

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



U.O. ARCHITETTURA, AMBIENTE E TERRITORIO

S.O. AMBIENTE

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO - BERGAMO - MONTELLO

LOTTO 9: Opere Civili e Impianti Tecnologici di Piazzale per il completamento del raddoppio della linea Ponte SP – Bergamo e per lo spostamento provvisorio della linea Treviglio - Bergamo

PROGETTO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

SCALA:

Relazione generale

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

N B 1 R 0 9 D 2 2 R G M A 0 0 0 0 0 0 1 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	F. Massari	Settembre 2021	G. Tucci G. Dajelli	Settembre 2021	M. Berlingeri	Settembre 2021	C. Ercolani Marzo 2022
B	Emissione per richiesta Integrazioni MiTE ID 7601	F. Massari	Marzo 2022	S. Potena G. Dajelli	Marzo 2022	M. Berlingeri	Marzo 2022	ITALFERR S.p.A. Dott.ssa Carolina Ercolani Ordine Agrotecnici e Agronomi di Roma, Ricci e Viterbo n. 645

File: NB1R09D22RGMA0000001B.doc

n. Elab.:

INDICE

1. PREMESSA.....	4	4.2.2 Normativa di riferimento.....	19
2. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO.....	5	4.2.3 Criteri di individuazione delle aree da monitorare.....	19
2.1 GLI INTERVENTI IN PROGETTO.....	5	4.2.4 Parametri oggetto del monitoraggio.....	20
2.2 DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI CANTIERIZZAZIONE.....	5	4.2.5 Specifiche e strumentazione di monitoraggio.....	22
3. RICETTORI, PUNTI DI MISURA E TEMPI.....	7	4.2.6 Articolazione temporale delle attività di monitoraggio.....	23
3.1 I RICETTORI.....	7	4.3 SUOLO E SOTTOSUOLO.....	24
3.2 PUNTI DI MISURA.....	7	4.3.1 Obiettivi del monitoraggio.....	24
3.3 TEMPI E FREQUENZE.....	7	4.3.2 Normativa di riferimento.....	24
3.4 RESTITUZIONE DEI DATI.....	7	4.3.3 Criteri di individuazione delle aree da monitorare.....	24
3.5 METADOCUMENTAZIONE.....	8	4.3.4 Parametri oggetto del monitoraggio.....	24
3.6 STRUMENTI PER LA CONDIVISIONE DEI DATI DI MONITORAGGIO.....	9	4.3.5 Metodiche e strumentazione di monitoraggio.....	25
4. RELAZIONI SPECIFICHE DELLE SINGOLE COMPONENTI AMBIENTALI.....	10	4.3.6 Articolazione temporale delle attività di monitoraggio.....	29
4.1 ATMOSFERA.....	10	4.5 RUMORE.....	30
4.1.1 Obiettivi del monitoraggio.....	10	4.5.1 Obiettivi del monitoraggio.....	30
4.1.2 Normativa di riferimento.....	10	4.5.2 Normativa di riferimento.....	30
4.1.3 Criteri di individuazione delle aree da monitorare.....	11	4.5.3 Criteri di individuazione delle aree da monitorare.....	30
4.1.4 Parametri oggetto del monitoraggio.....	12	4.5.4 Metodiche e strumentazione di monitoraggio.....	31
4.1.5 Metodiche e strumentazione di monitoraggio.....	13	4.5.5 Articolazione temporale delle attività di monitoraggio.....	33
4.1.6 Articolazione temporale delle attività di monitoraggio.....	16	4.6 VIBRAZIONI.....	34
4.2 ACQUE SOTTERRANEE.....	19	4.6.1 Obiettivi del monitoraggio.....	34
4.2.1 Obiettivi del monitoraggio.....	19	4.6.2 Normativa di riferimento.....	34
		4.6.3 Criteri di individuazione delle aree da monitorare.....	34

PROGETTO MONITORAGGIO AMBIENTALE

Relazione generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	09	D-22-RG	MA0000 001	B	3 di 45

4.6.4	Strumentazione	35
4.6.5	Modalità di monitoraggio e parametri.....	35
4.6.6	Elaborazioni delle misure	36
4.6.7	Articolazione temporale delle attività di monitoraggio.....	37
4.7	VEGETAZIONE.....	38
4.7.1	Obiettivi del monitoraggio.....	38
4.7.2	Normativa di riferimento	38
4.7.3	Criteri di individuazione delle aree da monitorare	39
4.7.4	Parametri oggetto del monitoraggio	40
	Analisi dei mosaici di fitocenosi interessati dalle aree di cantiere	40
	Monitoraggio dello stato di conservazione dei cumuli di materiale vegetale depositati in cantiere	41
4.7.5	Metodiche di monitoraggio	41
	Analisi dei mosaici di fitocenosi interessati dalle aree di cantiere	41
	Monitoraggio dello stato di conservazione dei cumuli di materiale vegetale depositati in cantiere	41
4.7.6	Articolazione temporale delle attività di monitoraggio.....	41
5.	PLANIMETRIA DI LOCALIZZAZIONE DEI PUNTI DI MISURA	43

1. PREMESSA

La presente relazione fa parte degli elaborati relativi al Progetto Definitivo delle Opere Civili e Impianti Tecnologici di Piazzale per il completamento del raddoppio della linea Ponte SP – Bergamo e per lo spostamento provvisorio della linea Treviglio – Bergamo, afferente al più ampio progetto di raddoppio ferroviario della linea Ponte S. Pietro – Bergamo – Montello.

Il presente documento è stato redatto ai sensi della Normativa vigente in materia ambientale, e in conformità delle “Linee guida per il progetto di monitoraggio ambientale delle infrastrutture strategiche ed insediamenti produttivi di cui al Decreto Legislativo 12 aprile 2006, n. 163” (norme tecniche di attuazione dell’allegato XXI) REV. 2 del 23 luglio 2007” predisposte dalla Commissione Speciale VIA, aggiornate nel 2014: “Linee guida per la predisposizione del Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA) delle opere soggette a procedure di VIA (D. Lgs. 152/2006 e s.m.i., D. Lgs. 163/2006 e s.m.i.) – Indirizzi metodologici generali REV. 1 del 16 giugno 2014”, “Linee guida per la predisposizione del Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA) delle opere soggette a procedure di VIA (D. Lgs. 152/2006 e s.m.i., D. Lgs. 163/2006 e s.m.i.) – Indirizzi metodologici specifici per componente/fattore ambientale: Atmosfera REV. 1 del 16 giugno 2014”, “Linee guida per la predisposizione del Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA) delle opere soggette a procedure di VIA (D. Lgs. 152/2006 e s.m.i., D. Lgs. 163/2006 e s.m.i.) – Indirizzi metodologici specifici per componente fattore ambientale: Ambiente idrico REV.1 del 17/06/2015”, “Linee guida per la predisposizione del Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA) delle opere soggette a procedure di VIA (D. Lgs. 152/2006 e s.m.i., D. Lgs. 163/2006 e s.m.i.) – Indirizzi metodologici specifici per componente/fattore ambientale: Agenti fisici – Rumore REV. 1 del 30 dicembre 2014”, “Linee guida per la predisposizione del Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA) delle opere soggette a procedure di VIA (D. Lgs. 152/2006 e s.m.i., D. Lgs. 163/2006 e s.m.i.) – Indirizzi metodologici specifici per componente/fattore ambientale: Biodiversità (Vegetazione, Flora, Fauna) REV. 1 del 13 marzo 2015”.

Il progetto di monitoraggio, in base alle risultanze degli studi effettuati a supporto del progetto in questione e, in particolare, allo “Studio di impatto ambientale – Relazione generale” ed al “Progetto ambientale della cantierizzazione” – Relazione generale”, individua le principali componenti ambientali da indagare, le modalità e le tempistiche connesse alle attività di monitoraggio.

Il Progetto di Monitoraggio Ambientale (di seguito PMA) indica gli obiettivi, i requisiti ed i criteri metodologici per il Monitoraggio Ante Operam (AO), il Monitoraggio in Corso d’Opera (CO) ed il Monitoraggio Post Operam o in esercizio (PO), tenendo conto della realtà territoriale ed ambientale in cui il progetto dell’opera si inserisce e dei potenziali impatti che esso determina sia in termini positivi che negativi.

Nel presente documento, il testo riportato in colore amaranto indica le modifiche ed integrazioni operate rispetto alla precedente revisione A.

2. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

2.1 Gli interventi in progetto

L'intervento in oggetto comprende la realizzazione della sede che ospiterà il completamento del raddoppio della linea Bergamo - Ponte S. Pietro, la posa dell'armamento del binario dispari di raddoppio dalla p.k. 1+659,97 alla pk 0+923,097 e lo spostamento provvisorio della linea Treviglio-Bergamo sul nuovo sedime della linea Bergamo - Ponte S. Pietro.

Il prolungamento del raddoppio di progetto, di circa 730 metri, parte dalla spalla ovest del ponte di via dei Caniana fino al ponte esistente di via S. Bernardino.

Le principali opere previste dal progetto sono:

- Corpo stradale ferroviario CS00 e relative opere di sostegno RI00, opere idrauliche di sede ID00;
- Rilevato in affiancamento RI01 dal km 1+070 al km 1+232 (tratta Bergamo – Ponte S. Pietro linea Lecco-Brescia);
- Rilevato deviata provvisoria RI06 Linea Treviglio- BG dal km 20+480 al km 20+805;
- Viadotto su Via di San Bernardino VI03;
- Viadotto su Via dei Caniana VI04A;
- FA06 Fabbricato tecnologico - Cabina TE BG - al km 1+210 (tratta Bergamo-Ponte S. Pietro) e piazzale a servizio;
- FA06B Vasca di laminazione sede e muro di contenimento lato Via Dei Caniana;
- VI04E Vasca di laminazione acque Via Dei Caniana e relativo sistema di smaltimento idraulico.

L'intervento comprende, inoltre, le opere di armamento e le opere di sicurezza e segnalamento, le opere di telecomunicazioni in linea, le opere di luce e forza motrice e le opere di presidio antirumore.

2.2 Descrizione del sistema di cantierizzazione

Al fine di realizzare le opere in progetto, è prevista l'installazione di una serie di aree di cantiere lungo il tracciato della linea ferroviaria, che sono state selezionate sulla base delle seguenti esigenze principali:

- disponibilità di aree libere in prossimità delle opere da realizzare;
- lontananza da ricettori critici e da aree densamente abitate;
- facile collegamento con la viabilità esistente, in particolare con quella principale (strada statale ed autostrada);
- minimizzazione del consumo di territorio;

- minimizzazione dell'impatto sull'ambiente naturale ed antropico;
- interferire il meno possibile con il patrimonio culturale esistente.

Con riferimento alle tipologie, le aree di cantiere previste nel progetto in esame e le attività alle quali queste sono destinate sono le seguenti:

- Campo Base (CB)
Contiene essenzialmente la logistica a supporto delle maestranze e gli eventuali dormitori (qualora previsti) per il personale trasfertista.
- Cantiere Operativo (CO)
Contiene gli impianti, le attrezzature ed i depositi di materiali necessari per assicurare lo svolgimento delle attività di costruzione delle opere.
- Aree Tecniche (AT)
Le aree tecniche sono aree di cantiere "secondarie", funzionali alla realizzazione di singole opere (viadotti, cavalca ferrovia, rilevati scatolari), e che contengono indicativamente: parcheggi per mezzi d'opera; aree di stoccaggio dei materiali da costruzione; eventuali aree di stoccaggio delle terre da scavo; eventuali impianti di betonaggio/prefabbricazione; aree per lavorazione ferri e assemblaggio carpenterie; eventuale box servizi igienici di tipo chimico.
- Aree di stoccaggio (AS)
Non contengono in linea generale impianti fissi o baraccamenti, e sono ripartite in aree destinate allo stoccaggio delle terre da scavo, in funzione della loro provenienza e del loro utilizzo. All'interno della stessa area di stoccaggio o in aree diverse si potranno avere, in cumuli comunque separati: terre da scavo destinate alla caratterizzazione ambientale, da tenere in sito fino all'esito di tale attività; terre da scavo destinate al reimpiego nell'ambito del cantiere; terre da scavo da destinare eventualmente alla riambientalizzazione di cave. La pavimentazione delle aree verrà predisposta in funzione della tipologia di materiali che esse dovranno contenere.
- Aree di Armamento e attrezzaggio tecnologico (AR)
I cantieri di supporto ai lavori di armamento e attrezzaggio tecnologico contengono gli impianti ed i depositi di materiali necessari per assicurare lo svolgimento delle relative attività lavorative. Sono caratterizzati dalla presenza di almeno un tronchino, collegato alla linea esistente, che permette il ricovero dei carrelli ferroviari ad uso cantiere e il loro ingresso in linea. Proprio per questa loro peculiarità vengono generalmente collocati all'interno di scali ferroviari.

Nel suo complesso, il sistema della cantierizzazione è composto dalle seguenti aree (cfr. Tabella 2-1).

Tabella 2-1 Aree di cantiere fisso: Quadro riepilogativo

<i>Codice</i>	<i>Comune</i>	<i>Superficie</i>
9.AS.01	Bergamo	850
9.AS.02	Bergamo	1.200
9.AS.03	Bergamo	7.000
9.AR.01	Bergamo	7.660
9.AR.02	Bergamo	2.200
9.CO.01	Bergamo	390
9.CO.02	Bergamo	525
9.CO.03	Bergamo	1.340
9.CB.01	Bergamo	1.050
9.AT.01A	Bergamo	1.200
9.AT.01B	Bergamo	820
9.AT.02A	Bergamo	410
9.AT.02B	Bergamo	480

Per maggiori dettagli sulla cantierizzazione si rimanda agli elaborati specialistici, quali “Relazione di cantierizzazione”.

3. RICETTORI, PUNTI DI MISURA E TEMPI

3.1 I ricettori

I ricettori sono stati individuati sulla scorta dell'analisi dell'opera in progetto e del territorio da questa interessato, nonché degli studi ambientali sviluppati nel corso della fase di progettazione.

La zona in generale presenta caratteristiche di elevata antropizzazione, con edifici a destinazione d'uso residenziale o mista densamente distribuiti lungo la fascia di pertinenza ferroviaria ed una consistente infrastrutturazione stradale e ferroviaria con numerose sovrapposizioni di quota.

In prossimità della linea ferroviaria oggetto di intervento è inoltre presente un complesso scolastico.

3.2 Punti di misura

Nel presente PMA, per le aree di intervento e per ciascuna area di cantiere, sono stati individuati i fattori ambientali da monitorare, la tipologia di monitoraggio (orario, 24 h, settimanale, bisettimanale) e la frequenza delle campagne di misura nelle diverse fasi ante-operam, corso d'opera e post-operam (una volta, mensile, trimestrale).

Per ognuna delle componenti ambientali selezionate sono stati definiti univocamente i siti nei quali predisporre le stazioni di monitoraggio per eseguire misure e prelievi, a seconda dei casi specifici.

Ciascun punto di monitoraggio è stato posizionato sulla base di analisi di dettaglio in campo, condotte in questa fase di progettazione, delle criticità e significatività specifica per singola componente ambientale messa in evidenza nel Progetto ambientale della cantierizzazione (in seguito denominato PAC), sottoponendo il punto ad accertamento delle condizioni di accessibilità e mappandolo in carta. Per ognuno di tali punti si è previsto di individuarne la fase in cui esso verrà monitorato, le attività di monitoraggio che in esso avranno luogo e le relative frequenze e durate.

L'esatta localizzazione dei punti di monitoraggio è indicata nell'elaborato grafico "Planimetria di localizzazione dei punti di monitoraggio", riportato al capitolo 5 della presente relazione.

3.3 Tempi e frequenze

Nel presente PMA per ogni fattore ambientale, in funzione delle aree monitorate sono state individuate le frequenze delle campagne di misura nelle diverse fasi ante-operam, corso d'opera e post-operam.

Per quanto riguarda la durata delle misure, essa è legata generalmente ad aspetti normativi o ad aspetti di significatività e rappresentatività dei dati. In particolare, per la fase corso d'opera le frequenze sono legate soprattutto ai tempi di realizzazione dell'opera o ai tempi di permanenza dei cantieri. La durata complessiva del monitoraggio in corso d'opera, quindi, dipenderà chiaramente dai tempi di realizzazione delle opere stesse ma soprattutto dalla durata delle lavorazioni più impattanti legate alle componenti da monitorare.

3.4 Restituzione dei dati

Le modalità di restituzione dei dati seguiranno le indicazioni di cui alle "Linee guida per la predisposizione del Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA) delle opere soggette a procedure di VIA (D. Lgs. 152/2006 e s.m.i., D. Lgs. 163/2006 e s.m.i.) – Indirizzi metodologici generali REV. 1 del 16 giugno 2014", anche ai fini dell'informazione al pubblico, di seguito elencate:

- Saranno predisposti idonei rapporti tecnici periodici descrittivi delle attività svolte e dei risultati del monitoraggio ambientale, sviluppati secondo i contenuti ed i criteri indicati nelle suddette Linee guida;
- I dati di monitoraggio saranno strutturati secondo formati idonei alle attività di analisi e valutazione da parte dell'autorità competente;
- Saranno restituiti i dati territoriali georeferenziati per la localizzazione degli elementi significativi del monitoraggio ambientale.

I dati così raccolti saranno condivisi il pubblico. Inoltre, le informazioni ambientali potranno essere riutilizzate per accrescere le conoscenze sullo stato dell'ambiente e sulla sua evoluzione, oltre ad essere riutilizzati per la predisposizione di ulteriori studi ambientali.

I **rapporti tecnici** conterranno:

- le finalità specifiche dell'attività di monitoraggio condotta in relazione alla componente/fattore ambientale;
- la descrizione e la localizzazione delle aree di indagine e delle stazioni/punti di monitoraggio;
- i parametri monitorati;
- l'articolazione temporale del monitoraggio in termini di frequenza e durata;

- i risultati del monitoraggio e le relative elaborazioni e valutazioni, comprensive delle eventuali criticità riscontrate e delle relative azioni correttive intraprese.

Inoltre, i rapporti tecnici includeranno per ciascuna stazione/punto di monitoraggio apposite **schede di sintesi** contenenti le seguenti informazioni:

- stazione/punto di monitoraggio: codice identificativo (es. ATM_01 per un punto misurazione della qualità dell'aria ambiente), coordinate geografiche (espresse in gradi decimali nel sistema di riferimento WGS84 o ETRS89), componente/fattore ambientale monitorata, fase di monitoraggio;
- area di indagine (in cui è compresa la stazione/punto di monitoraggio): codice area di indagine, territori ricadenti nell'area di indagine (es. comuni, province, regioni), destinazioni d'uso previste dagli strumenti di pianificazione e programmazione vigenti (es. residenziale, commerciale, industriale, agricola, naturale), uso reale del suolo, presenza di fattori/elementi antropici e/o naturali che possono condizionare l'attuazione e/o gli esiti del monitoraggio (descrizione e distanza dall'area di progetto);
- ricettori sensibili: codice del ricettore (es. RIC_01): localizzazione (indirizzo, comune, provincia, regione), coordinate geografiche (espresse in gradi decimali nel sistema di riferimento WGS84 o ETRS89), descrizione (es. civile abitazione, scuola, area naturale protetta, ecc.);
- parametri monitorati: strumentazione e metodiche utilizzate, periodicità, durata complessiva dei monitoraggi.

La scheda di sintesi sarà corredata da:

- inquadramento generale che riporti l'intera opera, o parti di essa, la localizzazione della stazione/punto di monitoraggio unitamente alle eventuali altre stazioni/punti previste all'interno dell'area di indagine;
- rappresentazione cartografica su Carta Tecnica Regionale (CTR) e/o su foto aerea (scala 1:10.000) dei seguenti elementi:
 - stazione/punto di monitoraggio;
 - elemento progettuale compreso nell'area di indagine (es. porzione di tracciato ferroviario, aree di cantiere, opere di mitigazione);
 - ricettori sensibili;
 - eventuali fattori/elementi antropici e/o naturali che possono condizionare l'attuazione e gli esiti del monitoraggio;
- immagini fotografiche descrittive dello stato dei luoghi.

I dati di monitoraggio contenuti nei rapporti tecnici periodici saranno forniti anche in formato tabellare aperto XLS o CSV. Nelle tabelle sarà riportato:

- codice identificativo della stazione/punto di monitoraggio;
- codice identificativo della campagna di monitoraggio;
- data/periodo di campionamento;
- parametro monitorato e relativa unità di misura;
- valori rilevati;
- range di variabilità individuato per lo specifico parametro;
- valori limite (ove definiti dalla pertinente normativa);
- superamenti dei valori limite o eventuali situazioni critiche/anomale riscontrate.

Con riferimento ai dati territoriali georeferenziati necessari per la localizzazione degli elementi significativi del monitoraggio ambientale, si individuerà quanto segue:

- elementi progettuali significativi per le finalità del monitoraggio ambientale (es. area di cantiere, opera di mitigazione, porzione di tracciato ferroviario);
- aree di indagine;
- ricettori sensibili;
- stazioni/punti di monitoraggio.

I dati territoriali saranno predisposti in formato SHP in coordinate geografiche espresse in gradi decimali nel sistema di riferimento WGS84 o ETRS89.

3.5 Metadocumentazione

La metadocumentazione dei documenti testuali, delle mappe/cartografie e dei dati tabellari sarà effettuata attraverso un elenco elaborati predisposto secondo quanto descritto al capitolo 4.1 delle *“Specifiche tecniche per la predisposizione e la trasmissione della documentazione in formato digitale per le procedure di VAS e VIA ai sensi del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.”*.

La metadocumentazione dei dati territoriali georiferiti sarà predisposta secondo le indicazioni della Direttiva INSPIRE 2007/2/CE e del Decreto Legislativo 27 gennaio 2010, n.32 *“Attuazione della direttiva 2007/2/CE, che istituisce un'infrastruttura per l'informazione territoriale nella comunità europea (INSPIRE)”*.

3.6 Strumenti per la condivisione dei dati di monitoraggio

Al fine di garantire una più efficace gestione dei dati di monitoraggio e una più rapida consultazione di tutte le informazioni disponibili in relazione alle specifiche opere, Italferr è fornita di una banca dati ambientale, denominata SIGMAP, che, attraverso un portale web GIS, consente la centralizzazione, l'archiviazione, l'analisi e il download sia dei dati territoriali geografici che di quelli cartografici, garantendo la consultazione di mappe tematiche relative in particolare alla Progettazione, al Monitoraggio Ambientale. Tale banca dati è consultabile e visionabile online attraverso un profilo utente, attivabile dagli stakeholder coinvolti nel progetto. All'avvio delle attività di monitoraggio saranno fornite le necessarie credenziali per l'accesso, dandone comunicato al MATTM-DVA.

Infine, per garantire la condivisione delle informazioni, la documentazione relativa al monitoraggio ambientale (PMA, rapporti tecnici, dati di monitoraggio, dati territoriali) sarà predisposta e trasmessa al MATTM secondo le "Specifiche tecniche per la predisposizione e la trasmissione della documentazione in formato digitale per le procedure di VAS e VIA ai sensi del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i."

4. RELAZIONI SPECIFICHE DELLE SINGOLE COMPONENTI AMBIENTALI

4.1 Atmosfera

4.1.1 Obiettivi del monitoraggio

Le finalità del monitoraggio ambientale per la componente atmosfera sono:

- valutare l'effettivo contributo connesso alle attività di cantiere in termini di emissione sullo stato di qualità dell'aria complessivo;
- fornire ulteriori informazioni evidenziando eventuali variazioni intervenute rispetto alle valutazioni effettuate in fase di progettazione, con la finalità di procedere per iterazioni successive in corso d'opera ad un aggiornamento della valutazione delle emissioni prodotte in fase di cantiere;
- verificare l'efficacia degli interventi di mitigazione e delle procedure operative per il contenimento degli impatti connessi alle potenziali emissioni prodotte nella fase di cantierizzazione dell'opera;
- fornire dati per l'eventuale taratura e/o adeguamento dei modelli previsionali utilizzati negli studi di impatto ambientale.

I parametri rilevati durante il monitoraggio, opportunamente acquisiti ed elaborati, permetteranno nella fase di cantiere una corretta e tempestiva gestione della componente ambientale in oggetto.

In fase di corso d'opera, si valuterà l'opportunità di eseguire o meno le misure di atmosfera in assenza di attività di cantiere significative svolte nelle immediate vicinanze" significative svolte nelle immediate vicinanze".

Con riferimento a quanto nel seguito riportato in merito ai criteri di scelta delle aree oggetto di monitoraggio e frequenza e durata dei monitoraggi, detti aspetti sono stati armonizzati con quanto indicato nella linea guida "Criteri per la valutazione dei piani di monitoraggio ambientale (matrice atmosfera)", elaborata dal Settore Monitoraggi Ambientali di ARPA Lombardia.

4.1.2 Normativa di riferimento

Normativa nazionale

I principali riferimenti sono rappresentati da:

- D.P.C.M. 28/3/1983 - Limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni e di esposizione relativi ad inquinanti dell'aria nell'ambiente esterno;
- D.P.R. 203/88 (relativamente agli impianti preesistenti) ed altri decreti attuativi - Attuazione Direttive n.

80/779, 82/884, 84/360, 85/203 concernenti norme in materia di qualità dell'aria relativamente a specifici agenti inquinanti e di inquinamento prodotto dagli impianti industriali ai sensi dell'art. 15 della Legge 16/4/87 n. 183;

- D.M. 20/5/1991 - Criteri per l'elaborazione dei piani regionali per il risanamento e la tutela della qualità dell'aria;
- D.M. 15/4/1994 - Norme tecniche in materia di livelli e di stati di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane, ai sensi degli artt. 3 e 4 del D.P.R. 24 maggio 1988, n. 203 e dell'art. 9 del D.M. 20 maggio 1991;
- D.M. 25/11/1994 - Aggiornamento delle norme tecniche in materia di limiti di concentrazione e di livelli di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane e disposizioni per la misura di alcuni inquinanti di cui al decreto ministeriale 15 aprile 1994;
- D.M. 16/5/1996 - Attivazione di un sistema di sorveglianza di inquinamento da ozono;
- D.Lgs. 4/8/99 n. 351 - Attuazione della direttiva 96/62 in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria;
- D.M. 1/10/2002 n.261 - Regolamento recante le direttive tecniche per la valutazione preliminare della qualità dell'aria ambiente, i criteri per l'elaborazione dei piani e dei programmi di cui agli articoli 8 e 9 del decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 351;
- D. Lgs. 21/05/2004 n.183: Attuazione della direttiva 2002/03/CE relativa all'ozono nell'aria;
- D. Lgs. 3/8/2007 n.152 - Attuazione della direttiva 2004/107/CE concernente l'arsenico, il cadmio, il mercurio, il nichel e gli idrocarburi policiclici aromatici nell'aria ambiente;
- D. Lgs. 13/8/2010 n.155, Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa;
- D. Lgs. 250/2012, Modifiche ed integrazioni al decreto legislativo 13 agosto 2010, n. 155, recante attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa.

Come anticipato in premessa, il progetto di monitoraggio del fattore ambientale in esame è stato redatto in conformità delle "Linee guida per la predisposizione del Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA) delle opere soggette a procedure di VIA (D. Lgs. 152/2006 e s.m.i., D. Lgs. 163/2006 e s.m.i.) – Indirizzi metodologici specifici per componente/fattore ambientale: Atmosfera REV. 1 del 16 giugno 2014".

Inoltre, il progetto di monitoraggio nel seguito descritto è stato definito sulla base del documento "Linee Guida per il monitoraggio dell'atmosfera nei cantieri di grandi opere" prodotto da Italferr a Giugno 2012.

I risultati delle simulazioni modellistiche che sono stati eseguite sono stati confrontati con i limiti di legge contenuti nelle tabelle 1,2,3 del D.Lgs. 250/2012. Vengono riportate di seguito le Tabelle indicate.

Tabella 4-1 Valori limite ai sensi del D.Lgs. 250/2012, Allegato XI

PERIODO DI MEDIAZIONE	VALORE LIMITE
BIOSSIDO DI ZOLFO (SO₂)	
1 ora	350 µg/m ³ (da non superare più di 24 volte per anno civile)
1 giorno	125 µg/m ³ (da non superare più di 3 volte per anno civile)
BIOSSIDO DI AZOTO (NO₂)	
1 ora	200 µg/m ³ (da non superare più di 18 volte per anno civile)
Anno civile	40 µg/m ³
BENZENE	
Anno civile	5 µg/m ³
MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)	
Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	10 mg/m ³
PIOMBO (PB)	
Anno civile	0,5 µg/m ³
PM₁₀	
1 giorno	50 µg/m ³ (da non superare più di 35 volte per anno civile)
Anno civile	40 µg/m ³
PM_{2,5}	
FASE 1	
Anno civile	25 µg/m ³
FASE 2	
Anno civile	Valore limite da stabilire con successivo decreto ai sensi dell'art.22, comma 6, tenuto conto del valore indicativo di 20 µg/m ³ e delle verifiche effettuate dalla Commissione Europea.

Tabella 4-2 Livelli critici per la protezione della vegetazione ai sensi del D. lgs. 250/2012

PERIODO DI MEDIAZIONE	VALORE LIMITE
BIOSSIDO DI ZOLFO (SO₂)	
Livello critico annuale	20 µg/m ³
Livello critico invernale	20 µg/m ³
BIOSSIDO DI AZOTO (NO₂)	
Livello critico annuale	30 µg/m ³

Tabella 4-3 Soglie di informazione e di allarme per l'ozono ai sensi del D. lgs. 250/2012

FINALITÀ	PERIODO DI MEDIAZIONE	SOGLIA
Informazione	1 ora	180 µg/m ³
Allarme	1 ora	240 µg/m ³

4.1.3 Criteri di individuazione delle aree da monitorare

I principali criteri per la localizzazione dei punti di monitoraggio nelle diverse fasi (AO, CO, PO), così come riportati nelle Linee Guida ministeriali, sono i seguenti:

- presenza di ricettori sensibili in relazione alla protezione della salute, della vegetazione e degli ecosistemi, dei beni archeologici e monumentali e dei materiali;
- punti di massima rappresentatività territoriale delle aree potenzialmente interferite e/o dei punti di massima di ricaduta degli inquinanti (CO e PO) in base alle analisi e alle valutazioni condotte mediante modelli e stime nell'ambito dello SIA;
- caratteristiche microclimatiche dell'area di indagine (con particolare riferimento all'anemologia);
- presenza di altre stazioni di monitoraggio afferenti a reti di monitoraggio pubbliche/private che permettano un'efficace correlazione dei dati;
- morfologia dell'area di indagine;
- aspetti logistici e fattibilità a macroscale e microscale;
- tipologia di inquinanti e relative caratteristiche fisico-chimiche;
- possibilità di individuare e discriminare eventuali altre fonti emissive, non imputabili all'opera, che possano generare interferenze con il monitoraggio;
- caratteristiche geometriche (in base alla tipologia - puntuale, lineare, areale, volumetrica) ed emissive (profilo temporale) della/e sorgente/i (per il monitoraggio CO).

Muovendo da detti criteri, l'ubicazione dei punti di monitoraggio è stata effettuata considerando sia i fattori di contesto, in termini di localizzazione dei ricettori, sia i fattori di progetto, quali per l'appunto l'ubicazione delle aree di cantiere, la tipologia delle lavorazioni previste e la durata delle attività connesse alla realizzazione dell'opera, nonché la significatività dei potenziali effetti attesi per come desunta dagli studi modellistici condotti nell'ambito del Progetto ambientale della cantierizzazione.

Nello specifico, per quanto attiene alla localizzazione delle aree di cantiere, si ricorda che il loro assetto può essere sinteticamente descritto in termini di concentrazione in due distinti ambiti spaziali, rappresentati, il primo, dal tratto di linea ferroviaria esistente oggetto di intervento (tratto compreso tra gli attuali ponti su Via dei Caniana e Via San Bernardino), ed il secondo, dall'area posta a Nord del quartiere Villaggio degli Sposi.

Relativamente alle analisi sviluppate nell'ambito del Progetto ambientale della cantierizzazione, si rammenta che gli scenari assunti a riferimento ai fini dello sviluppo degli studi modellistici condotti sono stati i seguenti:

- Scenario 1a Operatività di tutte le aree di cantiere previste in corrispondenza del tratto oggetto di realizzazione delle opere civili
- Scenario 1b Effetto cumulato derivante dall'operatività dei cantieri considerati nello scenario 1a e di quello del Lotto 2 a questi maggiormente prossimo (Area di stoccaggio 2AS.06)
- Scenario 2a Operatività delle aree di cantiere fisso localizzate a Nord del Villaggio degli Sposi
- Scenario 2b Effetto cumulato derivante dall'operatività dei cantieri considerati nello scenario 2a e di quello del Lotto 2 a questi maggiormente prossimo (Area di stoccaggio 2AS.07)

La scelta del numero e della localizzazione dei punti di monitoraggio ha tenuto conto degli aspetti sopra riportati, orientando l'attenzione verso l'ambito posto a cavallo tra i due ponti ferroviari esistenti, laddove sono stati localizzati due dei tre punti di monitoraggio previsti.

Il monitoraggio verrà effettuato in alcuni punti significativi denominati "stazioni di monitoraggio".

Per "stazione" si intende una zona definita in cui si ritiene necessario prevedere la determinazione del potenziale contributo della cantierizzazione in termini di inquinanti atmosferici. In particolare, nel nostro caso si definiscono le seguenti tipologie di sezione di monitoraggio:

- monitoraggio delle aree di cantiere presenti per tutta la durata dei lavori.

Per ciascuna sezione di monitoraggio, sempre secondo le finalità definite sopra, si prevede l'ubicazione di

almeno due punti di monitoraggio, in particolare:

- un punto di monitoraggio in un'area interessata da emissioni atmosferiche prodotte dall'attività di cantiere (Influenzata);
- un secondo punto di monitoraggio in una postazione di misura assolutamente equivalente alla prima in termini di condizioni ambientali al contorno, ma non influenzato dal cantiere e, ovviamente, non influenzato da altri cantieri o punti di immissione singolare (Non Influenzata).

Stante quanto sopra riportato in merito ai criteri di scelta, sono state previste le seguenti sezioni di monitoraggio:

- **3 punti influenzati dalle attività di cantiere (ATC)**
- **2 punti di monitoraggio non influenzato dalle attività di cantiere (NI)**

Il numero complessivo dei punti di monitoraggio previsti è pari a 5.

Tutti i punti saranno monitorati in fase ante operam, corso d'opera e post operam, ancorché in quest'ultima fase, in virtù della natura dell'opera, non si prevedano effetti per il fattore ambientale in esame.

La localizzazione delle sezioni di monitoraggio con indicazione dei possibili punti di monitoraggio viene rappresentata nell'elaborato grafico riportato al capitolo 5 della presente relazione.

L'ubicazione dei punti di monitoraggio che costituiranno ciascuna stazione è determinata in riferimento ai risultati delle analisi ambientali di progetto e potrà essere modificata durante la fase di corso d'opera, sempre con la finalità di evidenziare nella sezione il contributo delle emissioni di cantiere.

In particolare, l'ubicazione esatta dei punti da monitorare dovrà essere confermata a seguito della verifica dell'effettiva cantierizzazione che sarà effettuata in sede di approfondimento del progetto esecutivo.

4.1.4 Parametri oggetto del monitoraggio

Sulla base del documento "Linee Guida per il monitoraggio dell'atmosfera nei cantieri di grandi opere", prodotto da Italferr a Giugno 2012, i parametri della qualità dell'aria di cui si prevede il monitoraggio sono di due tipi: il primo tipo si riferisce ad inquinanti convenzionali, ovvero quelli inclusi nella legislazione vigente per i quali sono stati stabiliti limiti normativi, mentre il secondo tipo riguarda una serie di parametri ed analisi non convenzionali che, seppur non previsti dalla vigente legislazione sulla qualità dell'aria, si ritengono necessari per definire il potenziale contributo di inquinanti verosimilmente prodotti durante le fasi di cantierizzazione dell'opera.

Nota la finalità del monitoraggio per detta componente i parametri oggetto di indagine sono:

- Parametri convenzionali

- particolato avente diametro aerodinamico inferiore a 10 µm (PM₁₀);
- particolato avente diametro aerodinamico inferiore a 2.5 µm (PM_{2.5}).

- Parametri non convenzionali

- analisi della composizione chimica del particolato relativamente agli elementi terrigeni nelle due frazioni granulometriche;
- misura ed interpretazione quali-quantitativa dei dati relativi al particolato sedimentabile (deposizioni);
- misura simultanea delle polveri con metodo gravimetrico e della distribuzione granulometrica del particolato ad alta risoluzione temporale mediante contatori ottici.

Sarà inoltre prevista la misura dei parametri meteorologici necessari a valutare i fenomeni di diffusione e di trasporto a distanza dell'inquinamento atmosferico, e ad avere una base sito specifica dei parametri meteo da utilizzare nelle simulazioni atmosferiche:

- velocità del vento
- direzione del vento
- umidità relativa
- temperatura
- precipitazioni atmosferiche
- pressione barometrica
- radiazione solare

Il monitoraggio ambientale per la componente atmosfera prevede:

- il monitoraggio della componente atmosfera ante operam: esso risulta infatti necessario per la definizione dello stato della qualità dell'aria prima dell'inizio dei lavori, integrando possibilmente le misure svolte con le informazioni raccolte nel tempo dalle centraline di rilevamento locali;
- il monitoraggio della componente atmosfera in corso d'opera, per le interferenze dovute all'attività dei cantieri fissi (aree tecniche, aree di stoccaggio, etc.) e del traffico veicolare di cantiere.

4.1.5 Metodiche e strumentazione di monitoraggio

Metodologia di acquisizione parametri convenzionali

Per l'acquisizione dei dati di monitoraggio atmosferico è necessario utilizzare stazioni di misura conformi, ai sensi dell'art.1 comma 4 lettera g) del D. Lgs. 155/10 e s.m.i., per quanto riguarda:

- i requisiti richiesti per la strumentazione;
- l'utilizzo di metodiche riconosciute o equivalenti a quelle previste da normative;
- l'utilizzo di strumentazione che permetta un'acquisizione e restituzione dei dati utile ad intervenire tempestivamente in caso di anomalie.

In particolare, per il campionamento e le analisi dei parametri sopra indicati vanno utilizzate strumentazione e metodiche previste dalla normativa vigente in materia (D. Lgs. 155/2010 e s.m.i.) e le principali norme tecniche (ad esempio, la norma UNI EN 12341:2014 per le polveri sottili). In questo modo è possibile ottenere dei dati validati e confrontabili con quelli delle centraline per la determinazione della qualità dell'aria degli Enti territorialmente competenti (ai sensi dell'art. 1 del D. Lgs. 155/10 e s.m.i.), avere delle indicazioni sull'andamento della qualità dell'aria nei territori in cui insistono le lavorazioni e valutare l'eventuale contributo delle attività di realizzazione dell'opera ferroviaria.



Figura 4-1 Campionatore sequenziale automatico

L'analisi gravimetrica su base giornaliera (24 ore) viene effettuata con campionatori (vedi ad esempio Figura 4-1) automatici o semiautomatici che impiegano linee di campionamento (teste di taglio comprese) e sistemi di misura dei parametri di campionamento "conformi" alla normativa (D.Lgs. 155/2010 e s.m.i.). A tale fine, possono essere utilizzati sistemi che consentono la misura diretta basata su principi di tipo fisico (ad es. assorbimento di raggi beta) coerenti con la legislazione attualmente in vigore (con certificazione di equivalenza) o strumenti che prevedono il campionamento su membrane filtranti da sottoporre a misura gravimetrica secondo i dettami della norma UNI EN 12341:2014. La corretta esecuzione delle procedure ivi descritte è garantita dalla Certificazione del Laboratorio e dal Sistema di Gestione della Qualità dell'Azienda che le svolge, ai sensi della norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025:2018 (Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e taratura).

Le membrane filtranti (dette anche "filtri") possono essere composte di vari materiali (vetro, quarzo, PTFE, ecc.) ma sempre con caratteristiche conformi alla norma UNI EN 12341:2014 e sono preparate in laboratorio secondo quanto previsto dalla medesima norma mediante l'utilizzo di pinzette smussate al fine di evitare contaminazione e/o danni. Di seguito si riportano le procedure di preparazione dei filtri:

- controllo dei filtri per rilevare imperfezioni o possibile contaminazione dovuta al trasporto;
- condizionamento dei filtri per 48 ore su speciali piatti forati, protetti dal materiale particellare presente nell'aria all'interno di una camera di pesata con aria condizionata ed esposti a condizioni di termoigrometriche di $20 \pm 1^\circ\text{C}$ e umidità relativa di $50 \pm 5\%$ costanti;
- pesata dei filtri usando una bilancia con risoluzione di almeno $10 \mu\text{g}$;
- conservazione dei filtri in cassette etichettate e sigillate;
- redazione di un rapporto di laboratorio dove è indicato il peso del filtro.

Tali filtri "bianchi" sono successivamente caricati nei campionatori automatici per effettuare il monitoraggio e al termine della campagna sono inviati al laboratorio per essere nuovamente sottoposti alla procedura illustrata sopra e determinarne il peso a seguito del campionamento.

La differenza in peso pre- e post- campionamento, congiuntamente al valore del volume campionato (restituito dal campionatore automatico) permette di determinare delle concentrazioni PM_{10} e $\text{PM}_{2.5}$. In Figura 4-2 è riportata una fotografia di esempio di un filtro bianco e un filtro campionato a confronto.



Figura 4-2 - Filtro campionato (sinistra) – Filtro bianco (destra)

Metodologia di acquisizione parametri non convenzionali

Deposizione e microscopia

Per l'analisi del particolato sedimentabile è previsto l'utilizzo di un campionatore e della microscopia ottica. Nella fase di campionamento viene impiegata un'apparecchiatura Wet-Dry (deposimetro, vedi ad esempio Figura 4-3) in modalità "Dry-Only", al fine di raccogliere il materiale sedimentabile in assenza di precipitazioni. Tale materiale viene successivamente valutato per microscopia ottica automatica dopo essere stato raccolto su adeguato vetrino di osservazione. La Figura 4-4 riportata di seguito si riferisce ad un campione di particolato atmosferico sedimentato.



Figura 4-3 Campionatore Wet-Dry

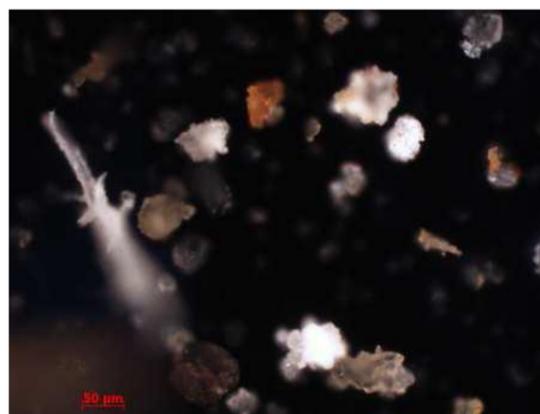


Figura 4-4 Campione di particolato atmosferico al microscopio

Questa tecnica combinata prevede il campionamento su periodi prolungati (tipicamente 7 - 10 gg) del particolato atmosferico sedimentabile, ossia la frazione più pesante del particolato aerotrasportato. In questo modo vengono acquisiti i dati di deposizione di massa ($\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{giorno}$) delle polveri e, attraverso l'utilizzo di vetrini e microscopio ottico, viene effettuata l'osservazione qualitativa della natura e della distribuzione in termini di colore, aspetto e dimensione delle polveri. Tale osservazione si riferisce, in pratica, a particelle sedimentate di dimensioni superiori a $3 \mu\text{m}$ circa.

L'analisi automatica dell'immagine permette di acquisire informazioni relative alla distribuzione granulometrica delle polveri e alla loro classificazione/suddivisione in classi di "colore". Tali informazioni vengono tipicamente riportate in tabelle (vedi Tabella 4-4 di esempio) ove sono mostrate 8 classi granulometriche da 1 a $200 \mu\text{m}$ di diametro e tre classi di colore (nero, bianco, marrone).

		Class 1	Class 2	Class 3	Class 4	Class 5	Class 6	Class 7	Class 8
		1 10	10 20	20 30	30 40	40 50	50 100	100 200	>200
WHITELEMENTS	site 7	4152	634	276	144	95	141	27	4
	site 10	3038	483	212	118	72	141	32	4
	site 4	2500	417	207	87	54	47	7	2
	site 9	246	45	30	7	9	3	2	1
BLACK ELEMENTS	site 7	8696	1140	306	90	37	33	3	1
	site 10	6852	1623	665	276	124	92	5	0
	site 4	10576	3468	1674	611	229	134	8	0
	site 9	2222	436	169	97	38	55	11	2
BROWN ELEMENTS	site 7	9403	717	241	104	53	90	19	1
	site 10	5831	537	195	114	54	86	6	2
	site 4	2412	176	70	34	12	18	1	0
	site 9	1928	37	7	3	4	5	2	1

Tabella 4-4 Esempio di tabella per analisi dimensionale e di colore

L'analisi del colore delle deposizioni atmosferiche avviene tramite il confronto con la tavola dei colori del sistema R.A.L. e la conseguente suddivisione secondo le 3 sopracitate classi di colore, così caratterizzate:

- grigio/nero: associabile principalmente a particolato connesso a sorgenti di tipo antropico, quali emissioni derivanti dall'uso di combustibili fossili (autoveicoli, camini domestici e non), dall'usura di pneumatici, freni e manto stradale, da processi industriali, da termovalorizzazione di rifiuti, ecc.;
- bianco: associabile principalmente a un particolato connesso a sale marino, polvere domestica, materiale da erosione di rocce, ecc.;
- marrone: associabile principalmente a un particolato connesso a lavorazioni agricole con dispersione in atmosfera di terra (sabbia, limo, argilla tipicamente di colore giallastro-marrone), a piante (pollini e residui vegetali) e spore, a materiale di erosione di rocce, ecc.

Resta inteso che la colorazione delle polveri va contestualizzata nell'area di indagine prendendo in considerazione le caratteristiche del territorio monitorato e le attività ivi presenti.

Composizione chimica (elementi terrigeni)

Per determinare la concentrazione di elementi di origine terrigena (Silicio, Alluminio, Ferro, Calcio, Magnesio, Potassio, Titanio, Fosforo ed altri eventuali) viene effettuata un'analisi chimica del particolato con la tecnica XRF (X-Ray Fluorescence), che consente di individuare gli elementi chimici costitutivi di un campione grazie all'analisi della radiazione X (fluorescenza X caratteristica) emessa dallo stesso in seguito ad eccitazione atomica con

opportuna energia. L'analisi è non distruttiva, non richiede alcun tipo di preparazione del campione, può operare in aria e non altera il materiale analizzato.

Nel caso in esame può essere effettuata un'analisi XRF a dispersione di energia (acronimo ED-XRF) con un opportuno spettrometro o, in alternativa, può essere utilizzato un microscopio elettronico a scansione (SEM), nel qual caso l'analisi viene definita SEM-EDX (Energy Dispersive X-ray Analysis). Tali metodiche permettono un'analisi simultanea di molti elementi anche su piccolissime parti di campione, quali quelle derivanti dal campionamento del particolato sedimentabile (deposizioni) su opportuni supporti.

L'analisi qualitativa prevede l'identificazione delle righe X caratteristiche di emissione di ogni elemento chimico (disponibili nella bibliografia scientifica di settore), mentre l'analisi quantitativa richiede di correlare i dati di intensità delle diverse righe X emesse con le analoghe emissioni di campioni standard contenenti quantità conosciute dell'elemento da stimare.

In questo modo viene eseguita la determinazione dei principali elementi terrigeni e l'analisi di detti elementi sotto forma di ossidi per la valutazione della percentuale in massa delle polveri terrigene rispetto alla massa complessiva di particolato. Se necessario questo tipo di analisi può essere svolta anche sulle frazioni PM10 e PM2.5 del particolato raccolto tramite campionatori gravimetrici.

Distribuzione granulometrica

L'analisi della distribuzione granulometrica delle polveri compatibilmente alle variazioni dei parametri meteo ed emissivi viene effettuata con contatori ottici (contaparticelle, vedi Figura 4-5) ad alta risoluzione temporale (tipicamente 1 dato al secondo) che coprono l'intervallo sotteso dalle PM10 e PM2.5.



Figura 4-5 – Contaparticelle

Al fine di determinare il rapporto tra particelle fini e grossolane e verificare la loro evoluzione nel tempo, i contaparticelle sfruttano metodi ottici di diffusione/scattering della luce, dove un fascio laser emesso da un diodo (fonte di luce) investe un flusso d'aria di portata nota contenente le particelle in sospensione, mentre al contempo un sensore ottico misura la luce diffusa per restituire il diametro ottico delle particelle e non il diametro aerodinamico equivalente (utilizzato dai campionatori gravimetrici quale metodo di selezione dimensionale). Tali contatori sono generalmente in grado di misurare particelle aventi un diametro minimo di 0.3 µm e un diametro massimo di 10 µm. Alcuni di questi strumenti sono in grado di calcolare la concentrazione di massa equivalente per le frazioni PM10 e PM2.5 utilizzando apposite curve di calibrazione. Tali misure consentono di verificare il rapporto tra particelle fini e grossolane in integrazione alle analisi gravimetriche e chimiche.

4.1.6 Articolazione temporale delle attività di monitoraggio

Il monitoraggio della componente atmosfera viene svolto nelle fasi di:

- Ante operam: in assenza di attività di cantiere
- Corso d'opera: durante la realizzazione delle attività di cantiere
- **Post operam: in assenza di attività di cantiere, a lavori conclusi**

Di seguito si riporta il dettaglio delle attività di monitoraggio previste, delle misure e le relative frequenze, riferite alle diverse metodiche di rilievo selezionate.

Monitoraggio ante-operam:

Le attività previste per lo svolgimento del monitoraggio nella fase di AO sono così definite:

- analisi bibliografica e conoscitiva;
- sopralluogo ed identificazione dei punti di monitoraggio;
- espletamento di tutte le attività relative al reperimento in situ delle connessioni alle reti necessarie alla strumentazione e all'ottenimento dei permessi necessari;
- esecuzione delle campagne di rilievo;
- analisi ed elaborazione dei risultati;
- restituzione dei risultati secondo quanto indicato nelle schede di rilevamento;
- produzione del rapporto descrittivo e inserimento dei dati nel sistema informativo.

Si prevede di effettuare le misure della fase ante operam entro la fase di prima cantierizzazione e, comunque, non oltre l'effettivo inizio delle lavorazioni nei cantieri.

Monitoraggio corso d'opera:

Le attività di monitoraggio dovranno essere precedute da un'analisi dell'effettiva cantierizzazione che sarà eseguita in fase di progetto esecutivo.

Italferr provvederà a confermare o eventualmente modificare le ubicazioni delle sezioni di monitoraggio e a comunicarle agli Enti competenti.

Le attività previste per lo svolgimento del monitoraggio nella fase di CO sono da eseguirsi per ogni anno di durata dei lavori e sono così definite:

- verifica della tempistica di campionamento in funzione delle fasi di costruzione dell'opera e delle relative attività di lavorazione;
- sopralluogo e riconoscimento dei punti di monitoraggio;
- espletamento di tutte le attività relative al reperimento in situ delle connessioni alle reti necessarie alla strumentazione e all'ottenimento dei permessi necessari con particolare riferimento all'installazione delle centraline per il monitoraggio in continuo;
- esecuzione delle campagne di rilievo secondo quanto descritto nelle specifiche tecniche;
- restituzione dei risultati nelle schede di rilievo;
- valutazione dei risultati;

Monitoraggio post operam

Le attività previste per lo svolgimento del monitoraggio nella fase di PO sono così definite:

- esecuzione delle campagne di rilievo;
- analisi ed elaborazione dei risultati;
- restituzione dei risultati secondo quanto indicato nelle schede di rilevamento;
- produzione del rapporto descrittivo e inserimento dei dati nel sistema informativo.

Le misure saranno condotte con le metodiche di riferimento indicate al par. 4.1.5, con durata e frequenza come di seguito riportato:

Fase ante operam

- durata: 12 mesi;
- frequenza: quattro volte nell'anno precedente l'inizio lavori per postazione.

Fase corso d'opera

- durata: per tutta la durata dei lavori (3,0 anni circa);

- frequenza: quattro volte l'anno per tutta la durata dei lavori.

Fase Post operam

- durata: 3 mesi
- frequenza: 1 volta

Le campagne di misura in ciascun punto di monitoraggio avranno durata di 15 giorni; la tabella che segue riporta il numero di campagne di monitoraggio previste per ogni fase.

Tabella 4-5 Programmazione del monitoraggio per la componente atmosfera

CODICE PUNTO	FREQUENZA	N° CAMPAGNE ANTE OPERAM (12 MESI)	N° CAMPAGNE CORSO D'OPERA (~ 3,0 ANNI)	N° CAMPAGNE ANTE OPERAM (3 MESI)	LOCALIZZAZIONE
ATC 01	trimestrale	4	12	1	9AT01-B
ATC 02	trimestrale	4	12	1	0+960
ATC 03	trimestrale	4	12	1	9CO03
ATNI 1	trimestrale	4	12	1	Via Guerrazzi
ATNI 2	trimestrale	4	12	1	Via S. Giorgio

Nello stralcio di seguito si riporta la posizione del punto N.I. (punti "non influenzati" dalle attività di cantiere); nella successiva fase progettuale il punto individuato potrà subire variazioni a seguito di ulteriori affinamenti dei modelli previsionale da prevedersi una volta definito il layout di cantiere esecutivo e di accertamenti sul campo per la verifica della fattibilità logistica (allacci corrente, permessi in aree private, ecc.).



Figura 4-6 Localizzazione dei Punti Non Influenzati - N.I. -

Per quanto attiene ai punti Non influenzati, si ritiene che la necessità di detta tipologia di punti di rilievo trovi la sua necessità di verificare il contributo alla qualità dell'aria derivante dalle attività di cantierizzazione, aspetto questo che risulta particolarmente stringente in un contesto fortemente urbanizzato quale per l'appunto quello di localizzazione dell'opera in progetto.

4.2 Acque sotterranee

4.2.1 Obiettivi del monitoraggio

Il monitoraggio dell'ambiente idrico sotterraneo ha lo scopo di controllare l'impatto dell'opera sul sistema idrogeologico, al fine di prevenirne le alterazioni, ed eventualmente programmare efficaci interventi di contenimento e mitigazione.

Le attività di monitoraggio nel seguito descritte con riferimento ai parametri osservati, alla localizzazione dei punti ed all'articolazione temporale delle attività, trova fondamento nelle caratteristiche idrogeologiche del contesto territoriale interessato e - nello specifico - nei valori di soggiacenza stimati riportati nella "Relazione Geologica, Geomorfologica, Idrogeologica e sismica" (NR2E00R69RGGE0001001A), nonché nelle caratteristiche costruttive delle opere in progetto.

4.2.2 Normativa di riferimento

Per quanto riguarda le norme a cui far riferimento per l'esecuzione degli accertamenti in campo, nonché per quanto attiene i limiti imposti, il tipo di strumentazione da utilizzare e le grandezze da misurare, si citano i seguenti riferimenti:

Normativa Comunitaria

- Direttiva della Commissione 20 giugno 2014, n. 2014/80/UE - Direttiva che modifica l'allegato II della direttiva 2006/118/CE del Parlamento europeo e del Consiglio sulla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento;
- Direttiva del Parlamento europeo, 12 dicembre 2006, n. 2006/118/CE - Direttiva 2006/118/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 12 dicembre 2006 sulla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento.

Normativa nazionale

- D.Lgs. 16 marzo 2009, n. 30 - Attuazione della direttiva 2006/118/CE, relativa alla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento;
- D. Lgs. n. 152 del 3 Aprile 2006, Norma in materia ambientale, e s.m.i. - Norme in materia Ambientale (TU ambientale).

4.2.3 Criteri di individuazione delle aree da monitorare

Come anticipato in premessa, il progetto di monitoraggio per la componente in esame, è stato redatto in conformità agli "Indirizzi metodologici specifici per componente/fattore ambientale: Ambiente idrico REV. 1 del 17 giugno 2015" e, in tal senso ed in linea generale, il monitoraggio è rivolto ai seguenti ambiti:

- aree di captazione idrica, sorgenti e/o pozzi, per uso idropotabile, industriale e irriguo;
- zone interessate da rilevanti opere in sotterraneo quali gallerie e/o movimenti terra e scavi, aree di cantiere, siti di deposito soggette a potenziali contaminazioni, con possibili interferenze con la superficie freatica o con eventuali falde confinate o sospese, che possono determinare sia la variazione nel regime della circolazione idrica sotterranea che mettere in comunicazione acquiferi superficiali di scarsa qualità con acquiferi profondi di buona qualità, spesso sfruttati per uso idropotabile o causare variazione della posizione dell'interfaccia acqua dolci/acque salmastre (cuneo salino) nelle zone costiere;
- corsi d'acqua superficiali in interconnessione con la falda;
- aree di particolare sensibilità e rilevanza ambientale e/o socio-economica (es. sorgenti, aree umide protette, laghi alimentati in parte dalla falda, aree di risorgive carsiche);
- aree di cantiere, per effetto di sversamenti accidentali, perdite di carburanti, presenza di serbatoi con sostanze inquinanti etc;
- aree di captazione idrica;
- aree per le quali si prevedono rilevanti opere in sotterraneo, aree di cantiere e deposito soggette a potenziali contaminazioni, ponendo particolare attenzione per quelle che andranno ad interessare delle zone vulnerabili,

Per quanto segnatamente concerne il caso in specie, i fattori di contesto, desunti dall'analisi della "Relazione Geologica, Geomorfologica, Idrogeologica e sismica", che hanno orientato la definizione delle attività di monitoraggio sono stati i seguenti:

- Quota della falda in corrispondenza del tratto della linea ferroviaria lungo il quale sono previsti interventi comportanti la realizzazione di fondazioni indirette, che, secondo quanto documentato, presenta una soggiacenza di circa 30 metri in corrispondenza del viadotto VI03 e di circa 25 metri in corrispondenza del viadotto VI04
- Direzione di deflusso della falda

In merito ai fattori di progetto, il dato sostanziale ai fini della definizione delle attività di monitoraggio è stato riconosciuto in:

- Estesa adozione di paratie di pali e micropali per la realizzazione delle opere di fondazione dei viadotti VI03, VI04, nonché del piazzale del fabbricato tecnologico FA06 e dei muri di recinzione in corrispondenza del lato Nord del rilevato RI01, la cui maggior lunghezza è pari a 20 metri

Oltre che delle caratteristiche idrogeologiche del contesto territoriale di intervento, delle opere e delle lavorazioni previste, nonché dei rapporti tra detti elementi intercorrenti, l'individuazione dei punti di monitoraggio è stata operata tenendo conto del criterio Monte-Valle rispetto alla direzione di deflusso della falda, arrivando con ciò alla definizione di coppie di punti. In ragione di detto ulteriore criterio sarà possibile valutare in dettaglio le caratteristiche quali-quantitative delle acque di falda unitamente alle condizioni di deflusso sotterraneo, ed individuare "tempestivamente" eventuali variazioni di un determinato parametro e, conseguentemente, valutare se tali impatti siano riconducibili alla realizzazione dell'opera.

La rete di monitoraggio, come riportato in Tabella 4-6, è costituita da:

- **2 postazioni di rilievo**

Qualora emerga la necessità di installare ulteriori punti, l'esatta ubicazione sarà stabilita in situ, tenendo in considerazione le lavorazioni e le opere da realizzare nell'area, cioè posizionando ogni piezometro in una zona protetta da danni accidentali o atti di vandalismo e al contempo facilmente accessibile. I piezometri di nuova realizzazione saranno installati in modo tale da intercettare la falda e, quindi, presenteranno un tratto filtrante compatibile con lo spessore dell'acquifero.

Si riportano di seguito i punti di monitoraggio scelti:

Tabella 4-6 Punti di monitoraggio per la componente acque sotterranee

MISURE	TIPOLOGIA	PROGR. KM	QUOTA DI FALDA SLM [m]	CODICE	CANTIERE/OPERA DA MONITORARE
ASO01	Valle	1+350	214	L1-S7	VI04
ASO02	Monte	1+350	214	Nuovo piezometro	

Si specifica che 1 punto di misura risulta corrispondente ai sondaggi effettuati per precedenti campagne d'indagini, mentre l'altro andrà eseguito in tempo utile per poter permettere le attività di monitoraggio Ante Operam.

4.2.4 Parametri oggetto del monitoraggio

I parametri descrittivi che verranno indagati sono quelli ritenuti più significativi, perché correlabili alle attività connesse alla realizzazione dell'infrastruttura ferroviaria, alle attività previste, agli scarichi di cantiere, ad eventuali sversamenti accidentali, e all'eventuale filtrazione delle acque superficiali di ruscellamento e percolazione provenienti dalle aree di stoccaggio temporaneo dei materiali di scavo.

Il monitoraggio sulla presente componente prevedrà indagini quantitative e indagini qualitative:

Indagini quantitative

- *livello piezometrico su pozzi*

Il monitoraggio quantitativo è mirato alla valutazione di massima degli andamenti stagionali della falda e delle modalità di deflusso delle acque sotterranee. Il conseguimento di tali finalità richiede la disponibilità di dati sufficienti a definire le curve di ricarica e di esaurimento della falda. Pertanto, all'avvio del monitoraggio dovranno essere a disposizione tutte le informazioni idonee a restituire un quadro conoscitivo completo e dettagliato dei pozzi e delle sorgenti presenti nell'areale di progetto, inoltre dovranno essere aggiornati i dati relativi ai pozzi esistenti mediante sopralluoghi ad hoc, e dovranno essere redatte delle schede sintetiche descrittive dei dati caratteristici di tutti i punti monitorati.

Indagini qualitative

- Parametri chimico-fisici

Verranno rilevati i seguenti parametri:

- *Temperatura*
- *pH*
- *Conducibilità*

La determinazione dei parametri chimico-fisici fornirà un'indicazione generale sullo stato di qualità delle acque di falda in relazione alle problematiche di interferenza con le opere in progetto. Significative variazioni di pH possono essere collegate a fenomeni di dilavamento di conglomerati cementizi e contatto con materiale di rivestimento di opere in sotterraneo. Variazioni della conducibilità elettrica possono essere ricondotti a fenomeni di dilavamento di pasta di cemento con conseguente aumento di ioni o sversamenti accidentali. Infine, variazioni significative di temperatura possono indicare modifiche o alterazioni nei meccanismi di alimentazione della falda (sversamenti, apporti di acque superficiali)

- Parametri chimici e microbiologici acqua

Verranno rilevati i seguenti parametri:

- Calcio
- Sodio
- Potassio
- Magnesio
- Cloruri
- Cloro attivo
- Fluoruri
- Solfati
- Bicarbonati
- Nitrati
- Nitriti
- Ammonio
- Tensioattivi anionici
- Tensioattivi non ionici
- Solidi disciolti totali (TDS)
- Solidi sospesi totali (TSS)

Elementi metallici

- Alluminio
- Arsenico
- Ferro
- Cromo totale
- Cromo esavalente
- Piombo
- Zinco
- Rame
- Manganese
- Mercurio
- Nichel
- Cadmio

Composti organici

- IPA
- Solventi clorurati

- Idrocarburi Btex

- MTBE

Il set di parametri descrittivi della qualità della componente oggetto di studio, sono quelli ritenuti più significativi perché correlabili alle attività connesse alla realizzazione dell'infrastruttura ferroviaria.

In definitiva, per la definizione delle caratteristiche quantitative e qualitative delle acque sotterranee si determineranno, tramite misure di campagna o di laboratorio, i parametri riportati nella tabella Tabella 4-7.

I set parametrici proposti di seguito sono da intendersi come set standard che possono essere eventualmente implementati, nel caso di specifiche esigenze rilevabili in itinere legate alle caratteristiche territoriali in cui si colloca l'opera.

I parametri si riferiscono a tutte le fasi: Ante Operam (AO), Corso d'Opera (CO) e Post Operam (PO).

Preliminarmente, in fase ante operam, saranno inoltre eseguite tutte le operazioni finalizzate all'installazione dell'attrezzatura di perforazione per la realizzazione dei sondaggi, fatto salvo quanto anticipato sopra relativamente all'eventuale presenza di piezometri già esistenti e ritenuti idonei allo scopo del monitoraggio.

Tabella 4-7 Parametri monitorati per la componente acque sotterranee

ATTIVITÀ DI CAMPO	METODICA	U.M.
Misura del livello statico/piezometrico	-	
Misure speditive dei parametri chimico-fisici	Multiparametrica	
Prelievo campioni per analisi chimico-fisiche e batteriologiche	-	
INDAGINI DI LABORATORIO		
Determinazione in laboratorio dei parametri fisici e chimici inorganici:		
calcio	EPA6010	mg/l
sodio	EPA6010	mg/l
potassio	EPA6010	mg/l
magnesio	EPA6010	mg/l
cloruri	APAT4020	mg/l
cloro attivo libero	APAT CNR IRSA 4080 Man 29 2003	mg/l
fluoruri	APAT4020	µg/l
solfati	APAT4020	mg/l
bicarbonati	APAT CNR IRSA 2010 B Man 29 2003	meq/l HCO3
nitrati	APAT4020	mg/l

ATTIVITÀ DI CAMPO	METODICA	U.M.
<i>nitriti</i>	APAT4020	µg/l
<i>ammonio</i>	APAT CNR IRSA 4030 B Man 29 2003	mg/l
<i>Tensioattivi anionici</i>	APAT CNR IRSA 2090 B Man 29 2003	mg/l
<i>Tensioattivi non ionici</i>	APAT CNR IRSA 2090 B Man 29 2003	mg/l
<i>solidi disciolti totali (TDS)</i>	UNI EN 15216:2008	mg/l
<i>Solidi sospesi totali (TSS)</i>	APAT CNR IRSA 2090 B Man 29 2003	mg/l
<i>ferro</i>	EPA6020	µg/l
<i>cromo totale</i>	EPA6020	µg/l
<i>CromoVI</i>	EPA7199	µg/l
<i>piombo</i>	EPA6020	µg/l
<i>zinco</i>	EPA6020	µg/l
<i>rame</i>	EPA6020	µg/l
<i>nicel</i>	EPA6020	µg/l
<i>cadmio</i>	EPA6020	µg/l
<i>idrocarburi totali (come n-esano)</i>	EPA5021 8015 UNI 9377	µg/l
<i>Btexas</i>	EPA5030 + EPA8260	µg/l

4.2.5 Specifiche e strumentazione di monitoraggio

Misure in situ

Le misure del livello statico verranno effettuate mediante sonda elettrica il cui cavo sia marcato almeno ogni centimetro. La misura andrà effettuata dalla bocca del piezometro (bordo del rivestimento) o da altro punto fisso e ben individuabile; verrà quindi misurata l'altezza della bocca del piezometro o del punto di riferimento rispetto al suolo. L'indicazione del punto di riferimento dovrà essere riportata sulla scheda di misura. Il livello statico sarà indicato con l'approssimazione del centimetro.

La misura della temperatura dell'aria e dell'acqua potrà essere effettuata mediante termometro a mercurio o elettronico ed andrà riportata con l'approssimazione del mezzo grado. L'ossigeno disciolto verrà determinato tramite apposita sonda, il pH e la Conducibilità Elettrica saranno determinati con pH-metro e conducimetro elettronici che andranno tarati all'inizio ed alla fine di ogni giornata di lavoro. I risultati della taratura saranno

annotati su apposite schede. In relazione agli strumenti da utilizzare per la determinazione di questi ultimi parametri, potranno essere impiegate, in alternativa, anche sonde multi-parametriche.

I rilievi ed i campionamenti dovranno essere eseguiti sempre con le stesse procedure e gli stessi strumenti in tutti i punti di misura ed in tutte le fasi; analogamente il grado di approssimazione dei valori numerici dei parametri dovrà essere identico.

Prima dell'esecuzione del monitoraggio ante operam, il soggetto incaricato di tale attività dovrà provvedere a:

- determinare la quota assoluta dell'estremità superiore della tubazione (testa piezometro)
- rilievo della posizione del piezometro in termini di coordinate geografiche

Il rilievo dei parametri fisici - chimici da valutare in campo su ciascun campione d'acqua dovrà essere eseguito subito dopo la misura del livello statico della falda e dopo un adeguato spurgo del pozzo/piezometro e la stabilizzazione delle condizioni idrochimiche.

Nello specifico, lo spurgo viene eseguito mediante la tecnica del basso flusso fino alla stabilizzazione dei parametri speditivi.

Per la verifica dei parametri in situ potrà essere utilizzata una sonda multiparametrica o altra strumentazione idonea. Al fine di consentire una definizione della variabilità stagionale dei parametri, si dovrà cercare di eseguire i rilievi o il prelievo di campioni nei momenti di minimo/massima condizioni idrologiche (periodo di magra e di ricarica della falda) per definire meglio il range della variabilità stagionale (es. a primavera, fine estate, autunno o dopo un periodo caratterizzato da precipitazioni eccezionali.).

Prelievo campioni per analisi di laboratorio

Il campionamento da piezometri dovrà essere preceduto dallo spurgo di un congruo volume di acqua in modo da scartare l'acqua giacente e prelevare acqua veramente rappresentativa della falda. Con la stessa pompa si provvederà poi a riempire direttamente le bottiglie come di seguito indicate:

- bottiglia sterile da 0,5 litri per le analisi batteriologiche
- bottiglia di due litri in vetro per le analisi chimico-fisiche
- bottiglia di due litri in plastica per le analisi di metalli e di anioni

Qualora il campionamento da pompa non fosse praticabile dovrà essere utilizzato un recipiente unico ben pulito per raccogliere le acque destinate alle analisi chimiche, riempiendo poi con questa acqua le bottiglie ed evitando di lasciare aria tra il pelo libero ed il tappo. Il campionamento per le analisi batteriologiche invece richiede la massima attenzione nell'evitare qualsiasi contatto tra l'acqua ed altri corpi estranei diversi dalla bottiglia sterile. La stessa bocca di acqua va sterilizzata con fiamma a gas del tipo portatile.

Per pozzi invece non serviti da pompa si dovrà, campionare per immersione della bottiglia sterile sotto il pelo libero dell'acqua.

Analoghe precauzioni, nei limiti delle possibilità, dovranno essere adottate per il campionamento da piezometri. I contenitori utilizzati dovranno essere contrassegnati da apposite etichette di tipo autoadesivo con sopra riportate le seguenti informazioni:

- sigla identificativa del pozzo o del piezometro
- data e ora del campionamento

Per ogni prelievo dovrà essere redatto un verbale di campionamento che verrà trasmesso in copia al laboratorio di analisi.

Inoltre, per impedire il deterioramento dei campioni, questi andranno stabilizzati termicamente tramite refrigerazione a 4°C e recapitati al laboratorio di analisi entro le ventiquattro ore dal prelievo prevedendone il trasporto in casse refrigerate. Le analisi di laboratorio saranno effettuate in accordo agli standard in uso, presso laboratori certificati che seguiranno metodiche standard, quali ad esempio le procedure indicate da APAT, ISPRA, CNR, IRSA, ISO, EPA, UNI. Le misurazioni saranno accompagnate da idoneo certificato. L'affidabilità e la precisione dei risultati dovranno essere assicurati dalle procedure di qualità interne ai laboratori che effettuano le attività di campionamento ed analisi e, pertanto, i laboratori coinvolti nelle attività di monitoraggio dovranno essere accreditati ed operare in modo conforme a quanto richiesto dalla UNI CEN EN ISO 17025.

4.2.6 Articolazione temporale delle attività di monitoraggio

Le misure saranno condotte in corrispondenza dei punti localizzati nell'elaborato grafico riportato al capitolo 5 della presente relazione, con durata e frequenza come di seguito riportato:

- **Fase Ante operam (AO)**
 - Durata: 12 mesi
 - Frequenza: trimestrale, per un totale di 4 campagne da eseguirsi nei 12 mesi precedenti l'inizio lavori
- **Fase Corso d'opera (CO)**
 - Durata: per tutta la durata dei lavori (circa 3,0 anni)
 - Frequenza: trimestrale, per un totale di 4 campagne/anno per tutta la durata dei lavori
- **Fase Post operam (PO)**
 - Durata: 12 mesi
 - Frequenza: trimestrale, per un totale di 4 campagne da eseguirsi nei 12 mesi successivi all'entrata

in esercizio dell'infrastruttura

Tabella 4-8 Punti di monitoraggio e frequenza per la componente acque sotterranee

MISURE	TIPOLOGIA	PROGR. KM	Ao (12 MESI)	Co (~ 3,0 anni)	Po (12 MESI)
ASO 01	Valle	1+350	4 volte	Trimestrale	4 volte
ASO 02	Monte	1+350	4 volte	Trimestrale	4 volte

4.3 Suolo e sottosuolo

4.3.1 Obiettivi del monitoraggio

Il monitoraggio della componente suolo e sottosuolo ha la funzione di:

- garantire il controllo della qualità del suolo intesa come capacità agro-produttiva e fertilità
- rilevare eventuali alterazioni dei terreni al termine dei lavori
- garantire un adeguato ripristino ambientale delle aree di cantiere

Le attività di monitoraggio consentono di valutare le eventuali modificazioni delle caratteristiche pedologiche dei terreni nelle aree sottoposte ad occupazione temporanea dai cantieri, dove possono avvenire modifiche delle caratteristiche fisico-chimiche dei terreni per: compattazione dei terreni, modificazioni delle caratteristiche di drenaggio, rimescolamento degli strati costitutivi, sversamenti accidentali.

In tal senso, si ritiene necessario prevedere le seguenti fasi di monitoraggio:

- ante-operam (AO) al fine di costituire un database di informazioni sugli aspetti pedologici iniziali di confronto per la restituzione all'uso agricolo delle aree occupate temporaneamente dai cantieri
- post-operam (PO) al fine di evidenziare eventuali alterazioni subite dal terreno a seguito delle attività dei cantieri. Questo consentirà di determinare le eventuali aree in cui sarà necessario effettuare le operazioni di bonifica dei terreni superficiali prima della risistemazione definitiva

4.3.2 Normativa di riferimento

La normativa di riferimento in accordo alla quale il presente progetto di monitoraggio è stato redatto fa riferimento ai criteri adottati dagli organismi nazionali ed internazionali per quel che concerne le descrizioni di campagna e la classificazione dei suoli.

- Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 e s.m.i. "Norme in materia ambientale";
- Comunicazione della Commissione "Verso una strategia tematica per la protezione del suolo" COM (2002) 179 del 16 aprile 2002;
- Legge 7 agosto 1990 n. 253 "Disposizioni integrative alla legge 18 maggio 1989 n. 183, recante norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo";
- Legge 18 maggio 1989, n. 183 "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo (testo coordinato con le modifiche apportate a tutto il 6 maggio 1996)".

4.3.3 Criteri di individuazione delle aree da monitorare

Ricordato che la finalità primaria assegnata al monitoraggio per la matrice suolo risiede nel verificare le eventuali modifiche della qualità dei suoli, in termini di caratteristiche fisiche e variazione di fertilità, conseguenti alle lavorazioni di cantiere ed in particolare all'approntamento delle aree di cantiere, i fattori di contesto sulla scorta dei quali sono state definite le attività di monitoraggio sono i seguenti:

- Considerazione delle aree di cantiere che insistono su suoli non artificializzati
- Considerazione delle tipologie di aree di cantiere il cui allestimento necessita di formazione di piazzali con materiali inerti e/o di realizzazione di pavimentazioni

Muovendo da quanto sopra, i punti di monitoraggio sono stati localizzati in corrispondenza di quelle aree di cantiere che insistono su suoli allo stato ante operam non artificializzate, necessitano della formazione di piazzali con materiali inerti / realizzazione di pavimentazioni, nonché saranno oggetto di ripristino al termine della realizzazione dei lavori.

In tal senso, non è stata considerata l'area aree di cantiere 9AS.02 in quanto su detta area è prevista la realizzazione della cabina TE (FA06) e del relativo piazzale di pertinenza.

Si coglie l'occasione per ricordare che, insistendo la gran parte delle aree di cantiere e tutte le aree di lavoro su suoli già artificializzati, il terreno vegetale prodotto deriverà pressochè unicamente dalle attività di scotico connesse all'approntamento delle aree di cantiere 9CB.01, 9CO.03 e 9AS.03.

Per un'analisi dettagliata dell'ubicazione dei punti si rimanda all'elaborato grafico riportato al capitolo 5 della presente relazione.

4.3.4 Parametri oggetto del monitoraggio

Per le fasi di ante operam e post operam sarà previsto l'accertamento dei seguenti parametri:

- parametri pedologici
- parametri chimico – fisici
- parametri chimici
- parametri topografico-morfologici e piezometrici

Più in dettaglio, le caratteristiche dei suoli saranno investigate, descritte e dimensionate fino a profondità massima di 1.5 m, mediante l'esecuzione di scavi (di larghezza di almeno 2 m) che consentano accurate descrizioni di profili pedologici.

Per ogni punto di monitoraggio, oltre ai riferimenti geografici (comprese le coordinate) e temporali, saranno registrati i caratteri stazionali dell'area di appartenenza: quota, pendenza, esposizione, uso del suolo e pratiche colturali precedenti all'insediamento del cantiere, vegetazione, substrato pedogenetico, rocciosità affiorante, pietrosità superficiale, altri aspetti superficiali, stato erosivo, permeabilità, profondità della falda.

Nella descrizione del profilo del suolo saranno definiti i diversi orizzonti e, relativamente a ciascuno di questi, i seguenti parametri: profondità, tipo e andamento del limite inferiore; umidità; colore; screziature; tessitura; contenuto in scheletro; struttura; consistenza; presenza di pori e fenditure; presenza di attività biologica e di radici; presenza (e natura) di pellicole, concrezioni, noduli, efflorescenze saline; reazione (pH); effervescenza all'HCl.

Il contesto areale di ogni punto di monitoraggio e lo spaccato del profilo pedologico saranno documentati anche fotograficamente

Dovranno essere determinati i seguenti parametri del sito durante le fasi Ante Operam (AO) e Post Operam (PO), ossia rispettivamente: prima di eseguire lo scotico del terreno e, a fine lavori, dopo aver eseguito i ripristini, al fine di verificare le caratteristiche dei suoli riportati.

Tabella 4-9 Set di analisi per la componente suolo e sottosuolo (fasi ao e po)

PARAMETRI SUOLO E SOTTOSUOLO (FASI AO E PO)	
Parametri pedologici	Esposizione
	Pendenza
	Uso del suolo
	Microrilievo
	Pietrosità superficiale
	Roccosità affiorante
	Fenditure superficiali
	Vegetazione
	Stato erosivo
	Permeabilità
	Classe di drenaggio
	Substrato pedogenetico
	Profondità falda
Parametri chimico-fisici (rilievi e misure in situ)	Designazione orizzonte
	Limiti di passaggio

PARAMETRI SUOLO E SOTTOSUOLO (FASI AO E PO)	
	Colore allo stato secco e umido
	Tessitura
	Struttura
	Consistenza
	Porosità
	Umidità
	Contenuto in scheletro
	Concrezioni e noduli
	Efflorescenze saline
	Fenditure o fessure
PARAMETRI CHIMICI (Analisi di laboratorio)	Ph
	Capacità di scambio cationico
	Azoto totale
	Azoto assimilabile
	Fosforo assimilabile
	Carbonati totali
	Sostanza organica
	Capacità di ritenzione idrica
Conducibilità elettrica	
Permeabilità	
Densità apparente	

4.3.5 Metodiche e strumentazione di monitoraggio

Generalità

Un termine comunemente usato dai pedologi rilevatori per indicare un'osservazione pedologica nel suo insieme è "profilo" ["soil profile" in USDA-SCS, 1998 citato più in alto; HODGSON, J.M. (ed.) (1997) – Soil survey field handbook. SoilSurv. Tech. Monogr. No. 5, Silsoe], che viene esposto per mezzo di un taglio verticale attraverso il suolo realizzato a mano o tramite un escavatore. L'ampiezza di un profilo varia da pochi decimetri ad alcuni metri, o più; dovrebbe avere dimensioni tali da includere le unità strutturali più grandi.

L'altro modo per realizzare un'osservazione pedologica è la "trivellata" [GUAITOLI F., MATRANGA M.G., PALADINO A., PERCIABOSCO M., PUMO A., COSTANTINI E.A.C. (1998) - Manuale per l'esecuzione e la

descrizione della trivellata. Regione Siciliana, Ass. Agricoltura e Foreste. Sez. operativa n. 8 - S. Agata Militello (ME)], consistente in una perforazione eseguita con trivella a mano.

A volte l'osservazione pedologica è realizzata in parte con un profilo (fossa), in parte con trivella, di solito per raggiungere profondità superiori a quelle direttamente visibili nella fossa (se i materiali sono penetrabili).

Per il presente lavoro, in ogni punto di monitoraggio le caratteristiche dei suoli saranno studiate mediante l'esecuzione di uno scavo, da effettuarsi con escavatore meccanico a benna rovescia, e la descrizione del profilo. Preliminarmente allo scavo si registreranno, in corrispondenza del punto, oltre ai riferimenti geografici e temporali, anche i caratteri stagionali dell'area di appartenenza.

Il contesto areale del punto di monitoraggio ed il profilo del suolo andranno inoltre documentati fotograficamente. Contemporaneamente, in corrispondenza di ogni punto di monitoraggio sarà prelevato un campione di terreno da destinare alle successive determinazioni di laboratorio, chimico-fisiche ed eco-tossicologiche.

Preliminarmente alle attività in campagna, si dovranno effettuare una serie di sopralluoghi preparatori nelle aree e nei punti da monitorare, con lo scopo di verificare l'idoneità del sito prescelto in relazione alle operazioni da eseguire (accessibilità con strumenti e mezzi per il rilevamento) ed agli obiettivi dell'indagine (rappresentatività delle caratteristiche pedo-ambientali dell'area).

Tutti i dati del monitoraggio, con le classificazioni pedologiche da questi derivate, saranno registrati in apposite schede e, associandoli spazialmente ai punti di monitoraggio, inseriti in forme numeriche e/o grafiche nell'ambito del sistema informativo di gestione del progetto.

Profilo del suolo

Per la descrizione del suolo si considererà una profondità standard del profilo di 1.5 metri, mentre la larghezza sarà di almeno 2 metri. Nello scavo della fossa, realizzabile sia a mano che con pala meccanica (escavatore a braccio rovescio) si terrà separata la parte superficiale con il cotico erboso dal resto dei materiali scavati, in due mucchi ben distinti; nella fase di riempimento il cotico erboso verrà riposizionato per ultimo in modo da lasciare la superficie nelle condizioni migliori. I mucchi saranno appoggiati su fogli di plastica o teloni.

Per le posizioni in pendio, il piano di scavo della faccia a monte (normale alla linea di massima pendenza), sarà reso il più verticale possibile.

Se il suolo è molto ricco in materiali grossolani (suolo scheletrico) e lo scavo viene eseguito a mano, può essere utile tenere separati i materiali >5-7 cm di diametro dagli altri per facilitare le successive operazioni di riempimento della fossa con la pala, ma anche per migliorare la stima visiva del contenuto volumetrico in materiali grossolani, integrando l'esame sulle pareti della fossa.

Sia in piano sia in pendio è possibile che nel corso dello scavo si incontri una falda superficiale; l'esistenza di una falda può essere talvolta prevedibile ancora prima dell'inizio dello scavo individuando la presenza di specie

igrofite (in ambienti naturali e seminaturali) od accertabile direttamente per mezzo di un controllo preliminare con trivella (sempre consigliabile, anche in assenza di falda). Se la portata della falda è molto elevata l'approfondimento della fossa si limiterà al piano della falda, con qualche pericolo di crollo delle pareti secondo il tipo e le dimensioni dei materiali nella zona di contatto; se la falda è di dimensioni molto ridotte e con portata molto bassa, può essere tenuta sotto controllo svuotando (o meglio drenando la fossa con una pompa e, nelle situazioni in pendio, realizzando un vero e proprio drenaggio con un tubo di plastica che funzioni da sifone), ma le operazioni di descrizione saranno comunque rese più complicate dalla fanghiglia che si forma sul fondo. La massima profondità descrivibile sarà comunque condizionata dal piano superiore della falda stessa.

Ultimate le operazioni di scavo, le superfici scelte per la descrizione vanno ripulite accuratamente e se una parte è molto umida, in contrasto con una parte poco umida, sarebbe consigliabile attendere (se c'è tempo disponibile e le condizioni ambientali sono favorevoli) fino a che la superficie più umida sia in parte asciugata. Nel caso di suoli, od orizzonti, con forme strutturate rilevanti, la preparazione della superficie dovrebbe essere fatta "a coltello" (agendo cioè sulle fessure naturali tra aggregato ed aggregato) in modo da evidenziare queste strutture, sia per realizzare una ripresa fotografica più significativa, sia per facilitare l'individuazione di orizzonti specifici. I piani scelti per foto e descrizione possono essere lisciati grattando la superficie con un coltello od una cazzuola in modo uniforme, per rimuovere tutti i segni lasciati dagli strumenti di scavo. Le condizioni migliori per evidenziare le forme aggregate naturali sono legate al contenuto idrico, e così è anche per molti colori, perciò le classi da umido a poco umido sono considerate le più favorevoli. Se il suolo è troppo secco le eventuali aggregazioni diventano prominenti, ma i contrasti di colore risultano molto attenuati. In queste condizioni sarà opportuno inumidire la faccia del profilo prima della ripresa fotografica con un nebulizzatore, in modo da esaltarne gli aspetti cromatici (meglio ancora, per sottolineare questi aspetti, inumidire solo una striscia ad es. tra un lato della faccia ed il nastro graduato delle profondità posto verso il centro del profilo, lasciando l'altra metà in condizioni secche). Il "make up" preparatorio per foto e descrizione comprende anche la rimozione di tutte le imbrattature dei materiali estranei agli orizzonti che si realizzano durante lo scavo, la verticalizzazione del piano (cercando però di lasciare in loco le pietre, anche se sporgenti, e gli spezzoni di radici in modo da rispettare l'architettura dei sistemi radicali), la rimozione di tutti i materiali caduti sul fondo durante queste operazioni. Dopo lo scatto delle fotografie si passerà poi all'esame visivo dell'insieme del profilo, alla suddivisione dello stesso in orizzonti, alla descrizione degli orizzonti, alla determinazione dei parametri fisici in situ, e al prelievo dei campioni, per la determinazione dei parametri fisici e chimici in laboratorio.

Descrizione del profilo

La descrizione del profilo, nonché il rilievo dei parametri fisici e la analisi dei parametri chimici richiesti, saranno effettuati come di seguito descritto.

Parametri pedologici

La descrizione dei parametri pedologici si riferisce all'intorno dell'osservazione, cioè al sito che comprende al suo interno il punto di monitoraggio, per esso dovranno essere riportate le seguenti informazioni:

- Esposizione: immersione dell'area in corrispondenza del punto di monitoraggio, misurata sull'arco di 360°, a partire da nord in senso orario;
- Pendenza: inclinazione dell'area misurata lungo la linea di massima pendenza ed espressa in gradi sessagesimali;
- Uso del suolo: tipo di utilizzo del suolo riferito ad un'area di circa 100 mq attorno al punto di monitoraggio;
- Microrilievo: la descrizione di eventuali caratteri specifici del microrilievo del sito, secondo come di seguito specificato:

COD.	DESCRIZIONE
RA	Da ribaltamento di alberi
AG	Da argille dinamiche (ad es. Gilgai)
CE	Cuscinetti erbosi (crionivali)
CP	"suoli" poligonali (crionivali)
CT	Terrazette (crionivali)
CS	"suoli" striati (crionivali)
MM	Cunette e rilievi da movimenti di massa
AL	Altro tipo di microrilievo (specificare in nota per ampliare i codici)
Z	Assente

- Pietrosità superficiale: percentuale relativa di frammenti di roccia alterata (di dimensioni oltre 25 cm nelle definizioni U.S.D.A.) presenti sul suolo nell'intorno areale del punto di monitoraggio, rilevata utilizzando i codici numerici corrispondenti alle classi di pietrosità di seguito elencate:

COD.	DESCRIZIONE
0	Nessuna pietrosità: pietre assenti o non in grado d'interferire con le coltivazioni con le moderne macchine agricole (<0,01% dell'area)

COD.	DESCRIZIONE
1	Scarsa pietrosità: pietre in quantità tali da ostacolare ma non impedire l'utilizzo di macchine agricole (0,01=0,1 % dell'area)
2	Comune pietrosità: pietre sufficienti a impedire l'utilizzo di moderne macchine agricole (0,1=3% dell'area). Suolo coltivabile a prato o con macchine leggere
3	Elevata pietrosità: pietre ricoprenti dal 3 al 15% dell'area. Uso di macchinari leggeri o strumenti manuali ancora possibile
4	Eccessiva pietrosità: pietre ricoprenti dal 15 al 90% della superficie, tali da rendere impossibile l'uso di qualsiasi tipo di macchina
5	Eccessiva pietrosità: pietrosità tra il 15 e il 50% dell'area
6	Eccessiva pietrosità: pietrosità tra il 50 e il 90% dell'area
7	Pietraia: pietre oltre il 90% dell'area

- Rocciosità affiorante: percentuale di rocce consolidate affioranti entro una superficie di 1000 mq attorno al punto di monitoraggio;
- Fenditure superficiali: indicare per un'area di circa 100 mq il numero, la lunghezza, la larghezza e la profondità (valori più frequenti di circa 10 misurazioni) in cm delle fessure presenti in superficie;
- Vegetazione: descrizione, mediante utilizzo di unità sintetiche fisionomiche o floristiche, della vegetazione naturale eventualmente presente nell'intorno areale del punto di monitoraggio;
- Stato erosivo: presenza di fenomeni di erosione o deposizione di parti di suolo;
- Permeabilità: velocità di flusso dell'acqua attraverso il suolo saturo in direzione verticale rilevato attraverso la determinazione della classe di permeabilità attribuibile allo stato a granulometria più fine presente nel suolo, utilizzando la seguente scala numerica:

SCALA NUMERICA	GRANULOMETRIA	PERMEABILITÀ
6	Ghiaie lavate	Molto alta
5	Ghiaie/sabbie grosse	Alta
4	Sabbie medie/sabbie gradate	Medio alta
3	Sabbie fini/sabbie limose	Media
2	Sabbie argillose	Medio bassa
1	Limi/limi argillosi	Bassa
0	Argille	Molto bassa

Classe di drenaggio: a seconda di come l'acqua viene rimossa dal suolo, si individueranno le seguenti classi:

CLASSE	DESCRIZIONE
Rapido	L'acqua è rimossa dal suolo molto rapidamente
Moderatamente rapido	L'acqua è rimossa dal suolo rapidamente
Buono	L'acqua è rimossa dal suolo prontamente ma non rapidamente
Mediocre	In alcuni periodi dell'anno l'acqua è rimossa dal suolo lentamente
Lento	L'acqua è rimossa dal suolo lentamente
Molto lento	L'acqua è rimossa così lentamente che i suoli sono periodicamente bagnati a poca profondità per lunghi periodi durante la stagione di crescita
Impedito	L'acqua è rimossa così lentamente che i suoli sono periodicamente bagnati in superficie o in prossimità di questa per lunghi periodi durante la stagione di crescita

Classe tessiturale (codice)
Franco limosa (FL)
Limosa (L)
Franco sabbioso argillosa (FSA)
Franco argillosa (FA)
Franco limoso argillosa (FLA)
Argillosa (A)
Argilloso sabbiosa (AS)
Argilloso limosa (AL)

Designazione orizzonti e parametri fisico-chimici

Si riferisce al suolo e al suo profilo, e comprende le caratteristiche degli orizzonti individuati ed ordinati in sequenza in rapporto alla profondità, seguita dalla descrizione dei parametri fisici degli orizzonti. Dovrà riportare le seguenti informazioni:

- Designazione orizzonte: designazione genetica mediante codici alfanumerici e secondo le convenzioni definite in IUSS-ISRIC-FAO-ISSDS (1999) e SOIL SURVEY STAFF (1998);
- Limiti di passaggio: confine tra un orizzonte e quello immediatamente sottostante, definito quanto a "profondità" (distanza media dal piano di campagna), "tipo" (ampiezza dell'intervallo di passaggio), "andamento" (geometria del limite);
- Colore allo stato secco e umido: colore della superficie interna di un aggregato di suolo in condizioni secche e umide, definito mediante confronto con le "Tavole Munsell" (Munsell Soil Color Charts) utilizzando i codici alfanumerici previsti dalla stessa notazione Munsell (hue, value, chroma);
- Tessitura: stima delle percentuali di sabbia, limo e argilla presenti nella terra fine, determinate rispetto al totale della terra fine, come definite nel triangolo tessiturale della "SoilTaxonomy - U.S.D.A.":

Classe tessiturale (codice)
Sabbiosa (S)
Sabbioso franca (SF)
Franco sabbiosa (FS)
Franca (F)

- Struttura: entità e modalità di aggregazione di particelle elementari del suolo in particelle composte separate da superfici di minor resistenza, a dare unità strutturali naturali relativamente permanenti (aggregati), o meno persistenti quali zolle e frammenti (tipici di orizzonti superficiali coltivati); definire "grado" di distinguibilità-stabilità, "dimensione" e "forma" degli aggregati;
- Consistenza: caratteristica del suolo determinata dal tipo di coesione e adesione, definita, in relazione al differente grado di umidità del suolo, quanto a "resistenza", "caratteristiche di rottura", "cementazione", "massima adesività" e "massima plasticità";
- Porosità: vuoti di diametro superiore a 60 micron, definiti quanto a "diametro" e "quantità";
- Umidità: condizioni di umidità dell'orizzonte al momento del rilevamento, definite mediante i codici numerici corrispondenti alle seguenti suddivisioni:

CODICE	DESCRIZIONE
1	Asciutto
2	Poco umido
3	Umido
4	Molto Umido
5	Bagnato

- Contenuto in scheletro: frammenti di roccia consolidata di dimensioni superiori a 2 mm presenti nel suolo, rilevato quanto ad "abbondanza" (percentuale riferita al totale del suolo), "dimensioni" (classe dimensionale prevalente), "forma" (predominante nella classe dimensionale prevalente), "litologia" (natura prevalente dei frammenti di roccia);
- Concrezioni e noduli: presenza di cristalli, noduli, concrezioni, concentrazioni, cioè figure d'origine pedogenetica definite quanto a "composizione", "tipo", "dimensioni" e "quantità";

- Efflorescenze saline: determinazione indiretta della presenza (e stima approssimata della quantità) di carbonato di calcio, tramite effervescenza all'HCl ottenuta facendo gocciolare poche gocce di HCl (in concentrazione del 10%) e osservando l'eventuale sviluppo di effervescenza, codificata come segue:

CODICE	DESCRIZIONE	STIMA QUANTITÀ CARBONATO DI CALCIO
0	Nessuna effervescenza	CaCO ₃ ≤ 0,1%
1	Effervescenza molto debole	CaCO ₃ ≈ 0,5%
2	Effervescenza debole	CaCO ₃ 1÷2%
3	Effervescenza forte	CaCO ₃ ≈ 5%
4	Effervescenza molto forte	CaCO ₃ ≥ 10%

- Fenditure o Fessure: vuoti ad andamento planare, delimitanti aggregati, zolle, frammenti, definiti quanto alla "larghezza";
- pH: grado di acidità/alcalinità del suolo, rilevata direttamente sul terreno mediante apposito kit (vaschetta di ceramica; indicatore universale in boccetta contagocce; scala cromatica) e/o determinata in laboratorio.

I parametri sopra descritti saranno rilevati in situ o in laboratorio; quando possibile si determineranno in entrambi i contesti.

Parametri chimici

In laboratorio si effettueranno le determinazioni dei seguenti parametri, utilizzando i metodi elencati, o altri metodi certificati nei riferimenti normativi (per i dettagli dei metodi si vedano i riferimenti normativi), se non diversamente specificato.

- Capacità di scambio cationico: valutata come di seguito, espressa in meq/100 g di suolo, tramite il metodo Bascom modificato, che prevede l'estrazione di potassio, calcio, magnesio e sodio con una soluzione di bario cloruro e trietanolamina, e successivo dosaggio dei cationi estratti per spettrofotometria:

Capacità Scambio Cationico (C.S.C.)	
Bassa	< 10 meq/100 g
Media	10÷20 meq/100 g
Elevata	20÷30 meq/100 g
Molto elevata	> 30 meq/100 g

- Azoto totale: espresso in %, determinato tramite il metodo Kjeldhal;
- Azoto assimilabile;
- Fosforo assimilabile: espresso in mg/kg, viene determinato secondo il metodo Olsen nei terreni con pH in acqua > di 6.5, secondo il metodo Bray e Krutz nei terreni con pH < di 6.5;
- Carbonati totali: determinazione gas-volumetrica del CO₂ che si sviluppa trattando il suolo con HCl. Il contenuto di carbonati totali (o calcare totale) viene espresso in % di CaCO₃ nel terreno;
- Sostanza organica: contenuto di carbonio organico, espresso in % e determinato secondo il metodo Walkley e Black;
- Capacità di ritenzione idrica;
- Conducibilità elettrica;
- Permeabilità;
- Densità apparente.

4.3.6 Articolazione temporale delle attività di monitoraggio

Le attività di monitoraggio del suolo prevedono le seguenti fasi:

- Ante Operam (AO), utile a costituire un database di informazioni sugli aspetti pedologici iniziali delle aree occupate temporaneamente dai cantieri;
- Post Operam (PO), utile a evidenziare eventuali alterazioni subite dal terreno a seguito delle attività di cantiere e determinare la necessità o meno di effettuare operazioni di bonifica dei terreni superficiali prima della risistemazione definitiva.

Le attività di monitoraggio del suolo e sottosuolo nelle fasi di AO e PO prevedono una campagna nei 6 mesi antecedenti l'inizio dei lavori.

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa dei punti di misura, mentre per quanto concerne la loro localizzazione, questa è indicata nell'elaborato grafico "Planimetria di localizzazione dei punti di monitoraggio", riportato al capitolo 5 della presente relazione

Tabella 4-10 Punti di monitoraggio della componente suolo e sottosuolo

MISURE	AREA DI CANTIERE	AO (6 MESI)	PO (6 MESI)
SUO 01	9AS.03	1 volta	1 volta

4.5 Rumore

4.5.1 Obiettivi del monitoraggio

Il monitoraggio del rumore ha l'obiettivo di controllare l'evolversi della situazione ambientale per la componente in oggetto nel rispetto dei valori imposti dalla normativa vigente.

Il monitoraggio per lo stato corso d'opera è finalizzato a verificare il disturbo sui ricettori nelle aree limitrofe alle aree di lavoro ed intervenire tempestivamente con misure idonee durante la fase costruttiva. Per la fase post operam l'obiettivo del monitoraggio è quello di verificare gli impatti acustici dovuti all'esercizio della linea, accertare la reale efficacia degli interventi di mitigazione e predisporre le eventuali nuove misure per il contenimento del rumore.

Le misure dovranno essere effettuate ante operam, corso d'opera e post operam, ossia dopo l'ingresso in esercizio dell'opera in progetto, in aree con o senza necessità di opere di mitigazione.

In fase di corso d'opera, le misure di rumore non verranno eseguite in assenza di attività di cantiere significative svolte nelle immediate vicinanze.

4.5.2 Normativa di riferimento

Leggi nazionali

- D. Lgs. 19/08/05 n. 194 Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale. (GU n. 222 del 23-9-2005) Testo coordinato del Decreto-Legge n. 194 del 19 agosto 2005 (G.U. n. 239 del 13/10/2005) Ripubblicazione del testo del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 194, recante: «Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale», corredato delle relative note. (Decreto legislativo pubblicato nella Gazzetta Ufficiale - serie generale - n. 222 del 23 settembre 2005);
- Presidenza del Consiglio dei Ministri 30 giugno 2005: Parere ai sensi dell'art.9 comma 3 del decreto legislativo 28 agosto 1997 n.281 sullo schema di decreto legislativo recante recepimento della Direttiva 2002/49CE del Parlamento Europeo e del Consiglio relativa alla determinazione e gestione del rumore ambientale;
- Circolare 6 Settembre 2004 – Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio. Interpretazione in materia di inquinamento acustico: criterio differenziale e applicabilità dei valori limite differenziali. (GU n. 217 del 15-9-2004);
- DPR 30 Marzo 2004, n. 142 Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n. 447 (GU n. 127 del 1-6-2004) testo in vigore dal 16-6-2004;

- Decreto 1° aprile 2004 Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio. Linee guida per l'utilizzo dei sistemi innovativi nelle valutazioni di impatto ambientale (GU n. 84 del 9-4-2004);
- DECRETO LEGISLATIVO 4 settembre 2002, n.262 Attuazione della direttiva 2000/14/CE concernente l'emissione acustica ambientale delle macchine ed attrezzature destinate a funzionare all'aperto;
- Decreto 23 Novembre 2001 Modifiche dell'allegato 2 del decreto ministeriale 29 novembre 2000 - Criteri per la predisposizione, da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore. (GU n. 288 del 12-12-2001);
- Decreto Ministero Ambiente 29 novembre 2000 "Criteri per la predisposizione, da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore" (Gazzetta Ufficiale n. 285 del 6 dicembre 2000);
- D.P.R. 18 novembre 1998, n. 459: Regolamento recante norme di esecuzione dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n. 447, in materia di inquinamento acustico derivante da traffico ferroviario;
- Decreto Ministeriale 16 marzo 1998 -Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico;
- D.P.C.M. 5 dicembre 1997 -Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici;
- D.P.C.M. 14 novembre 1997 -Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore;
- Legge 26 ottobre 1995 n. 447 "LEGGE QUADRO SULL'INQUINAMENTO ACUSTICO";
- Il DPCM 1/3/91 "Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno.

Come anticipato in premessa, il progetto di monitoraggio della componente rumore descritto di seguito è stato redatto in conformità agli "Indirizzi metodologici specifici per componente/fattore ambientale: Agenti fisici – Rumore REV. 1 del 30 dicembre 2014".

4.5.3 Criteri di individuazione delle aree da monitorare

I fattori di contesto che hanno orientato la scelta delle modalità di monitoraggio relative a detto agente fisico risiedono in:

- **Natura urbana del contesto di localizzazione delle aree di cantiere e dell'opera in progetto, all'interno del quale sono presenti – come già evidenziato – strutture per l'istruzione.**
- **Nello specifico detto aspetto ha condotto alla localizzazione di due punti di misura, per la fase di cantierizzazione e per quella di esercizio, rispettivamente rappresentati da RUC-01 e RUF-02**
- **Prossimità di ricettori ad uso abitativo alle aree di cantiere finalizzate alla realizzazione dei viadotti su Via dei Caniana e Via San Bernardino, ed alla linea ferroviaria**

- Piano di classificazione acustica del Comune di Bergamo, approvato con DCC 183 del 15.12.2014

Per quanto concerne, invece, i fattori di progetti assunti a riferimento nella definizione delle attività di monitoraggio, questi risiedono in:

- Concentrazione delle aree di cantiere in due ambiti spaziali, costituiti dal tratto di linea ferroviaria esistente oggetto di intervento e dall'area prossima al Villaggio degli Sposi
- Risultanze degli studi modellistici condotti nell'ambito del Progetto ambientale della cantierizzazione i quali hanno preso a riferimento:
 - Due distinte condizioni localizzative, rappresentative di ognuna delle predette condizioni localizzative delle aree di cantiere, nello specifico relativi a scenario 1 – Area compresa tra i Ponti Via dei Caniana e San Bernardino ed allo scenario 2 – Area prossima a Villaggio degli Sposi
 - Due distinte condizioni temporali, riguardanti la realizzazione della sola opera in progetto (scenari A – Lotto 9) e la contemporaneità di esecuzione delle opere afferenti al lotto in esame ed a quello ad esso contermina relativo alla medesima linea ferroviaria (scenari B – Lotto 9 e Lotto 2)
 - Due distinte condizioni operative, relative alla assenza e presenza di barriere antirumore

Per quanto attiene alla metodica di misura, in termini generali questa si articola nelle tre seguenti differenti tipologie di rilievi:

- RUC, per il monitoraggio del rumore prodotto dalle attività di cantiere (ante operam - corso d'opera);
- RUL, per il monitoraggio del rumore prodotto dal FAL (ante operam - corso d'opera);
- RUF, per il monitoraggio del rumore prodotto dal transito ferroviario (ante operam - post operam).

Stante il quadro di contesto sopra sintetizzato e le tipologie di rilievi in termini generali previsti, nel caso in specie si prevedono:

- RUC - monitoraggio del rumore prodotto dalle attività di cantiere
- RUF - monitoraggio del rumore prodotto dal transito ferroviario

La dislocazione dei punti tiene conto della disposizione dei ricettori rispetto alle sorgenti di rumore, della classificazione acustica e della densità abitativa dell'area, aumentando opportunamente la densità dei punti di monitoraggio, posizionati in corrispondenza degli edifici più esposti.

4.5.4 Metodiche e strumentazione di monitoraggio

Il monitoraggio acustico nelle diverse fasi (ante operam, corso d'opera e post operam) si svolge secondo i seguenti stadi:

- sopralluoghi, acquisizione permessi e posizionamento strumentazione
- monitoraggio per il rilievo in corrispondenza dei punti di misura
- elaborazione dei dati
- emissioni di reportistica ed inserimento in banca dati

Nella fase ante-operam saranno monitorati tutti i punti al fine di caratterizzare lo stato di fondo.

Le postazioni RUC, come detto finalizzate a verificare l'efficacia delle barriere antirumore di cantiere, fisse e mobili, previste a protezione dei ricettori, sono previste con postazioni semi-fisse parzialmente assistite da operatore e con misure di 24 ore.

L'articolazione temporale secondo la quale saranno condotti i rilievi terrà conto della frequenza indicata nella successiva Tabella 4-11, nonché della tempistica di svolgimento delle singole lavorazioni, con particolare riferimento a quelle più significative sotto il profilo acustico, e della durata in operatività delle singole aree di cantiere. In tal senso, come da prassi consolidata, la giornata nella quale condurre le misure acustiche sarà scelta tenendo in considerazione quelle lavorazioni che risultano maggiormente significative sotto il profilo delle emissioni acustiche.

Parimenti, le misure non verranno eseguite in assenza di attività di cantiere significative.

Le postazioni RUF, finalizzate al monitoraggio del rumore prodotto dal transito ferroviario ed alla verifica l'efficacia degli interventi di mitigazione acustica, prevedono l'effettuazione di campagne di misura di 24h, che saranno condotte a valle della messa in esercizio della linea secondo il modello di esercizio di progetto.

Operativamente, l'esecuzione dei rilievi avviene a mezzo di fonometri, che registrano, nel tempo, i livelli di potenza sonora (espressi in dBA) e le frequenze a cui il rumore viene emesso.

Nella tabella seguente sono indicati i principali parametri acustici oggetto del monitoraggio.

Distanza	distanza del microfono dalla sorgente
Altezza	altezza del microfono rispetto al piano campagna
LAE, TR	SEL complessivo dovuto al contributo energetico di tutti i transiti. Esso è ricavato dalla somma logaritmica degli LAEi relativi a ciascun transito nel periodo di riferimento in cui si sono verificati (diurno o notturno). Si ricava dalla formula seguente:

	$L_{AE} = 10 \cdot \log \sum_{i=1}^n 10^{0,1(L_{AEi})}$ <p>LAEi è il livello sonoro di un singolo evento (SEL), che riassume il contributo energetico di un transito.</p>
LAeq, TR	<p>è il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata "A" nel periodo di riferimento. Si calcola dalla formula seguente:</p> $L_{Aeq,TR} = 10 \cdot \log \sum_{i=1}^n 10^{0,1(L_{AEi})} - k$ <p>dove:</p> <p>TR è il periodo di riferimento diurno o notturno;</p> <p>n è il numero di transiti avvenuti nel periodo TR;</p> <p>k = 47,6 dB(A) nel periodo diurno (06:00 ÷ 22:00) e k = 44,6 dB(A) nel periodo notturno (22:00 ÷ 06:00).</p>
LA	<p>(livello di rumore ambientale) è il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato "A", prodotto da tutte le sorgenti di rumore esistenti in un dato luogo e durante un determinato tempo. Il rumore ambientale è costituito dall'insieme del rumore residuo e da quello prodotto dalle specifiche sorgenti disturbanti, con l'esclusione degli eventi sonori singolarmente identificabili di natura eccezionale rispetto al valore ambientale della zona. Esso deve essere distinto tra periodo diurno (06:00 ÷ 22:00) e periodo notturno (22:00 ÷ 06:00).</p>
LR	<p>(livello di rumore residuo) è il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato "A", che si rileva quando si esclude la specifica sorgente disturbante. Deve essere misurato con le identiche modalità impiegate per la misura del rumore ambientale e non deve contenere eventi sonori atipici. Nel nostro caso è il livello ambientale depurato dal contributo sonoro di tutti i transiti ferroviari.</p>
Treni N	numero di treni transitati nel periodo di riferimento diurno e notturno.
LAeq, F	è il livello continuo equivalente riferito solo al passaggio di tutti i convogli nelle 24 ore

- analizzatori di precisione real time o fonometri integratori;
- microfoni per esterni con schermo antivento;
- calibratori;
- cavalletti, stativi o aste microfoniche;
- minicabine o valigette stagne, antiurto, complete di batterie e per il ricovero della strumentazione;
- centralina meteorologica.

Le attività di monitoraggio condotte saranno documentate attraverso apposite schede, contenenti le seguenti indicazioni:

- Localizzazione del punto di misura
- Fase di monitoraggio (AO, CO, PO)
- Tipologia di sorgenti rilevate
- Dati meteorologici
- Livelli misurati e relative elaborazioni
- Confronto con i limiti normativi di riferimento
- Nominativo del Tecnico competente che ha svolto le misure

Le schede saranno, inoltre, accompagnate dai certificati di taratura della strumentazione utilizzata.

Si precisa che nel caso in cui le misure condotte evidenzino situazioni di superamenti dei limiti normativi di riferimento, che siano riconducibili alla realizzazione o all'esercizio dell'opera in progetto, detta circostanza dovrà essere registrata e prontamente segnalata, così da poter intervenire tempestivamente con le tipologie di azioni correlate alla fase all'interno della quale sono stati registrati detti superamenti.

In tal senso, qualora si dovessero determinare dei superamenti nel corso della fase realizzativa, si provvederà ad impartire un Ordine di servizio verso l'Appaltatore, attraverso il quale gli sarà ordinato di porre in essere tutte le azioni necessarie a ridurre i livelli acustici prodotti. Nel caso in cui detti superamenti dovessero determinarsi nella fase di esercizio, si provvederà ad indagarne le cause e, qualora necessario, alla realizzazione di interventi diretti sui ricettori.

Nel corso delle campagne di monitoraggio acustico verranno rilevate le seguenti categorie di parametri:

- parametri acustici;
- parametri meteorologici (temperatura, velocità e direzione del vento, piovosità, umidità);
- parametri di inquadramento territoriale (localizzazione, classificazione acustica prevista dalla zonizzazione, documentazione fotografica, principali caratteristiche territoriali).

La strumentazione di base richiesta per il monitoraggio del rumore è, pertanto, composta dai seguenti elementi:

4.5.5 Articolazione temporale delle attività di monitoraggio

Nella tabella seguente si riportano i punti di monitoraggio della componente rumore, nonché la tipologia di punto (RUC, RUF). L'esatta localizzazione dei punti di monitoraggio è indicata nell'elaborato grafico "Planimetria di localizzazione dei punti di monitoraggio", riportato al capitolo 5 della presente relazione

Nel complesso si prevedono:

- **4 RUC**
- **2 RUF**

per un totale di **6** postazioni.

Tabella 4-11 Punti di monitoraggio sulla componente rumore

PUNTO	CANTIERE/OPERA DA MONITORARE	FASE	FREQUENZA	DURATA
RUC.01	9AT.02-A	AO	1 volta	24 h
		CO	Trimestrale	24 h
RUC.02	9AT.01-A	AO	1 volta	24 h
		CO	Trimestrale	24 h
RUC.03	9CO.01 9AS.01	AO	1 volta	24 h
		CO	Trimestrale	24 h
RUC.04	9CO.03	AO	1 volta	24 h
		CO	Trimestrale	24 h
RUF.01	1+100	AO	1 volta	24 h
		CO	Semestrale	24 h
RUF.02	1+250	AO	1 volta	24 h
		PO	Semestrale	24 h

4.6 Vibrazioni

4.6.1 Obiettivi del monitoraggio

L'obiettivo del monitoraggio vibrazionale proposto nel presente PMA è quello di prevenire e controllare il disturbo provocato dalle vibrazioni prodotte nella fase costruttiva sugli edifici più esposti e verificare l'eventuale disturbo indotto. In fase di corso d'opera, le misure di vibrazioni non verranno eseguite in assenza di attività di cantiere significative svolte nelle immediate vicinanze.

4.6.2 Normativa di riferimento

Il problema delle vibrazioni negli ambienti di vita, attualmente, non è disciplinato da alcuna normativa nazionale. Pertanto, qualora si intenda procedere ad una valutazione strumentale di tale fenomeno fisico è bene affidarsi alle corrispettive norme tecniche. Nello specifico, il riferimento è costituito dalla normativa tecnica in capo alla UNI 9614 - Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo, aggiornata alla recente versione in vigore.

ISO 2631 “Valutazione sull’esposizione del corpo umano alle vibrazioni”

La ISO 2631-2:2003 si applica a vibrazioni trasmesse da superfici solide lungo gli assi x, y e z per persone in piedi, sedute o coricate. Il campo di frequenze considerato è 1÷80 Hz e il parametro di valutazione è il valore efficace dell'accelerazione a_{rms} definito come:

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

dove $a(t)$ è l'accelerazione in funzione del tempo, T è la durata dell'integrazione nel tempo dell'accelerazione. La norma definisce tre curve base per le accelerazioni e tre curve base per le velocità (in funzione delle frequenze di centro banda definite per terzi di ottava) che rappresentano le curve approssimate di uguale risposta in termini di disturbo, rispettivamente per le accelerazioni riferite all'asse Z, agli assi X,Y e alla combinazione dei tre assi. Le vibrazioni devono essere misurate nel punto di ingresso nel corpo umano e deve essere rilevato il valore di accelerazione r.m.s. perpendicolarmente alla superficie vibrante.

UNI 9614:2017 “Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo”

La norma è sostanzialmente in accordo con la ISO 2631-2:2003. Tuttavia, sebbene le modalità di misura siano le stesse, la valutazione del disturbo è effettuata sulla base del valore della vibrazione della sorgente V_{sor}

(vibrazioni immesse negli edifici dalla specifica sorgente oggetto di indagine. Sono caratterizzate dal valore dell'accelerazione $a_{w,95}$) il quale è confrontato con una serie di valori limite dipendenti dal periodo di riferimento (*giorno*, dalle 06:00 alle 22:00, e *notte*, dalle 22:00 alle 06:00) e dalle destinazioni d'uso degli edifici. I livelli di soglia indicati dalla suddetta norma sono riportati nella tabella seguente:

Tabella 4-12 Valori di soglia di vibrazione relativi al disturbo alle persone (UNI 9614:2017)

	AMBIENTE AD USO ABITATIVO	ASILI CASE DI RIPSO	LUOGHI LAVORATIVI	SCUOLE UNIVERSITA	OSPEDALI, CASE DI CURA. CLINICHE ED AFFINI
DIURNO	7,2 mm/s ²	3,6 mm/s ²	-	-	-
NOTTURNO	3,6 mm/s ²	3,6 mm/s ²	-	-	-
GIORNATE FESTIVE	5,4 mm/s ²	-	-	-	-
LIMITATAMENTE AI PERIODI DI ESERCIZIO	-	-	14 mm/s ²	5,4 mm/s ²	-
INDIPENDENTEMENTE DALL'ORARIO	-	-	-	-	2 mm/s ² (misurate ai piedi del letto del paziente)

Le misure devono essere eseguite in conformità alla suddetta norma tecnica. In particolare, la durata complessiva è legata al numero di eventi del fenomeno in esame necessaria ad assicurare una ragionevole accuratezza statistica, tenendo conto non solo della variabilità della sorgente ma anche dell'ambiente di misura. Nel caso di fenomeni caratterizzati da un elevato numero di eventi distinti devono essere acquisiti i segnali relativi ad almeno 15 eventi scelti con i criteri indicati dall'appendice A della suddetta norma tecnica (appendice A2 “Vibrazioni prodotte da traffico ferroviario” e A4 “Vibrazioni prodotte da attività di cantiere”).

4.6.3 Criteri di individuazione delle aree da monitorare

In termini generali, i criteri sulla scorta dei quali procedere alla definizione della rete di monitoraggio attengono alla presenza di ricettori entro la fascia di territorio circostante le fonti di emissione (aree sensibili per come individuate attraverso le analisi modellistiche condotte) ed ai seguenti parametri:

- tipo di fonte di vibrazioni (livelli, spettro, durata nel tempo, etc.);

- condizioni geolitologiche e singolarità geolitologiche (caratteristiche geomeccaniche delle formazioni in posto, bancate di strati a maggiore consistenza, falde, etc.);
- presenza di infrastrutture sotterranee tali da interferire nella distribuzione del campo vibrazionale (tunnels, opere in fondazione, etc.);
- sensibilità dei ricettori dipendente da: destinazione d'uso, valore storico testimoniale;
- svolgimento di funzioni di servizio pubblico (ad es.: ospedali), etc.

All'interno di detti criteri di ordine generale, con specifico riferimento al caso in specie, i fattori assunti a riferimento per il monitoraggio degli effetti vibrazionali hanno riguardato quelli concernenti il contesto localizzativo e l'opera in progetto.

In merito ai fattori di contesto presi in considerazione, questo sono stati:

- Natura urbana del contesto di localizzazione delle aree di cantiere e dell'opera in progetto
- Prossimità di ricettori ad uso abitativo alle aree di cantiere finalizzate alla realizzazione dei viadotti su Via dei Caniana e Via San Bernardino, ed alla linea ferroviaria

Relativamente ai fattori di progetto, si è considerato:

- Estesa adozione di paratie di pali e micropali per la realizzazione delle opere di fondazione dei viadotti VI03, VI04, nonché del piazzale del fabbricato tecnologico FA06 e dei muri di recinzione in corrispondenza del lato Nord del rilevato RI01
- Risultanze dello studio condotto nell'ambito del Progetto ambientale della cantierizzazione, dal quale è emerso che, stanti le ipotesi cautelative assunte in termini di numero, tipologia ed operatività di mezzi d'opera (autocarro, escavatore e palificatrice), la distanza entro la quale è possibile che possano determinarsi degli effetti di disturbo è pari a 17 metri dalla sorgente emissive, condizione quest'ultima all'interno della quale ricadrebbero alcuni ricettori
- Risultanze dello Studio vibrazionale (NB1R02D22RGIM0004002A), dal quale è emerso che la condizione di possibile disturbo sui ricettori residenziali è riscontrata per quelli posti tra le progressive pk 0+900 e 1+000, ossia per gli edifici residenziali identificati, nelle planimetrie dei ricettori, con i codici 2422, 2425 e 2427, i quali si trovano in aderenza alla linea ferroviaria esistente

Come si evince dalla sintesi descrittiva sopra riportata, le analisi previsionali operate hanno restituito un rapporto tra sorgenti emissive (in fase di cantiere e di esercizio) e contesto territoriale che, con estrema chiarezza, definisce i ricettori da dette sorgenti potenzialmente interessati, individuandoli in quelli posti a ridotta distanza dalle aree tecniche di realizzazione dei viadotti VI03 e VI04, e della linea ferroviaria esistente.

Detta circostanza ha, quindi, informato la scelta del numero e della localizzazione dei punti di misura.

4.6.4 Strumentazione

La valutazione del disturbo può essere effettuata con l'impiego di strumentazione dedicata che, oltre alla acquisizione e registrazione del segnale accelerometrico, esegue l'elaborazione in linea dei dati. In alternativa è possibile far ricorso a sistemi acquisizione dati che memorizzano la storia temporale della accelerazione in forma digitale e di un software specifico per l'elaborazione fuori linea. Di tale software, degli algoritmi, delle librerie utilizzate e della loro versione deve essere riportata indicazione nei rapporti di misurazione, ferma restando la rispondenza alle caratteristiche di analisi richieste dalla UNI EN ISO 8041-1.

Le caratteristiche metrologiche della catena di misura (sensore + sistema di acquisizione e di condizionamento del segnale) quali: curva di risposta in frequenza, dinamica del sistema di acquisizione, rumore di fondo della catena ecc. devono essere conformi alla UNI EN ISO 8041-1. Devono essere implementati i filtri "band limiting" con le caratteristiche indicate nella UNI EN ISO 8041-1 e di ponderazione W_m definita dalla ISO 2631-2 [3].

Più in particolare sono da rispettare i seguenti requisiti:

- sensibilità nominale non minore di 10 mV/(m/s²);
- risposta in frequenza della catena di misura, comprensiva dell'acquisizione, lineare con tolleranza $\pm 5\%$ da 0,5 Hz a 250 Hz;
- acquisizione in forma digitale con frequenza di campionamento non minore di 1 500 Hz, presenza di filtro anti-aliasing con frequenza non minore di 600 Hz, risoluzione preferenziale di 24 bit e minima di 16 bit;
- valore efficace del rumore strumentale, legato al complesso di fenomeni di natura casuale presenti nella catena di misurazione e non dipendenti né dalle vibrazioni immesse né da quelle residue, almeno cinque volte inferiore al minimo valore efficace dei segnali da misurare.

4.6.5 Modalità di monitoraggio e parametri

I rilievi sono eseguiti posizionando la strumentazione al centro della stanza, le postazioni di misurazione devono essere scelte sulla base delle reali condizioni di utilizzo degli ambienti da parte degli abitanti. Le modalità di rilevamento possono variare da caso a caso e, in generale, dipendono dai seguenti fattori:

- tipologia delle fonti di vibrazione;
- evoluzione temporale del fenomeno vibratorio (vibrazioni stazionarie o transitorie);
- tipologia del macchinario da misurare;
- natura del suolo su cui viene effettuato il rilevamento.

Dall'analisi delle misure il valore che viene estrapolato ai fini del confronto con i limiti è $a_{w,95}$ ovvero il livello di massima accelerazione ponderata statistica stimata al 95° percentile della distribuzione cumulata di probabilità della massima accelerazione ponderata $a_{w,max}$,

$$a_{w,95} = \overline{a_{w,max}} + 1,8 \cdot \sigma$$

Equazione 1 Massima accelerazione ponderata al 95° percentile

Dove:

$\overline{a_{w,max}}$ = è la media aritmetica delle massime accelerazioni ponderate relative gli eventi considerati (minimo 15) ovvero:

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

Equazione 2 accelerazione massima

σ = è lo scarto tipo della distribuzione delle massime accelerazioni ponderate $a_{w,max,j}$ calcolate mediante l'equazione:

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

Equazione 3 Scarto tipo della distribuzione delle massime accelerazioni (N è il numero degli eventi misurati)

Mentre:

$a_w(t)$ = è il valore istantaneo del modulo del vettore accelerazione calcolato come somma vettoriale delle sue tre componenti cartesiane, la w sta per la ponderazione in frequenza ottenuta utilizzando la curva W_m

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

Equazione 4 Accelerazione ponderata globale lungo i tre assi

$a_{w,rms,j}(t)$ = Valore efficace totale valutato all'istante t sui tre assi di $a_{w,j}(t)$ calcolato in conformità alla UNI EN ISO 8041-1:2017 punto 3.1.2.3

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

per j = x, y, z; e $\tau = 1s$

Equazione 5 Calcolo del valore efficace dell'accelerazione ponderata

4.6.6 Elaborazioni delle misure

Per il calcolo delle vibrazioni associate alla sorgente oggetto di indagine è necessario procedere alla misurazione delle Vibrazioni immesse (V_{imm}) e di quelle residue (V_{res}). Entrambi i valori sono determinati dal valore dell'accelerazione $a_{w,95}$ (Equazione 1), nello specifico le vibrazioni immesse (V_{imm}) sono le vibrazioni rilevate all'interno dell'edificio generate da tutte le sorgenti attive di qualsiasi origine, mentre le vibrazioni residue vengono misurate in assenza della specifica sorgente oggetto di indagine.

Al fine di determinare le vibrazioni residue, risulta rilevante lo studio preliminare della sorgente in esame, nel caso in cui si tratti di un cantiere è fondamentale individuare i momenti della giornata in cui la sorgente non è in funzione, durante la pausa pranzo ad esempio, in caso di lavorazioni continue è necessaria una misura in fase di Ante Operam. Conseguentemente la misurazione delle vibrazioni immesse verrà svolta con sorgente attiva. In entrambe le rilevazioni è indispensabile discretizzare gli eventi (minimo 15). In generale così come riportato dalla norma UNI stessa, un evento si distingue da un altro quando il valore efficace dell'accelerazione ponderata, $a_w(t)$ decresce di almeno il 30% fra i due eventi.

Per esempio, se la storia temporale di $a_w(t)$ ha due massimi relativi con valore 10 mm/s² e 12 mm/s² rispettivamente, si è in presenza di due eventi distinti se fra i due massimi relativi il valore istantaneo di $a_w(t)$ ha un minimo relativo non superiore a 7 mm/s².

Una volta misurati i 15 eventi per le vibrazioni residue e 15 eventi per quelle immesse, si procede con il calcolo delle vibrazioni generate dalla sorgente (V_{sor}) come da seguente formula:

$$V_{sor} = \sqrt{V_{imm}^2 - V_{res}^2}$$

Equazione 6 Calcolo delle vibrazioni generate dalla sorgente oggetto di indagine

Ad evidenza della buona applicazione della metodica è importante riportare, in formato tabellare nella scheda elaborazione della misura, sia per le vibrazioni residue (V_{res}) che per quelle immesse (V_{imm}), tutti gli eventi individuati con i rispettivi valori efficaci totali valutati all'istante t sui tre assi $a_{w,rms,j}(t)$ da cui è possibile ricavare, previo calcolo dello scarto tipo della distribuzione (σ) delle massime accelerazioni ponderate di accelerazione

($a_{w,max,j}$), il rispettivo valore dell'accelerazione $a_{w,95}$ (Equazione 1) da associare sia per le Vibrazioni residue (V_{res}) che per quelle immesse (V_{imm}). Si precisa che qualora le vibrazioni residue V_{res} abbiano un valore maggiore del 50% di quelle immesse di V_{imm} allora il disturbo prodotto della Vibrazione della sorgente V_{sor} è da considerarsi trascurabile.

4.6.7 Articolazione temporale delle attività di monitoraggio

Per la componente vibrazioni, in termini generali, si prevedono tre tipologie di postazioni di misura:

- Postazioni di tipo VIC, specifiche per la verifica delle attività di cantiere, da monitorare nelle fasi AO e CO
- Postazioni di tipo VIL, specifiche per la verifica delle attività del FAL, da monitorare nella fase CO
- Postazioni di tipo VIF per la verifica dell'impatto indotto dal transito dei treni nel post operam e per determinare la necessità o meno di interventi di mitigazione, da monitorare nelle fasi AO e PO

Sempre in termini generali, le postazioni VIL sono previste in corrispondenza di quei ricettori maggiormente esposti alle attività di palificazione.

Le postazioni VIF saranno previste in corrispondenza dei ricettori residenziali prossimi alla linea e oggetto di potenziale disturbo, e le misure saranno funzionali al rilievo dell'accelerazione nelle tre direzioni fondamentali e saranno caratterizzate in termini di analisi settoriale ed occorrenza temporale, secondo i dettami e i criteri delle seguenti norme:

- Norma 9614:2017 "Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo"
- Norma 11048:2003 "Vibrazioni meccaniche ed urti – Metodo di misura delle vibrazioni negli edifici al fine della valutazione del disturbo"
- Norma 9916:2004 "Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici"

Le prime due norme si rivolgono specificamente alla definizione dei criteri di valutazione del disturbo alle persone, mentre la terza norma indica criteri per la misura e la valutazione delle vibrazioni con riferimento ai possibili danni strutturali.

Al fine della valutazione del livello di disturbo, saranno impiegati i valori limite da normativa riportati nella tabella sottostante.

Tabella 4-13 Valori di soglia di vibrazione relativi al disturbo alle persone (UNI 9614:2017)

LUOGO	ACCELERAZIONE [m/s ²]
Abitazioni (notte)	3,6*10 ⁻³
Abitazioni (giorno)	7,2*10 ⁻³
Luoghi lavorativi	14,0*10 ⁻³
Ospedali, case di cura, ecc..	2,0*10 ⁻³
Asili e case di riposo	3,6*10 ⁻³
Scuole	5,4*10 ⁻³

Nel complesso si prevedono:

- **1 VIC**
- **1 VIF**

per un totale di **2** postazioni di misura.

Per un'analisi dettagliata dell'ubicazione dei punti si rimanda alle tavole allegate al presente documento. Nella fase Ante Operam sarà svolta una campagna di misura, mentre nella fase Corso d'Opera sono previste due campagne di misura per i punti VIC.

Nella tabella seguente è riportata l'indicazione delle postazioni di rilievo, e la frequenza e durata del monitoraggio nelle diverse fasi.

Tabella 4-14 Punti di monitoraggio della componente vibrazioni

PUNTO	CANTIERE/OPERA DA MONITORARE	FASE	FREQUENZA	DURATA
VIC01	9AT01B	AO	n. 1 campagna	24 h
		CO	n. 2 campagne	24 h
VIF01	1+050	AO	n. 1 campagna	24 h
		PO	n. 2 campagne	24 h

Per quanto riguarda le modalità di svolgimento delle misure sopra riportate, si precisa che qualora venga concesso dai proprietari delle residenze private, al posto delle misure della durata di 24 verranno eseguite misure presidiate della durata di 2 ore sia in fase CO che PO. Detta possibilità, ancorché contemplata, potrà tuttavia trovare definizione finale solo in fase di esecuzione delle misure e previa autorizzazione dei privati cittadini.

4.7 Vegetazione

4.7.1 Obiettivi del monitoraggio

Il monitoraggio ambientale relativo agli aspetti vegetazionali e faunistici, in termini generali, è rivolto a documentare lo stato attuale della componente nella fase ante operam così da poter verificare, nelle fasi successive del monitoraggio (corso d'opera e post operam), l'evolversi delle caratteristiche che connotano le componenti stesse. In tal senso, gli accertamenti non sono finalizzati esclusivamente agli aspetti botanici, quanto anche a quelli relativi ai popolamenti faunistici.

Il monitoraggio ha anche lo scopo di verificare, durante la fase di costruzione, la situazione ambientale in modo da rilevare tempestivamente eventuali situazioni non previste e predisporre le necessarie azioni correttive.

Muovendo da dette finalità di ordine generale, nel caso in specie, le attività di monitoraggio sono state espressamente rivolte, da un lato, alla verifica delle attività di ripristino alla condizione originaria riguardanti quelle aree di localizzazione dei cantieri connotate dalla presenza dell'Habitat 6510 e, dall'altro, al controllo della presenza di specie esotiche a comportamento invasivo in corrispondenza dei cumuli di terreno vegetale depositati durante la fase di cantierizzazione.

4.7.2 Normativa di riferimento

Di seguito sono elencati i principali riferimenti normativi di interesse per l'ambito biotico che sono stati considerati per la redazione del presente progetto di monitoraggio:

Normativa comunitaria

- Direttiva 92/43/CEE del Consiglio del 27 ottobre 1992: G.U.C.E. n. L 305 dell'8/11/1992, recante adeguamento al progresso tecnico e scientifico della direttiva 92/43/CEE del Consiglio relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche;
- Regolamento CEE 1390/97 della Commissione del 18/07/97 (G.U.C.E. 19/07/97, L.190) che modifica il Regolamento CEE 1021/94 della Commissione relativo alla protezione delle foreste della Comunità contro l'inquinamento atmosferico;
- Regolamento CEE 1091/94 della Commissione del 29/04/94 (G.U.C.E. 18/06/94, L.126) relativo, alle modalità di applicazione del Regolamento CEE 3528/86 del Consiglio sulla protezione delle foreste della

Comunità contro l'inquinamento atmosferico;

- Regolamento CEE 2157/92 del Consiglio del 23/07/92 (G.U.C.E. 31/07/92, L. 217) che modifica il Regolamento CEE 3528/86 del Consiglio relativo alla protezione delle foreste della Comunità contro l'inquinamento atmosferico;
- Direttiva (CEE) 92/43 del Consiglio, 21 maggio 1992: G.U.C.E. 22 luglio 1992, n. L 206. Conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche;
- Direttiva (CEE) 79/409 del Consiglio, 2 aprile 1979: G.U.C.E. 25 aprile 1979, n. L 103 (e s.m.i.) Conservazione degli uccelli selvatici;
- Regolamento CEE 1696/87 della Commissione del 10/06/87 (G.U.C.E. 17/06/87, L.161) relativo, alle modalità di applicazione del Regolamento CEE 3528/86 del Consiglio sulla protezione delle foreste della Comunità contro l'inquinamento atmosferico;
- Regolamento CEE 3528/86 del Consiglio del 17/11/86 (G.U.C.E. 20/11/86, L.326) relativo alla protezione delle foreste della Comunità contro l'inquinamento atmosferico.

Normativa Nazionale

- Decreto del Presidente della Repubblica 8 settembre 1997, n. 357: Regolamento recante attuazione della direttiva 92/43/CEE relativa alla conservazione degli habitat naturali e semi-naturali, nonché della flora e della fauna selvatiche (G.U. N. 284 DEL 23-10-1997, S.O. n.219/L). Testo coordinato al D.P.R. n. 120 del 2003 (G.U. n.124 del 30.05.2003);
- Legge 6 dicembre 1991, n. 394 "Legge quadro sulle aree protette" che detta i principi fondamentali per l'istituzione e la gestione delle aree protette al fine di conservare e valorizzare il patrimonio naturale del paese;
- Legge 8 agosto 1985, n. 431 "Disposizioni urgenti per la tutela delle zone di particolare interesse ambientale";
- Ex Decreto 431/1985 dei beni vincolati (ora art. 146 D. Lgs. 490/99; D. Lgs. 42/04 – Codice dei beni culturali e del paesaggio -, modificato dal D. Lgs. 22 gennaio 2006) relativo alla tutela dei beni paesaggistici e ambientali di notevole interesse pubblico, in particolare le aree ricoperte da boschi o vegetazione naturale (zone boscate) e fasce di rispetto dei corsi d'acqua

Come anticipato in premessa, il progetto di monitoraggio delle componenti in oggetto descritto di seguito è stato redatto in conformità delle "Linee guida per la predisposizione del Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA) delle opere soggette a procedure di VIA (D.Lgs. 152/2006 e s.m.i., D.Lgs. 163/2006 e s.m.i.) – Indirizzi

metodologici specifici per componente/fattore ambientale: Biodiversità (Vegetazione, Flora, Fauna) REV. 1 del 13 marzo 2015”.

4.7.3 Criteri di individuazione delle aree da monitorare

La definizione degli obiettivi ai quali è diretta l'attività di monitoraggio, come illustrati al precedente paragrafo, ed i criteri stessi che hanno presieduto all'individuazione delle aree oggetto di monitoraggio trovano pieno fondamento nei fattori di specificità del caso in specie, così come configurati dai fattori di contesto e da quelli di progetto.

In breve, per quanto attiene ai fattori di contesto, i dati in tal senso sostanziali sono rappresentati da:

- *Natura totalmente urbanizzata del sito di localizzazione dell'opera in progetto, così come del suo intorno.* Come più diffusamente illustrato nello SIA con specifico riferimento all'analisi della struttura territoriale e del sistema degli usi in atto, la porzione territoriale nella quale è collocata la linea ferroviaria oggetto di intervento è costituita da tessuti residenziali, a carattere denso e mediamente denso, e da insediamenti industriali, artigianali e commerciali, impianti pubblici e privati, nonché da una fitta rete infrastrutturale. Le uniche aree che ancora risultano non artificializzate sono rappresentate da aree agricole residuali le quali, essendo collocate tra l'Ospedale di Bergamo, il quartiere Villaggio degli Sposi e la Sp 525, risulta esterne al sito di localizzazione dell'opera in esame.
- *Presenza, in corrispondenza delle aree agricole di margine dell'urbanizzato, di zone connotate dall'Habitat 6510*

Come evidenziato nell'ambito delle analisi condotte nello SIA relativamente agli aspetti vegetazionali e floristici, la consultazione della Carta degli habitat prodotta dall'Osservatorio regionale della biodiversità di Regione Lombardia, ha evidenziato la presenza dell'Habitat 6510 - "Praterie magre da fieno a bassa altitudine (*Alopecurus pratensis*, *Sanguisorba officinalis*)" che è costituito da prati da mesici a pingui, regolarmente falciati e concimati in modo non intensivo.

A tal riguardo si rammenta che l'habitat in questione è costituito da tipi di vegetazione che si possono mantenere esclusivamente attraverso interventi di sfalcio essendo, infatti, la vegetazione potenziale rappresentata da formazioni erbacee. In assenza di concimazione, pur assicurando regolari falciature, si svilupperebbero, secondo le caratteristiche dei diversi siti, altri tipi di prateria, soprattutto mesoxerofila o xerofila

In merito ai fattori di progetto, questi possono essere sinteticamente descritti nei seguenti termini:

- *Localizzazione prevalente delle aree di lavoro e delle aree di cantiere su suoli già artificializzati*

La tipologia di opere in progetto, riguardanti il corpo stradale ferroviario e le relative opere civili esistenti, nonché la tipologia urbana del contesto di localizzazione comportano che le relative aree di lavoro e le aree di cantiere insistano su suoli già artificializzati.

Tale circostanza è, difatti, riscontrabile per quanto riguarda le aree di cantiere 9AT.01a, 9AT.01b, 9AT.02a, 9AT.02b, 9CO.01, 9AS.01, AR9-01, AR9-02. Considerato che le aree di cantiere 9CO.02 ed 9AS.02 insistono su un'area residuale compresa tra le linee ferroviarie per San Pietro e per Treviglio, ne consegue che le uniche aree di cantiere che sono collocate in corrispondenza di suoli non artificializzati risultano essere quelle 9CB.01, 9CO.03 ed 9AS.03

- *Interessamento, da parte delle aree di cantiere fisso identificate con il codice 9CO.03 e 9CB.01 di una porzione di un'area che, sulla base dei dati riportati nella citata Carta degli habitat, risulta connotata dalla presenza dell'Habitat 6510*



Figura 4-7 Rapporto tra habitat 6510 e le aree di cantiere 9.CB.01 e 9.CO.03

Come si evince dalla Figura 4-7, tratta dalla Relazione generale dello SIA; rispetto alla totalità dell'area che in base alle informazioni contenute nella Carta degli habitat è contraddistinta dalla presenza dell'Habitat 6510, le aree di cantiere in questione ne occupano una porzione all'incirca pari alla sua metà.



Figura 4-8 Ambito di localizzazione delle aree di cantiere 9.CB.01 e 9.CO.03: Stato attuale dei luoghi (Fonte: Streetview Novembre 2020)

A tal riguardo, si evidenzia sin d'ora che una quota parte dell'area identificata negli strati informativi della Carta degli habitat come Habitat 6510 è, in realtà, occupata da orti urbani.

- *Previsione di ripristino allo stato originario dei luoghi delle aree temporaneamente interessate dalla presenza dei cantieri*

Secondo quanto indicato nello SIA, al termine della fase di cantierizzazione, le aree di cantiere saranno smantellate ed i siti di loro localizzazione saranno ripristinati nelle condizioni originarie. Tale scelta ed impegno progettuale riguarderà la totalità delle aree di cantiere e precipuamente quelle 9CO.03 e 9CB.01.

L'insieme dei fattori di contesto sopra sintetizzati hanno delimitato l'ambito di azione delle attività di monitoraggio, orientandolo nella direzione della verifica dell'efficacia degli interventi di ripristino dell'Habitat 6510 e di quella,

strettamente correlata, del controllo dello stato di conservazione dei cumuli di suolo vegetale derivante dalle operazioni di scotico delle aree in questione ai fini dell'approntamento delle aree di cantiere.

A tal riguardo si ricorda che, stante la predetta natura urbana del contesto localizzativo dell'opera in esame e la conseguente circostanza che la maggior parte delle aree di cantiere / di lavoro insistano su suoli artificializzati, è possibile affermare che il tema della produzione di terreno vegetale e della sua conservazione risulti estremamente limitato.

La scelta tipologie di attività di monitoraggio e delle aree oggetto di monitoraggio, per come rispettivamente descritte ai paragrafi 4.7.4 e 4.7.6, costituisce la logica conseguenza di quanto sopra riportato.

4.7.4 Parametri oggetto del monitoraggio

Di seguito vengono riportati i riferimenti scientifici riguardanti le modalità e le tecniche secondo le quali saranno condotte le attività di monitoraggio

Analisi dei mosaici di fitocenosi interessati dalle aree di cantiere

L'indagine in questione è rivolta alla verifica delle attività di ripristino alla condizione originaria riguardanti quelle aree di localizzazione dei cantieri connotate dalla presenza dell'Habitat 6510, finalità che, di per sé stessa, comporta una preliminare conoscenza dello stato dei luoghi nelle condizioni ante operam, nonché di quelle che si determineranno nel corso delle lavorazioni.

Assunto che tale circostanza appare particolarmente necessaria nel caso in specie, essendo de visu riscontrabile una difformità tra le informazioni ad oggi disponibili e lo stato attuale dei luoghi, per quanto attiene ai parametri di monitoraggio si farà riferimento a quanto riportato nel documento "Protocollo operativo per il monitoraggio regionale degli habitat di interesse comunitario in Lombardia" (versione 1.1)¹, redatto come supporto tecnico-scientifico alle attività dell'Osservatorio Regionale per la Biodiversità della Lombardia, ed in particolare a quanto riportato nella scheda dedicata all'Habitat 6510 (pag. 224).

All'interno di detta scheda, è riportata una sezione dedicata al "monitoraggio specialistico" nella quale sono indicate i metodi e le tecniche da seguire, nonché gli indicatori da assumere (pag. 228).

Nello specifico, per quanto attiene agli indicatori, il documento in esame ne individua tre categorie (struttura; funzioni; prospettive), articolandole i singoli indicatori e definendo per ognuno di essi una scala di valutazione.

¹ Brusa G., Cerabolini B.E.L., Dalle Fratte M., De Molli C., 2017. Protocollo operativo per il monitoraggio regionale degli habitat di interesse comunitario in Lombardia. Versione 1.1. Università degli Studi dell'Insubria - Fondazione Lombardia per l'Ambiente, Osservatorio Regionale per la Biodiversità di Regione Lombardia

Monitoraggio dello stato di conservazione dei cumuli di materiale vegetale depositati in cantiere

Tale attività consiste nel monitorare i cumuli di materiale vegetale gestiti nell'ambito dell'opera in attesa di sistemazione finale. Oltre all'analisi sul mantenimento del cumulo (dimensioni, altezza, pendenza sponde), si effettueranno analisi per definire le specie autoctone, sinantropiche ed infestanti.

4.7.5 Metodiche di monitoraggio

Analisi dei mosaici di fitocenosi interessati dalle aree di cantiere

Come indicato nel citato Protocollo regionale, l'analisi in questione dovrà essere condotta mediante rilevamento floristico-vegetazionale, da effettuarsi con metodo fitosociologico.

Per quanto riguarda l'ambito di analisi, questo dovrà comprendere il sito di localizzazione delle due anzidette aree di cantiere ed un suo intorno, assunta come "area campione" ed intesa come ambito prossimo a quello in cui è prevista l'ubicazione di tali cantieri ed avente sufficienti caratteristiche di naturalità. In tal senso, saranno escluse dall'area campione i tessuti urbani.

In armonia con le indicazioni dell'Osservatorio regionale per la biodiversità, la dimensione del rilievo dovrà essere di circa 25 m².

I rilievi in questione dovranno essere individuati casualmente sull'intera superficie dell'habitat.

Per quanto attiene al periodo nel quale condurre i rilievi, questi dovranno essere eseguiti tra aprile e luglio, avendo cura che il rilevamento venga effettuato antecedentemente al primo sfalcio (chiamato maggengo per i tradizionali prati da fieno), ovvero durante il massimo sviluppo della biomassa a metà-fine primavera (in genere, il periodo è coincidente con la fioritura della maggior parte delle graminoidi).

Relativamente alle fasi nell'ambito delle quali condurre le analisi, in ragione della finalità alla quale è preposta detta analisi, i rilievi dovranno essere condotti nella fase ante operam, corso d'opera per l'intero periodo di svolgimento delle attività di cantierizzazione, nonché in quella post operam per una durata complessiva di 3 anni dal termine delle attività.

In ultimo, relativamente alla documentazione prodotta, le informazioni acquisite nel corso dei rilievi in campo condotti saranno riportate su una specifica cartografia che dovrà inquadrare sia il sito di localizzazione dell'intervento, ossia le due aree di cantiere, che l'area campione assunta a riferimento.

La cartografia, redatta in scala adeguata (ad esempio 1:1.000), dovrà riportare le fitocenosi presenti e quelle maggiormente rilevanti per qualità naturalistica e/o estensione, riscontrate in entrambe dette due tipologie di aree, nonché l'indicazione dei con visuali dai quali sono state ritratte le foto condotte a supporto delle attività di rilievo.

Unitamente a detta cartografia dovranno essere predisposte delle schede di rilevamento.

Monitoraggio dello stato di conservazione dei cumuli di materiale vegetale depositati in cantiere

La metodologia da applicare deve consentire la redazione di una lista delle specie reperite sul cumulo, specificando per ciascuna di esse l'eventuale carattere sinantropico-opportunista-ruderale: è pertanto possibile applicare la medesima indagine in uso per il monitoraggio delle fasce campione.

I dati raccolti devono essere riassunti in tabelle di sintesi in cui saranno riportati alcuni parametri riferiti ai cumuli campionati.

L'identificazione delle specie alloctone ed infestanti sarà condotta sulla base della "Lista nera delle specie alloctone vegetali oggetto di monitoraggio, contenimento o eradicazione" di cui alla DGR. n. XI/2659 del 16.12.2019, avente ad oggetto "Aggiornamento delle liste nere delle specie alloctone animali e vegetali oggetto di monitoraggio, contenimento o eradicazione (ai sensi dell'art.1, comma 3 della legge regionale 10/2008)".

4.7.6 Articolazione temporale delle attività di monitoraggio

Il monitoraggio della vegetazione e flora, nel suo complesso, riguarderà le fasi di AO, CO e PO, articolandosi, in relazione alle tipologie di indagini previste secondo le frequenze riportate nella seguente Tabella 4-15

Tabella 4-15 Tipologia di rilievi e frequenza prevista per la componente Flora e vegetazione

ATTIVITÀ	ANTE OPERAM (6 MESI) (FREQUENZA)	CORSO D' OPERA (FREQUENZA)	POST OPERAM (36 MESI) (FREQUENZA)
Analisi mosaici fitocenosi)	trimestrale (Primavera/ tarda estate)	semestrale (Primavera/ tarda estate)	semestrale (Primavera/ tarda estate)
Monitoraggio stato di conservazione cumuli	-	Semestrale (in concomitanza con le lavorazioni maggiori)	-

Il monitoraggio del corso d'opera seguirà tutto lo sviluppo delle lavorazioni, mentre, per quanto specificatamente concerne l'analisi dei mosaici di fitocenosi, quello relativo alla fase ante-operam ed a quella post operam avranno rispettivamente una durata di 6 mesi prima e di 3 anni.

Rinvii temporanei dei rilievi potranno essere previsti in corrispondenza delle singole aree in presenza di:

- precipitazioni e contestuali di intensità tali da rendere impossibili le indagini;
- oggettivi e documentati impedimenti all'accesso ai siti di indagini.

I punti di monitoraggio che sono stati previsti per le due tipologie di indagini in cui si articolano le attività di monitoraggio della vegetazione, sono indicati nella Tabella 4-16.

Tabella 4-16 Vegetazione: Punti di monitoraggio per tipologie di indagine

Punto	Tipo di indagine	Progr. Km/Area di cantiere	A.O. (6 mesi)	C.O. (~ 3,0 anni)	P.O. (36 mesi)
VEG-01	VEG2 – Indagine di tipo "A"	9CO.03	•	•	•
VEG-02	VEG9 – Indagine di tipo "4"	9AS.03	-	•	-

Al fine di una più immediata lettura della tabella sopra riportata, la corrispondenza intercorrente tra le codifiche in essa indicate e le tipologie di analisi previste risulta la seguente:

- VEG2 – Indagine di tipo "A": Analisi mosaici di fitocenosi
- VEG9 - indagine di tipo "4": Monitoraggio dello stato di conservazione dei cumuli di materiale vegetale depositati in cantiere

La localizzazione dei punti di monitoraggio sopra indicati è riportata nelle planimetrie allegata alla presente relazione al capitolo 5.

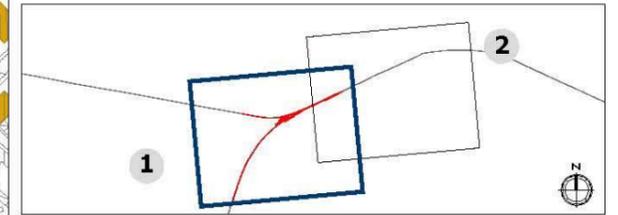
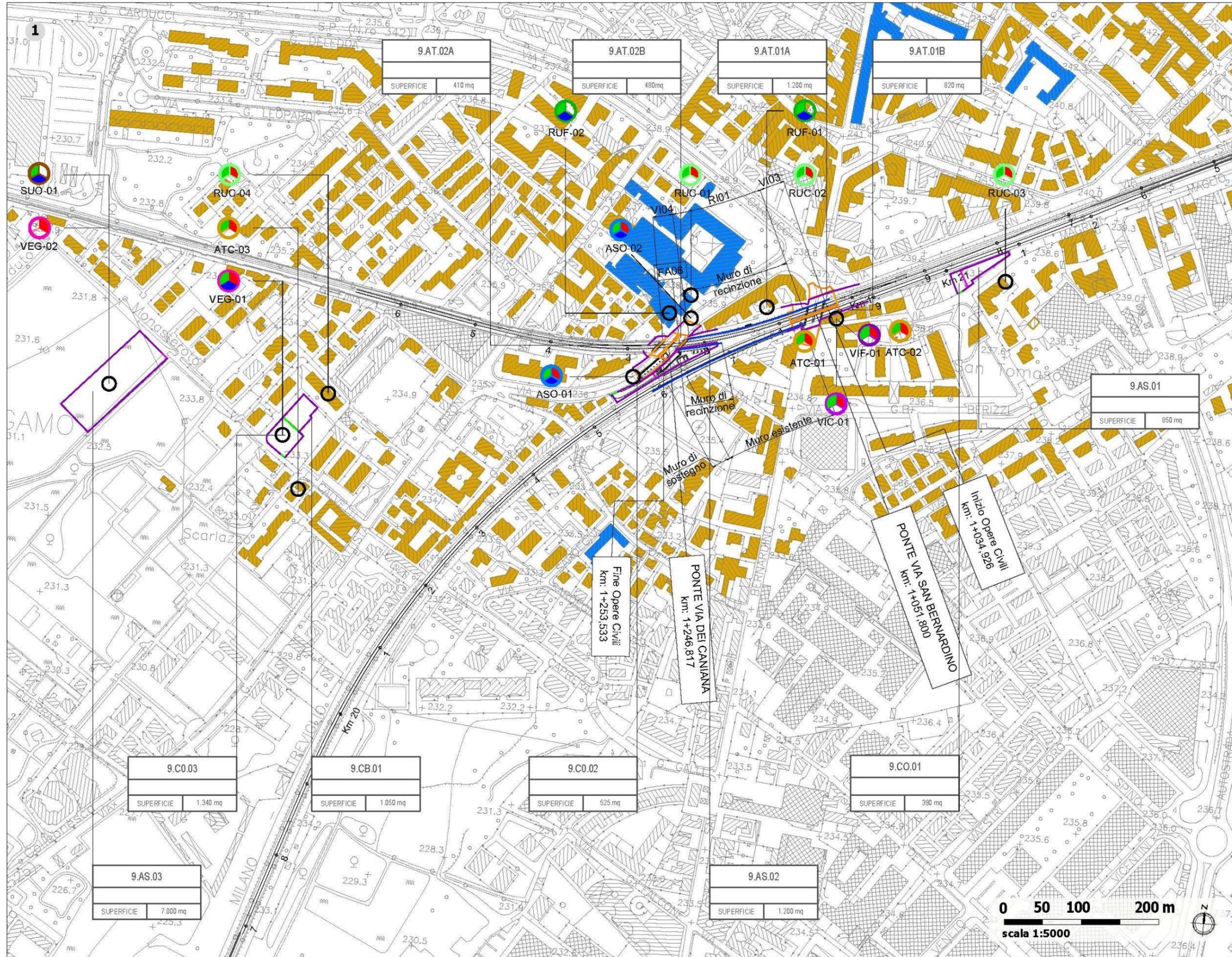
5. PLANIMETRIA DI LOCALIZZAZIONE DEI PUNTI DI MISURA

Con riferimento alla planimetria nel seguito riportata, si precisa che questa differisce da quella presente nella revisione A del Progetto di monitoraggio ambientale unicamente in ordine a:

- Inserimento dei punti aventi codice VEG e, segnatamente, VEG-01 e VEG-02
- Rappresentazione grafica

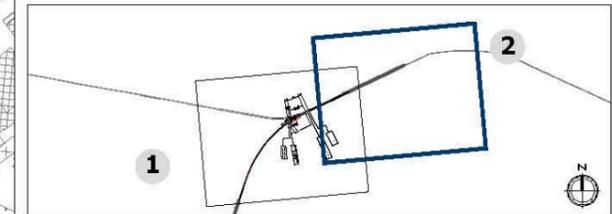
Ne consegue che, per quanto concerne tutti gli altri fattori ambientali oggetto di monitoraggio, il numero e la localizzazione dei punti indicati nella precedente emissione della planimetria risultano riconfermati.

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	09	D-22-RG	MA0000 001	B	44 di 45



LEGENDA

-  Opere di progetto
 -  Aree di cantiere
- Aree di cantiere**
-  CB - Cantiere base
 -  CO - Cantiere operativo
 -  AR - Cantiere di armamento
 -  AS - Area di stoccaggio
 -  AT - Area tecnica
 -  Area di lavoro
- Ricettori e barriere acustiche**
-  Ricettori residenziali
 -  Ricettori sensibili
 -  Barriere acustiche aree di cantiere / di lavoro
 -  Barriere antirumore
 -  linea ferroviaria
- Punti di monitoraggio**
-  ATC - ATMOSFERA CANTIERE
 -  ASO - ACQUE SOTTERRANEE
 -  SUO - SUOLO E SOTTOSUOLO
 -  RUC - RUMORE CANTIERE
 -  RUF - RUMORE TRANSITO FERROVIARIO
 -  VIC - VIBRAZIONI CANTIERI
 -  VIF - VIBRAZIONI TRANSITO FERROVIARIO
 -  VEG- VEGETAZIONE
- Fase di monitoraggio**
-  Ante opera
 -  Corso d'opera
 -  Post opera



LEGENDA

-  Opere di progetto
-  Aree di cantiere
- Aree di cantiere**
 -  CB - Cantiere base
 -  CO - Cantiere operativo
 -  AR - Cantiere di armamento
 -  AS - Area di stoccaggio
 -  AT - Area tecnica
 -  Area di lavoro
- Ricettori e barriere acustiche**
 -  Ricettori residenziali
 -  Ricettori sensibili
 -  Barriere acustiche aree di cantiere / di lavoro
 -  Barriere antirumore linea ferroviaria
- Punti di monitoraggio**
 -  ATC - ATMOSFERA CANTIERE
 -  ASO - ACQUE SOTTERRANEE
 -  SUO - SUOLO E SOTTOSUOLO
 -  RUC - RUMORE CANTIERE
 -  RUF - RUMORE TRANSITO FERROVIARIO
 -  VIC - VIBRAZIONI CANTIERI
 -  VIF - VIBRAZIONI TRANSITO FERROVIARIO
 -  VEG- VEGETAZIONE
- Fase di monitoraggio**
 -  Ante opera
 -  Corso d'opera
 -  Post opera

