoraggio	Misura VIA	Misura VIC
	A.O.	C.O.
VIB-VI-01		X
VIB-VI-02		X
VIB-AB-03	X	X
VIB-CP-04	X	X

8.2 FREQUENZE DELLE MISURE

In sintesi, per i criteri temporali di campionamento previsti per le due fasi ante e corso d'opera, sarà eseguita una misura una volta (ante operam) e in fase di costruzione si prevedono misure con più ripetizioni quando il fronte avanzamento lavori raggiunge il ricettore.

Si riassume in Tabella 6, l'elenco dei punti di misura interessati dal monitoraggio nelle fasi ante-operam/corso d'opera, e, per ciascuna fase temporale la tipologia di misura prevista, unitamente alla frequenza.

Tabella 6 – Misure previste sui recettori sede di monitoraggio(frequenza)

Codice monitoraggio	Misura VIA	Misura VIC
	A.O.	C.O.
VIB-VI-01		avanzamento lavori
VIB-VI-02		avanzamento lavori
VIB-AB-03	Una volta	avanzamento lavori
VIB-CP-04	Una volta	avanzamento lavori

Le frequenze ed il numero complessivo dei rilievi, ove si verificassero variazioni al cronoprogramma lavori previsto in fase di progetto esecutivo, modifiche cronologiche delle fasi di lavorazioni, durate temporali di esecuzione lavori e criticità impreviste, saranno soggette a opportune revisioni.

L'aggiornamento della programmazione delle misure di monitoraggio sarà valutato di volta in volta sulla base dei risultati delle misure eseguite, sulla scorta delle effettive criticità/necessità riscontrate e sulla scorta dell'avanzamento dei lavori. Le misure dedicate al controllo delle

emissioni nelle aree di cantiere fisse potranno essere ridotte come frequenza di monitoraggio in dipendenza dall'eventuale riscontro di un carattere ripetitivo del fenomeno emissivo.

Sarà cura della ditta esecutrice del monitoraggio la verifica presso la D.L. dell'aggiornamento della programmazione delle lavorazioni realizzate in cantiere per garantire l'esecuzione dell'attività di monitoraggio in corrispondenza delle lavorazioni più impattanti (lavorazioni di perforazione e infissione dei diaframmi, apertura trincee, scavi fondazioni, realizzazione pali, ecc.).

Parte terza – Risultati delle attività di monitoraggio

9. CODIFICA DEI PUNTI DI MONITORAGGIO E DEI RISULTATI

I punti identificati secondo i criteri riportati precedentemente sono riportati nella tavola allegata con la cartografia dei punti di monitoraggio.

Si precisa che il codice del punto è fondamentale, in quanto lo identifica in modo univoco, e pertanto dovrà essere riportato su tutte le schede di campo e sulle schede di misura.

Ciascun punto è individuato da un ulteriore codice con una stringa di 9 caratteri (7 caratteri separati da 2 trattini) così organizzati:

- sottoambito di monitoraggio (una lettera, vedi tabella che segue).
- Comune in cui è ubicata la postazione (due lettere);
- numero progressivo (due cifre) all'interno del Comune, a partire da "01".

Le prime tre lettere identificano l'ambito/sottoambito di monitoraggio per la componente in esame si suggerisce: VIB.

Le successive due lettere indicano il comune di appartenenza (da definirsi).

Segue infine un numero progressivo, a partire da "01" compreso, di due cifre, identificativo dei punti ubicati nel medesimo comune.

Esempio: VIB-LE-01

indica il primo punto di monitoraggio di vibrazioni, situato in comune di Lentate sul Seveso.

10. INTEGRAZIONE NEL SISTEMA INFORMATIVO TERRITORIALE

Il monitoraggio ambientale, proprio in quanto attività di presidio ambientale, richiede estrema tempestività nella restituzione dei dati, in particolare nella fase di corso d'opera, al fine di consentire un efficace intervento nel caso in cui si riscontrassero situazioni di criticità.

Il rapido accesso ai dati sarà assicurato dal Sistema Informativo Territoriale, predisposto in ante operam, che consentirà di gestire in modo tempestivo l'acquisizione ed il processo di analisi delle misure di monitoraggio; una volta validati i dati saranno resi disponibili agli organismi di controllo e alle amministrazioni territoriali coinvolte.

La georeferenziazione dei dati deve essere effettuata in sistema WGS-84 mentre per quanto riguarda il tipo di proiezione deve essere adottata la proiezione cilindrica traversa di Gauss, nella versione UTM.

Tutti i dati e le informazioni ricavate nelle fasi di CO dovranno essere inseriti nel SIT secondo i formati e le strutture identificate in AO e proprie della banca dati del SIT.

In particolare, per quanto riguarda le attività di monitoraggio in corso d'opera le tempistiche di elaborazione dei documenti per ciascuna tratta si dividono in:

- Trimestrali per la produzione di bollettini;
- Annuali per la redazione delle relazioni.

11. GESTIONE DELLE ANOMALIE

Si definisce condizione anomala ogni situazione in cui si riscontrano parametri superiori all'ante operam (ove presente) e al limite di legge.

Si ritiene opportuno che ogni parametro anomalo registrato venga segnalato tramite apposita scheda che riporti un preciso riferimento al punto in cui si è verificata la condizione anomala, al parametro in oggetto e alle possibili cause.

Tale azione sarà utile per prevenire, con opportuni interventi correttivi, il verificarsi di condizioni anomale e di criticità ai ricettori che si andranno successivamente a monitorare in presenza di attività di cantiere analoghe.

Qualora venisse riscontrata una situazione anomala si procederà aprendo una scheda anomalia riportante le seguenti indicazioni e che dovrà essere inviata al Committente:

- date di emissione, sopralluogo e analisi del dato;
- parametro o indice indicatore di riferimento;
- superamento della soglia di impatto o descrizione dell'impatto qualitativo rilevato;
- cause ipotizzate e possibili interferenze;
- note descrittive e eventuale foto;
- verifica dei risultati ottenuti (da compilare successivamente).

Successivamente si procederà tenendo sotto controllo il parametro anomalo, eventualmente aumentando il numero delle misure.

La durata temporale della singola misura è di 2 ore.

Si prevede la comunicazione tempestiva all'Organo di Controllo, al Committente e agli Enti Pubblici interessati, nonché la successiva comunicazione del parametro di misura.

Nel caso in cui il parametro si mantenesse anomalo si definisce con il Committente l'azione correttiva da intraprendere.

11.1 CRITERI PER LA DEFINIZIONE DEI LIVELLI DI CRITICITÀ

Le norme di riferimento per questo tipo di disturbo sono: il Regolamento locale di igiene tipo (D.G.R n. 3/49784 del 28/03/1985), la ISO 2631 e la UNI 9614. 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 7 sono riportati i valori limite di base riferiti rispettivamente all'asse (Z) e agli assi (X) e (Y) e nella

Tabella 8 sono riportati i fattori moltiplicativi dei valori limite di base della

Tabella 7 a seconda del tipo di insediamento disturbato, del tipo di zona in cui esso insiste e del periodo del giorno (diurno, notturno).

Tabella 7 - Valori limite delle accelerazioni complessive validi per gli assi X, Y e 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))"

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 8 – Fattori moltiplicativi a seconda del tipo di insediamento, del tipo di zona ed il 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))"

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	

Per 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 9 e la Tabella 10 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.

Tabella 9 - 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	5,0 10 ⁻³	74
Abitazioni notte	7,0 10 ⁻³	77
Abitazioni giorno	10,0 10 ⁻³	80
Uffici	20,0 10 ⁻³	86
Fabbriche	40,0 10 ⁻³	92

Tabella 10 - Valori e livelli limite delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza validi per gli assi X e Y (Prospetto III - 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

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 aw-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 11.

Tabella 11 - Valori e livelli limite delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza validi per vibrazioni impulsive (Prospetto V - UNI 9614)

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

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/s²) moltiplicandoli per il coefficiente F così definito:

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

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 ed ISO 4866), pertanto le prime sono state scelte quale riferimento, 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 non saranno eseguite misure finalizzate al danno delle strutture ma solo quelle relative al disturbo delle persone. Il riscontro di livelli di vibrazione che recano disturbo alle persone sarà condizione sufficiente affinché si intervenga nei tempi e nei modi opportuni per ridurre i livelli d'impatto.

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.

11.2 PROCEDURE DI VALUTAZIONE

Ove si dovessero verificare anomalie nell'ambito delle azioni correttive da prodursi si prevedono i seguenti step:

- informazione al pubblico;
- comunicazione del parametro di misura con la massima tempestività al Committente e all'Organo di controllo;
- verifica della strumentazione utilizzata;
- successivo rilievo per validare il dato di misura.

La condizione di anomalia sarà gestita via SIT e comunicata in fase di corso d'opera al Committente, all'Organo di controllo e alla D.L.

12. DOCUMENTAZIONE DA PRODURRE

Nel corso del monitoraggio dovranno essere rese disponibili le seguenti informazioni:

- Schede di misura;
- Relazioni di fase CO;
- Relazioni di fase AO, in caso di ripetizione delle misure già effettuate;
- Comunicazione anomalia gestita via SIT.

Schede di misura

Essa si compone di una parte descrittiva contenente la caratterizzazione fisica del territorio appartenente alle aree di indagini, la caratterizzazione delle principali sorgenti vibrazionali ed una parte analitica contenente gli esiti dei monitoraggi effettuati.

Relazioni di corso d'opera e bollettini trimestrali

Al fine di restituire una sintesi dei dati acquisiti nella fase di CO e per fornire una valutazione dell'efficacia delle misure di mitigazione previste in fase di progetto e di quelle eventualmente introdotte a seguito delle risultanze del monitoraggio stesso.

Comunicazione anomalia

Nel caso di situazioni anomale dovrà esserne data tempestiva segnalazione tramite comunicazione anomalia gestita via SIT.

Allegato 1 - Schede punti di monitoraggio

SCHEMA DEL PUNTO DI MONITORAGGIO

COMPONENTE AMBIENTALE: VIBRAZIONI
CODICE MONITORAGGIO: VIB-VI-01

COMUNE: VIMERCATE	PROVINCIA: MONZA E BRIANZA
--------------------------	-----------------------------------

LOCALIZZAZIONE DEL PUNTO/AREALE DI MONITORAGGIO
TRATTA DI APPARTENENZA: VARIANTE TRATTA D APPROVATA E VIABILITÀ CONNESSA

DISTANZA dal tracciato di progetto: m 62

COORDINATE GEOGRAFICHE (WGS84-32N) DEL PUNTO/AREALE DI MONITORAGGIO:
E: 530'940; N: 5'051'155;

CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE DEL SITO				
Scuola		Parco pubblico		Uso del suolo
Ospedale		Area di pregio naturale		Tipologia falda
Residenziale agglomerato		Edificio storico		Cantiere
Residenziale isolato	x	Attività produttiva		Area Tecnica
Rudere/assimilabile		Aree protette/SIC/ZPS		
Agricolo		Corso d'acqua attraversato		

FASE	STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	DESCRIZIONE INDAGINE	TEMPI DI MISURA	FREQUENZA/NUMERO RILIEVI
AO				
CO	Analizzatore a 8 canali	Tipologia di misura VIC	2 ore	avanzamento lavori
PO				



VARIANTE TRATTA D
PROGETTO DEFINITIVO

SCHEDA DEL PUNTO DI MONITORAGGIO

COMPONENTE AMBIENTALE: VIBRAZIONI

CODICE MONITORAGGIO: VIB-VI-02

COMUNE: VIMERCATE

PROVINCIA: MONZA E BRIANZA

LOCALIZZAZIONE DEL PUNTO/AREALE DI MONITORAGGIO

TRATTA DI APPARTENENZA: VARIANTE TRATTA D APPROVATA E VIABILITÀ CONNESSA

DISTANZA dal tracciato di progetto: m 20

COORDINATE GEOGRAFICHE (WGS84-32N) DEL PUNTO/AREALE DI MONITORAGGIO:

E: 531'067; N: 5'049'958;

CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE DEL SITO

Scuola		Parco pubblico		Uso del suolo	
Ospedale		Area di pregio naturale		Tipologia falda	
Residenziale agglomerato		Edificio storico		Cantiere	
Residenziale isolato	x	Attività produttiva		Area Tecnica	
Rudere/assimilabile		Aree protette/SIC/ZPS			
Agricolo		Corso d'acqua attraversato			

FASE	STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	DESCRIZIONE INDAGINE	TEMPI DI MISURA	FREQUENZA/NUMERO RILIEVI
AO				
CO	Analizzatore a 8 canali	Tipologia di misura VIC	2 ore	avanzamento lavori
PO				



VARIANTE TRATTA D
PROGETTO DEFINITIVO

SCHEDA DEL PUNTO DI MONITORAGGIO

COMPONENTE AMBIENTALE: VIBRAZIONI

CODICE MONITORAGGIO: VIB-AB-03

COMUNE: AGRATE BRIANZA

PROVINCIA: MONZA E BRIANZA

LOCALIZZAZIONE DEL PUNTO/AREALE DI MONITORAGGIO

TRATTA DI APPARTENENZA: VARIANTE TRATTA D APPROVATA E VIABILITÀ CONNESSA

DISTANZA dal tracciato di progetto: m 18

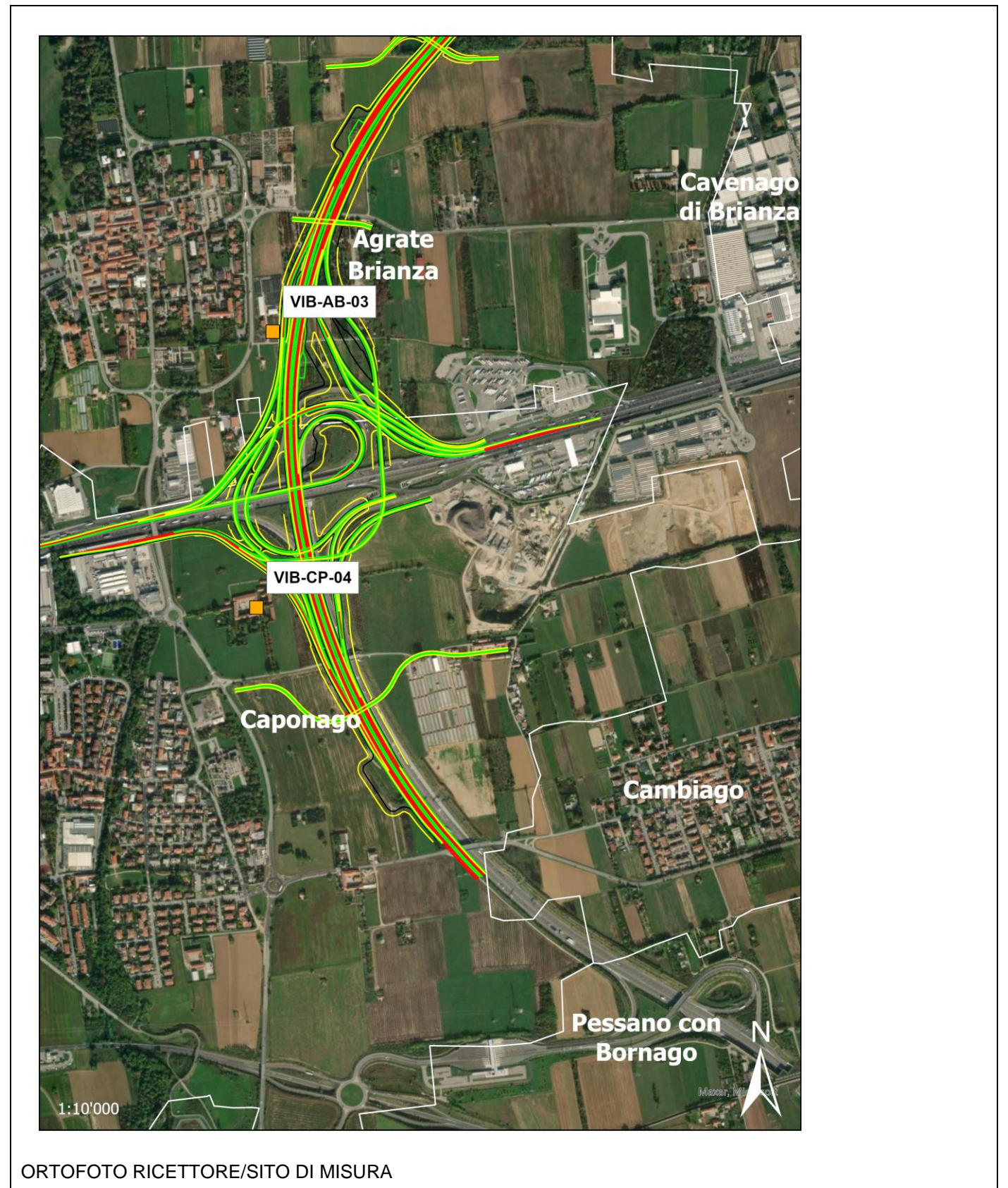
COORDINATE GEOGRAFICHE (WGS84-32N) DEL PUNTO/AREALE DI MONITORAGGIO:

E: 529'996; N: 5'047'144;

CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE DEL SITO

Scuola		Parco pubblico		Uso del suolo	
Ospedale		Area di pregio naturale		Tipologia falda	
Residenziale agglomerato		Edificio storico		Cantiere	
Residenziale isolato	x	Attività produttiva		Area Tecnica	
Rudere/assimilabile		Aree protette/SIC/ZPS			
Agricolo		Corso d'acqua attraversato			

FASE	STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	DESCRIZIONE INDAGINE	TEMPI DI MISURA	FREQUENZA/NUMERO RILIEVI
AO	Analizzatore a 8 canali	Tipologia di misura VIA	2 ore	una volta
CO	Analizzatore a 8 canali	Tipologia di misura VIC	2 ore	avanzamento lavori
PO				



ORTOFOTO RICETTORE/SITO DI MISURA

VARIANTE TRATTA D
PROGETTO DEFINITIVO

SCHEDA DEL PUNTO DI MONITORAGGIO

COMPONENTE AMBIENTALE: VIBRAZIONI

CODICE MONITORAGGIO: VIB-CP-04

COMUNE: CAPONAGO

PROVINCIA: MONZA E BRIANZA

LOCALIZZAZIONE DEL PUNTO/AREALE DI MONITORAGGIO

TRATTA DI APPARTENENZA: VARIANTE TRATTA D APPROVATA E VIABILITÀ CONNESSA

DISTANZA dal tracciato di progetto: m 100

COORDINATE GEOGRAFICHE (WGS84-32N) DEL PUNTO/AREALE DI MONITORAGGIO:

E: 529'953; N: 5'046'420;

CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE DEL SITO

Scuola		Parco pubblico		Uso del suolo	
Ospedale		Area di pregio naturale		Tipologia falda	
Residenziale agglomerato		Edificio storico		Cantiere	
Residenziale isolato	x	Attività produttiva		Area Tecnica	
Rudere/assimilabile		Aree protette/SIC/ZPS			
Agricolo		Corso d'acqua attraversato			

FASE	STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	DESCRIZIONE INDAGINE	TEMPI DI MISURA	FREQUENZA/NUMERO RILIEVI
AO	Analizzatore a 8 canali	Tipologia di misura VIA	2 ore	una volta
CO	Analizzatore a 8 canali	Tipologia di misura VIC	2 ore	avanzamento lavori
PO				



ORTOFOTO RICETTORE/SITO DI MISURA