



COMUNE DI FIRENZE

Sistema Tramviario Fiorentino

RTI Progettisti:



PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA PER L'ESTENSIONE DEL SISTEMA TRAMVIARIO FIORENTINO NEI COMUNI DI FIRENZE, CAMPI BISENZIO E SESTO FIORENTINO - FASE C

LINEA 4.2 - ESTENSIONE PER CAMPI BISENZIO

STUDIO ED INDAGINI PRELIMINARI

Monitoraggio Ambientale

Piano di Monitoraggio Ambientale -Relazione Generale

COMUNE DI FIRENZE
SISTEMA TRAMVIARIO FIORENTINO

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
ING. FILIPPO MARTINELLI

IL DIRETTORE DELL'ESECUZIONE DEL CONTRATTO
ING. CHIARA BERSIANI

RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE E DEL COORDINAMENTO FRA
LE VARIE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

ING. PAOLO MARCHETTI



Gruppo di Progettazione:

- Ing. A. Piazza (Coordinatore Tecnico)
- Dott. Geol. F. Valdemarin (Progettazione Geologica)
- Ing. A. Benvenuti (Progetto Opere Idrauliche)
- Dott.ssa B. Sassi (Indagini Preliminari Archeologiche)
- Ing. F. Tamburini (Studi di carattere Ambientale)
- Ing. M. Angeloni (Valutazione Previsionale di Impatto Acustico)
- Ing. S. Caminiti (Prog. Ferrotranviario Studi Trasportistici)
- Ing. J. Wajs (Progetto Impianti Tecnologici)
- Ing. G. D'Angelo (Progetto Strutture)
- Ing. D. Salvo (Progetto Arch./Paesaggistico Inser. Urbanistico)
- Ing. F. Conti (Sicurezza - Prime Disposizioni)
- Ing. B. Rowenczyn (Piani Economici e Finanziari)
- Ing. G. Coletti (Progettazione Funzionale Depositi Tramviari)
- Ing. L. Costalli (Esperto in Esercizio)
- Ing. F. Azzarone (Impianti Meccanici)
- Ing. D. D'Apollonio (Impianti Elettrici)
- Ing. V. Astorino (Cantierizzazione)
- Ing. P. Caminiti (Viabilità Interferenti)
- Arch. A. Moscheo (PP.SS. Interferenti)
- Ing. A. Lucioni (CAM)
- Ing. D. Russo (Stime, Capitolati)

COMMESSA	LINEA	FASE	DISCIPLINA	TIPO/NUMERO	REV.	SCALA	NOME FILE
B382	42	SF	AMG	RG001	A	—	B382-4.2-SF-AMB-RG001-A

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
0	Dic. 2019	EMISSIONE	TAMBURINI	LUCIONI	MARCHETTI
1					
2					

Sommario

1. INTRODUZIONE	5
2. FINALITÀ DEL PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	6
3. STRUTTURA ORGANIZZATIVA DEL MONITORAGGIO AMBIENTALE	9
4. PROCEDURE GESTIONALI DI MONITORAGGIO	12
4.1 PROGRAMMAZIONE DELLE INDAGINI	12
4.2 ANALISI E VALIDAZIONE DEI DATI.....	14
4.3 DEFINIZIONE DI ANOMALIA, ATTENZIONE ED EMERGENZA.....	15
4.4 GESTIONE DELLE VARIANZE	16
5. CONDIVISIONE DEI DATI AMBIENTALI	20
5.1 SISTEMA INFORMATIVO DI MONITORAGGIO – SIM.....	20
5.2 RESTITUZIONE DEI DATI IN FORMA CARTACEA	21
5.3 DIFFUSIONE DEI DATI DEL MONITORAGGIO	22
6. IDENTIFICAZIONE DELLE COMPONENTI AMBIENTALI OGGETTO DI MONITORAGGIO	23
7. MODALITÀ TEMPORALE DI ESPLETAMENTO DELLE ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	25
8. RICETTORI E PUNTI DI MISURA	28
9. COMPONENTE ATMOSFERA	30
9.1 GENERALITÀ.....	30
9.2 FINALITÀ DEL MONITORAGGIO.....	32
9.3 DEFINIZIONE DEGLI INDICATORI E DEI PARAMETRI DI MONITORAGGIO....	35

9.4	SPECIFICHE TECNICHE PER LO SVOLGIMENTO DEL MONITORAGGIO	45
9.5	STRUMENTAZIONE DI MISURA	50
9.5.1	<i>Laboratorio Mobile</i>	50
9.5.2	<i>Postazioni tipo “Skypost” per campionamento gravimetrico delle polveri</i> ⁶⁴	
9.5.3	<i>Campionatori passivi a diffusione (Tipo “Radiello”)</i>	66
9.6	FREQUENZA E PERIODICITÀ DEL MONITORAGGIO.....	67
10.	COMPONENTE RUMORE	70
10.1	GENERALITÀ	70
10.2	FINALITÀ DEL MONITORAGGIO.....	72
10.3	DEFINIZIONE DEGLI INDICATORI E DEI PARAMETRI DI MONITORAGGIO.....	75
10.4	TIPOLOGIE DI MISURAZIONI.....	78
10.5	STRUMENTAZIONE DI MISURA	81
10.5.1	<i>Fonometri, filtri e microfoni</i>	81
10.5.2	<i>Calibratori</i>	83
10.6	ARTICOLAZIONE ED ESTENSIONE TEMPORALE DELLE ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO	84
10.7	FREQUENZA E PERIODICITÀ DEL MONITORAGGIO.....	84
10.8	INTERVENTI DI MITIGAZIONE	88
11.	COMPONENTE VIBRAZIONI	91
11.1	GENERALITÀ	91
11.2	FINALITÀ DEL MONITORAGGIO.....	91
11.3	DEFINIZIONE DEGLI INDICATORI E DEI PARAMETRI DI MONITORAGGIO.....	93

11.4	TIPOLOGIA DI MISURAZIONI.....	97
11.5	STRUMENTAZIONE DI MISURA	102
11.6	FREQUENZA E PERIODICITÀ DEL MONITORAGGIO.....	105
	12. COMPONENTE CAMPI ELETTROMAGNETICI.....	108
12.1	GENERALITÀ E FINALITÀ DEL MONITORAGGIO	108
12.2	DEFINIZIONE DEGLI INDICATORI E DEI PARAMETRI DI MONITORAGGIO...	109
12.3	SPECIFICHE TECNICHE PER LO SVOLGIMENTO DEL MONITORAGGIO	120
12.4	STRUMENTAZIONE DI MISURA	126
12.5	FREQUENZA E PERIODICITÀ DEL MONITORAGGIO.....	127
	13. COMPONENTE AMBIENTE IDRICO SUPERFICIALE.....	128
13.1	GENERALITÀ E FINALITÀ DEL MONITORAGGIO	128
13.2	DEFINIZIONE DEGLI INDICATORI E DEI PARAMETRI DI MONITORAGGIO...	131
13.3	MODALITÀ DI MONITORAGGIO E STRUMENTAZIONE DI MISURA.....	135
13.4	MODALITÀ E ATTIVITÀ DI MISURA.....	141
13.5	FREQUENZA, LOCALIZZAZIONE E PERIODICITÀ DEL MONITORAGGIO	145
	14. COMPONENTE AMBIENTE IDRICO SOTTERRANEO	149
14.1	GENERALITÀ E FINALITÀ DEL MONITORAGGIO	149
14.2	DEFINIZIONE DEGLI INDICATORI E DEI PARAMETRI DI MONITORAGGIO...	150
14.3	MODALITÀ DI MONITORAGGIO E STRUMENTAZIONE DI MISURA.....	157
14.4	ATTIVITÀ DI MISURA.....	162
14.5	FREQUENZA E PERIODICITÀ DEL MONITORAGGIO.....	167



Comune
di Firenze

15. COMPONENTI BIOTICHE.....	169
15.1 PRIME INDICAZIONI PER IL MONITORAGGIO.....	169

1. INTRODUZIONE

La presente sezione si pone quale obiettivo la definizione del Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA) relativo al Progetto preliminare della linea 4.2 di collegamento tra la stazione Le Piagge all'abitato di San Donnino.

Il progetto di monitoraggio, in base agli studi eseguiti a supporto della progettazione preliminare dell'infrastruttura in oggetto, individua le principali componenti ambientali da indagare, le modalità e le tempistiche connesse alle attività di monitoraggio; il PMA sarà adeguato sulla base delle rilevazioni che saranno effettuate prima dell'inizio delle lavorazioni, definendo le soglie di attenzione, le procedure di attenzione e la risoluzione delle criticità che emergeranno in seguito alle rilevazioni Ante-operam. Saranno individuati inoltre i tempi massimi di restituzione dei dati, in relazione al tipo di monitoraggio e comunque in modo tale da permettere l'attuazione tempestiva degli interventi di mitigazione in caso di superamento dei livelli di attenzione prefissati. Pertanto, sulla base di queste valutazioni, saranno giustificati tutti i criteri di campionamento, sia per quanto riguarda la posizione, che la loro pianificazione temporale, dettagliando le modellistiche ed evidenziando eventuali situazioni di criticità o esigenze specifiche locali, non evidenziate nelle precedenti fasi progettuali.

I monitoraggi ambientali saranno articolati tenendo in considerazione sia gli impatti diretti che le attività di cantiere e l'esercizio dell'opera avranno sulle componenti ambientali, sia gli impatti indiretti correlati soprattutto alla fase di cantierizzazione (ed associabili prevalentemente al traffico indotto e alle alterazioni che la presenza dei cantieri potranno provocare sul traffico urbano – deviazioni, percorsi alternativi, ecc.- e agli impatti da questi originati, quali emissioni gassose, emissioni acustiche, ecc.).

Durante la fase di realizzazione dell'opera, il controllo, per ogni area operativa di cantiere, delle matrici ambientali coinvolte, oltre che essere eseguito a livello documentale e gestionale attraverso la predisposizione di procedure operative e istruzioni specifiche di lavoro, verrà supportato da un controllo operativo proprio grazie all'implementazione del Piano di Monitoraggio Ambientale

che, in tal modo, assumerà il non consueto ruolo di “strumento operativo di lavoro” a supporto della gestione ambientale dei cantieri e sarà finalizzato al duplice obiettivo di verificare e controllare il rispetto della normativa e delle procedure ambientali applicabili ai cantieri, da un lato, e di monitorare gli effettivi livelli di impatto (diretto e indiretto) originati dall’infrastruttura nella fase di realizzazione e di esercizio, dall’altro.

All’interno del presente documento si forniranno, quindi, indicazioni in merito alle fasi in cui si articolerà il monitoraggio, alle componenti ambientali oggetto di rilevamento, alle tipologie e metodologie di indagine e alla frequenza/periodicità delle misurazioni.

In particolare, 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/collaudato (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.

2. FINALITÀ DEL PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

In termini generali, il monitoraggio ambientale è volto ad affrontare in maniera approfondita e sistematica, la prevenzione, l’individuazione ed il controllo dei possibili effetti negativi prodotti sull’ambiente, dall’esercizio dell’opera in progetto e dalla sua realizzazione.

Lo scopo principale è quello di esaminare il grado di compatibilità dell’opera stessa, intercettando sia gli eventuali impatti negativi e le cause per adottare opportune misure di re-orientamento, sia gli effetti positivi segnalando azioni meritevoli di ulteriore impulso.

In conformità alle indicazioni tecniche di cui alle Linee Guida per la predisposizione del Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA) delle opere soggette a Valutazione di Impatto Ambientale (D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.; D.Lgs. 163/2006 e s.m.i.) del 16.06.2014, lo scopo del Monitoraggio Ambientale (MA), è quello di:

- verificare l'effettivo manifestarsi delle previsioni d'impatto individuate nello studio ambientale per quanto attiene le fasi di costruzione e di esercizio dell'Opera;
- correlare gli stati ante-operam, corso d'opera e post-operam, al fine di valutare l'evolversi della situazione ambientale;
- verificare l'efficacia delle misure di mitigazione previste per ridurre l'entità degli impatti ambientali significativi individuati in fase di cantiere;
- garantire la gestione delle problematiche ambientali che possono manifestarsi nelle fasi di costruzione e di esercizio dell'opera;
- rilevare tempestivamente emergenze ambientali imprevedute per potere intervenire con adeguati provvedimenti;
- definire metodiche e tempistiche di lavorazione tali da minimizzare l'impatto sull'ambiente;
- attraverso i risultati messi a disposizione dal MA, di correlare eventuali impatti alle singole lavorazioni permettendo al sistema di gestione ambientale una più precisa azione correttiva;
- comunicare gli esiti delle attività di cui ai punti precedenti ai diversi enti di controllo competenti.

Gli indirizzi metodologici e i contenuti specifici del PMA in esame sono stati impostati in conformità ai contenuti e alle finalità primarie delle citate Linee Guida del Ministero dell'Ambiente (dicembre 2013, aggiornato a giugno 2014). In relazione al monitoraggio di alcune specifiche componenti si è invece preso a riferimento quanto riportato all'interno dei seguenti documenti:

- "Indirizzi metodologici specifici per componente/fattore ambientale: Atmosfera (Capitolo 6.1)" – Rev.1 del 16 giugno 2014 elaborato da Ministero dell'Ambiente e ISPRA.
- "Indirizzi metodologici specifici per componente/fattore ambientale: Ambiente idrico (Capitolo 6.2)" – Rev.1 del 17 giugno 2015 elaborato da Ministero dell'Ambiente e ISPRA.



- “Indirizzi metodologici specifici per componente/fattore ambientale: Agenti fisici - Rumore (Capitolo 6.5)” – Rev.1 del 30 dicembre 2014 elaborato da Ministero dell’Ambiente e ISPRA.

Il PMA ha per oggetto la programmazione del monitoraggio delle componenti/fattori ambientali per i quali sono stati individuati impatti ambientali potenzialmente significativi generati dall’attuazione del progetto dell’opera in esame. Ciò nella consapevolezza, esplicitata dal Ministero stesso, che “il PMA deve essere commisurato alla significatività degli impatti ambientali previsti (estensione dell’area geografica interessata, caratteristiche di sensibilità/criticità; ordine di grandezza qualitativo e quantitativo, probabilità, durata, frequenza, reversibilità, complessità) e conseguentemente le specifiche modalità di attuazione del MA dovranno essere adeguatamente proporzionate in termini di estensione delle aree di indagine, numero dei punti/stazioni di monitoraggio, parametri, frequenza e durata dei campionamenti, ecc.”.

L’aspetto più complesso delle attività, consiste, in considerazione del territorio attraversato, nel mettere in atto gli strumenti per il contenimento degli impatti ambientali dei cantieri in conformità al contesto urbano nel quale i cantieri saranno localizzati (fase di cantierizzazione), e nel verificare il rispetto di tutta la normativa ambientale applicabile all’opera, l’efficacia degli interventi/opere di mitigazione previsti e i benefici ambientali correlati alla funzionalità della nuova linea tranviaria attualmente prevedibili esclusivamente in forma revisionale (fase di esercizio).

Da un lato, infatti, “il cantiere” interagisce in tutte le fasi con l’ambiente circostante, da cui la necessità di controlli e verifiche dei parametri ambientali. In generale tutte le interferenze hanno un carattere di temporaneità e sono legate al tempo di esecuzione complessivo dei lavori ed alla specifica fase di avanzamento del cantiere e di lavorazione. Si riscontra pertanto la necessità di produrre un progetto di monitoraggio con lo scopo di acquisire e analizzare gli impatti ambientali delle attività di cantiere ed eventualmente interagire con la gestione per controllare, preservare, e migliorare il contesto ambientale.

Dall’altro, l’esercizio della futura linea tranviaria determinerà, rispetto allo stato attuale e, ancora

meglio, rispetto allo scenario futuro prevedibile in assenza della realizzazione di detta opera, significative trasformazioni sulla mobilità urbana e metropolitana fiorentina con conseguenti molteplici benefici (fra i quali quelli ambientali) che necessiteranno comunque di verifica strumentale e puntuale definizione. La futura infrastruttura dovrà, inoltre, essere assoggettata, una volta completata, a tutti i necessari controlli e accertamenti strumentali volti alla verifica del rispetto della normativa ambientale applicabile (requisito indispensabile per l'avvio della fase di esercizio) e alla verifica dell'effettiva efficacia degli interventi di mitigazione previsti dal progetto. Il Piano di Monitoraggio Ambientale previsto ha lo scopo di dare un quadro omnicomprensivo della situazione ambientale e territoriale esistente – fase Ante Operam, di quella che si verrà a verificare in Corso d'Opera e di quella relativa alla fase di esercizio dell'infrastruttura (Post Operam).

L'analisi del territorio attraversato dall'infrastruttura, l'identificazione dei ricettori ambientali più sensibili alle varie fasi di lavoro, l'identificazione e la valutazione degli impatti ambientali riportati all'interno dello studio svolto per la Verifica di Assoggettabilità a V.I.A., costituiscono la base per l'impostazione metodologica del Piano, nonché per la fase di ubicazione delle stazioni di monitoraggio e per la definizione della frequenza e delle quantità delle campagne di misura.

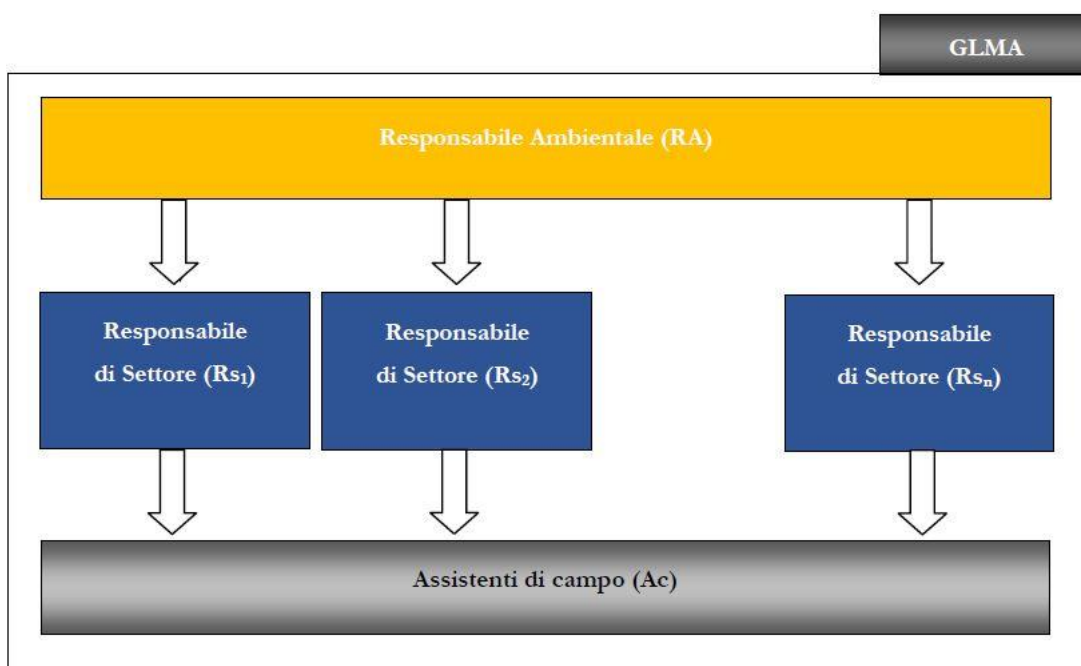
Per ognuna delle componenti ambientali saranno identificati degli indicatori in grado di descrivere compiutamente i singoli fenomeni - sia fisici che chimici - legati alle dinamiche dei lavori.

3. STRUTTURA ORGANIZZATIVA DEL MONITORAGGIO AMBIENTALE

In considerazione della rilevanza delle opere di progetto e delle attività di monitoraggio ambientale si ritiene opportuno descrivere il “funzionigramma” previsto per lo svolgimento e la gestione di tutte le attività di monitoraggio per l'intera durata dello stesso. All'interno del funzionigramma viene individuata la figura del Responsabile Ambientale (**RA**) che svolge anche il ruolo tecnico di coordinamento intersettoriale del Piano di Monitoraggio e Controllo Ambientale e del relativo sistema informativo dedicato alla gestione dei dati. Ciò anche in virtù degli stretti e interconnessi

rapporti funzionali esistenti fra lo strumento del Piano di Monitoraggio e Controllo Ambientale e tutti gli altri strumenti operativi di verifica, controllo e gestione degli aspetti ambientali di cantiere e di esercizio.

Al RA farà capo, in relazione al solo Piano di Monitoraggio e Controllo Ambientale, un team multidisciplinare (denominato Gruppo di Lavoro di Monitoraggio Ambientale – **GLMA**) di esperti nei vari settori specialistici che, a sua volta, si articolerà su differenti livelli riferiti alle diverse fasi e attività di monitoraggio. Nella presente sezione saranno inoltre descritti i requisiti tecnici ed i compiti dei Responsabili di settore (**Rs**) e degli Assistenti di campo (**Ac**), che, insieme al RA gestiranno il PMCA e costituiranno il GLMA. Si procederà analogamente per gli Operatori di campo (**Oc**) il cui compito sarà quello di effettuare le misure in campo. Nella figura seguente viene riportato il funzionigramma generale del GLMA.



Il **RA** presiede e sovrintende a tutti i compiti del GLMA; avrà un suo supporto operativo (presumibilmente coincidente con uno degli **Rs**) che lo potrà sostituire in caso di necessità per

compiti di normale amministrazione. Potranno essere identificati più Rs (non è detto che siano in numero uguale alle componenti analizzate in quanto non è escluso che una singola persona possa avere competenze in più di una disciplina) che saranno in stretto contatto con un adeguato numero di Ac.

Il GLMA avrà, nel suo complesso, il compito di:

- individuare i requisiti per l'eventuale selezione di società e/o soggetti qualificati nell'esecuzione dei rilievi/indagini/misurazioni di campo e delle previste analisi di laboratorio, nonché nella predisposizione delle necessarie elaborazioni dei dati, conseguenti interpretazioni/valutazioni degli stessi, redazione delle schede e certificati di misura;
- coordinare l'attività di monitoraggio di tutte le componenti e in tutte le tre fasi del monitoraggio (AO, CO e PO);
- verificare e validare, secondo le rispettive competenze e catena di responsabilità, i dati grezzi acquisiti;
- redigere le relazioni periodiche ed annuali di monitoraggio per ciascuna componente, nonché le relazioni annuali generali circa l'andamento del monitoraggio e lo stato dell'ambiente;
- gestire, mantenere, calibrare, tarare e certificare la strumentazione di misura e i relativi sistemi di controllo e trasmissione dati;
- provvedere alle fasi di installazione in campo e disinstallazione delle apparecchiature e strumentazioni;
- caricare e controllare tutti i dati di monitoraggio sul Sistema Informativo di Monitoraggio (piattaforma web di condivisione e consultazione dei dati ambientali);
- validare i dati caricati sul Sistema Informativo di Monitoraggio (SIM);
- gestire eventuali casi di anomalia ed emergenza;
- informare tutti i soggetti interessati dal SGA riguardo i risultati delle misure via via acquisite che possano avere implicazioni sull'esecuzione dei lavori.

4. PROCEDURE GESTIONALI DI MONITORAGGIO

4.1 PROGRAMMAZIONE DELLE INDAGINI

La programmazione delle attività di monitoraggio è stata sviluppata nel rispetto dei seguenti requisiti:

- coerenza con la normativa vigente nelle modalità di rilevamento e nell'uso della strumentazione;
- tempestività nella segnalazione di eventuali anomalie o criticità;
- uso di metodologie valide e di comprovato rigore tecnico-scientifico;
- restituzione delle informazioni in maniera strutturata di facile utilizzo e con la possibilità di correlazione con eventuali elaborazioni modellistiche concordate;
- uso di parametri ed indicatori che siano facilmente misurabili ed affidabili, nonché rappresentativi delle varie situazioni ambientali.

Laddove non sia disponibile un riferimento tecnico normativo vigente, si è fatto riferimento a quanto presente nella letteratura scientifica di settore per ciascun parametro e/o indicatore considerato.

A tal proposito sono state considerate le più recenti pubblicazioni su riviste specializzate nazionali o internazionali.

Nello svolgimento delle attività del monitoraggio di tutte le componenti in esame si dovranno rispettare le fonti normative cogenti e le loro eventuali integrazioni e modificazioni, nonché tutte le norme tecniche applicabili.

Il Responsabile Ambientale dovrà programmare e fare eseguire le attività di monitoraggio conformemente ai programmi stabiliti nel presente PMCA.

In particolare, sarà compito del **RA**, di assicurarsi che vengano svolte le seguenti attività:

- installare e tarare la strumentazione;
- eseguire o rilevare le misure e /o i campionamenti;
- validare, archiviare e restituire i dati;
- compilare i metadati;

- eseguire le elaborazioni e modellazioni.

Tutti i dati, inseriti automaticamente o manualmente, dovranno essere trasferiti ad una unità centrale costituita da Personal Computer dotato di software per l'organizzazione, l'archiviazione, l'elaborazione e la visualizzazione dei dati (Data Base), inoltre dovrà eseguirsi periodicamente back-up dei dati contenuti nel PC e la masterizzazione su supporto DVD.

Dovranno prevedersi diversi possibili livelli di accesso al database, quali, a titolo di esempio:

- *amministratore*: amministrazione degli utenti e impostazioni generali del progetto;
- *power user*: per l'inserimento, lettura e cancellazione dei dati, nonché impostazioni generali del progetto;
- *editor*: inserimento e lettura dei dati;
- *reader*: lettura dei dati.

Il computer consentirà, inoltre, di gestire le soglie di attenzione e di allarme a livello di valore del dato nonché altre valutazioni che richiedono particolari algoritmi.

Il **RA** dovrà valutare, prima dell'archiviazione definitiva del database, se tutti i dati provenienti dal sistema di monitoraggio siano accettabili (validazione del processo) in termini di:

- funzionalità dello strumento che li ha acquisiti;
- conformità con le procedure tecniche (installazione, posizionamento, caratteristiche tecniche, certificazione di taratura);
- completezza lungo il percorso di trasferimento da acquirente/strumento a unità centrale;
- idoneità all'archiviazione del database.

Il **RA**, al termine delle attività sopra descritte, dovrà predisporre tutte le risultanze del Monitoraggio affinché si possa intraprendere l'iter di validazione dei dati per la successiva pubblicazione sul SIM. L'iter di validazione dei dati dovrà prevedere che ogni Rs validi i Report per componente ambientale con i rispettivi rapporti di prova emessi, i quali saranno di conseguenza validati dal RA per la pubblicazione e la trasmissione, sia su formato elettronico che cartaceo.

All'interno del PMCA saranno individuate le componenti ambientali da monitorare, la tipologia di monitoraggio (orario, 24 h, settimanale, bisettimanale, ecc.) e la frequenza delle campagne di misura nelle diverse fasi AO, CO e PO (una volta, mensile, trimestrale, ecc.). Per ciascuna componente ambientale dovranno essere 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 sarà posizionato sulla base di analisi di dettaglio in campo, delle criticità e significatività specifica per singola componente ambientale, sottoponendo il punto ad accertamento delle condizioni di accessibilità e mappandolo in carta. Per ognuno di tali punti dovrà essere individuata la fase, le attività di monitoraggio che in esso avranno luogo e le relative frequenze e durate.

Per quanto riguarda la durata delle misure questa sarà legata generalmente ad aspetti normativi o ad aspetti di significatività e rappresentatività dei dati. In particolare, per la fase CO le frequenze dovranno essere correlate ai tempi di realizzazione dell'opera o ai tempi di permanenza del cantiere. La durata complessiva del monitoraggio in CO, quindi, dipenderà dai tempi di realizzazione dell'opera ma soprattutto dalla durata delle lavorazioni più impattanti legate alle componenti da monitorare.

I punti di misura saranno scelti tenendo conto dei possibili impatti delle lavorazioni e dell'opera sull'ambiente naturale ed antropico esistente; la localizzazione verrà riportata sulle Planimetrie di ubicazione dei punti di monitoraggio.

4.2 ANALISI E VALIDAZIONE DEI DATI

Il flusso delle informazioni prevede che ci siano vari stadi di validazione dei risultati. Una volta che l'Oc invia i dati elaborati sarà compito del Rs prima, e del RA dopo, analizzarli e convalidarli. Tale processo non è banale perché, per esempio, valori fuori dai limiti e apparentemente preoccupanti possono in realtà risultare pienamente nella norma e, viceversa, valori anche al di sotto dei limiti di legge potrebbero essere ritenuti ugualmente significativi e rappresentativi di eventuali anomalie e/o situazioni ambientali da investigare con maggior dettaglio.

Il processo di analisi finalizzato alla validazione del dato ed al riconoscimento di uno stato di attenzione ambientale non si può limitare ad un mero confronto del valore del dato misurato con un valore di riferimento (fisso o variabile che sia, o, a volte addirittura non disponibile) ma dovrà necessariamente tenere presente:

- se esistente la serie storica dello stesso dato, in alternativa, gli esiti del monitoraggio AO;
- la lettura dei risultati tenendo conto degli esiti delle misure effettuate per le altre matrici ambientali;
- l'influenza di condizioni meteo particolari;
- l'influenza di lavorazioni o di circostanze particolari non dipendenti dagli impatti potenziali della infrastruttura in oggetto;
- l'esperienza acquisita in altri casi analoghi e dall'inizio del PMCA di questa stessa opera;
- il dialogo intessuto con gli Enti controllo;
- la possibilità di un confronto con gli Enti di Controllo per la definizione del processo di validazione stesso del dato;
- la possibilità di ripetere la misura o di prevederne una o più aggiuntive, anche in ambiti territoriali diversi;
- eventuali lamentele o segnalazioni della popolazione riguardo la comparsa di uno specifico disturbo;
- l'eventuale aumentata sensibilità della popolazione riguardo un disagio specifico;
- la coincidenza di particolari lavorazioni di cantiere in corso o prima o durante il rilievo/campionamento.

4.3 DEFINIZIONE DI ANOMALIA, ATTENZIONE ED EMERGENZA

Per il raggiungimento degli obiettivi del PMCA, i criteri di analisi dei dati di monitoraggio devono essere orientati al confronto tra lo stato qualitativo o livello di pressione registrato in CO e PO ed una situazione di riferimento.

Risulta necessario quindi definire opportuni “*valori soglia*” rispetto ai quali confrontare i singoli valori rilevati durante le attività di cantiere o di esercizio, o le differenze tra tali valori ed il valore di riferimento (AO, valore di monte, o fondo naturale, ecc.).

Per avere dei riferimenti che possano guidare in modo univoco ed opportuno nel percorso di validazione dei dati, occorre definire tre possibili scenari:

- Anomalia;
- Attenzione;
- Emergenza.

La definizione di queste possibili situazioni deriva a sua volta dalla definizione del concetto di soglia. Definiamo soglia il valore critico dell'indicatore al quale segue l'attivazione dello scenario. L'indicatore è il parametro (diverso per ciascuna componente) che si tiene monitorato per verificare eventuali superamenti di soglia.

Si definisce *dato anomalo* quando l'anomalia è dovuta alle seguenti cause:

- errore di trascrizione o caricamento del dato;
- errore strumentale o di esecuzione del campionamento, della misura o dell'analisi;
- grave peggioramento della qualità ambientale (indipendentemente dagli impatti oggetto del PMA).

Lo scenario di *attenzione e di emergenza*, invece, dipende dal superamento di due soglie distinte i cui valori verranno definiti, parametro per parametro, dal GLMA.

Non è escluso che il concetto di “superamento della soglia” riguardi più indicatori contemporaneamente, nel senso che si potrebbe considerare che più parametri debbano contemporaneamente superare determinati valori affinché scatti lo scenario di attenzione o emergenza.

4.4 GESTIONE DELLE VARIANZE

Durante lo svolgimento del PMCA si potranno presentare delle situazioni in cui, pur rimanendo valido

quanto previsto dal Monitoraggio, occorrerà variare le attività del monitoraggio; tra le casistiche possibili di seguito saranno descritte:

- *gli imprevisti di cantiere;*
- *gli imprevisti ambientali.*

Imprevisti di cantiere:

Nel primo caso non necessariamente si avranno modifiche sugli impatti ambientali attesi, tali impatti possono riguardare componenti diverse e avere durata diversa da quella prevista dal GLMA una volta in possesso del cronoprogramma lavori e verificato in corso di attuazione dagli Ac.

In altre parole, per cause estemporanee, (per esempio la rottura di una macchina operatrice, oppure la sua sostituzione con una o più di diverso tipo) la stessa lavorazione può essere portata a termine (nel periodo di tempo previsto o in tempi diversi) con modalità operative differenti da quelle consuete e quindi creare impatti (temporanei o prolungati) imprevisti.

Si riporta, a titolo esemplificativo, il seguente caso studio. Durante il periodo di realizzazione di un'opera la cui costruzione debba essere terminata entro 8 giorni e ciò comporti l'utilizzo di due impianti contemporaneamente per 5 ore al giorno esclusivamente per questo scopo, uno dei due impianti necessita di manutenzione straordinaria alla fine del secondo giorno dall'inizio della produzione. Vista l'inderogabilità della data di completamento dell'opera, per poter garantire il fabbisogno giornaliero l'impianto ancora attivo dovrà funzionare per il doppio delle ore previste. In tal modo, invece di avere due impianti attivi 5 ore/giorno per 8 giorni consecutivi si avranno due impianti funzionanti contemporaneamente per 2 giorni per 5 ore/giorno e per i restanti 6 giorni l'unico impianto attivo dovrà funzionare per 10 ore/giorno.

In fase di programmazione delle attività di misura il GLMA ha previsto due rilievi della durata di 8 giorni in prossimità di ciascuno dei due impianti. A causa dell'evento inatteso il GLMA può decidere di sospendere dopo il secondo giorno la misura collocata in prossimità dell'impianto interessato dalla manutenzione straordinaria e confermare invece la misura relativa al primo impianto.

Appare chiaro che casi del genere non implicano variazioni nel PMCA, ma che debbano rientrare nella

normale attività di gestione propria del GLMA, ovviamente sotto la sorveglianza e responsabilità del RA. Si sono, in questa sede, voluti esplicitare esclusivamente per completezza di analisi e concreta aderenza con la realtà di cantiere.

Imprevisti ambientali:

Rientrano in questo caso le situazioni definite: *Anomalia, Attenzione e Emergenza*.

Nel caso di Anomalia il RA solitamente:

- fa ripetere nel più breve lasso di tempo possibile la misura;
- acquisisce dagli Ac e dagli Oc tutte le informazioni utili per la comprensione del fenomeno;
- se opportuno effettua un sopralluogo in campo con gli Ac;
- nel caso l'anomalia consista in un grave peggioramento della qualità ambientale non dipendente dagli impatti potenziali dovuti alla realizzazione dell'opera e al suo esercizio RA provvederà ad acquisire tutte le informazioni necessarie per una completa caratterizzazione della situazione ambiente-le prossima al punto di misura;

Il RA può promuovere incontri tecnici per analizzare i dati in suo possesso alla luce di eventuali altri dati già in possesso degli organi stessi.

Nel caso di *Attenzione*:

- Il RA richiede misure integrative (come numero e tipologia) atte a monitorare costantemente la situazione anche in zone limitrofe a quella interessata;
- Il RA propone all'Appaltatore la variazione delle modalità operative e comportamentali utilizzate per quella specifica situazione;
- Il RA può promuovere un incontro tecnico per analizzare i dati in suo possesso alla luce di eventuali altri dati già in possesso degli Enti competenti e concordare azioni correttive e di bonifica;
- Il RA informa l'Appaltatore della situazione venutasi a creare a seguito delle modalità operative e comportamentali utilizzate ed illustra gli impatti provocati;
- Il RA redige protocolli operativi e comportamentali per prevenire l'insorgere di altre

situazioni analoghe; tali protocolli saranno inseriti all'interno della documentazione del SGA;

- Il RA diffonde a tutti i soggetti coinvolti nella realizzazione dell'opera i protocolli predisposti;
- il RA può richiedere a tutti i soggetti coinvolti nella costruzione dell'opera la documentazione relativa alla gestione delle situazioni che possono avere contribuito al raggiungimento della soglia di attenzione;

Nel caso di Emergenza, nel pieno rispetto della propria delega funzionale, autonomia gestionale e responsabilità:

- il RA comunica la tipologia di emergenza in atto;
- il RA, se lo ritiene opportuno, propone all'Appaltatore la sospensione dei lavori;
- il RA propone all'Appaltatore la variazione delle modalità operative e comportamentali utilizzate per quella specifica situazione;
- il RA propone interventi di bonifica ambientale straordinari;
- il RA può richiedere a tutti i soggetti coinvolti nella costruzione dell'opera la documentazione relativa alla gestione delle situazioni che possono avere contribuito al raggiungimento della soglia di emergenza.

5. CONDIVISIONE DEI DATI AMBIENTALI

Al fine di assicurare l'uniformità delle misure rilevate nelle diverse fasi del PMCA, il previsto sistema di monitoraggio ambientale deve garantire, come minimo:

- il controllo e la validazione dei dati;
- l'archiviazione dei dati e l'aggiornamento degli stessi;
- i confronti, le simulazioni e le comparazioni;
- le restituzioni tematiche.

I dati di monitoraggio dovranno essere elaborati mediante adeguati strumenti tecnologici ed informatici in grado di acquisire, trasmettere, archiviare ed analizzare coerentemente l'insieme di dati proveniente dalle diverse componenti specifiche monitorate nel tempo. Gli stessi dati, ai livelli di elaborazione specificati nel PMCA, dovranno essere memorizzati e gestiti da un Sistema Informativo di Monitoraggio (SIM).

5.1 SISTEMA INFORMATIVO DI MONITORAGGIO – SIM

Al fine di garantire l'*acquisizione*, la *validazione*, l'*archiviazione*, la *gestione*, la *rappresentazione*, la *consultazione* e l'*elaborazione* delle informazioni acquisite nello sviluppo del PMCA risulterà necessario l'utilizzo di un sistema informativo che gestisca i dati misurati e le analisi relative alle diverse componenti ambientali. Tale sistema dovrà quindi rispondere non solo ad esigenze di archiviazione, ma anche di acquisizione, validazione, elaborazione, comparazione, pubblicazione e trasmissione dei diversi dati.

La base informativa georeferenziata dovrà essere costituita dagli elementi caratteristici del progetto e delle diverse componenti ambientali, dal database delle misure e degli indicatori, delle schede di rilevamento, delle analisi e dei riferimenti normativi e progettuali.

In generale, la struttura dati organizzata attraverso una sezione cartografica (GIS) ed alfanumerica (RDBMS) perfettamente integrate tra loro, consentirà la georeferenziazione delle

informazioni alle quali è possibile attribuire un'ubicazione sul territorio.

Il SIM dovrà rispondere ai seguenti requisiti generali:

- garanzia della qualità sotto il profilo dei contenuti informativi, delle modalità standard di rappresentazione e sotto il profilo geometrico;
- garanzia della sovrapponibilità delle diverse rappresentazioni del territorio (immagini, cartografia di base, cartografia di progetto, ecc.);
- garanzia di possibilità di livelli diversi di aggiornamento a seconda del tipo di dato considerato;
- congruenza tra i database geografici a diverse scale, cioè la garanzia per l'utente di mantenere la congruenza dei dati di base da elaborare anche a diversa scala.

Il Sistema Informativo garantirà, in sintesi:

- facilità di utilizzo anche da parte di utenti non esperti;
- manutenibilità ed espandibilità;
- compatibilità con i principali pacchetti Sw in uso presso MATTM e ISPRA;
- gestione integrata di dati cartografici e alfanumerici;
- possibilità di analisi spaziale e temporale dei dati.

5.2 RESTITUZIONE DEI DATI IN FORMA CARTACEA

I dati relativi alle diverse componenti ambientali rilevate dovranno essere disponibili oltre che su archivi informatici di cui sopra anche su documenti cartacei, da trasmettere su richiesta agli enti interessati.

Per l'acquisizione e la restituzione delle informazioni, dovranno essere predisposte specifiche *schede di rilevamento*, contenenti elementi relativi al contesto territoriale (caratteristiche morfologiche, distribuzione dell'edificato, sua tipologia, ecc.), alle condizioni al contorno (situazione meteo-climatica, infrastrutture di trasporto e relative caratteristiche di traffico,

impianti industriali, attività artigianali, ecc.), all'esatta localizzazione del punto di rilevamento, oltre al dettaglio dei valori numerici delle grandezze oggetto di misurazione, annotazioni di fenomeni singolari che si ritengono non sufficientemente rappresentativi di una condizione media o tipica dell'ambiente in indagine.

Per ciascuna componente ambientale dovranno essere redatte delle planimetrie, dove saranno indicate le opere, le infrastrutture, la viabilità, ed i punti di monitoraggio con dettaglio delle diverse fasi AO, CO e PO.

Tali planimetrie dovranno essere integrate e modificate sulla base degli eventuali cambiamenti che il PMCA subirà nel corso della costruzione dell'opera.

5.3 DIFFUSIONE DEI DATI DEL MONITORAGGIO

Scopo dell'attività di monitoraggio è quello di fornire efficaci indicazioni non solo al gestore del cantiere ma anche alle istituzioni competenti. A questo fine, tutti i dati derivanti dal monitoraggio dovranno essere resi disponibili all'ARPA Regionale, ai Comuni ed alla Provincia competenti per territorio.

Come ampiamente illustrato, i dati saranno altresì accessibili, per la sola consultazione, al pubblico.

Per alcuni degli ambiti oggetto del monitoraggio saranno definite delle soglie di attenzione o di intervento.

Il superamento di tali soglie da parte di uno o più dei parametri monitorati implicherà una situazione inaccettabile per lo stato dell'ambiente e determinerà l'attivazione di apposite procedure finalizzate a ricondurre gli stessi parametri a valori accettabili.

6. IDENTIFICAZIONE DELLE COMPONENTI AMBIENTALI OGGETTO DI MONITORAGGIO

Le componenti ecosistemiche, naturalistiche ed antropiche, interessate dal PMA, coincidono in larga parte con quelle previste dalle linee guida del Ministero dell’Ambiente, con l’eccezione di alcune voci introdotte con lo scopo di meglio caratterizzare alcuni specifici impatti potenziali sul territorio e di altre escluse poiché ritenute scarsamente significative e/o meno “fragili” in considerazione dell’ambito territoriale, spiccatamente antropizzato e urbanizzato, interessato dall’intervento.

Le componenti ed i fattori ambientali presi in esame ai fini del presente progetto sono così intesi ed articolati:

- **ATMOSFERA**
- **RUMORE**
- **VIBRAZIONI**
- **CAMPI ELETTROMAGNETICI**
- **AMBIENTE IDRICO SUPERFICIALE E SOTTERRANEO**

Per quanto riguarda la componente biotica, vengono fornite in questo documento delle prime indicazioni di monitoraggio, rimandando ai dettagli relativi a modalità, frequenze e metodiche a stadi di progettazione più avanzata.

L’identificazione e la scelta delle componenti ambientali oggetto di monitoraggio e controllo è stata supportata dai contenuti della documentazione di carattere ambientale. Ovviamente, tale scelta potrà essere opportunamente integrata e/o modificata sulla base degli esiti del procedimento di Verifica di assoggettabilità a VIA al quale il progetto risulta sottoposto.

Le principali tipologie di misurazione delle componenti ambientali previste nel presente piano di monitoraggio ambientale vengono di seguito riepilogate:



Comune
di Firenze

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA PER L'ESTENSIONE DEL SISTEMA
TRAMVIARIO FIORENTINO NEI COMUNI DI FIRENZE, CAMPI BISENZIO E SESTO FIORENTINO
– FASE C

CIG 70209921E3 - CUP H11E16001130001 + H11I12000010002

LINEA 4.2 – ESTENSIONE PER CAMPI BISENZIO

COMPONENTE	TIPO MISURA	COD. IDENTIFICAZIONE
Atmosfera	Misurazione in continuo di inquinanti atmosferici (campagne di durata 15 gg)	ATM
	Misurazione postazioni mobili (campagne di durata 15 gg) di polveri PM10 e PM2.5	POL
Rumore	Misurazione discontinua di durata settimanale dei livelli acustici	RUMS
	Misurazione discontinua di durata giornaliera dei livelli acustici	RUMG
	Misurazione durata giornaliera dei livelli acustici in prossimità delle aree di cantiere	RUMC
	Misurazione spot lavorazioni più rumorose	RUL
Vibrazioni	Misurazione discontinua di durata giornaliera dei livelli vibrometrici	VIBG
	Misurazione lavorazioni di cantiere	VIL
Campi elettromagnetici	Misurazioni dei livelli di campo elettromagnetico	CEM
Ambiente idrico sotterraneo	Livello statico della falda	ASOT
	Parametri chimico-fisici	
	Parametri chimico-biologici	
Ambiente idrico superficiale	Parametri chimico – fisici	ASUP
	Parametri microbiologici	
	Fauna ittica	

7. MODALITÀ TEMPORALE DI ESPLETAMENTO DELLE ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

Il Progetto di Monitoraggio Ambientale si articola in tre fasi temporali distinte:

1) MONITORAGGIO ANTE–OPERAM (AO)

Il monitoraggio della fase ante–operam si conclude prima dell'inizio delle attività interferenti con la componente ambientale, ossia prima dell'insediamento dei cantieri e dell'inizio dei lavori.

Le finalità di questa fase di monitoraggio possono essere così riassunte:

- definire le caratteristiche dell'ambiente relative a ciascuna componente naturale ed antropica, esistenti prima dell'inizio delle attività;
- rappresentare la situazione di partenza, rispetto alla quale valutare la sostenibilità ambientale dell'Opera, che costituisce termine di paragone per valutare l'esito dei successivi rilevamenti atti a descrivere gli effetti indotti dalla realizzazione dell'Opera;
- predisporre (evidenziando specifiche esigenze ambientali) il monitoraggio in modo da consentire la valutazione comparata con i controlli effettuati in CO.

Laddove possibile e/o necessario, il monitoraggio AO verrà avviato già in fase di progettazione in modo tale da supportare il progetto con precisi dati ambientali aggiornati. In tal caso, si provvederà ovviamente ad una preliminare condivisione, con gli Enti competenti, della tipologia di misurazioni e dell'ubicazione delle stesse.

In linea di massima, la durata della fase Ante Operam è prevista in 6 mesi.

2) MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA (CO)

Il monitoraggio in corso d'opera comprende il periodo di realizzazione dell'infrastruttura, dall'apertura dei cantieri fino al loro completo smantellamento ed al ripristino dei siti.

Questa fase è quella che presenta la maggiore variabilità, poiché è strettamente legata all'avanzamento dei lavori dei vari lotti funzionali e perché è influenzata dalle eventuali modifiche nella localizzazione ed organizzazione dei cantieri apportate dalle imprese esecutrici dei lavori. Pertanto, il monitoraggio in corso d'opera sarà condotto per fasi successive, articolate in modo da seguire l'andamento dei lavori.

Preliminarmente sarà stabilito un piano che individua, per le aree di impatto da monitorare, la fase o le fasi critiche della realizzazione per le quali si ritiene necessario effettuare la verifica durante i lavori. Le indagini saranno condotte per tutta la durata dei lavori con intervalli definiti preliminarmente e distinti in funzione della componente indagata.

Le fasi individuate in via preliminare saranno aggiornate in corso d'opera sulla base dell'andamento dei lavori.

In linea generale, le finalità del monitoraggio di questa fase sono riconducibili a:

- analizzare l'evoluzione di quegli indicatori ambientali, rilevati nello stato iniziale, rappresentativi di fenomeni soggetti a modifiche indotte dalla realizzazione dell'Opera, direttamente o indirettamente (es.: allestimento del cantiere);
- controllare situazioni specifiche, al fine di adeguare la conduzione dei lavori;
- identificare le criticità ambientali, non individuate nella fase AO, che richiedono ulteriori esigenze di monitoraggio e l'eventuale adozione di azioni correttive e mitigative.

3) MONITORAGGIO POST– OPERAM (PO)

Il monitoraggio post – operam comprende le fasi di pre–esercizio ed esercizio, e deve iniziare non prima del completo smantellamento e ripristino delle aree di cantiere. La durata di tale fase è prevista di 6 mesi.

Nella fase di post operam, le finalità che vengono perseguite sono riconducibili a:

- confrontare gli indicatori definiti nello stato AO con quelli rilevati nella fase di esercizio dell'Opera;
- controllare i livelli di ammissibilità, sia dello scenario degli indicatori definiti nelle condizioni AO, sia degli altri eventualmente individuati in fase di costruzione;
- verificare l'efficacia degli interventi di mitigazione, anche al fine del collaudo. La verifica dell'efficacia degli interventi di mitigazione avverrà nel corso della fase di monitoraggio PO. Laddove dovessero rilevarsi situazioni di non conformità normativa dei livelli di impatto ambientale rilevati, si provvederà a darne pronta comunicazione alla Direzione Lavori e alla Committenza in modo da poter provvedere all'eventuale integrazione delle opere di compensazione (interventi diretti e/o indiretti).

Si riporta di seguito uno specchio riassuntivo dell'articolazione del PMA, con l'indicazione delle componenti ambientali oggetto di indagine e controllo per ciascuna fase del monitoraggio.

COMPONENTE	FASE		
	ANTE OPERAM	CORSO D'OPERA	POST OPERAM
ATMOSFERA	•	•	•
RUMORE	•	•	•
VIBRAZIONI	•	•	•



AMBIENTE IDRICO SUPERFICIALE	•	•	•
AMBIENTE IDRICO SOTTERRANEO	•		•
CAMPI ELETTROMAGNETICI	•		•
SUOLO	•	•	•
VEGETAZIONE, FLORA E FAUNA	•	•	•

La durata complessiva delle varie fasi di monitoraggio è riportata di seguito.

LINEA 4.2	FASE		
	ANTE OPERAM	CORSO D'OPERA	POST OPERAM
	6 MESI	22 MESI	6 MESI

8. RICETTORI E PUNTI DI MISURA

Al fine di rendere maggiormente efficace il monitoraggio per alcune fondamentali componenti, la scelta della localizzazione dei punti di misura è stata eseguita sulla base della presenza di ricettori sensibili all'interno dell'area oggetto degli interventi di progetto.

I ricettori sono stati individuati sulla base di un'analisi del territorio caratterizzata dallo studio di dati bibliografici e attraverso i sopralluoghi sito-specifici eseguiti per il progetto in esame.

Sul territorio attraversato dalle opere in progetto, nonché dal sistema di cantierizzazione, sono stati individuati all'interno di una fascia di 500 metri dall'asse del tracciato i ricettori sensibili e quelli caratterizzati da un maggior grado di vulnerabilità.

Di seguito si riporta uno stralcio di queste aree, con l'individuazione dei ricettori sensibili presenti all'interno della fascia di 500 m considerata intorno alla linea di progetto.

Per il dettaglio della localizzazione dei punti di monitoraggio previsti per ciascuna componente, così come dei ricettori presso i quali vengono previste talune misure, si rimanda agli elaborati



Comune
di Firenze

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA PER L'ESTENSIONE DEL SISTEMA
TRAMVIARIO FIORENTINO NEI COMUNI DI FIRENZE, CAMPI BIENZIO E SESTO FIORENTINO
– FASE C

CIG 70209921E3 - CUP H11E16001130001 + H1112000010002

LINEA 4.2 – ESTENSIONE PER CAMPI BIENZIO

specifici B382-SF-AMB-CO001A “Planimetria di localizzazione dei punti di monitoraggio”,
B382-SF-AMB-PP001A “Censimento ricettori” e B382-SF-AMB-DG001A “Schede dei
ricettori”.

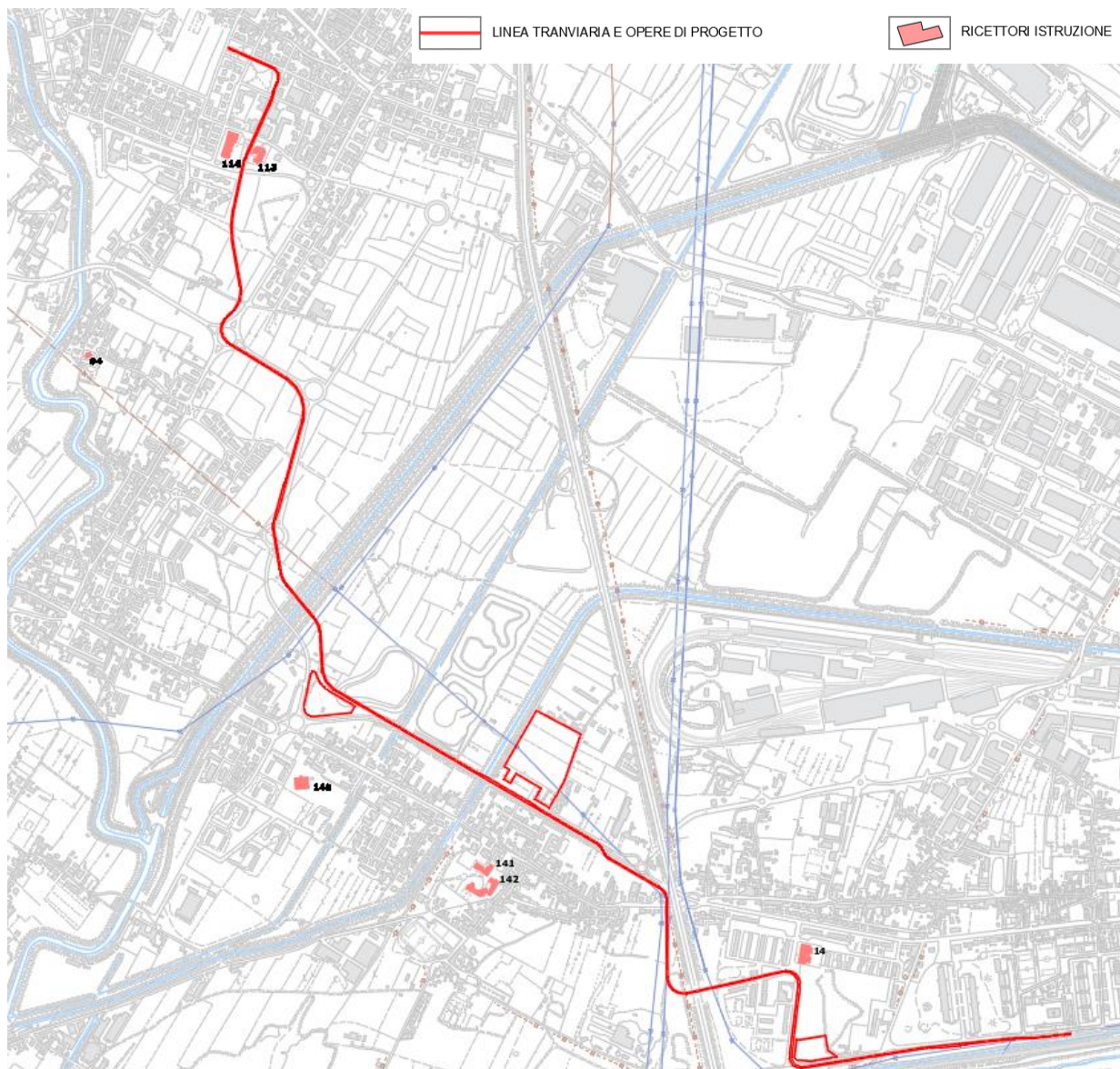


Figura 1 - Opere di progetto e localizzazione ricettori sensibili



Nel presente PMA per le aree di intervento e per ciascuna area di cantiere sono state individuate le componenti ambientali da monitorare, la tipologia di monitoraggio (orario, 24h, 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 e localizzandolo 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'ubicazione dei punti di monitoraggio è riportata nella tavola grafica allegata (B382-SF-AMB-CO001A "Planimetria di localizzazione dei punti di monitoraggio"). Si ricorda a tal proposito che la localizzazione individuata all'interno della tavola è indicativa di un areale all'interno del quale verrà effettuata la misura in situ; l'esatta localizzazione del punto di monitoraggio sarà infatti definita una volta in campo al fine di ottimizzare la posizione di misura nell'area indicata.

9. COMPONENTE ATMOSFERA

9.1 GENERALITÀ

Il monitoraggio ambientale della componente "atmosfera" ha l'obiettivo di valutare la qualità dell'aria nelle aree interessate dall'opera, verificando gli eventuali incrementi nel livello di concentrazione delle sostanze inquinanti aerodisperse derivanti dalla realizzazione dell'opera stessa.

Gli impatti sulla componente atmosfera legati alla realizzazione della linea tranviaria e delle opere ad essa connessa sono riconducibili principalmente alle seguenti tipologie:

- a) diffusione e sollevamento di polveri legate alla movimentazione di inerti o alle lavorazioni previste all'interno del cantiere (scotico, scavo, demolizione, ecc.);
- b) diffusione di inquinanti aeriformi emessi dai motori a combustione interna delle macchine operatrici;
- c) diffusione di inquinanti aeriformi e particellari emessi dai mezzi pesanti in ingresso/uscita a/dai cantieri e dal traffico urbano eventualmente sottoposto a rallentamenti, deviazioni, percorsi alternativi, ecc.
- d) diffusione di inquinanti aeriformi e particellari emessi dal traffico urbano a seguito dell'entrata in esercizio della linea tranviaria, per evidenziare gli eventuali cambiamenti sopraggiunti rispetto alla condizione di ante operam.

Le tipologie di impatto di cui alle lettere a) e b) vengono solitamente definite col termine "impatti diretti", in quanto direttamente originate dalle lavorazioni previste dalla cantierizzazione; le tipologie di impatto di cui alla lettera c) e d) vengono, invece, definite col termine "impatti indiretti" in quanto conseguenza indiretta della presenza dei cantieri e dell'entrata in esercizio dell'opera.

Gli impatti diretti risultano strettamente connessi alle lavorazioni, hanno entità variabile nel corso della "vita" dei cantieri (strettamente correlata al cronoprogramma dei lavori) e sono caratterizzati da un areale di impatto piuttosto prossimo al perimetro dei cantieri (interessando per lo più e in maniera predominante la cosiddetta "prima schiera" dei recettori prospicienti l'area di lavorazione).

Gli impatti indiretti risultano determinati non tanto dalle lavorazioni che si attuano all'interno dei cantieri, quanto dalla loro stessa presenza: essi sono, infatti, correlati al traffico indotto dai cantieri (per approvvigionamento e/o allontanamento dei materiali) e, in ambiti cittadini

quale quello in esame, quasi esclusivamente alle interferenze che i cantieri stessi determinano con le “normali” condizioni del deflusso veicolare urbano (interferenze che determinano picchi di “carico ambientale” su alcune specifiche viabilità che, allo stato attuale, spesso risultano sottoposte a minori livelli di pressione antropica).

Il presente Piano pone fra i suoi obiettivi il monitoraggio e il controllo sia degli impatti diretti, che di quelli indiretti, con metodiche, durate e frequenze necessariamente differenti in virtù della significativa differenza che contraddistingue dette tipologie di impatto.

Le verifiche di campo mirate alla verifica degli effettivi livelli di impatto diretto saranno eseguite, per quanto possibile, nei momenti di maggior criticità delle lavorazioni. Sulla base del cronoprogramma dei lavori essi potranno essere individuati come periodi di massima sovrapposizione di differenti lavorazioni (seguendo il cosiddetto principio della “sovrapposizione degli effetti”) ovvero come periodi di esercizio di talune lavorazioni particolarmente impattanti per la specifica componente ambientale (scotico, demolizioni, carico/scarico inerti, ecc.).

9.2 FINALITÀ DEL MONITORAGGIO

L'inquinamento atmosferico può essere definito come una modificazione della normale composizione dell'atmosfera in quantità e con caratteristiche tali da determinare effetti nocivi alla salute e all'ambiente. Il progredire delle conoscenze in merito agli effetti dell'inquinamento sulla salute e sugli ecosistemi ha esteso l'attenzione a nuovi composti e portato alla definizione di nuovi limiti di concentrazione.

Negli ultimi dieci anni, quindi, l'interesse della comunità scientifica e degli Enti preposti alla salvaguardia della salute pubblica e dell'ambiente si è trasferito dagli inquinanti tradizionali – derivanti soprattutto da processi industriali e dalle attività di combustione (biossido di zolfo, composti dell'azoto, monossido di carbonio e polveri totale sospese) - alle sostanze che in

area urbana sono emesse principalmente dal traffico (benzene e polveri fini) e agli inquinanti di origine secondaria come ozono e particolato.

L'obiettivo del monitoraggio di questa componente è quindi nello specifico, quello di valutare la qualità dell'aria verificando gli eventuali incrementi nel livello di concentrazione delle polveri e degli inquinanti aerodispersi derivanti dalla fase di cantiere e le eventuali conseguenze sull'ambiente, e quello di valutare meglio le eventuali variazioni delle concentrazioni nell'aria tra la fase ante operam e quella di esercizio della linea tranviaria dovute essenzialmente alla variazioni del traffico veicolare a seguito dell'entrata in esercizio del tram e delle modifiche alla viabilità che la realizzazione del progetto comporta; l'esercizio del tram infatti, non determina un inquinamento diretto in atmosfera, quindi il confronto tra lo stato dell'aria ante e post la realizzazione dell'opera, è finalizzato in primis alla valutazione della variazione di inquinanti aerodispersi dovuti a cambiamenti nel traffico veicolare.

Il monitoraggio ambientale della componente atmosfera ha lo scopo di controllare la qualità dell'aria nelle zone interessate dalle attività di costruzione della futura linea tranviaria Linea.

In particolare, gli scopi specifici del monitoraggio sono i seguenti:

- definire l'impatto sulla qualità dell'aria, in relazione ai parametri monitorati nell'ante operam e che si ipotizza potrebbero essere influenzati dalle attività di realizzazione ed esercizio della nuova linea;
- controllare i valori di tali parametri in relazione alle soglie di attenzione e di allarme definite dalla normativa vigente;
- adottare eventuali opere di mitigazione che si rendessero necessarie allo scopo di proteggere i ricettori particolarmente sensibili.

Come accennato, il monitoraggio verrà articolato per le fasi di ante operam (AO), di corso d'opera (CO) e di post operam (PO):

- Ante-operam, allo scopo di definire e caratterizzare lo stato attuale della

componente atmosfera prima dell'inizio dei lavori;

- In corso d'opera, allo scopo di controllare gli impatti previsti durante le lavorazioni di cantiere e di avanzamento del fronte dei lavori.
- Post-operam allo scopo di verificare la variazione dello stato qualitativo dell'aria a seguito dell'entrata in esercizio della linea tranviaria, a seguito delle variazioni della viabilità e del traffico veicolare.

In generale, data la natura prevalentemente urbana di inserimento dell'opera, risulta evidente come la qualità dell'aria risenta principalmente dalle emissioni da traffico veicolare.

I punti di monitoraggio destinati a completare il quadro di riferimento Ante Operam saranno selezionati, considerando:

- le caratteristiche di sensibilità del sistema ricevente prossimo al tracciato;
- le caratteristiche di sensibilità del sistema ricevente prossimo ai cantieri principali e secondari;
- le caratteristiche di sensibilità del sistema ricevente prossimo alla viabilità di corso d'opera a servizio dei cantieri;
- le caratteristiche di sensibilità del sistema ricevente potenzialmente impattato dalle interazioni fra cantieri e viabilità urbana.

I punti di monitoraggio per il Corso d'Opera saranno selezionati prendendo in esame:

- le caratteristiche di sensibilità del sistema ricevente prossimo ai fronti di avanzamento delle lavorazioni;
- le caratteristiche di sensibilità del sistema ricevente prossimo ai cantieri principali e secondari;
- le caratteristiche di sensibilità del sistema ricevente prossimo alla viabilità di corso d'opera a servizio dei cantieri.

I punti di monitoraggio per il Post Operam saranno definiti a partire da quelli già monitorati per la

fase ante operam in modo da poter valutare un efficace raffronto tra la situazione attuale e quella futura una volta entrata in esercizio la linea di progetto.

9.3 DEFINIZIONE DEGLI INDICATORI E DEI PARAMETRI DI MONITORAGGIO

Il monitoraggio si effettua attraverso il controllo dei valori dei parametri caratteristici e di seguito descritti, allo scopo di verificare eventuali superamenti delle soglie ammissibili e di fornire i dati di base per la determinazione delle misure correttive. I parametri significativi che sono stati determinati per il monitoraggio della componente atmosfera derivano sostanzialmente dai due tipi di inquinamento previsti:

- Inquinamento diretto da attività di cantiere (polveri e mezzi d'opera);
- Inquinamento indiretto da traffico indotto dai cantieri ovvero da variazioni al traffico urbano causate dall'apertura dei cantieri e dall'entrata in esercizio della linea tranviaria.

Le due tipologie di inquinamento previsto influenzano non solo la determinazione dei parametri, ma anche le specifiche di rilievo. In particolare, saranno rilevati:

- Inquinanti gassosi;
- Polveri;
- Parametri meteorologici.

Nello specifico i parametri individuati sono riassunti all'interno della tabella seguente:

Parametri oggetto di monitoraggio	Parametri rilevati	Tipologia rilevatori installati
Inquinanti gassosi	CO	Analizzatori automatici in continuo
	NOx	
	NO	



Comune
di Firenze

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA PER L'ESTENSIONE DEL SISTEMA
TRAMVIARIO FIORENTINO NEI COMUNI DI FIRENZE, CAMPI BISENZIO E SESTO FIORENTINO
– FASE C

CIG 70209921E3 - CUP H11E16001130001 + H11112000010002

LINEA 4.2 – ESTENSIONE PER CAMPI BISENZIO

	NO ₂	
	PM ₁₀	
	PM _{2.5}	
	SO ₂	
	O ₃	
	Benzene	
	Toluene	
	Xylene	
Metalli pesanti	Piombo	Gravimetrici
	Cadmio	
	Rame	
	Nichel	
	Zinco	
	Alluminio	
Polveri	PM ₁₀	Gravimetrici
	PM _{2.5}	
Parametri meteorologici	Direzione del vento; Velocità del vento; Temperatura; Umidità Relativa; Pressione Barometrica; Radiazione Solare Totale; Pioggia	Stazione meteorologica

Il decreto legislativo n.155 del 13 agosto 2010 e s.m.i. stabilisce gli obiettivi di qualità dei dati, i valori limite, i livelli critici e le soglie d'informazione e di allarme per gli inquinanti gassosi, come di seguito indicato:



• **Allegato I: Obiettivi di qualità dei dati**

Il Decreto stabilisce i seguenti obiettivi di qualità dei dati, relativamente ai parametri di interesse per la campagna oggetto di monitoraggio

	SO ₂ , NO ₂ , NO, NO _x , CO	Benzene	PM ₁₀ , PM _{2,5} , Pb	O ₃ , e relativi NO e NO ₂
Misurazioni in siti fissi				
Incertezza	15%	25%	25%	15%
Raccolta minima dei dati	90%	90%	90%	90% in estate
Periodo minimo di copertura				75% in inverno
- Stazioni di fondo in siti urbani e stazioni traffico	-	35% (2)	-	-
- Stazioni industriali	-	90%	-	-
Misurazioni indicative				
Incertezza	25%	30%	50%	30%
Raccolta minima dei dati	90%	90%	90%	90%
Periodo minimo di copertura	14%	14% (3)	14% (4)	>10% in estate
Incertezza della modellizzazione				
Medie orarie	50%	-	-	50%
Medie su otto ore	50%	-	-	50%
Medie giornaliere	50%	-	Da definire	-
Medie annuali	30%	50%	50%	-
Stima obiettiva				
Incertezza	75%	100%	100%	75%

Tabella 1: Obiettivi di qualità previsti dal D.Lgs. 13 agosto 2010, n.155 e ss.mm.ii. Per le note (1,2,3,4) si faccia riferimento all'Allegato del decreto



Comune
di Firenze

	B(a)P	As, Cd, e Ni
Incertezza		
Misurazione in siti fissi e indicative	50%	40%
Tecniche di modellizzazione	60%	60%
Tecniche di stima obiettiva	100%	100%
Raccolta minima di dati validi		
Misurazione in siti fissi e indicative	90%	90%
Periodo minimo di copertura		
Misurazione in siti fissi	33%	50%
Misurazione indicative	14%	14%

Tabella 2: Obiettivi di qualità previsti dal D.Lgs. 13 agosto 2010, n. 155 e ss.mm.ii

• **Allegato XI: Valori limite e livelli critici**

<u>Periodo di mediazione</u>	<u>Valore limite</u>
Biossido di zolfo	
1 ora	200 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	
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	



Comune
di Firenze

Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	10 mg/m ³ ,
Piombo	
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
PM2.5	
FASE 1	
Anno civile	25 µg/m ³
FASE 2 (4)	
Anno civile	(4)

(4) Valore limite da stabilire con successivo decreto ai sensi dell'articolo 22, comma 6, tenuto conto del valore indicativo di 20 µg/m³ e delle verifiche effettuate dalla Commissione europea alla luce di ulteriori informazioni circa le conseguenze sulla salute e sull'ambiente, la fattibilità tecnica e l'esperienza circa il perseguimento del valore obiettivo negli Stati membri

- **Allegato XII: Soglie di informazione e allarme**

<u>Finalità</u>	<u>Periodo di mediazione</u>	<u>Soglia</u>
Informazione	1 ora	180 µg/m ³
Allarme	1 ora	240 µg/m ³

Tabella 3 - Soglie di informazione e allarme per l'ozono dal D. Lgs. 13 Agosto 2010, n. 155 e ss.mm.ii

<u>Inquinante</u>	<u>Soglia di allarme</u>
Biossido di zolfo	500 µg/m ³
Biossido di azoto	400 µg/m ³

Tabella 4 - Soglie di allarme per inquinanti diversi dal D. Lgs. 13 Agosto 2010, n. 155 e ss.mm.ii

• **Allegato XIII: Valore obiettivo per arsenico, cadmio, nichel e benzo(a)pirene**

<u>Inquinante</u>	<u>Periodo di mediazione</u>	<u>Valore obiettivo</u>
Arsenico	Media su anno civile	6,0 ng/m ³
Cadmio	Media su anno civile	5,0 ng/m ³
Nichel	Media su anno civile	20,0 ng/m ³
Benzo(a)pirene	Media su anno civile	1,0 ng/m ³

Il valore obiettivo è riferito al tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione PM10 del materiale particolato, calcolato come media su anno civile.

Limite di esposizione per gli inquinanti atmosferici pericolosi

<u>Inquinante</u>	<u>Valore limite (ACGIH)</u>
Formaldeide	Esposizione a breve termine: 0,37 mg/m ³ Esposizione a lungo termine (TLV-TWA): 0,12 mg/m ³

L'accordo procedimentale del 1999 prevede inoltre, l'individuazione di soglie di attenzione e di intervento in relazione ai dati rilevati dal monitoraggio ambientale. Al momento risultano approvate dall'Osservatorio Ambientale (seduta del 28/5/2012) le soglie relative all'atmosfera, oltre che al rumore ed alle vibrazioni.

Le soglie per le restanti matrici sono in corso di definizione.

In particolare, i valori soglia per l'atmosfera sono stati approvati per tutti i parametri monitorati (Decisione di Osservatorio Ambientale n.4 del 10/12/2014) con riferimento alle

- centraline di cantiere;
- centraline di viabilità.

La definizione delle soglie è basata sulla media dei valori rilevati presso le stazioni di misura della rete regionale di rilevamento della qualità dell'aria di

- Firenze - Bassi (fondo) - unica abilitata alla misura dell'SO₂;
- Firenze - Scandicci (fondo);
- Firenze - Gramsci (traffico);
- Firenze - Ponte alle mosse (traffico);

Contestualmente alla definizione delle soglie sono state previste le procedure da osservare in caso di superamento delle soglie di attenzione e/o intervento.

Soglie di attenzione/intervento per le centraline di cantiere

Inquinante	Soglia di attenzione	Soglia di intervento
PM₁₀	Media delle 4 stazioni Rete Regionale + 20µg/m³ per 1 giorno quando il valore giornaliero di PM ₁₀ restituito da una singola stazione di cantiere supera i 50 µg/m ³	Media delle 4 stazioni Rete Regionale + 50µg/m³ per 1 giorno sempre quando il valore giornaliero di PM ₁₀ restituito da una singola stazione di cantiere supera i 50 µg/m ³
PTS	150 µg/m³ al giorno	200 µg/m³ al giorno
NO₂	Media dei massimi giornalieri misurati dalle 4 stazioni Rete Regionale + 20% per 2 giorni consecutivi , se la media giornaliera è >120 µg/m ³	Media dei massimi giornalieri misurati dalle 4 stazioni Rete Regionale + 30% per 2 giorni consecutivi oppure Media dei massimi giornalieri misurati dalle 4 stazioni Rete Regionale + 40% per 1 giorno sempre se la media giornaliera è > 120 µg/m³
SO₂	Media dei valori misurati dalla stazione di via Bassi della Rete Regionale + 20% per 2 giorni consecutivi se la media giornaliera è > 19 µg/m³	Media dei valori misurati dalla stazione di via Bassi della Rete Regionale + 30% per 2 giorni consecutivi oppure Media dei valori misurati dalla stazione di via Bassi della Rete Regionale + 40% per 1 giorno sempre se la media giornaliera è > 19 µg/m³



Comune
di Firenze

IPA	1 ng/m³ per due mesi	1,2 ng/m³ per due mesi
Benzene	val cantiere \geq VL ^[1] per 1 mese	val cantiere \geq VL ^[1] + 20% per 1 mese
Metalli	val cantiere \geq VL ^[1] per 3 mesi	val cantiere \geq VL ^[1] + 20% per 2 mesi

Soglie di attenzione/intervento per le centraline di viabilità

Inquinante	Soglia di attenzione	Soglia di intervento
PM₁₀	Media delle 4 stazioni Rete Regionale +20µg/m³ per 1 giorno quando il valore giornaliero di PM ₁₀ restituito da una singola stazione di cantiere supera i 50 µg/m ³	Media delle 4 stazioni Rete Regionale + 50µg/m³ per 1 giorno sempre quando il valore giornaliero di PM ₁₀ restituito da una singola stazione di cantiere supera i 50 µg/m ³
PTS	150 µg/m³ al giorno	200 µg/m³ al giorno
NO₂	Media dei massimi giornalieri misurati dalle 4 stazioni Rete Regionale + 20% per 2 giorni consecutivi, se la media giornaliera è >120 µg/m³	Media dei massimi giornalieri misurati dalle 4 stazioni Rete Regionale + 30% per 2 giorni consecutivi oppure Media dei massimi giornalieri misurati dalle 4 stazioni Rete Regionale + 40% per 1 giorno sempre se la media giornaliera è >120 µg/m³
SO₂	Media dei valori misurati dalla stazione di via Bassi della Rete Regionale + 20% per 2 giorni consecutivi se la media giornaliera è > 19 µg/m³	Media dei valori misurati dalla stazione di via Bassi della Rete Regionale + 30% per 2 giorni consecutivi oppure Media dei valori misurati dalla stazione di via Bassi della Rete Regionale + 40% per 1 giorno sempre se la media giornaliera è > 19 µg/m³
CO	5 µg/m³ per due giorni consecutivi	7 µg/m³ per 1 giorno
IPA	1 ng/m³ per due mesi	1,2 ng/m³ per due mesi
Benzene	val cantiere \geq VL ^[1] per 1 mese	val cantiere \geq VL ^[1] + 20% per 1 mese



Comune
di Firenze

Metalli	val cantiere \geq VL ^[1] per 3 mesi	val cantiere \geq VL ^[1] + 20% per 2 mesi
----------------	--	--

[1] VL=Valore Limite normativo. I limiti normativi di Benzene, IPA e metalli sono medie annuali

Procedure da osservare in caso di superamento delle soglie di attenzione e/o intervento

Livello	Tipo centralina	Inquinante	Azione prevista
<u>Attenzione</u>	<u>Cantiere</u>	<u>Tutti</u>	Il Direttore dei Lavori si attiva per verificare se tale circostanza sia stata generata dalle lavorazioni eseguite, in particolare sia dovuta al mancato rispetto o alla insufficienza delle mitigazioni previste e dispone di conseguenza per rientrare all'interno del valore soglia
<u>Attenzione</u>	<u>Viabilità</u>	<u>Tutti</u>	Il responsabile del monitoraggio, sentito il supporto tecnico, decide se sia necessario prolungare la campagna in essere, valutandone la durata o programmare una campagna aggiuntiva. Contestualmente, informa il Contraente generale che deve verificare se il superamento della soglia sia dovuto al mancato rispetto di prescrizioni (es. numero di transiti consentiti, tipo di mezzi utilizzati, ecc.). Il Contraente generale dà evidenza delle eventuali inottemperanze ed assicura il prosieguo delle attività nel rispetto di quanto prescritto. Nel caso la campagna aggiuntiva confermi il superamento della soglia di attenzione questo dovrà analizzare la situazione nel dettaglio, valutando le possibili cause e proponendo eventuali correttivi, con apposito elaborato da trasmettere all'Osservatorio Ambientale (OA) entro 20 giorni dal termine della campagna aggiuntiva (20 giorni dagli esiti delle analisi di laboratorio per gli inquinanti non dotati di analizzatore automatico). L'OA valuta la necessità di eventuali ulteriori provvedimenti
<u>Intervento</u>	<u>Cantiere</u>	<u>Tutti escluso IPA, benzene e metalli</u>	Si interrompono tutte le attività di cantiere che possono determinare emissioni dell'inquinante. Contemporaneamente, il Direttore dei Lavori si attiva per verificare se tale circostanza sia stata generata dalle



			lavorazioni eseguite e in particolare sia dovuta al mancato rispetto o alla insufficienza delle mitigazioni previste. Le attività di cantiere non riprendono finché la verifica non sia stata effettuata e le eventuali azioni correttive non siano state intraprese
<u>Intervento</u>	<u>Cantiere</u>	<u>IPA, Benzene e Metalli</u>	Il Direttore dei Lavori pone immediatamente in atto dei primi interventi tesi alla limitazione delle emissioni potenzialmente correlate all'inquinante oggetto di superamento. Contemporaneamente, si attiva per verificare se il superamento possa essere stato effettivamente generato dalle lavorazioni eseguite e in particolare sia dovuto al mancato o non completo rispetto delle prescrizioni. In base a tale verifica provvede a specificare e mettere in atto i necessari correttivi alla gestione del cantiere. Dovrà poi essere valutata nel tempo l'evoluzione dell'inquinante e l'efficacia degli eventuali correttivi posti in essere. Qualora si verificasse il permanere dei superamenti, la questione dovrà essere rimessa all'OA
<u>Intervento</u>	<u>Viabilità</u>	<u>Tutti</u>	Il responsabile del monitoraggio dispone l'immediata effettuazione di una campagna aggiuntiva. Contestualmente, informa il Contraente Generale, che dovrà analizzare la situazione nel dettaglio, verificando in primis l'ottemperanza alle prescrizioni, valutando le possibili cause e proporre eventuali correttivi, con apposito elaborato da trasmettere all'Osservatorio Ambientale (OA) entro 20 giorni dal termine della campagna di monitoraggio (20 giorni dagli esiti delle analisi di laboratorio per gli inquinanti non dotati di analizzatore automatico). L'OA valuta la necessità di eventuali ulteriori provvedimenti

Qualora per qualsiasi motivo non fossero disponibili i dati di tutte le stazioni in oggetto, si procede come segue: qualora non sia disponibile il valore relativo ad una fra le stazioni di traffico o di fondo, si assume tale stazione avere valore eguale all'altra stazione disponibile dello stesso tipo qualora non siano disponibili entrambi i valori delle stazioni di fondo o di traffico, la

media ricavata sarà necessariamente sovrastimata o sottostimata a seconda dei casi. In tale evento, il verificarsi (o il permanere) di superamenti di soglie dovrà essere necessariamente oggetto di valutazione a posteriori.

9.4 SPECIFICHE TECNICHE PER LO SVOLGIMENTO DEL MONITORAGGIO

Si riporta di seguito la descrizione di dettaglio della tipologia di misurazioni previste per il monitoraggio e il controllo dell'inquinamento atmosferico potenzialmente direttamente e indirettamente correlato alle opere in esame:

- misure tipo ATM: rilievi della durata di 15 giorni di macroinquinanti e microinquinanti, gassosi e particellari;
- misure tipo POL: rilievi della durata di 15 giorni di inquinanti particellari e microinquinanti.

Misure tipo ATM - Rilievo qualità aria con mezzo mobile strumentato

Tale metodica di monitoraggio ha come finalità la determinazione degli inquinanti aerodispersi per la valutazione della qualità dell'aria allo stato attuale e successivamente all'entrata in esercizio dell'opera e dell'inquinamento direttamente prodotto dalle attività di cantiere.

Le campagne di misura della qualità dell'aria della tipologia ATM avranno durata unitaria pari a 15 giorni e saranno eseguite con laboratorio mobile strumentato. I principali parametri oggetto di determinazione corrispondono a quelli indicati dalla normativa nazionale vigente in materia di qualità dell'aria. Le misurazioni verranno definite attraverso delle procedure di misura che permettono di valutare il rispetto dei limiti legislativi e eventuali variazioni di concentrazioni conseguenti alla realizzazione del progetto. I parametri che verranno monitorati attraverso la strumentazione installata sul mezzo mobile sono riportati nella seguente tabella, nella quale, per ogni inquinante, viene indicato il tempo di campionamento, l'unità di misura e le eventuali elaborazioni statistiche particolari da effettuare sui dati.



Parametro	Campionamento	Unità di misura	Elaborazioni statistiche	Campionamento e determinazione
CO	1h	mg/m ³	Media su 8 ore / Media su 1 h	Automatico (mezzo mobile)
NO _x , NO, NO ₂	1h	µg/m ³	Media su 1 h	Automatico (mezzo mobile)
PM ₁₀	24 h	µg/m ³	Media su 24 h	Automatico (mezzo mobile)
PM _{2,5}	1 h	µg/m ³	Media su 1 h	Automatico (mezzo mobile)
SO ₂	1 h	µg/m ³	Media su 1 h	Automatico (mezzo mobile)
O ₃	1 h	µg/m ³	Media su 8 ore / Media su 1 h	Automatico (mezzo mobile)
BTX	1 h	µg/m ³	Media su 1 h ovvero media settimanale	Automatico (mezzo mobile)

Tabella 5 – Atmosfera: Inquinanti da monitorare

Da quanto sopra si evince che i parametri CO, PM₁₀, PM_{2,5}, NO_x, NO, NO₂, SO₂ verranno rilevati in continuo con apposito laboratorio mobile e restituiti come valore medio orario (o come media su 8 ore laddove richiesto dalla normativa); i metalli sono determinati sul campione PM₁₀, dopo l'avvenuta pesata del particolato, per trattamento chimico e determinazione analitica (spettrometria di massa con plasma ad accoppiamento induttivo, ICP-MS; i BTX potranno, in alternativa, essere determinati come valore medio settimanale mediante campionamento passivo (con dispositivi del tipo "Radiello") e successive analisi di laboratorio.

Nel caso in cui non si riesca ad acquisire la quantità di dati prevista con la campagna di misura la stessa verrà prolungata di un periodo che permetta di raggiungere tale quantità. Le elaborazioni statistiche verranno effettuate su tali dati acquisiti anche se non conseguenti temporalmente.

Contemporaneamente al rilevamento dei parametri di qualità dell'aria dovranno essere rilevati su base oraria i parametri meteorologici riportati nella Tabella seguente, nella quale per ogni parametro viene indicata l'unità di misura.

Parametro	Unità di misura
Direzione del vento	gradi sessagesimali
Velocità del vento	m/s
Temperatura	°C
Pressione atmosferica	mBar
Umidità relativa	%
Radiazione solare globale	W/m ²
Precipitazioni	mm

Tabella 6 – Atmosfera: parametri meteorologici da monitorare

I parametri dovranno essere rilevati con punto di prelievo a 10 m dal piano campagna per direzione e velocità del vento e a 2 m per gli altri parametri.

Nel corso della campagna di misura e della elaborazione dei dati, sarà predisposta la seguente documentazione:

- schede di presentazione delle misure effettuate;
- un elaborato che riporti le seguenti informazioni:
 - le conclusioni delle attività di monitoraggio (interpretazioni e valutazioni);
 - risultati sintetici con l'ausilio di tabelle e grafici;
 - sintesi sulle metodiche adottate;
 - strumentazione utilizzata.

Inoltre, per ciascun punto di misura dovranno essere forniti:

- tutti i risultati della fase di analisi sia in termini numerici che grafici;
- la serie completa dei dati in formato digitale.



Misure tipo POL – Rilievo del particolato fine (PM₁₀ e PM_{2,5})

Tale metodica di monitoraggio ha come finalità la determinazione del particolato fine, prodotte dalle attività in atto nelle aree di cantiere.

Le misurazioni del tipo POL sono delle postazioni di misura mobili che avranno durata unitaria di 14 giorni per la fase di corso d'opera.

Le campagne di misura delle polveri vengono definite attraverso delle procedure di misura standardizzate che, in prossimità di sorgenti di emissione, quali le attività di cantiere e/o viabilità di cantiere, permettono di monitorare il particolato disperso nei bassi strati dell'atmosfera.

La misurazione delle polveri avverrà mediante campionatore gravimetrico.

Parametro	Campionamento	Unità di misura	Elaborazioni statistiche	Campionamento e determinazione
PM ₁₀	24 h	µg/m ³	Media su 24 h	Gravimetrico (skypost o sim.)
PM _{2,5}	24 h	µg/m ³	Media su 24 h	Gravimetrico (skypost o sim.)

La metodologia gravimetrica prevede la sostituzione automatica ogni 24 ore dei supporti di filtrazione per 7 giorni consecutivi mediante l'impiego di pompe di captazione dotate di sistemi automatici di campionamento e sostituzione sequenziale dei supporti. La pompa dovrà inoltre essere dotata di sistema automatico di controllo della portata di campionamento, in modo da ripristinare automaticamente ogni variazione rispetto al valore impostato all'inizio della misurazione.

La strumentazione per la misura delle polveri aerodisperse per via gravimetrica è prescritta dalle leggi nazionali e consiste in:

- Filtri a membrana: sono dei filtri in fibre di vetro di diametro 47 mm circa.
- Supporto per filtrazione: il filtro a micropori è sostenuto durante tutto il periodo di

tempo in cui è attraversato dall'aria aspirata da un apposito supporto costruito in materiale metallico resistente alla corrosione e con pareti interne levigate. Le due parti del supporto una volta montato il filtro, devono combaciare in modo da evitare qualunque trafilamento d'aria: a tal scopo le due parti risultano premute l'una contro l'altra per mezzo di un dispositivo di blocco tale da non deformare e da non danneggiare il filtro. Il filtro è sostenuto da un disco di materiale sinterizzato o altro mezzo idoneo che impedisca ogni possibile deformazione del filtro e che sia perfettamente resistente alla corrosione. Il diametro della superficie effettiva di filtrazione non deve essere inferiore a 36 mm.

- Pompa aspirante: l'aspirazione dei campioni d'aria viene svolta per mezzo di pompe meccaniche a funzionamento elettrico dotate di regolatori di portata.
- Misuratore volumetrico: la misurazione del campione d'aria prelevato viene eseguita mediante contatori volumetrici, con possibilità di totalizzazione.
- Bilancia analitica con sensibilità di 0.001 mg.
- Generatore elettrico: nei casi in cui l'energia elettrica necessaria per il funzionamento della pompa aspirante non possa essere prelevata dalla rete elettrica.

I filtri a membrana verranno forniti etichettati, pesati e pronti per l'uso da un laboratorio accreditato SINAL ("Sistema Nazionale per l'Accreditamento di Laboratori").

La taratura dei filtri viene svolta con le seguenti modalità:

- si contrassegna sul margine ogni filtro avendo cura di non oltrepassare di 5 mm il bordo esterno;
- i filtri contrassegnati vengono condizionati prima di effettuare le pesate (precampionamento) a temperatura di 20 °C per un tempo di condizionamento non inferiore alle 48 ore ed umidità relativa pari al $50 \pm 5\%$;

- i filtri così condizionati vengono pesati con bilancia analitica di sensibilità 0.001 mg e conservati negli appositi contenitori etichettati.

La portata della pompa aspirante viene regolata per mezzo di flussimetro ai valori richiesti, compresi tra 15 e 36.8 l/min. Il misuratore volumetrico è tarato dalla casa costruttrice nell'ambito delle portate di prelevamento in modo che l'errore di misura non superi il 2 %.

Le fasi successive al campionamento, consistenti nella determinazione gravimetrica del campione con l'impiego di bilancia analitica condizionamento da laboratorio, vengono svolte dallo stesso laboratorio certificato che fornisce i filtri a membrana.

Prima dell'uscita in campagna l'operatore deve richiedere al laboratorio certificato la fornitura di un numero di filtri a membrana di circa il 20% eccedente rispetto al numero minimo richiesto di punti di misura (al fine di avere sufficienti margini di sicurezza in caso di danneggiamento accidentale) e controllare la strumentazione.

9.5 STRUMENTAZIONE DI MISURA

I rilievi della qualità dell'aria verranno eseguiti mediante utilizzo di:

- laboratorio mobile;
- campionatori gravimetrici sequenziali.

9.5.1 Laboratorio Mobile

Come detto, i rilievi della tipologia ATM, della durata unitaria di 15 giorni, verranno eseguiti mediante laboratorio mobile fornito di adeguato sistema di condizionamento per garantire una continua e ottimale distribuzione della temperatura al suo interno; questo permette agli analizzatori di lavorare sempre in condizioni controllate e standard.

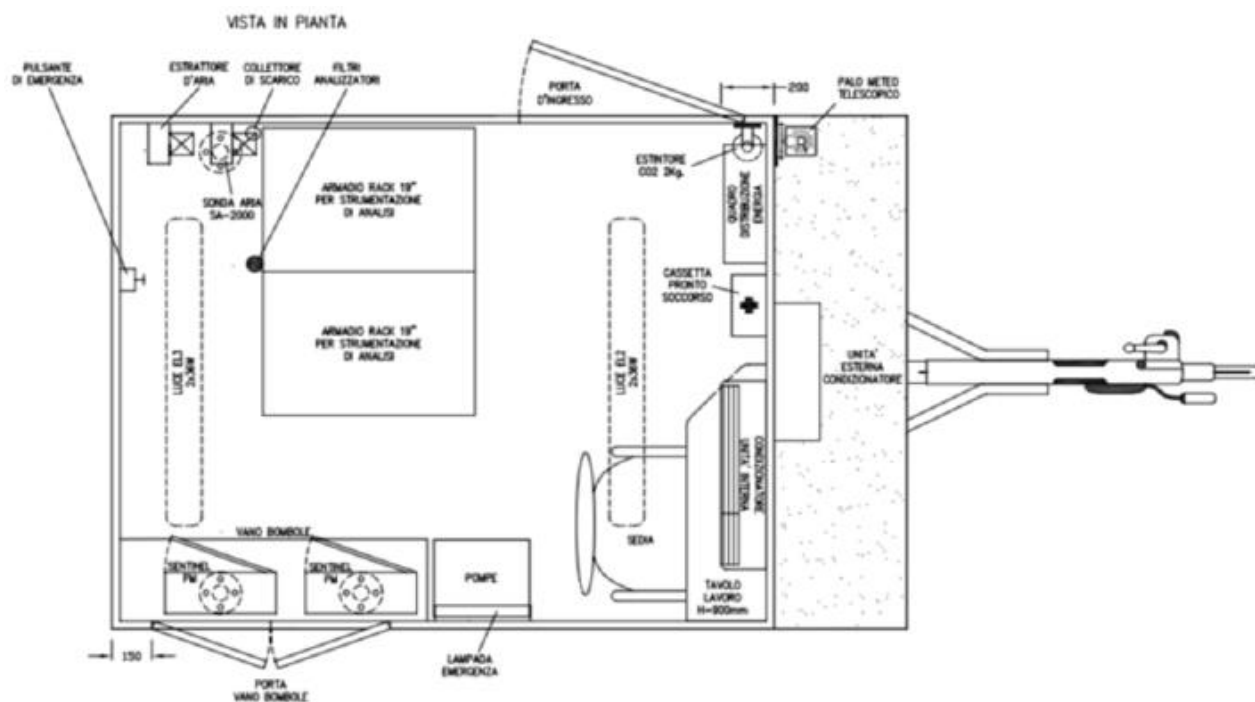
Per l'espletamento del monitoraggio della qualità dell'aria, ambiente spa dispone di stazioni mobili di monitoraggio strumentate, ampiamente in grado di coprire le necessità di rilevamento.



Dette unità mobili di rilevamento della qualità dell'aria sono tutte di esclusiva proprietà di ambiente spa e risultano fra loro identiche nelle dimensioni, nelle apparecchiature e utilities installate.

Si tratta di unità mobili trainabili (o carrellabili) pienamente conformi alle indicazioni del Codice Stradale, collaudate dal costruttore nel febbraio 2011, ritirate dal fornitore nel marzo 2011 ed entrate per la prima volta in funzione nel maggio-giugno 2011.

La singola stazione di monitoraggio è realizzata su un telaio rimorchiabile con struttura di contenimento in vetroresina monoscocca autoportante.





Comune
di Firenze



Figura 2 - Mezzo mobile strumentato

All'interno della cabina vengono realizzati i seguenti circuiti pneumatici:

- Sistema di campionamento aria ambiente
- Sistema di distribuzione gas di misura e gas di calibrazione
- Sistema di scarico gas.
- Sistema di campionamento aria ambiente

Il sistema di campionamento multiplo degli inquinanti gassosi è composto da:

- testa di prelievo in materiale inerte per evitare fenomeni di adsorbimento;
- linea di prelievo termostata;
- gruppo di distribuzione;
- gruppo di aspirazione;
- gruppo di scarico.

L'aria è introdotta nella linea di aspirazione per mezzo della testa di prelievo, a presa circolare su 360° protetta da griglia anti-insetti e da una calotta semisferica di protezione da pioggia battente. La linea di prelievo, rettilinea e verticale è realizzata in acciaio inox e collega la testa

di prelievo con il distributore dell'aria tramite una flangia al tetto della cabina. La linea di prelievo è opportunamente termostata al fine di evitare la formazione di condensa sulla parete.

Sistema di distribuzione gas di misura e gas di calibrazione agli analizzatori

La pneumatica di distribuzione gas per il trasporto del campione dal manifold di distribuzione ai singoli analizzatori è realizzata mediante tubi in PTFE 4x6 mm di lunghezza quanto più breve possibile. La distribuzione dei gas di taratura, dai cilindri di calibrazione contenuti nell'apposito vano bombole verso gli strumenti, è realizzata all'interno di opportune canaline in resina autoestingente specificatamente identificate (CEI 23-32). Tra il distributore ed ogni strumento è interposto un filtro in teflon, del diametro di 47 mm e granulometri 0.5 µm, racchiuso in un opportuno contenitore facilmente ispezionabile, per assicurare la completa eliminazione della polvere e di eventuali corpi estranei dal campione di misura.

Sistema di scarico gas

Lo scarico del sistema di campionamento dell'aria avviene direttamente a valle della pompa di aspirazione. Il sistema di espulsione degli exhaust degli strumenti viene realizzato con apposito collettore in PVC (diametro 2") di raccolta e scarico gas a sottopavimento stazione.

Analizzatori di inquinanti gassosi

Si riporta di seguito la dettagliata descrizione di tutte le apparecchiature analitiche installate all'interno della singola stazione di analisi:

- Nr. 1 Analizzatore automatico in continuo di Anidride Solforosa (SO₂);
- Nr. 1 Analizzatore automatico in continuo di Monossido di Carbonio (CO);
- Nr. 1 Analizzatore automatico in continuo di Ozono (O₃);
- Nr. 1 Analizzatore automatico in continuo di Ossidi di Azoto (NO, NO_x, NO₂);
- Nr. 1 Analizzatore automatico in continuo di BTEX;
- Nr. 1 Misuratore automatico in continuo di particolato PM₁₀ / PM_{2.5} / PTS;

- Nr. 1 Stazione Meteo;
- Sistema di campionamento gravimetrico sequenziale per successive analisi di laboratorio di due (in parallelo) dei seguenti parametri: PM10, PM2.5 e PTS.

Analizzatore di Anidride Solforosa THERMO ELECTRON 43i

L'analizzatore di SO₂, mod. Thermo Electron 43i, è uno strumento analitico per la misura, in continuo e in tempo reale, delle concentrazioni di anidride solforosa in aria ambiente. L'analizzatore opera in conformità al metodo di riferimento per l'analisi dell'SO₂ indicato nell'Allegato VI. Sezione A punto 1 del D.Lgs. 155 del 13/08/2010 e s.m.i. [UNI EN 14212:2005 "Qualità dell'aria ambiente. Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di diossido di zolfo mediante fluorescenza ultravioletta"].



La tecnica di misura si basa sull'eccitazione con radiazioni UV pulsate, ad una lunghezza d'onda di 214 nm, delle molecole di SO₂ e sull'emissione, nel momento in cui queste tornano al loro stato iniziale di energia, di una radiazione fluorescente di intensità direttamente proporzionale alla concentrazione di biossido di zolfo. L'analizzatore è dotato di un sistema interno che permette di ottenere una risposta proporzionale alla concentrazione di anidride solforosa presente nel campione da analizzare.

Oltre alle normali uscite analogiche e seriali, l'analizzatore 43i è predisposto per una connessione di tipo Ethernet che garantisce un efficiente accesso remoto nel caso in cui l'utilizzatore voglia interfacciarsi direttamente con lo strumento da una postazione remota.

L'analizzatore mod. Thermo Electron 43i è conforme alle Direttive CEE:

- "Bassa Tensione" n. 73/23 e successive modifiche (n. 93/68);
- "Compatibilità elettromagnetica" n. 89/336 e successive modifiche (n. 92/31 e n. 93/68) ed è costruito a regola d'arte secondo le norme CEI 64-8, CEI 16-2, CEI 16-3.

L'analizzatore è inoltre dotato delle seguenti approvazioni e certificazioni:

- Approvazione US-EPA;
- Certificazione TUV di qualità;
- Certificazione TUV di conformità alla EN 14212:2005.

Analizzatore di Monossido di Carbonio THERMO ELECTRON 48i

L'analizzatore di CO, mod. Thermo Electron 48i, è uno strumento analitico per la misura, in continuo e in tempo reale, delle concentrazioni di monossido di carbonio in aria ambiente. L'analizzatore opera in conformità al metodo di riferimento indicato nell'Allegato VI – Sezione



A punto 7 del D.Lgs. 155 del 13/08/2010 e s.m.i. [UNI EN 14226:2005 “Qualità dell’aria ambiente. Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di monossido di carbonio mediante spettroscopia a raggi infrarossi non dispersiva”].

La tecnica di misura si basa sull’assorbimento da parte delle molecole di CO di radiazioni IR alla lunghezza d’onda di 4,6 microns. L’analizzatore è dotato di un sistema interno che permette di ottenere una risposta lineare e proporzionale alla concentrazione di monossido di carbonio presente nel campione da analizzare. Il modello proposto utilizza una curva di calibrazione esatta per linearizzare il segnale di uscita dello strumento.

L’analizzatore mod. Thermo Electron 48i è conforme alle Direttive CEE:

- “Bassa Tensione” n. 73/23 e successive modifiche (n. 93/68);
- “Compatibilità elettromagnetica” n. 89/336 e successive modifiche (n. 92/31 e n. 93/68) ed è costruito a regola d’arte secondo le norme CEI 64-8, CEI 16-2, CEI 16-3.

L’analizzatore è inoltre dotato delle seguenti approvazioni:

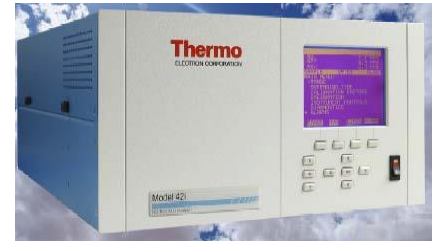
- Approvazione US-EPA;
- Certificazione TUV di conformità alla nuova norma europea EN 14626.



Comune
di Firenze

Analizzatore di Ossidi di Azoto THERMO ELECTRON 42i

L'analizzatore di NO-NO₂-NO_x, modello Thermo Electron 42i, è uno strumento analitico per la misura, in continuo e in tempo reale, delle concentrazioni di monossido di azoto, biossido di azoto e ossidi di azoto totali in aria ambiente.



L'analizzatore opera in conformità al metodo di riferimento

indicato nell'Allegato VI Sezione A punto 2 del D.Lgs. 155 del 13/08/2010 [UNI EN 14211:2005 "Qualità dell'aria ambiente. Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di diossido di azoto e monossido di azoto mediante chemiluminescenza"]. L'analizzatore a chemiluminescenza utilizza una singola camera di reazione, un singolo fotomoltiplicatore che ciclicamente permette di effettuare la misura dell'NO e dell'NO_x.

L'analizzatore proposto è dotato di uscite indipendenti per la misura delle concentrazioni di NO, NO₂ e NO_x e ciascun inquinante gassoso può essere calibrato separatamente. Lo strumento può misurare in modo continuativo la quantità di NO o NO_x con un tempo di campionamento inferiore ai 5 secondi.

L'analizzatore mod. Thermo Electron 42i è conforme alle Direttive CEE:

- "Bassa Tensione" n. 73/23 e successive modifiche (n. 93/68)
- "Compatibilità elettromagnetica" n. 89/336 e successive modifiche (n. 92/31 e n. 93/68) ed è costruito a regola d'arte secondo le norme: CEI 64-8, CEI 16-2, CEI 16-3.

L'analizzatore è inoltre dotato delle seguenti approvazioni:

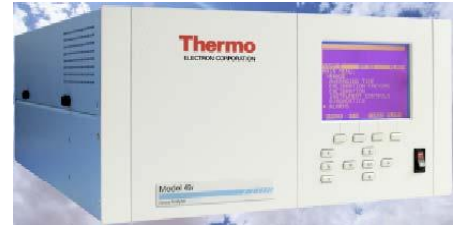
- Approvazione US-EPA.
- Certificazione TUV di conformità alla norma europea EN 14211.

Analizzatore di ozono a doppia cella di misura THERMO ELECTRON MODELLO 49i



Comune
di Firenze

L'analizzatore di O₃, mod. Thermo Electron 49i, è uno strumento analitico a doppia camera di reazione per la misura, in continuo e in tempo reale, delle concentrazioni di ozono in aria ambiente.



L'analizzatore opera in conformità al metodo di riferimento indicato nell'allegato III del D.M. 16 maggio 1996 [Metodo dell'assorbimento UV] e Allegato VI - Sezione A punto 8 del D.lgs 155 del 13/08/2010 [UNI EN 14225:2005 "Qualità dell'aria ambiente. Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di ozono mediante fotometria ultravioletta"].

La tecnica di misura si basa sull'assorbimento da parte delle molecole di ozono di radiazioni UV alla lunghezza d'onda di 254 nm. La conseguente variazione dell'intensità della luce è direttamente correlata alla concentrazione di ozono presente nel gas campione e tale concentrazione viene calcolata sulla base della legge di Lambert-Beer.

L'analizzatore TE49i è conforme alle Direttive CEE:

- "Bassa Tensione" n. 73/23 e successive modifiche (n. 93/68);
- "Compatibilità elettromagnetica" n. 89/336 e successive modifiche (n. 92/31 e n. 93/68);

ed è costruito a regola d'arte secondo le norme CEI 64-8, CEI 16-2, CEI 16-3. L'analizzatore è inoltre dotato delle seguenti approvazioni:

- Approvazione US-EPA;
- Certificazione TUV di conformità alla nuova norma europea EN 14625.

Analizzatore di BTX

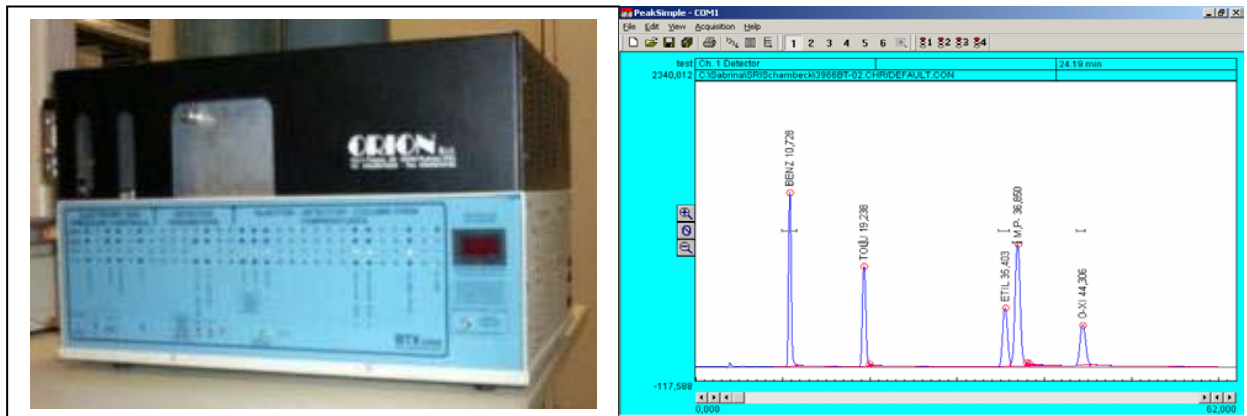
Il gascromatografo proposto è il modello BTX2000. L'analizzatore, che installa un detector PID, è stato fatto testare e certificare dal CNR – Istituto Inquinamento Atmosferico, come macchina idonea alla determinazione dei BTX in atmosfera secondo quanto prescritto dal D.M. 159 del



Comune
di Firenze

25/11/94 e dall'attuale DM nr. 60 del 02/04/02.

L'analizzatore BTX 2000 è un gascromatografo specificamente configurato per l'analisi di BTX ed altre sostanze organiche aromatiche (benzene, toluene, etilbenzene, m- e p-xilene, o-xilene). Il principio di funzionamento di questo analizzatore si basa sulla tecnica dell'arricchimento su trappola e successiva analisi gascromatografica mediante rivelazione a fotoionizzazione.



Il principio di misura si basa sull'analisi di idrocarburi quali Benzene, Toluene, etilbenzene e o,m,p-xilene (BTEX), tramite arricchimento su trappola (Tenax), desorbimento termico, analisi con colonna capillare da 30 metri dedicata alla specifica applicazione e detector PID ad alta sensibilità (0,3 µg/m³ di benzene).

Analizzatore di particolato fine sospeso

L'analizzatore SHARP 5030 (Synchronized Hybrid Ambient Real-time Particulate) è un analizzatore di particolato atmosferico di tipo ibrido (nefelometro/radiazioni beta), in grado di fornire misure in tempo reale di elevata precisione ed accuratezza anche nel caso di concentrazioni prossime alle soglie di rilevabilità.



Comune
di Firenze

Lo strumento è in grado di assicurare elevate prestazioni nella misura in tempo reale di PM₁₀, PM_{2.5} e PM₁ grazie ad un innovativo metodo che impiega la misura contemporanea della concentrazione istantanea di polveri, attuata mediante un nefelometro di elevata sensibilità e dinamica, e della massa di quest'ultime mediante un sensore ad attenuazione dei raggi beta, meno sensibile ed accurato alle basse concentrazioni, ma più stabile nella misura di concentrazioni nel lungo termine.

La misura dell'attenuazione beta garantisce che la misura in tempo reale del nefelometro non venga inficiata da variazioni di popolazione del particolato.

L'integrazione dei due metodi genera una nuova misura definita "ibrida"

frutto della correlazione costruttiva delle due misure componenti superandone i limiti sistematici di cui sono affette singolarmente.

L'analizzatore Thermo Scientific Sharp 5030, sulle basi dei Test stagionali effettuati dall'istituto TUV tedesco (TÜV-Report: 936/21203481/A del 06/12/2006), è stato dichiarato dall'UBA (Umwelt Bundes Amt) tedesco, quale strumento equivalente ai sensi della Direttiva comunitaria 99/30 (EC). Il metodo di riferimento per il campionamento e la misurazione del PM₁₀ è quello descritto nella norma EN 12341 "Air quality - Determination of the PM₁₀ fraction of suspended particulate matter Reference method and field test procedure to demonstrate reference equivalence of measurement methods" recepito nel nostro paese attraverso il D.M. 60/2002 e D.LGS 155/2010 del 13/08/2010.

Lo strumento oltre ad essere certificato (TUV Report:936/21203481/A del 06/12/2006) per la misura dei PM₁₀ secondo la normativa EN12341 recepita in Italia attraverso il D.M. 60 del 2 aprile 2002 e D.LGS 155/2010 dispone anche della certificazione europea emessa dallo stesso UBA (TUV-Report 936/21203481/B del 06/12/2006) per la misura dei PM_{2.5} in conformità





Comune
di Firenze

alla normativa EN14907 recepita dal nostro paese sempre attraverso il nuovo D.LGS 155/2010.

Modulo sequenziale per polveri Tecora Sentinel PM

Il modulo SENTINEL PM, abbinato al campionatore atmosferico Charlie, consente la raccolta automatica sequenziale del particolato atmosferico su membrane filtranti di diametro 47 mm, contenute in apposite cassette portafiltro.

L'autonomia di 16 filtri e la particolare realizzazione del sistema di movimentazione, permettono di recuperare e rimpiazzare i filtri senza interrompere il campionamento, quindi senza il vincolo di eseguire l'operazione in tempi predeterminati.

Il percorso rettilineo del tubo di aspirazione e la separazione della zona di permanenza dei filtri da fonti di calore interne o radianti, consente di raccogliere e mantenere l'integrità dei campioni.

Il modulo sequenziale è realizzato in un contenitore speciale con efficiente sistema di coibentazione e ventilazione, regolati automaticamente per mantenere la temperatura dei filtri all'interno dell'armadietto ad una temperatura il più possibile non superiore a 5°C rispetto a quella del luogo di installazione.

La modularità delle teste di prelievo consente di scegliere la frazione del particolato da raccogliere sul filtro, nel caso in esame PM10, in accordo al metodo EN 12341 riconosciuta come metodo di riferimento per il campionamento del PM10 dal D.Lgs. 155/2010 e s.m.i..





Comune
di Firenze

Campionatore sequenziale portatile Charlie HV

Campionatore con controllo elettronico del flusso, in grado di corrispondere ai metodi accreditati di campionamento atmosferico del particolato e di supportare il SENTINEL PM per i campionamenti automatico sequenziale delle polveri. Modulo pompa

stand-alone con microprocessore per comando Unità Sequenziale completa di sensore pressione assoluta e pressione differenziale, sensore di temperatura esterna (dato visualizzato solo su display, non acquisito), mass-flowmeter, display, tastiera, uscita seriale per scarico dei seguenti dati:

- Data e ora di inizio campionamento
- Data e ora di fine campionamento
- Data e ora dell'inizio del singolo campionamento (per ciascun filtro)
- Data e ora della fine del singolo campionamento (per ciascun filtro)
- Indicazione della portata media normalizzata a 25°C, 101.3 KPa
- Tempo totale di campionamento
- Volume totale campionato normalizzato
- Massimo ΔP durante il campionamento

Teste PM10/2,5/1 EN LVS



Conforme alla norma EN 12341:
SOLO PM10 flusso 2.3 m³/h
Cod. AA99-010-0020SP
PM10 flusso 1 m³/h

Analisi di Laboratorio su filtri collezionati mediante metodo gravimetrico

I filtri a membrana sono stati forniti etichettati, pesati e pronti per l'uso dal nostro laboratorio Ambiente spa accreditato ACCREDIA ("Ente Italiano di Accreditamento"). La taratura dei filtri viene svolta con le seguenti modalità:

- si contrassegna sul margine ogni filtro avendo cura di non oltrepassare di 5 mm il bordo

esterno;

- i filtri contrassegnati vengono condizionati prima di effettuare le pesate (precampionamento) a temperatura di 20°C per un tempo di condizionamento non inferiore alle 48 ore ed umidità relativa pari al $50 \pm 5\%$;
- i filtri così condizionati vengono pesati con bilancia analitica di sensibilità 0.001 mg e conservati negli appositi contenitori etichettati.

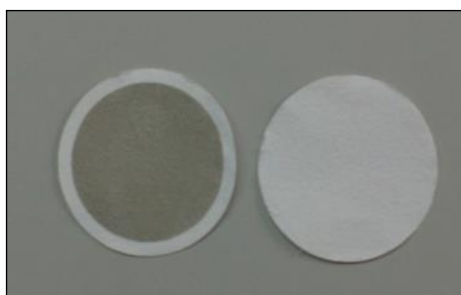


Figura 3 - filtro campionato (a sinistra) e filtro bianco (a destra)

La portata della pompa aspirante viene regolata per mezzo di flussimetro ai valori richiesti, compresi tra 15 e 20 l/min. Il misuratore volumetrico è tarato dalla casa costruttrice nell'ambito delle portate di prelevamento in modo che l'errore di misura non superi il 2%. Le fasi successive al campionamento, consistenti nella determinazione gravimetrica del campione con l'impiego di bilancia analitica condizionamento da laboratorio, vengono svolte dal nostro stesso laboratorio certificato che fornisce i filtri a membrana. Il livello medio giornaliero di polveri è dato dalla determinazione della massa gravimetrica, ricavata dalla differenza tra il peso iniziale del filtro bianco e quello dopo il campionamento, divisa per il volume normalizzato.



Comune
di Firenze

Infine, in seguito alle pesate dei filtri campionati, sui filtri che hanno raccolto PM₁₀ verrà anche determinata la concentrazione di benzo(a)pirene. Gli IPA sono estratti dal campione e analizzati mediante gascromatografia con rilevazione spettrometrica di massa (GC / MS). Il metodo è applicabile per la misurazione del B(a)P nell'intervallo di concentrazione da circa 0,04 a circa ng/m³ 20 ng/m³.



Lo strumento utilizzato dal laboratorio è il gascromatografo a spettrometria di massa GC7890 MSD5975C della Agilent Technologies SpA.

Dopo la separazione in colonna capillare, gli IPA vengono rilevati da un rilevatore di spettrometria di massa. Gli IPA sono identificati in base allo specifico tempo di ritenzione e dai valori m/z di ioni specifici; l'area di picco e l'altezza del picco sono una misura della concentrazione nel campione.

Stazione meteo

Ogni stazione di monitoraggio è equipaggiata di una completa stazione meteorologica per il monitoraggio in continuo dei seguenti parametri:

- Velocità e direzione del vento
- Temperatura dell'aria
- Umidità relativa dell'aria
- Quantità di precipitazioni atmosferiche
- Pressione atmosferica
- Radiazione solare globale



La stazione di monitoraggio compatta MET 3000 via cavo, realizzata in lega leggera, è composta da quattro elementi fondamentali:

- ISS (Integrated Sensor Suite)
- Palo meteo da 10 metri telescopico ad innalzamento manuale da ancorare alla cabina
- Centralina di acquisizione dei segnali provenienti dai sensori
- Software di acquisizione ed elaborazione dati

L'ISS (Integrated Sensor Suite), racchiude in un unico blocco l'insieme dei sensori esterni che sono:

- Sensore temperatura esterna
- Sensore umidità relativa
- Sensore di velocità vento
- Sensore di direzione vento
- Pluviometro
- Sensore pressione barometrica
- Radiazione globale solare

La centralina di acquisizione è montata all'interno della stazione di monitoraggio ed è, a sua volta, collegata al sistema di acquisizione dati tramite porta seriale RS 232 (o USB). La trasmissione fra i sensori e la centralina d'acquisizione del segnale avviene in continuo via cavo.

Sono stati inoltre determinati i parametri meteorologici (direzione e velocità vento, temperatura atmosferica, umidità relativa, pressione atmosferica, radiazione solare, precipitazioni).

9.5.2 POSTAZIONI TIPO "SKYPOST" PER CAMPIONAMENTO GRAVIMETRICO DELLE POLVERI

Per l'esecuzione dei campionamenti gravimetrici di polveri previsti dalle tipologie di POL si utilizzeranno campionatori sequenziali semiautomatici gravimetrici (tipo Tecora), con taglio sul diametro dinamico del particolato sospeso (PTS, PM10), attraverso l'utilizzo di teste di campionamento US EPA, che consentono la raccolta delle particelle delle



dimensioni desiderate, indipendentemente dalla velocità del vento.

Il principio del metodo consiste nell'aspirare l'aria ad un flusso costante attraverso un sistema di ingresso di geometria particolare, in cui il materiale particellare sospeso viene separato inerzialmente in frazioni dimensionali definite e raccolto su filtri, condizionati e pesati precedentemente.

Generalmente tali postazioni sono dotate di campionatore sequenziale contenente al suo interno un certo numero di filtri (già condizionati e pesati) e programmabile in modo tale da sostituire, con la cadenza programmata (24 ore a partire dalle ore 24.00), i filtri e coprire l'intero periodo di monitoraggio.



Figura 4 – Postazione di campionamento gravimetrico sequenziale delle polveri

Nel caso in cui si facesse utilizzo di strumentazione priva di campionatore sequenziale con deposito filtri, sarà cura dell'esecutore del monitoraggio provvedere manualmente alla sostituzione dei filtri (che dovrà necessariamente avvenire alle ore 24.00).

Il valore delle polveri è dato dalla determinazione della massa gravimetrica, ricavata dalla differenza tra il peso iniziale del filtro bianco e quello dopo il campionamento, divisa per il volume normalizzato.



La strumentazione che viene utilizzata deve rispondere alle caratteristiche previste dalla normativa vigente. Anche per le altezze dei prelievi sono fornite indicazioni nazionali.

9.5.3 CAMPIONATORI PASSIVI A DIFFUSIONE (TIPO “RADIELLO”)

Nel caso in cui i BTX venissero determinati sotto forma di valore medio settimanale, si prevede di integrare la postazione mobile (in tal caso priva di analizzatore in continuo dei BTX) con l'utilizzo di n.1 postazione attrezzata con campionatore passivo a diffusione (tipo Radiello). La suddetta postazione coinciderà con quella individuata per il posizionamento del mezzo mobile e la strumentazione verrà installata direttamente sopra al mezzo mobile, in maniera tale da garantire l'omogeneità spaziale e la confrontabilità dei dati rilevati. Il campionatore a diffusione è rappresentato da una scatola chiusa cilindrica nella quale una delle piane è “trasparente” alle molecole gassose e quella opposta le adsorbe (la prima è superficie diffusiva, la seconda superficie adsorbente). Sotto un determinato gradiente di concentrazione, le molecole gassose attraversano la superficie diffusiva diffondendo verso quella adsorbente lungo un percorso parallelo all'asse della scatola. Le sostanze adsorbibili vengono trattenute da quest'ultima superficie in accordo alla legge di Fick.

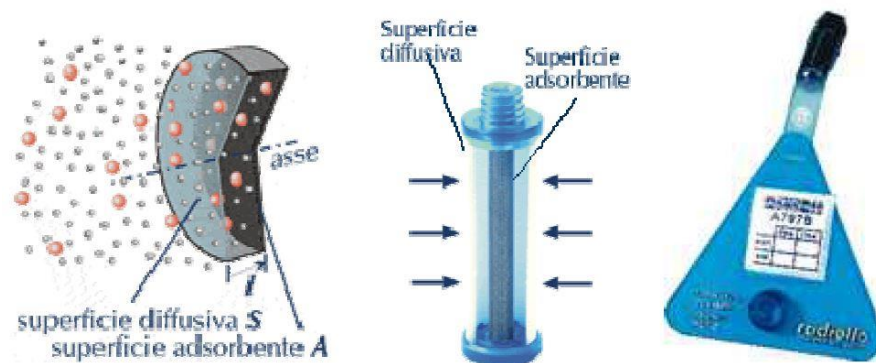


Figura 5 – Campionatori passivi a diffusione (Tipo “Radiello”)

Nel caso specifico si farà uso di cartucce da 5,8 mm di diametro in rete di acciaio inossidabile

e maglia di 100 mesh, riempite con 530 ± 30 mg di carbone attivo 35-50 mesh. I composti organici volatili saranno captati per adsorbimento, recuperati con solfuro di carbonio e analizzati in gascromatografia capillare con rivelatore FID.

Il limite di rilevabilità in seguito ad esposizione di 7 giorni è, in generale, compreso fra 0,05 e 1 $\mu\text{g}/\text{mc}$, secondo il composto. In ambienti esterni, l'elevato valore della portata equivalente di radiello permette limiti di rilevabilità molto bassi anche per esposizioni relativamente brevi. Ad esempio, è possibile dosare il benzene a concentrazione di 2 $\mu\text{g}/\text{mc}$ con un errore non superiore al 4% in seguito ad esposizione di 8 ore. Il limite si abbassa a 0,1 $\mu\text{g}/\text{mc}$ per esposizione di 7 giorni, considerata la durata di esposizione ottimale: per tale motivo si propone anche all'interno della presente offerta tale esposizione (durata settimanale).

9.6 FREQUENZA E PERIODICITÀ DEL MONITORAGGIO

La componente “atmosfera” verrà monitorata nelle fasi di ante operam (AO), di corso d'opera (CO) e di post operam (PO).

- Ante operam, in modo da fornire il quadro sulla qualità dell'aria e sul meteoclima nell'area geografica interessata dai lavori in periodo antecedente all'avvio dei cantieri;
- Corso d'Opera, con lo scopo di consentire il controllo dell'evoluzione degli indicatori di qualità dell'aria e degli indicatori meteoclimatici influenzati dalle attività di cantiere e dalla movimentazione dei materiali.
- Post Operam, in modo da fornire il quadro sulla qualità dell'aria e sul meteoclima nell'area geografica interessata direttamente o indirettamente dall'entrata in esercizio della nuova Linea tramviaria di Firenze.

Con particolare riferimento alla fase di Post Operam, il monitoraggio è finalizzato a valutare la qualità dell'aria una volta entrata in esercizio l'opera di progetto e alla valutazione della

variazione, rispetto alla fase ante operam, dell'inquinamento dovuto al traffico veicolare. Non si prevedono, infatti, impatti negativi a carico della componente atmosfera in fase di esercizio dovuti alla sola opera tramviaria, dato che le opere e i mezzi di locomozione non rappresenteranno sorgenti emmissive.

La durata temporale delle fasi di monitoraggio sarà la seguente:

- fase AO: 6 mesi;
- fase CO: durata effettiva delle lavorazioni previste in funzione del cantiere, pari a 30 mesi;
- Fase PO: 6 mesi.

Nella fase di Ante Operam è prevista l'esecuzione di n.2 postazioni di monitoraggio di tipo ATM nei punti individuati, identici per l'Ante Operam, per il Corso d'Opera e per il Post Operam.

Nella fase di Corso d'Opera verranno effettuati inoltre i campionamenti della durata di 15 giorni per la tipologia POL, in ulteriori 4 postazioni di misura.

Le misurazioni ATM e POL saranno effettuate con cadenza trimestrale per tutta la durata delle lavorazioni previste nello specifico cantiere, cercando (laddove possibile) di effettuare il monitoraggio, per ciascun trimestre, in corrispondenza del periodo di maggiore sovrapposizione delle attività di cantiere, come indicato nel cronoprogramma delle lavorazioni, ovvero in corrispondenza delle singole lavorazioni "di massimo impatto" o in caso di necessità su indicazione da parte degli Enti.

Per la localizzazione dei punti di monitoraggio nelle fasi di Ante Operam, Corso d'Opera e Post Operam, è stato considerato, come criterio fondamentale la presenza, nelle zone individuate, di ricettori, specie se sensibili (che nel caso in esame corrispondono esclusivamente ad edifici quali scuole od università), in prossimità del tracciato.

L'indicazione dell'ubicazione e della tipologia di misurazioni sulla componente Atmosfera sarà restituita con dettaglio all'interno dell'apposito elaborato grafico B382-SF-AMB-CO001A



Comune
di Firenze

“Planimetria di localizzazione dei punti di monitoraggio”, parte integrante del presente Piano di Monitoraggio Ambientale.

Si riporta di seguito una tabella riepilogativa dei punti di monitoraggio previsti per il monitoraggio della componente atmosfera:

Denominazione	Localizzazione	Parametri rilevati	Frequenza monitoraggio	Durata campagna di monitoraggio	Fase del monitoraggio
ATM1	Ricettore sensibile 14 Scuola dell'infanzia "Luigi Capuana"	CO, NOx, NO, NO2, PM10, PM2,5, SO2, O3, BTX, meteo + metalli	Trimestrale	15 gg	AO, CO, PO
ATM2	Ricettore sensibile 113 Scuola dell'infanzia "H.C.Andersen",	CO, NOx, NO, NO2, PM10, PM2,5, SO2, O3, BTX, meteo + metalli	Trimestrale	15 gg	AO, CO, PO
POL1	Ricettore residenziale Via Lazio	PM10, PM2,5	Trimestrale	15 gg	CO
POL2	Ricettore residenziale Via Pistoiese	PM10, PM2,5	Trimestrale	15 gg	CO
POL3	Ricettore residenziale Via Pistoiese	PM10, PM2,5	Trimestrale	15 gg	CO
POL4	Ricettore residenziale Via Ghirlandaio	PM10, PM2,5	Trimestrale	15 gg	CO

10. COMPONENTE RUMORE

10.1 GENERALITÀ

Il controllo del rumore nelle aree interessate dal progetto si configura:

- nella fase di monitoraggio ante operam (AO), come strumento di conoscenza dello stato attuale dell'ambiente finalizzato alla verifica degli attuali livelli di qualità, al rispetto dei limiti normativi e al controllo delle situazioni di eventuale degrado in corrispondenza di aree e punti relativi al tracciato tranviario, alle aree e alle viabilità di cantiere, alle viabilità cittadine maggiormente interessate dalle interazioni cantieri – traffico urbano;
- nella fase di corso d'opera (CO), come strumento operativo di controllo della dinamica degli indicatori di riferimento e dell'efficacia delle opere di mitigazione eventualmente presenti per i cantieri, sia in termini di azioni preventive che di azioni correttive;
- nella fase di post operam (PO) come strumento di effettiva verifica delle prestazioni tecniche di progetto previste per la futura Linea tranviaria, di accertamento del rispetto dei limiti normativi, di verifica degli effetti positivi sul rumore da traffico veicolare prodotti dall'esercizio della nuova infrastruttura e dell'efficacia degli interventi di mitigazione previsti presso taluni ricettori sensibili.

I criteri generali per la scelta delle aree e delle sezioni di monitoraggio si basano sull'individuazione di:

- aree attraversate dall'infrastruttura già ora “sofferenti”;
- aree di massima interazione opera-ambiente, con particolare attenzione agli effetti sinergici determinati da differenti sorgenti di rumore presenti sul territorio;
- principali aree abitate direttamente esposte al rumore dei cantieri;
- ricettori particolarmente vulnerabili (scuole, ospedali, case di cura, ecc.) posti in corrispondenza delle aree di cantiere o lungo le viabilità più impattate dal traffico di

cantiere o dagli effetti indiretti dovuti alle interazioni col traffico urbano;

- aree attualmente silenziose per le quali può essere prevista una accentuata dinamica negativa degli indicatori.
- tratti in curva del tracciato limitrofi a ricettori abitativi e/o sensibili.

La principale fase del monitoraggio della componente rumore può senza dubbio considerarsi quella di corso d'opera (CO), dato che proprio nelle fasi di realizzazione dell'opera si verificheranno differenti emissioni di rumore, di tipo continuo (impianti fissi, lavorazioni continue), discontinuo (montaggi, traffico mezzi di trasporto, lavorazioni discontinue) e puntuale. Le principali emissioni dirette e indirette di rumore derivanti dalle attività di corso d'opera (CO) sono attribuibili alle fasi sotto indicate:

- realizzazione del tracciato di progetto;
- esercizio dei cantieri;
- costruzione o adeguamento della viabilità di cantiere;
- movimentazione dei materiali di approvvigionamento ai cantieri;
- movimentazione dei materiali di risulta dalle aree di cantiere;
- attività dei mezzi d'opera nelle aree di deposito;
- esercizio delle aree di deposito.

Al fine di garantire uno svolgimento qualitativamente omogeneo delle misure, la ripetibilità delle stesse e la possibilità di creare un catalogo informatizzato aggiornabile ed integrabile nel tempo, è necessario che le misure vengano svolte con appropriate metodiche.

L'unificazione delle metodiche di monitoraggio e della strumentazione utilizzata per le misure è necessaria per consentire la confrontabilità dei rilievi svolti in tempi diversi, in differenti aree geografiche e ambienti emissivi.

Le metodiche di monitoraggio e la strumentazione impiegata considerano i riferimenti normativi nazionali e gli standard indicati in sede di unificazione nazionale (norme UNI) ed

internazionale (Direttive CEE, norme ISO) e, in assenza di prescrizioni vincolanti, i riferimenti generalmente in uso nella pratica applicativa. Le metodiche di monitoraggio sono inoltre definite in relazione alla variabilità del rumore da caratterizzare e alla attendibilità della stima richiesta nella singola postazione di misura.

10.2 FINALITÀ 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 Piano di Monitoraggio Ambientale avrà lo scopo di esaminare le eventuali variazioni che intervengono nell'ambiente a seguito della realizzazione dell'opera e di valutare se tali variazioni sono imputabili alla costruzione della medesima o al suo futuro esercizio, così da ricercare le azioni correttive che possono ricondurre gli effetti rilevati a dimensioni accettabili.

Per la componente specifica, il monitoraggio nella fase Ante Operam (AO) è finalizzato ai seguenti obiettivi:

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

Le finalità del monitoraggio nella fase di Corso d'Opera (CO) sono le seguenti:

- documentare l'eventuale alterazione, dovuta allo svolgimento delle fasi di realizzazione

dell'opera, dei parametri acustici rilevati nello stato Ante Operam;

- individuare eventuali situazioni critiche che si dovessero verificare nella fase di realizzazione delle opere, allo scopo di prevedere delle modifiche alla pianificazione temporale delle attività del cantiere;
- valutare l'efficienza degli interventi di mitigazione previsti e verificare la necessità di ulteriori interventi a priori non prevedibili;
- verificare il disturbo sui ricettori nelle aree limitrofe alle aree di lavoro ed intervenire tempestivamente con misure idonee durante la fase costruttiva;
- verificare gli effettivi livelli acustici determinati (in maniera diretta e indiretta) dai cantieri, anche in relazione ai valori richiesti e/o concessi in deroga.

Il monitoraggio della fase Post Operam (PO) è finalizzato ai seguenti aspetti:

- confrontare gli indicatori di riferimento acustici misurati in Ante Operam con quanto rilevato in corso di normale esercizio dell'opera (Post Operam), al fine di verificare l'effettivo impatto "positivo" determinato sul rumore da traffico urbano dalla realizzazione della nuova Linea tranviaria;
- verificare il rispetto, da parte della nuova infrastruttura, dei limiti acustici ai quali deve sottostare in base alla normativa di settore applicabile;
- controllare l'efficacia degli interventi di mitigazione acustica realizzati.

A tale proposito, i rilevamenti che verranno effettuati consentiranno di quantificare anche l'efficacia delle opere di mitigazione realizzate e che sono state localizzate sulla base di quanto previsto nell'ambito dello studio acustico.

Il monitoraggio in Corso d'Opera viene previsto allo scopo di rilevare i livelli acustici dovuti alle lavorazioni effettuate nella fase di realizzazione della tratta in progetto e individuare eventuali situazioni critiche (superamento dei limiti normativi) che si dovessero verificare nella fase di realizzazione delle opere, allo scopo di prevedere modifiche alla gestione delle

attività di cantiere e/o di adeguare la conduzione dei lavori.

Il monitoraggio Post Operam viene previsto allo scopo di verificare gli impatti acustici intervenuti nella fase di esercizio dell'intervento in progetto. A tal proposito verrà previsto un piano di monitoraggio da eseguirsi nella fase di collaudo dell'infrastruttura, nel quale saranno eseguite misure strumentali in alcuni punti collocati presso i ricettori, che permetta la realizzazione di un modello previsionale tarato ed aggiornato alla data di entrata in esercizio della linea tranviaria. I risultati del modello consentiranno di valutare il rispetto dei limiti anche presso tutti gli altri ricettori lungo la linea. A seguito di segnalazioni da parte dei cittadini, i punti di monitoraggio previsti potranno essere incrementati, in corrispondenza delle abitazioni il cui clima acustico potrebbe essere influenzato negativamente dalla nuova linea tranviaria.

Apposite postazioni di misura, come specificato in seguito, saranno inoltre predisposte nei tratti in curva del tracciato significativi, per un'opportuna caratterizzazione del rumore in eccesso in questi tratti peculiari della linea.

Le misure acquisiranno gli spettri di rumore per evidenziare le eventuali componenti di tipo tonale, tipiche dello squeal noise e saranno effettuate in facciata dei ricettori a 4 metri di quota dal piano di campagna e a 1 metro dalla facciata stessa, per consentire il confronto diretto dei lavori misurati con i limiti applicabili.

Il monitoraggio dell'opera, nelle sue diverse fasi, è stato programmato al fine di tutelare il territorio e la popolazione residente dalle possibili modificazioni che la costruzione dell'opera ed il successivo esercizio possono comportare in fase di esecuzione delle opere: il sistema di accertamenti predisposto fungerà anche da sensore di allarme.

Si è quindi previsto di rilevare sia il rumore immesso nell'ambiente direttamente dai cantieri operativi e dal fronte di avanzamento lavori, sia il rumore generato dalle variazioni indotte dalle attività di cantierizzazione sul traffico urbano.

L'impatto acustico della fase di cantiere ha caratteristiche di transitorietà, in alcun modo correlate all'inquinamento da rumore prodotto dalla futura infrastruttura. Nelle aree di cantiere sono inoltre presenti numerose sorgenti di rumore, che possono realizzare sinergie di emissione acustica, in corrispondenza del contemporaneo svolgimento di diverse tipologie lavorative.

10.3 DEFINIZIONE DEGLI INDICATORI E DEI PARAMETRI DI MONITORAGGIO

La valutazione della rumorosità ambientale sarà effettuata rilevando il Livello Equivalente Continuo ponderato A espresso in decibel: $L_{eq}(A)$. Tale livello viene ormai universalmente considerato come quello maggiormente in grado di caratterizzare la valutazione del disturbo indotto dal rumore.

Il Livello Equivalente Continuo è infatti adottato nell'ambito della normativa italiana vigente, nelle raccomandazioni internazionali ISO n.1996 sui disturbi arrecati alle popolazioni, e nelle normative di vari paesi europei.

Dal punto di vista acustico il L_{eq} costituisce un indice dell'effetto globale di disturbo dovuto ad una sequenza di rumore compresa entro un dato intervallo di tempo, consentendo in tal modo di valutare l'energia totale eccitata dal soggetto.

Il Livello Equivalente Continuo è definito attraverso la seguente relazione:

$$L_{eq} = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{T} \int_0^T \frac{P_a^2(t)}{P_o^2} dt \right) \text{ dB(A)}$$

dove:

L_{eq} = Livello di pressione acustica equivalente ponderato A, in decibel, determinato per un intervallo di tempo T che inizia all'istante t_1 e termina all'istante t_2 ;

P_a = Pressione acustica efficace del segnale, ponderata secondo il filtro A;

P_o = Pressione acustica di riferimento pari a 20 microPascal.

Allo scopo di definire con maggior dettaglio la situazione acustica delle aree di indagine e valutare

la variabilità del rumore, si è ritenuto opportuno inserire il rilevamento dei i livelli statistici L1, L5, L50, L95 e L99 che rappresentano, rispettivamente, degli indici dei valori di picco e dei valori della rumorosità di fondo.

- L1 Livello di rumore superato per l'1% del tempo;
- L10 Livello di rumore superato per il 10% del tempo;
- L50 Livello di rumore superato per il 50% del tempo;
- L95 Livello di rumore superato per il 95% del tempo;
- L99 Livello di rumore superato per il 99% del tempo.
- Nel corso delle rilevazioni fonometriche saranno inoltre rilevati altri livelli sonori rappresentativi delle caratteristiche del clima acustico dei bacini di indagine, vale a dire:
- L_{min} Livello minimo RMS misurato nell'intervallo di tempo;
- L_{max} Livello massimo RMS misurato nell'intervallo di tempo.

I principali parametri acquisiti e/o elaborati saranno:

- Andamento temporale del LA_{eq} , con tempo d'integrazione pari a 1 minuto;
- LA_{eq} nel periodo di massimo disturbo;
- LA_{eq} con tempo d'integrazione di un'ora;
- LA_{eq} orario sulle 24 ore;
- Livelli statistici cumulativi L1, L10, L50, L95, L99;
- L_{min} , L_{max} ;
- LA_{eq} sul periodo diurno (06-22);
- LA_{eq} sul periodo notturno (22-06);
- time history delle eccedenze ovvero dei superamenti della soglia posta a 70 dB(A)

da restituirsi in maniera differente a seconda della tipologia di misura eseguita.

L'accordo procedimentale del 1999 prevede inoltre l'individuazione di soglie di attenzione e di

intervento in relazione ai dati rilevati dal monitoraggio ambientale. Le soglie di monitoraggio individuate relative alla componente rumore sono descritte nella seguente tabella:

Tipo	Metodo di calcolo	Azioni correttive
Soglia di attenzione	Rumore di cantiere = valore limite normativo o autorizzato in deroga – 2dB	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Comunicazione all'OA e Supporto tecnico del risultato della misura ▪ Richiesta al Contraente Generale di operare con cautela
Soglia di intervento	Rumore di cantiere = valore limite normativo o autorizzato in deroga	<ul style="list-style-type: none"> ▪ entro 3gg comunicazione all'Osservatorio Ambientale e al Supporto Tecnico dei risultati della misura e delle possibili cause del superamento ▪ Contestuale comunicazione al Contraente Generale con richiesta delle cause e degli interventi da porre in atto per rientrare nei limiti, CG che deve rispondere entro 3 gg. ▪ Entro 3gg dalla comunicazione all'OA e SUT, esecuzione di nuova misura. Se da questa risultano ancora superamenti, l'OA si può riunire in seduta straordinaria per verificare le misure da adottare

Per le lavorazioni in periodo notturno, in corrispondenza degli eventuali superamenti dei limiti normativi, si dovranno interrompere le lavorazioni che determinano tale circostanza; queste lavorazioni potranno quindi riprendere solamente dopo aver individuato gli idonei accorgimenti correttivi per ripristinare il clima acustico a norma di legge. Ciò potrà avvenire, comunque, solamente dopo aver effettuato una misura di collaudo acustico.

Nel caso che dall'esito delle misurazioni emergano superamenti dei limiti normativi (autorizzazione in deroga o DPCM 14/11/97), il soggetto titolare dell'attività di monitoraggio dovrà darne immediata comunicazione agli Enti Pubblici interessati in modo che essi possano intervenire per quanto di loro competenza ad evitare danni ambientali.

Inoltre, al superamento dei limiti previsti in periodo diurno, dovrà essere fornita entro tre giorni dai rilievi una nota informativa con la quale il responsabile dell'attività individua le modalità ed i tempi da lui previsti per rientrare nei termini previsti dai limiti normativi (indirizzata all'Ufficio Ambiente del Comune e all'ARPAT). La ripresa delle lavorazioni dovrà essere preceduta dalle misure di collaudo.

10.4 TIPOLOGIE DI MISURAZIONI

Al fine del raggiungimento degli obiettivi sopra esposti, vengono previste le seguenti postazioni di misura:

- Misure di 24 ore (RUMG), postazioni semi-fisse parzialmente assistite da operatore (ante operam e post operam/collaudo);
- Misure di 24 ore (RUMC), postazioni semi-fisse parzialmente assistite da operatore, per rilievi delle attività di cantiere (corso d' operam);
- Misure di 7 giorni (RUMS), postazioni fisse non assistite da operatore, per rilievi di traffico veicolare (ante e post operam);
- Misure di breve periodo (RUL) postazioni presidiate per controllo periodico rumorosità di cantiere.

Si descrivono ora nel dettaglio le tipologie di misura previste:

RUMG – misure di 24 ore con postazione semi-fissa

Le postazioni di monitoraggio individuate hanno come finalità quelle di fornire un quadro completo, dal punto di vista delle emissioni acustiche, delle caratteristiche dell'ambiente

naturale ed antropico prima dell'apertura dei cantieri e della fase di collaudo ed esercizio dell'infrastruttura e garantire un'opportuna caratterizzazione del rumore in eccesso nei tratti in curva del tracciato; le misure sono inoltre volte a verificare che, una volta entrata in esercizio l'opera tramviaria, l'attivazione degli impianti e dei macchinari previsti, consenta il rispetto dei limiti di rumorosità fissati (DPCM 14/11/97). Le misure di questa tipologia sono quindi previste per le fasi di ante e post operam e, in particolare per quest'ultima fase, costituiscono anche misure di collaudo tese a verificare l'incremento di livello sonoro introdotto dall'attivazione della specifica sorgente in esame ed alla creazione di un modello previsionale tarato ed aggiornato alla data di entrata in esercizio della nuova linea.

La tecnica di monitoraggio consiste nella misura in continuo del rumore per 24 ore consecutive. Il rilievo è effettuato con costante di tempo fast, rete di ponderazione A e documentazione grafica del livello di pressione sonora ogni minuto. I parametri acustici rilevati sono i seguenti:

- livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata A $L_{Aeq,1min}$;
- il livello massimo con costanti di tempo impulse, fast, slow (L_{AImax} , L_{AFmax} , L_{ASmax});
- i livelli statistici L1, L5, L10, L50, L90, L99;

Il livello sonoro continuo equivalente di pressione sonora ponderata A nei periodi di riferimento diurno (6÷22h) e notturno (22÷6h) è ricavato in laboratorio per mascheramento del dominio temporale esterno al periodo considerato.

RUMS – misure di 7 giorni con postazione fissa

Questa metodica di monitoraggio ha come finalità la determinazione dei livelli di rumorosità prodotti dal traffico veicolare ed evidenziare le eventuali differenze tra il clima acustico dovuto a questo, nella situazione attuale ed in quella futura di esercizio.

La tecnica di monitoraggio consiste nella misura in continuo del rumore per 7 giorni consecutivi.

Il rilievo è effettuato con costante di tempo fast, rete di ponderazione A e documentazione grafica del livello di pressione sonora ogni minuto. I parametri acustici rilevati sono i seguenti:

- il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata A $L_{Aeq,1min}$;
- il livello massimo con costanti di tempo impulse, fast, slow (L_{AImax} , L_{AFmax} , L_{ASmax});
- i livelli statistici L1, L10, L50, L90, L99;
- il livello sonoro continuo equivalente di pressione sonora ponderata A nei periodi di riferimento diurno (6÷22h) e notturno (22÷6h) relativamente a ciascun giorno della settimana ed alla settimana stessa (calcolato in fase di analisi).

RUL – misure di breve periodo per controllo acustico periodico delle lavorazioni di cantiere

La metodica di monitoraggio ha la finalità di caratterizzare le emissioni di rumore delle macchine impegnate nelle lavorazioni lungo il fronte di avanzamento dei lavori e nei cantieri. Sono rappresentate da misure di controllo periodiche, assistite da operatore, e vengono distribuite in modo uniforme lungo tutte le aree di cantiere previste, in modo da monitorare la situazione acustica in facciata dei ricettori più esposti al rumore di cantiere, con particolare attenzione ai ricettori sensibili. In particolare, i dati da acquisire devono consentire una stima del livello di potenza acustica, necessario per le elaborazioni analitiche e devono essere effettuate con l'attenzione di collocare i punti di misura in conformità con le richieste della normativa tecnica di settore per la stima dei livelli di potenza acustica delle macchine (UNI EN ISO 3746:1997, UNI EN ISO 3747:2002, UNI EN ISO 9614-1:1997);

Per ogni sorgente esaminata sono previste misure da 30 minuti fronte scavo, assistite da operatore da eseguirsi ogni 15 giorni per tutta la durata del cantiere.

RUMC – misure di 24 ore con postazione semi-fissa per le attività di cantiere

Le postazioni di monitoraggio individuate hanno come finalità quella di monitorare l'attività di cantiere e la rumorosità da essa indotta, durante l'arco di tutte le 24 ore, e nel momento di maggior sovrapposizione delle lavorazioni previste di cantiere.

La tecnica di monitoraggio consiste nella misura in continuo del rumore per 24 ore consecutive. Il rilievo è effettuato con costante di tempo fast, rete di ponderazione A e documentazione

grafica del livello di pressione sonora ogni minuto. I parametri acustici rilevati sono i seguenti:

- livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata A $L_{Aeq,1min}$;
- il livello massimo con costanti di tempo impulse, fast, slow (L_{Amax} , L_{AFmax} , L_{ASmax});
- i livelli statistici L1, L5, L10, L50, L90, L99.

Il livello sonoro continuo equivalente di pressione sonora ponderata A nei periodi di riferimento diurno (6÷22h) e notturno (22÷6h) è ricavato in laboratorio per mascheramento del dominio temporale esterno al periodo considerato.

10.5 STRUMENTAZIONE DI MISURA

Le caratteristiche specifiche della strumentazione e degli apparati dedicati al suo funzionamento devono essere tali da garantire che la misura avvenga in condizioni ottimali: questo implica, oltre alle richieste di aderenza agli standard come fissato dal legislatore, l'utilizzo di tutti quegli accorgimenti che garantiscano al meglio la continuità delle rilevazioni e il funzionamento completamente automatico della misura.

10.5.1 Fonometri, filtri e microfoni

Per il monitoraggio in oggetto saranno impiegati analizzatori in tempo reale (tipo Larson Davis 824 o similari) dotati di preamplificatore e microfono.

Si richiede:

- rispetto della IEC 60651-1993, la IEC 60804-1993, la IEC 1260, la Draft IEC 1672 e la ANSI S1.4-1985;
- misurazione simultanea del livello di pressione sonora con costanti di tempo Fast, Slow ed Impulse, e con ponderazioni in frequenza secondo le curve A, C e LIN (nelle configurazioni ISM, LOG e SSA);
- elevato range dinamico di misura (> 115 dB per ISM e LOG, > 93 dB per SSA);
- correzione di campo per incidenza casuale;

- filtri digitali fino a 20 kHz conformi alla IEC 1260-1995 Classe 1 e ANSI S1.11-1986 Tipo 1-D con linearità dinamica di 85 dB:
 - filtri in banda di ottava da 16 Hz a 16 kHz (11 filtri)
 - filtri in banda di 1/3 di ottava da 12.5 Hz a 20 kHz (33 filtri)
- memorizzazione automatica dei parametri fonometrici, degli Intervalli, dei valori Ln, degli Eventi e della Time History (nel modo LOG);
- acquisizione simultanea della storia fino a 38 parametri fonometrici più lo spettro, con costanti di tempo e ponderazioni in frequenza indipendenti; analisi statistica in frequenza (opzioni SSA + LOG);
- acquisizione fino a 400 spettri al secondo con cattura degli eventi e misura del tempo di decadimento (nel modo RTA);
- analisi a banda fine su 400 linee (nel modo FFT).

Il sistema di misura deve quindi soddisfare le specifiche di cui alla classe 1 delle norme EN 60651/1994 e EN 60804/1994.

Per i monitoraggi non assistiti di lunga durata (o per necessità di misurazioni in continuo) il fonometro dovrà essere incluso in box con protezione e con adeguato sistema di alimentazione (alimentazione esterna da rete pubblica o batteria etc) e internamente batterie ricaricabili di backup che consentano di proseguire il monitoraggio anche in caso di momentanea interruzione dell'alimentazione.

Dovrà quindi essere composto da:

- microfono per esterni, fornito di cuffia antivento/antipioggia e di punta antivolatile;
- sistema di alimentazione di lunga autonomia;
- fonometro integratore con elevata capacità di memorizzazione dei dati rilevati, ampia dinamica e possibilità di rilevare gli eventi che eccedono predeterminate soglie di livello e/o di durata;

- box stagno di contenimento della strumentazione;
- un cavalletto o stativo telescopico;
- un cavo di connessione tra il box che contiene la strumentazione e il microfono.

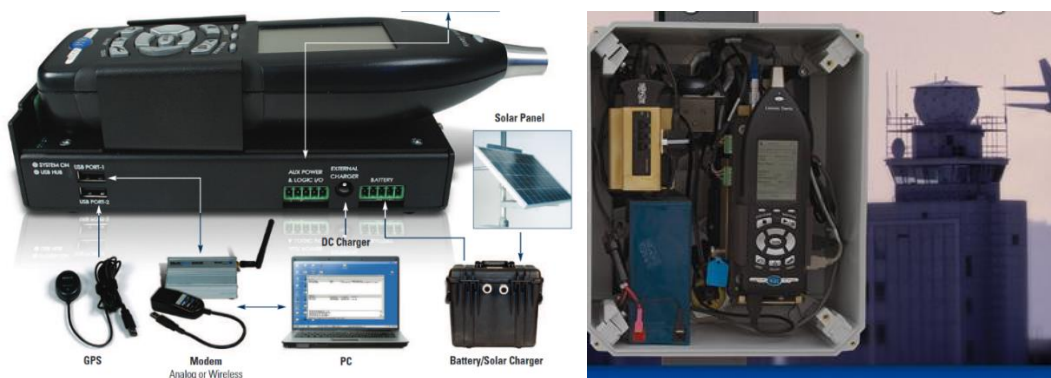


Figura 6 - Esempio di centralina di monitoraggio fonometrico

I fonometri per le misure di lunga durata inoltre dovranno essere dotati di un sistema di trasmissione dei dati in modo da poter inviare giornalmente le informazioni al centro di raccolta e permettere la gestione del set-up da remoto.

10.5.2 CALIBRATORI

La calibrazione della strumentazione sopra descritta verrà effettuata tramite calibratore di livello acustico (modello Larson Davis o equivalente).

Il calibratore acustico produce generalmente un livello sonoro di 94 dB rif. 20 μ Pa a 1 kHz, ha una precisione di calibrazione di ± 0.3 dB a 23°C; ± 0.5 dB da 0 a 50°C ed è alimentato tramite batterie interne (1xIEC 6LF22/9 V). I calibratori dovranno essere conformi alle norme CEI 29-4.

Oltre alla strumentazione per effettuare i rilievi acustici, è necessario disporre di strumentazione portatile a funzionamento automatico per i rilievi dei seguenti parametri meteorologici:

- velocità e direzione del vento;

- umidità relativa;
- temperatura;
- precipitazioni.

10.6 ARTICOLAZIONE ED ESTENSIONE TEMPORALE DELLE ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO

Il progetto di monitoraggio utilizza una serie di metodiche di misura standardizzate in grado di garantire la rispondenza agli obiettivi specifici di conoscenza dell'ambiente sonoro ed una elevata ripetibilità delle misure. Le metodiche di monitoraggio utilizzate nelle tre fasi di Ante-Operam, Corso d'Opera e Post-Operam, sono le seguenti:

- Metodica RUMG e RUMC: Misure di 24 ore, postazioni semi-fisse parzialmente assistite da operatore, da effettuarsi nella fase di ante operam e (AO) e nella fase di post operam (PO) per le postazioni RUMG e nella fase di corso d'opera (CO) per le RUMC, nelle postazioni scelte e in corrispondenza di ricettori sensibili;
- Metodica RUMS: Misure di 7 giorni, postazioni fisse non assistite da operatore, per rilievi di traffico veicolare, da effettuarsi nella fase di ante operam (AO) e post operam (PO).
- Metodica RUL: Misure spot da 30 minuti, assistite da operatore, per la caratterizzazione preventiva delle emissioni di rumore delle macchine impegnate nelle lavorazioni lungo il fronte di avanzamento dei lavori e nei cantieri.

10.7 FREQUENZA E PERIODICITÀ DEL MONITORAGGIO

Le misure del rumore descritte nei precedenti paragrafi saranno eseguite con le frequenze e periodicità in seguito descritte:

- *RUMG*: Saranno eseguite misure della durata di 24 ore, con n.1 campagna nella fase di AO e con n.1 campagna nella fase di PO;
- *RUMC*: Saranno eseguite misure della durata di 24 ore con n.1 campagna nella fase di

CO, ripetute con cadenza mensile;

- *RUMS*: Il monitoraggio degli impatti indiretti legati alle emissioni acustiche del traffico indotto e/o deviato dalle attività di cantiere verrà eseguito mediante misurazioni settimanali con n.1 campagna nella fase di AO e con n.1 campagna nella fase di PO;
- *RUL*: Saranno eseguite misure di 30 minuti da eseguirsi, in fase CO, ogni 15 giorni per tutta la durata del cantiere.

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

Per la localizzazione dei punti di monitoraggio nelle fasi di Ante Operam, Corso d'Opera e Post Operam, è stato considerato, come criterio fondamentale la presenza, nelle zone individuate, di ricettori, specie se sensibili (ospedali, scuole, università), in prossimità del tracciato. Per le misure spot da realizzarsi durante la fase di cantiere, verrà fatta inoltre attenzione al monitoraggio delle lavorazioni più rumorose e/o della maggior contemporaneità di esse. Ulteriore criterio adottato nella scelta delle postazioni dei punti di monitoraggio deriva dalle risultanze delle simulazioni modellistiche effettuate e dalla determinazione della popolazione esposta al rumore.

L'indicazione dell'ubicazione e della tipologia di misurazioni sulla componente rumore sarà restituita con dettaglio all'interno dell'apposito elaborato grafico B382-SF-AMB-CO001A "Planimetria di localizzazione dei punti di monitoraggio", parte integrante del presente Piano di Monitoraggio Ambientale.

Si riporta di seguito una tabella riepilogativa dei punti di monitoraggio previsti per il monitoraggio della componente rumore:

Denominazione	Localizzazione	Frequenza monitoraggio	Durata campagna di monitoraggio	Fase del monitoraggio
RUMG1	Ricettore residenziale Via Lazio	1 volta	24 h	AO, PO
RUMG2	Ricettore sensibile 14 Scuola dell'infanzia "Luigi Capuana"	1 volta	24 h	AO, PO
RUMG3	Ricettore presso tratta in curva Via Pistoiese	1 volta	24 h	AO, PO
RUMG4	Ricettore residenziale Via Pistoiese	1 volta	24 h	AO, PO
RUMG5	Ricettore sensibile 113 Scuola dell'Infanzia "H.C.Andersen",	1 volta	24 h	AO, PO
RUMG6	Ricettore sensibile 114 Scuola Primaria "Fra Ristoro"	1 volta	24 h	AO, PO
RUMG7	Ricettore presso tratta in curva Via Ghirlandaio	1 volta	24 h	AO, PO
RUMC1	Ricettore sensibile 14 Scuola dell'infanzia "Luigi Capuana"	Mensile	24 h	CO
RUMC2	Ricettore sensibile 113 Scuola dell'Infanzia "H.C.Andersen",	Mensile	24 h	CO
RUMC3	Ricettore sensibile 114 Scuola Primaria "Fra Ristoro"	Mensile	24 h	CO
RUMS1	Ricettore residenziale Via Lazio	1 volta	7 giorni	AO, PO



Comune
di Firenze

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA PER L'ESTENSIONE DEL SISTEMA
TRAMVIARIO FIORENTINO NEI COMUNI DI FIRENZE, CAMPI BISENZIO E SESTO FIORENTINO
– FASE C

CIG 70209921E3 - CUP H11E16001130001 + H11I12000010002

LINEA 4.2 – ESTENSIONE PER CAMPI BISENZIO

RUMS2	Ricettore sensibile 141 142, edifici residenziali Scuola Media Statale "Giovanni Verga" Scuola primaria "Vamba"	1 volta	7 giorni	AO, PO
RUMS3	Edifici residenziali Via Palagetta	1 volta	7 giorni	AO, PO
RUL1	Ricettore residenziale Via Lazio	15 giorni	30 minuti	CO
RUL2	Ricettore sensibile 14 Scuola dell'infanzia "Luigi Capuana"	15 giorni	30 minuti	CO
RUL3	Ricettore presso tratta in curva Via Pistoiese	15 giorni	30 minuti	CO
RUL4	Ricettore residenziale Via Pistoiese	15 giorni	30 minuti	CO
RUL5	Ricettore residenziale Via Pistoiese	15 giorni	30 minuti	CO
RUL6	Ricettore residenziale Via Mozza	15 giorni	30 minuti	CO
RUL7	Ricettore residenziale Via Neruda	15 giorni	30 minuti	CO
RUL8	Ricettore sensibile 113 Scuola dell'Infanzia "H.C.Andersen",	15 giorni	30 minuti	CO
RUL9	Ricettore sensibile 114 Scuola Primaria "Fra Ristoro"	15 giorni	30 minuti	CO
RUL10	Ricettore residenziale Via Ghirlandaio	15 giorni	30 minuti	CO

Tabella 7 - Riepilogo punti di monitoraggio rumore

Ogni postazione di misura sarà individuata in un apposito report nel quale saranno riportati:

- nomenclatura del cantiere per le misure di cantiere;
- individuazione del ricettore;
- risultati delle misurazioni;
- rumore attribuibile alla sola attività di cantiere;
- foto del ricettore e della vista sul cantiere dalla postazione di misura;
- annotazione delle lavorazioni in atto e dei macchinari utilizzati.

Gli esiti delle misurazioni saranno inviati, con cadenza trimestrale, all'Ufficio Ambientale del Comune di Firenze e all'ARPAT, per le valutazioni di merito.

10.8 INTERVENTI DI MITIGAZIONE

In caso di superamento dei limiti applicabili, di significativi peggioramenti del clima acustico rispetto allo stato ante operam o di scostamenti peggiorativi rispetto quanto predetto attraverso il modello previsionale, saranno indicate le azioni/opere di mitigazione da intraprendere. All'interno dei contesti maggiormente urbanizzati (come ad esempio all'interno del centro abitato di Campi Bisenzio), qualora si ravvisi l'assenza di spazi adeguati tra la linea tranviaria e i ricettori collocati a ridosso di questa, non sarà possibile l'inserimento di barriere fonoassorbenti. Nel caso in cui pressi i ricettori sensibili si evidenzino dei superamenti si propone quindi, a seguito di una indagine fonometrica presso gli stessi al fine di verificare il grado di superamento, di intervenire tramite sistemi di bonifica, da concordare con il sistema di gestione della linea, da applicarsi direttamente sulla sorgente (corpo rotabile), quali ad esempio lubrificazioni ungiobordo o sistemi di molatura delle rotaie; nel caso in cui i sistemi di mitigazione sulla sorgente non siano praticabili o non comportino miglioramenti significativi, saranno da prevedersi interventi da eseguire direttamente sugli infissi dei ricettori in modo da garantire

all'interno dell'edifici il rispetto della classe acustica assegnata.

In relazione ad altri ricettori in cui potrebbero rilevarsi superamenti e gli spazi risultare adeguati, si ricordano le caratteristiche delle barriere fonoassorbenti. L'obiettivo di uno schermo artificiale è quello di creare una zona dove la pressione acustica è ridotta e dove la zona d'ombra sia la più grande possibile inoltre le onde acustiche riflesse o irradiate direttamente dalla barriera, non devono perturbare questa zona. In ogni caso, considerando le varie limitazioni imposte dalla fisicità del problema, si vede come l'efficacia delle barriere riesca a raggiungere, nelle condizioni più favorevoli valori tra 8 e 12 dB(A), caso in cui il ricettore risulta essere in completa ombra acustica rispetto la sorgente con un evidente incremento di efficacia in presenza di edifici molto vicini alla sede stradale, tranviaria e presso i piani inferiori delle strutture edilizie. L'effetto di una barriera acustica è condizionato dalla minimizzazione dell'energia acustica che, come noto, schematicamente si propaga attraverso:

- l'onda diretta, che, se la barriera non è sufficientemente dimensionata, giunge in corrispondenza del ricettore senza essere condizionata da ostacoli;
- l'onda che giunge al ricettore dopo essere stata diffratta dal bordo superiore della barriera;
- l'onda diffratta dal bordo superiore della barriera, riflessa dal suolo e quindi diretta verso il ricettore;
- l'onda che si riflette tra la barriera e i veicoli;
- l'onda che giunge al ricettore per trasmissione attraverso i pannelli che compongono la barriera;
- l'onda riflessa sulla pavimentazione stradale, diffratta dal bordo superiore della barriera e quindi diretta verso il ricettore;
- l'onda assorbita.



Comune
di Firenze

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA PER L'ESTENSIONE DEL SISTEMA
TRAMVIARIO FIORENTINO NEI COMUNI DI FIRENZE, CAMPI BISENZIO E SESTO FIORENTINO
– FASE C

CIG 70209921E3 - CUP H11E16001130001 + H11I12000010002

LINEA 4.2 – ESTENSIONE PER CAMPI BISENZIO

L'effetto protettivo delle barriere è dunque fortemente connesso alla loro altezza, all'altezza dell'edificio che si vuole proteggere e alla posizione relativa rispetto all'asse tramviario. Altrettanto fondamentale è la scelta del materiale, delle caratteristiche acustiche e delle soluzioni costruttive adottate, elementi quest'ultimi che incidono notevolmente anche sui requisiti minimi in ambito della sicurezza (utilizzo di materiali non pericolosi sia in caso di urto che di incendio, realizzati in modo barriere resistenti alla pressione del vento e costruzione delle fondazioni secondo la localizzazione).

11. COMPONENTE VIBRAZIONI

11.1 GENERALITÀ

Il monitoraggio delle vibrazioni ha lo scopo di definire i livelli attuali di vibrazione determinati dalle sorgenti in essere, le condizioni di criticità e la compatibilità con gli standard di riferimento e di seguirne l'evoluzione durante la fase di costruzione in prossimità di ricettori particolarmente sensibili.

Queste verifiche riguardano in generale gli effetti di "annoyance" sulla popolazione e non possono direttamente ricondursi a finalità di accertamento dello stato di conservazione strutturale dei fabbricati e dei monumenti (pur risultando, comunque, in un certo qual modo indirettamente utili anche a tali fini).

Nel caso specifico, il monitoraggio è limitato alle sole strutture residenziali, produttive e ai ricettori sensibili in quanto si ritiene che l'entità delle vibrazioni prodotte sia nel corso della fase di esercizio dalla tranvia stessa, sia nel corso della fase di cantiere dalle macchine operatrici possano considerarsi di entità tale da non provocare danni ad eventuali infrastrutture (acquedotti, fognature, rete gas, ecc.) che possono interferire ovvero risultare prossime all'opera in oggetto.

11.2 FINALITÀ DEL MONITORAGGIO

Il monitoraggio relativo alla componente vibrazioni ha lo scopo di esaminare le eventuali variazioni che intervengono nell'ambiente nel corso della costruzione dell'infrastruttura lineare ed in fase di esercizio per valutare se tali variazioni sono imputabili alla costruzione dell'opera e all'esercizio dell'infrastruttura, al fine di ricercare le azioni correttive che possono ricondurre gli effetti rilevati a dimensioni accettabili. Il monitoraggio dello stato ambientale viene eseguito prima, durante la realizzazione dell'opera e in fase di esercizio della tramvia.

Il progetto di monitoraggio individua i seguenti ambiti di intervento:

- caratterizzazione dei livelli di fondo ambientale nelle aree più significative, attualmente non interessate o scarsamente interessate da sorgenti di vibrazioni, al fine del confronto ante operam/post operam;
- caratterizzazione dei livelli Ante Operam in corrispondenza di punti particolarmente sensibili o prossimi a sorgenti di emissione già operanti (rilevanze architettoniche, storico-culturali, scuole, asili, case di cura, etc.), al fine del confronto ante operam/corso d'opera.
- caratterizzazione dei livelli in corso d'opera in corrispondenza di punti particolarmente sensibili e lungo il fronte avanzamento lavori al fine di verificare i livelli vibrometrici e limitare il disturbo arrecato alla popolazione residente nell'area adiacente le lavorazioni.

Il monitoraggio Ante Operam ha inoltre lo scopo di acquisire le informazioni di base sui ricettori potenzialmente esposti alle vibrazioni e di caratterizzare la vulnerabilità dei manufatti: gli edifici vengono tipizzati ai sensi della UNI 9916 "Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici" che richiede l'identificazione della categoria di struttura, della classe di fondazione e, infine, del tipo di terreno. In particolare, il monitoraggio della fase ante-operam è finalizzato ai seguenti obiettivi:

- testimoniare lo stato dei luoghi e le caratteristiche dell'ambiente naturale ed antropico esistenti precedentemente all'apertura dei cantieri ed all'esercizio dell'infrastruttura di progetto;
- quantificare un adeguato scenario di indicatori ambientali tali da rappresentare, per le posizioni più significative, la "situazione di zero" a cui riferire l'esito dei successivi rilevamenti atti a descrivere gli effetti indotti dalla realizzazione delle principali opere d'arte e dalle lavorazioni associate;
- consentire un'agevole valutazione degli accertamenti effettuati, al fine di evidenziare

specifiche esigenze ambientali ed orientare opportunamente gli interventi di mitigazione previsti.

Il monitoraggio delle vibrazioni in Corso d'Opera ha le seguenti finalità:

- documentare l'eventuale alterazione dei livelli vibrometrici rilevati nello stato ante-operam dovuta allo svolgimento delle fasi di realizzazione dell'infrastruttura di progetto;
- individuare eventuali situazioni critiche che si dovessero verificare nella fase di realizzazione delle opere, allo scopo di prevedere delle modifiche alla gestione delle attività del cantiere e/o al fine di realizzare degli adeguati interventi di mitigazione, di tipo temporaneo;
- verificare il rispetto dei limiti normative.

La movimentazione dei materiali di approvvigionamento o di risulta lungo la viabilità di cantiere comporta una emissione di vibrazioni che può risultare significativa solo se localizzata in corrispondenza di edifici residenziali ad elevata densità abitativa e solo se effettuata con mezzi pesanti di dimensioni e caratteristiche non standard.

Il monitoraggio delle vibrazioni nella fase di Post Operam è finalizzato a:

- verificare l'effettivo manifestarsi delle previsioni d'impatto ed il rispetto dei limiti indicati dalla normativa tecnica;
- verificare l'efficacia degli accorgimenti di mitigazione previsti.

11.3 DEFINIZIONE DEGLI INDICATORI E DEI PARAMETRI DI MONITORAGGIO

Per disturbo da vibrazione all'interno di edifici, nelle normative specifiche sull'argomento, si intende solo quello conseguente alle sollecitazioni generate nel corpo umano, nelle tre principali direzioni, dalle vibrazioni delle strutture sulle quali il corpo poggia. Non viene considerato pertanto disturbo da vibrazione, la vibrazione acustica che generalmente viene

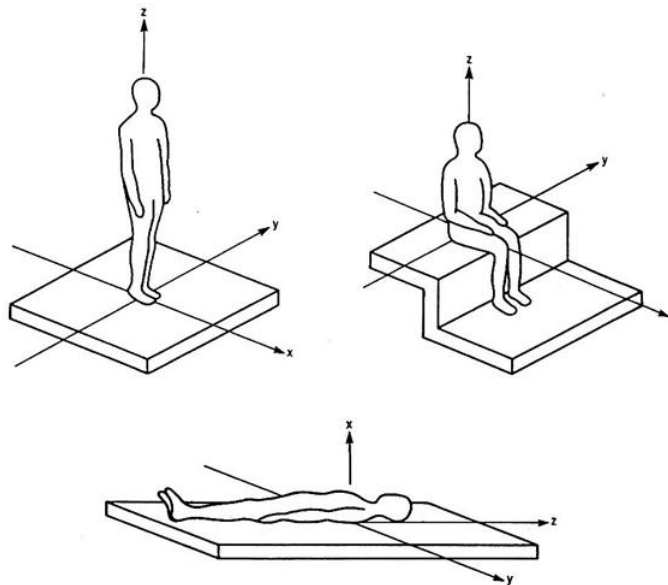


prodotta dalle vibrazioni delle strutture dell'edificio all'interno degli ambienti dello stesso.

La norma UNI 9614 concorda nei contenuti con la ISO 2631-2. Essa considera 3 tipi di vibrazioni:

- di livello costante: quando il livello di accelerazione ponderato in frequenza rilevato con costante di tempo “slow” varia in un intervallo di ampiezza inferiore a 5 dB;
- di livello non costante: quando il livello di accelerazione ponderato in frequenza rilevato con costante di tempo “slow” varia in un intervallo di ampiezza superiore a 5 dB;
- impulsive: quando sono originate da eventi di breve durata costituiti da un rapido innalzamento del livello di accelerazione sino ad un valore massimo seguito da un decadimento che può comportare o meno, a seconda dello smorzamento della struttura, una serie di oscillazioni che tendono ad estinguersi nel tempo.

Si applica a vibrazioni trasmesse da superfici solide lungo gli assi x, y e z per persone in piedi, sedute o coricate.



La gamma di frequenze considerate va da 1 a 80 Hz. La grandezza per caratterizzare l'intensità del fenomeno vibratorio è l'accelerazione che viene espressa in termini di valore efficace (RMS):



Comune
di Firenze

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

dove:

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

T = tempo di integrazione.

La Normativa UNI 9614 permette di caratterizzare la vibrazione anche attraverso l'espressione del livello di accelerazione in dB:

$$L = 20 \cdot \text{Log}_{10} \frac{a}{a_0}$$

dove a il valore efficace RMS dell'accelerazione sul periodo T di misura, e a_0 è il valore dell'accelerazione di riferimento, pari a 10^{-6} m/s^2 (ISO 1683).

L'importanza di tale grandezza è anche dovuta al fatto che essa è proporzionale al contenuto energetico della vibrazione.

Il parametro risulta preferibile alla “velocità efficace” od allo “spostamento efficace” anche perché direttamente misurabile con un accelerometro, e perché la sensibilità del corpo umano è correlata alle accelerazioni.

Ai fini della valutazione del disturbo in un ambiente abitativo di un edificio saranno effettuate rilevazioni su vibrazioni di tipo continuo, senza interruzioni nel periodo diurno, dalle 07.00 alle 22.00 ed in quello notturno dalle 22.00 alle 07.00 misurando le tre componenti (x, y e z), su tre livelli distinti (ovvero su un numero minore nel caso il ricettore non abbia tale caratteristica strutturale) di ciascun edificio.

La norma individua una “soglia di percezione delle vibrazioni” che varia a seconda della frequenza considerata e dell'asse di riferimento, e che può essere sintetizzata nella curva seguente:

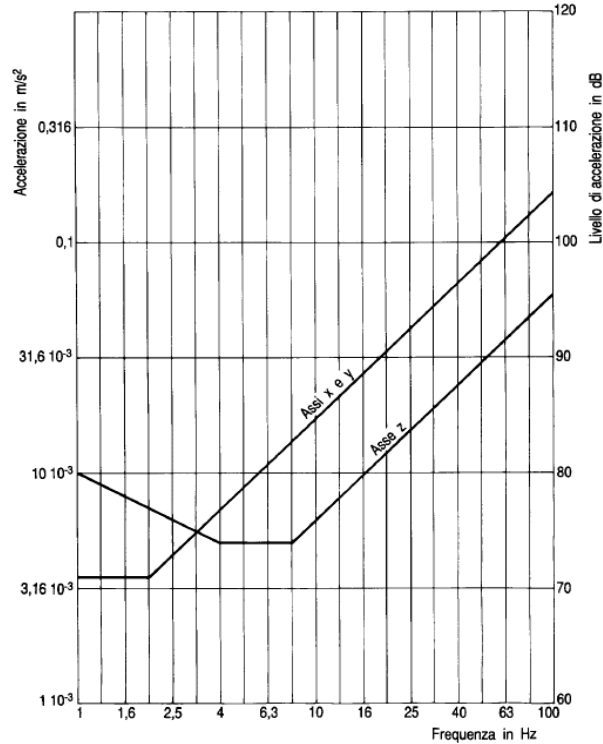


Figura 7 - Curve di ponderazione delle vibrazioni

Viene anche definita una soglia di percezione cumulativa, da confrontarsi con i valori di accelerazione ponderati in frequenza secondo opportuni filtri di pesatura.

Tale soglia si pone a $5,0 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2$ (74 dB) per l'asse z e $3,6 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2$ (71 dB) per gli assi x e y.

I valori cumulati di accelerazione si calcolano secondo la formula:

$$L_w = 10 \cdot \left(\text{Log}_{10} \sum_i 10^{L_{i,w}/10} \right)$$

dove $L_{i,w}$ rappresenta il livello di accelerazione per la banda di frequenza i-esima.

La curva limite per posture non note o variabili tiene conto del fatto che, in alcuni casi (per esempio all'interno di edifici residenziali utilizzati da persone in piedi o coricate in diverse ore del giorno) non è possibile definire un asse specifico di vibrazione. Essa è calcolata a partire dalla relazione:

$$Attenuazione = 10 \text{Log}_{10}(1 + (f / 5.6)^2)$$

dove f è la frequenza di banda considerata.

Infine, la norma 9614 definisce i criteri per la scelta della strumentazione di misura, per il confronto con le vibrazioni residue e indica le informazioni da riportare nel resoconto di misura. I criteri per la valutazione del disturbo sono riportati in allegato, e non costituiscono parte integrante della norma. Tuttavia, essendo gli unici parametri di riferimento nell'ambito della normativa italiana, li descriviamo nel seguito. In generale, i quattro parametri fisici per la determinazione del comportamento umano alle vibrazioni sono: l'intensità, la frequenza, la direzione e la durata (tempo di esposizione) delle vibrazioni.

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

- mantenimento dell'efficienza lavorativa
- conservazione dello stato di salute e sicurezza
- mantenimento del comfort
- per le quali sono stati stabiliti dei limiti di esposizione.

I limiti per quanto riguarda la risposta umana alle vibrazioni all'interno di edifici tengono pertanto conto del periodo del giorno, del tipo di vibrazione e distinguono tra i diversi tipi di insediamento. In particolare, la norma differenzia i limiti per le cosiddette aree critiche, identificabili con sale operatorie, laboratori di precisione, locali in cui si svolgono lavori manuali delicati, precisando che la criticità dell'area è limitata al periodo di tempo in cui vi si svolgono le attività sensibili alle vibrazioni.

11.4 TIPOLOGIA DI MISURAZIONI

Il progetto di monitoraggio utilizza una serie di metodiche di misura standardizzate in grado di garantire la rispondenza agli obiettivi specifici dell'indagine ed una elevata ripetibilità.

VIBG – valutazione del disturbo negli edifici

La metodica di monitoraggio ha come finalità la determinazione dell'accelerazione efficace complessiva ponderata secondo la norma UNI 9614 nel dominio di frequenza 1÷80 Hz.

La tecnica di monitoraggio consente di misurare le vibrazioni (continue od intermittenti) immesse negli edifici ad opera di sorgenti di eccitazione, al fine di valutare il disturbo per le persone residenti. La valutazione, ai sensi delle norme UNI 9614 ed ISO 2631-2, si effettua nel luogo, nel momento e nelle condizioni in cui solitamente si manifesta il disturbo. Le suddette procedure non si applicano per la valutazione delle vibrazioni considerate come possibile causa di danni strutturali o architettonici agli edifici.

Le operazioni di monitoraggio avvengono esclusivamente per edifici sedi di attività umana. Gli assi di monitoraggio dei rilievi vibrometrici sono l'asse verticale Z, perpendicolare al pavimento, e l'asse orizzontale X-Y, perpendicolare alla parete del locale più vicina alla sorgente eccitante.

Le misurazioni della tipologia VIBG avranno durata pari a 24 ore e saranno eseguite per i ricettori sensibili dislocati lungo il tracciato tranviario, per la fase di ante e post operam. Le misure di vibrazioni Post Operam dovranno essere effettuate nelle medesime postazioni scelte per l'ante Operam.

Misurazione delle vibrazioni residue

Prima della misurazione del fenomeno vibratorio oggetto dell'indagine è da eseguirsi la misura delle vibrazioni residue. Esse sono costituite dalla somma di tutti i segnali di qualunque origine con l'eccezione del segnale dovuto alla sorgente esaminata. I parametri di misura sono conformi a quelli riportati al punto successivo.

Misurazione delle vibrazioni oggetto dell'indagine

I rilievi sono effettuati nei locali in assenza degli occupanti al fine di minimizzare il disturbo dovuto alle vibrazioni non afferenti all'indagine in corso. L'operatore deve distare dal trasduttore ad una distanza tale da minimizzare il disturbo e dovrà essere in grado di seguire costantemente l'andamento del segnale sull'analizzatore.

Le operazioni di misura sono precedute da una verifica dell'intensità del segnale in corrispondenza del fenomeno vibratorio in esame ed una regolazione della dinamica dell'analizzatore o del preamplificatore in modo tale da evitare fenomeni di saturazione. Tale fase consente di individuare la tipologia di vibrazione (stazionarie, transitorie, impulsive) e di selezionare la metodologia di misura più idonea (diretta o indiretta).

Qualora si verifichi la presenza di fenomeni di tipo impulsivo è da adottarsi esclusivamente la metodologia di misura di tipo indiretto con registrazione del segnale con DAT e successiva analisi in laboratorio.

Nei restanti casi sono ammesse sia la metodologia diretta sia quella indiretta. In tutti i casi le misure sono da eseguirsi in concomitanza con il fenomeno vibratorio e devono avere una durata tale da caratterizzarlo, comunque non inferiore a 60 secondi. Adottando la metodologia diretta i rilievi dovranno essere effettuati in LINEARE, filtri di 1/3 di ottava, costante di integrazione SLOW e scansione temporale di 1 secondo.

Contestualmente alle operazioni di misura devono essere annotati su apposita scheda i dati relativi al ricettore (codice, toponomastica, indirizzo, classificazione UNI 9614), la descrizione delle due postazioni individuate al primo e all'ultimo solaio, l'indicazione per ogni rilievo del codice identificativo, dei riferimenti temporali, dell'asse di misura e di eventuali note. Tale scheda deve essere possibilmente simile a quella utilizzata per la presentazione finale delle analisi dei dati.

I riferimenti temporali annotati sulla scheda devono coincidere con quelli visualizzati sull'analizzatore o sul DAT. A tal fine si raccomanda sempre di controllare all'inizio di ogni ciclo di misure i parametri data e ora memorizzati sulla strumentazione ed eventualmente sincronizzarli con l'orologio dell'operatore.

VIBC – valutazione delle vibrazioni in fase di cantiere

Le misurazioni della tipologia VIBC avranno durata pari a 24 ore e saranno eseguite presso ricettori

sensibili dislocati lungo il tracciato tranviario, per la fase di corso d'opera e saranno localizzate nella stessa postazioni di quelle già previste per la fase di ante e post operam al fine di documentare la variazione dei livelli di vibrazione rispetto all'ante operam, verificare il rispetto dei limiti normativi e svolgere un'azione preventiva e di controllo nei casi di superamento degli standard.

Le misure verranno eseguite con cadenza mensile al fine di ottenere un monitoraggio esaustivo di tutti i possibili scenari di lavorazione.

VII – valutazione del disturbo dovuto alle lavorazioni di cantiere

Le misure delle vibrazioni da eseguirsi contestualmente alle lavorazioni di cantiere andranno effettuate durante le operazioni che si metteranno in atto nei cantieri.

Le postazioni di misura dovranno essere situate sul fronte di avanzamento del cantiere, distribuite in modo uniforme lungo i cantieri della linea ed in prossimità dei ricettori, con particolare attenzione a quelli di tipo sensibile. Come già affermato per la componente rumore, le misure delle vibrazioni dovranno essere effettuate durante le lavorazioni più impattanti e/o durante la maggior contemporaneità delle stesse.

È importante nel caso della componente vibrazioni agire tempestivamente per apportare sostanziali cambiamenti della metodologia di lavorazione per il completamento della lavorazione in atto. Pertanto, è evidente come sia importante in questi casi la tempestività dell'azione di controllo ed intervento.

Molta attenzione dovrà essere posta anche per la realizzazione di opere di linea che saranno compiute vicino alle opere monumentali.

Le misure accelerometriche saranno presidiate, al fine di poter identificare di volta in volta la sorgente impattante ed eventualmente valutare la necessità di adottare opportuni accorgimenti per ridurre al minimo il disturbo da vibrazioni. Tali misure saranno eseguite per

ogni scenario di lavorazione.

Nell'individuare le postazioni di misura all'interno degli ambienti abitativi, si considererà l'altezza dell'edificio, effettuando misure, quando possibile, al piano terra ed al piano più elevato dello stesso, dove si possono manifestare maggiormente gli effetti di disturbo legati alle vibrazioni. In relazione ai dati rilevati durante il monitoraggio ambientale, si individuano soglie di attenzione e di intervento; in caso di superamento di dette soglie, saranno intraprese idonee azioni o interventi, di seguito riportate.

I valori limite assunti corrispondono ai valori di riferimento della norma UNI 9614:

Tipo	Metodo di calcolo	Azioni correttive
Soglia di attenzione	Vibrazioni cantiere = 75% valore limite per 7 gg consecutivi	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Comunicazione all'OA e Supporto tecnico del risultato della misura ▪ Comunicazione al Contraente Generale che le attività in esecuzione producono un livello vibrazionale che tende verso il valore di riferimento
Soglia di intervento	Vibrazioni cantiere = 75% valore limite per 7 gg consecutivi	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Comunicazione all'OA e Supporto tecnico del risultato della misura ▪ Comunicazione al Contraente Generale che le attività in esecuzione sono prossime al superamento del livello di riferimento e richieste di riesame dei dati per risolvere le cause del superamento ▪ Verifica della possibilità di rimodulazione dei parametri di gestione della fresa

Al fine di ridurre l'emissione vibrazionale si prevede la posa di rotaie rivestite da profili in gomma che vengono posizionati mediante portalini e fissate in opera con un getto di bloccaggio.

Il sistema permette, grazie ad una sagoma avvolgente elastomerica con differenti caratteristiche, la riduzione della trasmissione di vibrazioni all'ambiente con un fattore che varia approssimativamente da 7 a 15 dBV a seconda della richiesta.

11.5 STRUMENTAZIONE DI MISURA

La strumentazione utilizzata per le misure di vibrazioni è tipicamente composta da:

- Accelerometri e relativi cavi di connessione alla scheda di acquisizione;
- Cubo in alluminio per misure triassiali;
- Sistema di acquisizione;
- Eventuali strumenti modellistici per l'interpretazione delle misure;
- Un computer portatile.

Le tecniche di montaggio degli accelerometri piezoelettrici devono essere effettuate come previsto dalla norma ISO 5348.

La strumentazione deve rispondere ai requisiti richiesti dalle norme: ISO 8041 e UNI ENV 28041.

Queste norme hanno infatti lo scopo di unificare le strumentazioni di misura di vibrazioni per la valutazione del disturbo agli individui in modo che i risultati ottenuti con diverse strumentazioni siano riproducibili e compatibili tra di loro.

In particolare, la linea di misura è costituita da un trasduttore accelerometrico accoppiato ad uno strumento di misura dotato del filtro di ponderazione oppure da un accelerometro e un analizzatore di frequenza in tempo reale a bande di terzo di ottava.

Le caratteristiche dell'accelerometro sono state tali da consentire il rilievo delle vibrazioni ambientali; in particolare il sensore è dotato di una risposta piatta nel campo di frequenza da 0 ad 80 Hz.

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

- curva di taratura;
- la risposta in frequenza del sistema trasduttore + unità di condizionamento;
- campo di misura;
- sensibilità;
- linearità;
- precisione;
- tensione di alimentazione;
- Oltre alle caratteristiche dei sensori, rivestono importanza anche quelle relative all'intera catena di misura, in particolare:
 - le caratteristiche dei cavi;
 - lo schermaggio e la messa a terra;
 - le caratteristiche degli amplificatori e dei filtri (se necessari);
 - la distanza tra i trasduttori e le unità di condizionamento;
 - la protezione delle unità di condizionamento e dei sistemi di acquisizione.

Gli analizzatori di vibrazioni saranno completamente digitali, a 4 canali, in classe 1, con le seguenti principali caratteristiche:

- congruenza alle norme IEC 651, IEC 804 and IEC 61672-1;
- misura simultanea ISO 8041RMS, Peak, Max, Min, MTWV, VDV, Time History;
- range intensità vibrazioni compresa tra 0.003 m/s² e 1000 m/s² (r.m.s.);
- range frequenza misura vibrazioni compresa tra 0.5 Hz e 20 kHz;
- filtri pesatura implementati Vibrazioni: W-Bxy, W-Bz, W-Bc, H-A, Wk, Wc, Wd, Wj (ISO 8041, ISO5349 e ISO2631-1)
- Digital True RMS & RMQ con rilevazione del Peak, risoluzione 0.1 dB, tempo di integrazione programmabile fino a 24 ore con costanti di tempo da 100 ms a 10 s nel

modo Vibrometro;

- memoria 32 MB non-volatile (flash type).

La terna di accelerometri per la rilevazione delle accelerazioni sugli assi coordinati sarà costituita da tre accelerometri con sensitività pari a 1025 mV/g.



Figura 8 - Esempio di stazione integrata rumore e vibrazioni in remoto con controllo remoto

La catena complessiva di misura (trasduttori, apparecchi per il condizionamento del segnale ed il sistema di acquisizione dati) utilizzata sarà corredata da certificato di taratura, non anteriore a 2 anni dalla misura, rilasciato da laboratorio qualificato secondo le norme UNI ISO 5347:1993. Il controllo periodico sarà eseguito presso laboratori accreditati ACCREDIA e avverrà comunque ogni qual volta vi sia un evento traumatico per la strumentazione o la riparazione della stessa. È ammessa la taratura indiretta della strumentazione consistente nel confronto tra le indicazioni del sensore da tarare/calibrare ed un sensore campione munito di certificato SIT. All'inizio e alla fine di ogni rilievo sarà eseguita la calibrazione della catena di misura, utilizzando appositi calibratori tarati. Il modo più comodo per eseguire in campo il controllo periodico della calibrazione consiste nell'impiego di una sorgente di vibrazione

calibrata alimentata a batteria. In caso di utilizzo di un sistema di registrazione e di riproduzione, i segnali di calibrazione saranno registrati.

11.6 FREQUENZA E PERIODICITÀ DEL MONITORAGGIO

La scelta dei periodi di monitoraggio sarà fatta tenendo in debita considerazione le caratteristiche microclimatiche dell'ambiente di misura. Vista la sensibilità degli accelerometri, variazioni di temperatura e alti valori di umidità relativa possono influire sui risultati in maniera significativa.

Per quanto riguarda la propagazione delle vibrazioni non esiste una vera e propria dipendenza stagionale, se non per la fluttuazione del livello di falda, che può determinare variazioni nello spettro di emissione e nell'intensità vibrometrica, e per la variazione di rigidità degli strati superficiali del terreno nei periodi di gelo invernali. È pertanto sconsigliato di procedere alle misure nei periodi in cui le temperature ambientali dovessero scendere sottozero.

Come detto, il monitoraggio verrà articolato nelle tre fasi di Ante-Operam, Corso d'Opera e Post Operam. Per ogni rilievo verrà considerato il periodo di misura, il tempo di misura, la frequenza delle misure e la durata della campagna delle misure. La frequenza e i periodi di misura dovranno essere verificate in corso d'opera in funzione in particolar modo delle fasi di lavorazione e delle attività di cantiere.

Le campagne verranno effettuate nelle 3 fasi di ante operam, corso d'opera e post operam, ed avranno la seguente frequenza:

- VIBG: esecuzione di n.1 campagna di misurazione parzialmente assistite da operatore della durata di 24 h, da eseguirsi in AO e in PO;
- VIBC: esecuzione di n.1 campagna di misurazione parzialmente assistite da operatore della durata di 24 h, da eseguirsi in CO;
- VIL: esecuzione di n.1 campagna di misura presidiata della durata di 30 minuti da



eseguirsi ogni 15 giorni durante tutta la fase di cantiere (CO).

Per la localizzazione dei punti di monitoraggio nelle fasi di Ante Operam, Corso d'Opera e Post Operam, è stato considerato, come criterio fondamentale la presenza, nelle zone individuate, di ricettori, specie se sensibili (ospedali, scuole, università), in prossimità del tracciato.

Per le misure da realizzarsi durante la fase di cantiere, verrà fatta inoltre attenzione al monitoraggio delle lavorazioni più rumorose e/o della maggior contemporaneità di esse.

L'indicazione dell'ubicazione e della tipologia di misurazioni sulla componente vibrazioni sarà restituita con dettaglio all'interno dell'apposito elaborato grafico B382-SF-AMB-CO001A "Planimetria di localizzazione dei punti di monitoraggio", parte integrante del presente Piano di Monitoraggio Ambientale.

Si riporta di seguito una tabella riepilogativa dei punti di monitoraggio previsti per il monitoraggio della componente vibrazioni:

Denominazione	Localizzazione	Frequenza monitoraggio	Durata campagna di monitoraggio	Fase del monitoraggio
VIBG1	Ricettore residenziale Via Lazio	1 volta	24 h	AO, PO
VIBG2	Ricettore sensibile 14 Scuola dell'infanzia "Luigi Capuana"	1 volta	24 h	AO, PO
VIBG3	Ricettore residenziale: Via Pistoiese	1 volta	24 h	AO, PO
VIBG4	Ricettore residenziale: Via Pistoiese	1 volta	24 h	AO, PO
VIBG5	Ricettore sensibile 113 Scuola dell'Infanzia "H.C.Andersen",	1 volta	24 h	AO, PO
VIBG6	Ricettore sensibile 114 Scuola Primaria "Fra Ristoro"	1 volta	24 h	AO, PO
VIBG7	Ricettore presso tratta in curva Via Ghirlandaio	1 volta	24 h	AO, PO
VIBC1	Ricettore sensibile 14 Scuola dell'infanzia "Luigi Capuana"	Mensile	24 h	CO



Comune
di Firenze

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA PER L'ESTENSIONE DEL SISTEMA
TRAMVIARIO FIORENTINO NEI COMUNI DI FIRENZE, CAMPI BISENZIO E SESTO FIORENTINO
– FASE C

CIG 70209921E3 - CUP H11E16001130001 + H1112000010002

LINEA 4.2 – ESTENSIONE PER CAMPI BISENZIO

VIBC2	Ricettore sensibile 113 Scuola dell'Infanzia "H.C.Andersen",	Mensile	24 h	CO
VIBC3	Ricettore sensibile 114 Scuola Primaria "Fra Ristoro"	Mensile	24 h	CO
VIL1	Ricettore residenziale Via Lazio	15 giorni	30 minuti	CO
VIL2	Ricettore sensibile 14 Scuola dell'infanzia "Luigi Capuana"	15 giorni	30 minuti	CO
VIL3	Ricettore presso tratta in curva Via Pistoiese	15 giorni	30 minuti	CO
VIL4	Ricettore residenziale Via Pistoiese	15 giorni	30 minuti	CO
VIL5	Ricettore residenziale Via Pistoiese	15 giorni	30 minuti	CO
VIL6	Ricettore residenziale Via Mozza	15 giorni	30 minuti	CO
VIL7	Ricettore residenziale Via Neruda	15 giorni	30 minuti	CO
VIL8	Ricettore sensibile 113 Scuola dell'Infanzia "H.C.Andersen"	15 giorni	30 minuti	CO
VIL9	Ricettore sensibile 114 Scuola Primaria "Fra Ristoro"	15 giorni	30 minuti	CO
VIL10	Ricettore residenziale Via Ghirlandaio	15 giorni	30 minuti	CO

Tabella 8 - Riepilogo punti di monitoraggio vibrazioni

12. COMPONENTE CAMPI ELETTROMAGNETICI

12.1 GENERALITÀ E FINALITÀ DEL MONITORAGGIO

All'interno del presente capitolo si riporta la descrizione del piano di monitoraggio relativo alla componente elettromagnetica.

Scopo del presente monitoraggio ambientale è quello di individuare una procedura che permetta di misurare le quantità significative per la protezione delle persone dall'esposizione ai campi elettromagnetici emessi a seguito dell'entrata in esercizio della linea tranviaria.

In particolare, la finalità delle misure dei campi elettromagnetici è quella di tutelare la salute della popolazione che si troverà nell'area di influenza del sistema di alimentazione elettrica della linea.

A tal proposito si prevede di monitorare la componente ambientale in questione nella fase di esercizio dell'opera di progetto, al fine di fornire le informazioni necessarie a verificare il rispetto dei limiti di legge in tutti i punti individuati nel presente piano con la linea in esercizio e nella fase ante operam alla realizzazione della medesima al fine di valutare il contributo dell'impianto realizzato sulla situazione espositiva precedente.

Oggetto del monitoraggio saranno il campo elettrico e il campo magnetico generati dalle tipologie di sorgenti che caratterizzano il sistema di alimentazione.

Il sistema di alimentazione primaria in Media Tensione sarà costituito da N. 3 sottostazioni elettriche di conversione disposte lungo il tracciato della linea tranviaria ((SSE Lazio, SSE Castagno e SSE Palagetta). In ogni sottostazione tutte le utenze di bassa tensione sono alimentate da un trasformatore MT/BT.

Il Progetto dell'impianto Radio Terra-Treno è composto invece da N. 2 Stazioni radio base (SRB) disposte lungo il tracciato, in corrispondenza della SSE Lazio e SSE Palagetta.

12.2 DEFINIZIONE DEGLI INDICATORI E DEI PARAMETRI DI MONITORAGGIO

La misurazione dei livelli di campo elettromagnetico viene effettuata secondo quanto indicato nelle norme CEI 211-6 e 211-7. In conformità a tali norme, nei certificati allegati saranno indicati chiaramente:

- indicazione della grandezza di campo misurata;
- per ogni luogo di misura identificazione della sorgente;
- nominativo del personale che ha eseguito la misura.

La catena di misura per l'alta frequenza, se utilizzata, acquisisce i valori del campo elettrico E_x , E_y e E_z e i valori del campo magnetico B_x , B_y , B_z , relativi alle tre direzioni x, y, z. Per ogni misura lo strumento calcola il modulo della somma vettoriale del campo elettrico E e del campo di induzione magnetica B su tutte e tre le direzioni:

$$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2 + E_z^2} \qquad B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2}$$

Per le misure a bassa frequenza (50 Hz) lo strumento, acquisisce i valori dell'induzione magnetica e del campo elettrico su ogni singolo asse.

In particolare, per l'acquisizione dei dati, si è adottata la seguente metodologia:

- la lettura dei livelli è stata effettuata in modalità broadband (vedi descrizione della strumentazione);
- lo strumento di acquisizione è stato collocato su apposito sostegno (cavalletto telescopico) per consentire agli operatori di porsi ad una distanza di almeno due metri dallo strumento.

Di seguito si riportano i riferimenti normativi a cui attingere per la misura dei campi elettromagnetici:

D.L. 18/10/2012, n. 179 Ulteriori misure urgenti per la crescita del Paese convertito con modificazioni dalla L. 17 dicembre 2012, n. 221 e successivamente ulteriormente

modificato.

Tra le misure urgenti per la crescita del Paese, il decreto individua all'articolo 14 gli "Interventi per la diffusione delle tecnologie digitali". Tra questi, il comma 8 reca una serie di disposizioni che modificano quanto previsto dal Dpcm 8 luglio 2003 in merito alla misura e alla valutazione dei campi elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz (in seguito riportato):

a) i valori di attenzione indicati nella tabella 2 all'allegato B del citato decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 luglio 2003 si assumono a titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti anche a lungo termine eventualmente connessi con le esposizioni ai campi generati alle suddette frequenze nei seguenti casi:

- 1) all'interno di edifici utilizzati come ambienti abitativi con permanenze continuative non inferiori a quattro ore giornaliere;
- 2) solo nel caso di utilizzazione per permanenze non inferiori a quattro ore continuative giornaliere, nelle pertinenze esterne con dimensioni abitabili, come definite nelle Linee Guida di cui alla successiva lettera d), quali balconi, terrazzi e cortili (esclusi i tetti anche in presenza di lucernai ed i lastrici solari con funzione prevalente di copertura, indipendentemente dalla presenza o meno di balaustre o protezioni anti-caduta e di pavimentazione rifinita, di proprietà comune dei condomini); (Numero così modificato dall'art. 6, comma 5, D.L. 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla L. 11 novembre 2014, n. 164.)

b) nel caso di esposizione a impianti che generano campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici con frequenza compresa tra 100 kHz e 300 GHz, non devono essere superati i limiti di esposizione di cui alla tabella 1 dell'allegato B del citato decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 luglio 2003, intesi come valori efficaci. Tali valori



devono essere rilevati ad un'altezza di m. 1,50 sul piano di calpestio e mediati su qualsiasi intervallo di sei minuti. I valori di cui alla lettera a), invece, devono essere rilevati ad un'altezza di m. 1,50 sul piano di calpestio e sono da intendersi come media dei valori nell'arco delle 24 ore;

- c) ai fini della progressiva minimizzazione della esposizione ai campi elettromagnetici, i valori di immissione dei campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz, calcolati o misurati all'aperto nelle aree intensamente frequentate, non devono superare i valori indicati nella tabella 3 dell'allegato B del citato decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 luglio 2003, detti valori devono essere determinati ad un'altezza di m 1,50 sul piano di calpestio e sono da intendersi come media dei valori nell'arco delle 24 ore;
- d) le tecniche di misurazione e di rilevamento dei livelli di esposizione da adottare sono quelle indicate nella norma CEI 211-7 o specifiche norme emanate successivamente dal CEI. Ai fini della verifica mediante determinazione del mancato superamento del valore di attenzione e dell'obiettivo di qualità si potrà anche fare riferimento, per l'identificazione dei valori mediati nell'arco delle 24 ore, a metodologie di estrapolazione basate sui dati tecnici e storici dell'impianto. Le tecniche di calcolo previsionale da adottare sono quelle indicate nella norma CEI 211-10 o specifiche norme emanate successivamente dal CEI. Ai fini della verifica attraverso stima previsionale del valore di attenzione e dell'obiettivo di qualità, le istanze previste dal decreto legislativo n. 259 del 2003 saranno basate su valori mediati nell'arco delle 24 ore, valutati in base alla riduzione della potenza massima al connettore d'antenna con appositi fattori che tengano conto della variabilità temporale dell'emissione degli impianti nell'arco delle 24 ore.

Decreto Legislativo 13 novembre 2008 "Approvazione del Piano nazionale di ripartizione



delle frequenze", G.U. 21 novembre 2008, n. 273.

Lo scopo del presente piano è di stabilire, in ambito nazionale e per il tempo di pace, l'attribuzione ai diversi servizi delle bande di frequenze oggetto del piano, di indicare per ciascun servizio nell'ambito delle singole bande l'autorità governativa preposta alla gestione delle frequenze, nonché le principali utilizzazioni civili.

Nel caso di nuove primarie esigenze civili o militari che non possano essere soddisfatte con le attribuzioni di frequenze previste nel presente piano, o in occasione di eventi eccezionali, specifiche assegnazioni di frequenze in deroga al piano stesso possono essere effettuate tramite particolari accordi tra Ministero dello sviluppo economico-Comunicazioni e Ministero della difesa.

Decreto Legislativo 01/08/2003, n. 259 "Codice delle comunicazioni elettroniche", G.U. 15 settembre 2003, n. 214

Il Codice garantisce i diritti inderogabili di libertà delle persone nell'uso dei mezzi di comunicazione elettronica, nonché il diritto di iniziativa economica ed il suo esercizio in regime di concorrenza, nel settore delle comunicazioni elettroniche. La fornitura di reti e servizi di comunicazione elettronica, che è di preminente interesse generale, è libera e ad essa si applicano le disposizioni del Codice.

Sono fatte salve le limitazioni derivanti da esigenze della difesa e della sicurezza dello Stato, della protezione civile, della salute pubblica e della tutela dell'ambiente e della riservatezza e protezione dei dati personali, poste da specifiche disposizioni di legge o da disposizioni regolamentari di attuazione.

***Decreto 29 maggio 2008 Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare
"Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di
rispetto per gli elettrodotti"***

Nel documento viene formulata una proposta metodologica che trova applicabilità nel



D.P.C.M. 8 luglio 2003 ed ha lo scopo di fornire la procedura da adottarsi per la determinazione delle fasce di rispetto pertinenti alle linee elettriche aeree ed interrate, esistenti ed in progetto.

Decreto del Presidente del Consiglio dei ministri 8 luglio 2003 “Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti”

Nel presente decreto sono fissati i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti.

	Intensità campo elettrico E (kV/m)	Intensità induzione magnetica B (μT)
Limiti esposizione	5	100
Limiti attenzione	5	10

Nel caso di aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori alle 4 ore giornaliere, gli elettrodotti di nuova costruzione l'induzione magnetica deve rispettare il valore di qualità di **3 μTesla**.

Decreto del Presidente del Consiglio dei ministri 8 luglio 2003 Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz.

Le disposizioni del presente decreto fissano i limiti di esposizione e i valori di attenzione per la prevenzione degli effetti a breve termine e dei possibili effetti a lungo termine nella



popolazione dovuti alla esposizione ai campi elettromagnetici generati da sorgenti fisse con frequenza compresa tra 100 kHz e 300 GHz. Il presente decreto fissa inoltre gli obiettivi di qualità, ai fini della progressiva minimizzazione della esposizione ai campi medesimi e l'individuazione delle tecniche di misurazione dei livelli di esposizione. I limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità di cui al presente decreto non si applicano ai lavoratori esposti per ragioni professionali oppure per esposizioni a scopo diagnostico o terapeutico.

I limiti e le modalità di applicazione del presente decreto non sono applicabili per gli impianti radar e per gli impianti che per la loro tipologia di funzionamento determinano emissioni pulsate.

Nelle tabelle successive si riportano i limiti fissati dal decreto in oggetto.

Tabella 1	Intensità di campo elettrico E (V/m)	Intensità di campo Magnetico H (A/m)	Densità di Potenza D (W/m ²)
Limiti di esposizione			
0,1 < f ≤ 3 MHz	60	0,2	-
3 < f ≤ 3000 MHz	20	0,05	1
3 < f ≤ 300 GHz	40	0,01	4

Tabella 9 - Limiti di esposizione



Tabella 2	Intensità di campo elettrico E (V/m)	Intensità di campo Magnetico H (A/m)	Densità di Potenza D (W/m ²)
Valori di attenzione			
0,1 MHz < f ≤ 300 GHz	6	0,016	0,10 (3 MHz-300 GHz)

Tabella 10 - Valori di attenzione all'interno di edifici adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere

Tabella 3	Intensità di campo elettrico E (V/m)	Intensità di campo Magnetico H (A/m)	Densità di Potenza D (W/m ²)
Obiettivi di qualità			
0,1 MHz < f ≤ 300 GHz	6	0,016	0,10 (3 MHz-300 GHz)

Tabella 11 - Obiettivi di qualità

Decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81, titolo VIII, capo IV "Prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) con particolare riferimento alle radiazioni da 0 Hz a 300 GHz".

Il D.Lgs. 81/2008 (Testo Unico) al Capo IV del Titolo VIII stabilisce prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dall'esposizione ai campi elettromagnetici.

In base alla normativa ogni datore di lavoro deve provvedere alla valutazione del rischio di esposizione dei lavoratori ai campi elettromagnetici presenti nella propria azienda. Il D. Lgs. 81/2008 stabilisce prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici).



Il Capo IV del titolo VIII riguarda i rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori dovuti agli effetti nocivi a breve termine conosciuti nel corpo umano derivanti dalla circolazione di correnti indotte e dall'assorbimento di energia. La direttiva non riguarda gli effetti a lungo termine.

Il limite di azione per l'induzione magnetica alla frequenza di 50 Hz nel caso di esposizione per motivi professionali è pari a 500 uT mentre il limite di azione per il campo elettrico è pari a 10 kV.

Nel titolo VIII, capo IV si riportano le definizioni di valori limite di esposizione e di azione

- valori limite di esposizione

limiti all'esposizione a campi elettromagnetici che sono basati direttamente sugli effetti sulla salute accertati e su considerazioni biologiche. Il rispetto di questi limiti garantisce che i lavoratori esposti ai campi elettromagnetici sono protetti contro tutti gli effetti nocivi per la salute conosciuti.

- valori di azione

l'entità dei parametri direttamente misurabili, espressi in termini di intensità di campo elettrico (E), intensità di campo magnetico (H), induzione magnetica (B) e densità di potenza (S), che determina l'obbligo di adottare una o più delle misure specificate nel presente titolo. Il rispetto di questi valori assicura il rispetto dei pertinenti valori limite di esposizione.

Nelle tabelle successive si riportano i valori limite di esposizione e di attenzione definiti sopra:



Comune
di Firenze

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA PER L'ESTENSIONE DEL SISTEMA
TRAMVIARIO FIORENTINO NEI COMUNI DI FIRENZE, CAMPI BISENZIO E SESTO FIORENTINO
– FASE C

CIG 70209921E3 - CUP H11E16001130001 + H11I12000010002

LINEA 4.2 – ESTENSIONE PER CAMPI BISENZIO

Tabella 12 – Limiti di esposizione

Intervallo di Frequenza	Densità di corrente per corpo e tronco J (mA/m ²) (rms)	SAR mediato sul corpo intero (W/kg)	SAR localizzato (corpo e tronco) (W/kg)	SAR localizzato (arti) (W/kg)	Densità di potenza (W/m ²)
Fino a 1 Hz	40	/	/	/	/
1 - 4 Hz	40/f	/	/	/	/
4 - 1000 Hz	10	/	/	/	/
1000 Hz - 100 kHz	f/100	/	/	/	/
100 kHz - 10 Mhz	f/100	0,4	10	20	/
10 MHz - 10 GHz	/	0,4	10	20	/
10 - 300 GHz	/	/	/	/	50

Intervallo di frequenza	Intensità di campo elettrico E (V/m)	Intensità di campo magnetico H (A/m)	Induzione magnetica B(μT)	Densità di potenza di onda piana Seq (W/m ²)	Corrente di contatto (W/m ²) le (mA)	Corrente indotta attraverso gli arti IL (mA)
0 - 1 Hz	/	1,63 x 10 ⁵	2 x 10 ⁵	/	1,0	/
1 - 8 Hz	20000	1,63 x 10 ⁵ /f ²	2 x 10 ⁵ /f ²	/	1,0	/
8 - 25 Hz	20000	2 x 10 ⁴ /f	2,5 x 10 ⁴ /f	/	1,0	/
0,025 - 0,82 kHz	500/f	20/f	25/f	/	1,0	/
0,82 kHz - 2,5 kHz	610	24,4	30,7	/	1,0	/
2,5 - 65 kHz	610	24,4	30,7	/	0,4f	/
65 - 100 kHz	610	1600/f	2000/f	/	0,4/f	/
0,1 - 1 MHz	610	1,6/f	2/f	/	0,4/f	/
1 - 10 MHz	610/f	1,6/f	2/f	/	40	/
10 - 110 MHz	61	0,16	0,2	10	40	100
110 - 400 MHz	61	0,16	0,2	10	/	/
400 - 2000 MHz	3f ^{1/2}	0,008f ^{1/2}	0,01f ^{1/2}	f/40	/	/

2 - 300 GHz	137	0,36	0,45	50	/	/
-------------	-----	------	------	----	---	---

Tabella 13 – Limiti di azione

Legge quadro 22/02/2001, n. 36 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici", G.U. 7 marzo 2001, n. 55.

La legge nazionale quadro sull'elettromagnetismo ha l'innegabile pregio di tentare di porre ordine nella variegata situazione italiana, attraverso le definizioni delle competenze di stato, regioni, province e comuni. Il carattere innovativo della nuova legge sta nel fatto che, accanto al concetto di limite di esposizione inteso come valore che non deve mai essere superato in alcuna condizione di esposizione, vengono introdotti quelli di valore di attenzione e di obiettivo di qualità. Ad essi è attribuito il seguente significato (dalle definizioni riportate nella legge):

- valore di attenzione: è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, che non deve essere superato negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate. Esso costituisce misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine;
- obiettivi di qualità: sono i criteri localizzativi, gli standard urbanistici, le prescrizioni e le incentivazioni per l'utilizzo delle migliori tecnologie disponibili indicati dalle leggi regionali, i valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico definiti dallo Stato ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi medesimi.

La legge tuttavia non indica direttamente i valori numerici delle quantità suddette ma stabilisce che essi dovranno essere fissati da appositi decreti.

La legge stabilisce inoltre che, entro 10 anni dalla sua entrata in vigore, la rete elettrica esistente dovrà essere risanata, secondo criteri che verranno anch'essi definiti attraverso un apposito decreto, allo scopo di rispettare i limiti di esposizione e i valori di attenzione, nonché di

raggiungere gli obiettivi di qualità stabiliti (...).

Più in dettaglio questa normativa ha lo scopo di dettare i principi fondamentali diretti a:

- a) assicurare la tutela della salute dei lavoratori, delle lavoratrici e della popolazione dagli effetti dell'esposizione a determinati livelli di campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici ai sensi e nel rispetto dell'articolo 32 della Costituzione;
- b) promuovere la ricerca scientifica per la valutazione degli effetti a lungo termine e attivare misure di cautela da adottare in applicazione del principio di precauzione di cui all'articolo 174, comma 2, del trattato istitutivo dell'Unione Europea;
- c) assicurare la tutela dell'ambiente e del paesaggio e promuovere l'innovazione tecnologica e le azioni di risanamento volte a minimizzare l'intensità e gli effetti dei campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici secondo le migliori tecnologie disponibili.

In particolare, l'art. 4, Comma 2 afferma che i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità, le tecniche di misurazione e rilevamento dell'inquinamento elettromagnetico e i parametri per la previsione di fasce di rispetto per gli elettrodotti, di cui al comma 1, lettere a), e) e h), sono stabiliti, entro sessanta giorni dalla data di entrata in vigore della presente legge:

- per la popolazione, con decreto del Presidente del Consiglio dei ministri, su proposta del Ministro dell'ambiente, di concerto con il Ministro della sanità, sentiti il Comitato di cui all'articolo 6 e le competenti Commissioni parlamentari, previa intesa in sede di Conferenza unificata di cui all'articolo 8 del decreto legislativo 28 agosto 1997, n. 281, di seguito denominata «Conferenza unificata»;
- per i lavoratori e le lavoratrici, ferme restando le disposizioni previste dal decreto legislativo 19 settembre 1994, n. 626, e successive modificazioni, con decreto del Presidente del Consiglio dei ministri, su proposta del Ministro della sanità, sentiti i Ministri dell'ambiente e del lavoro e della previdenza sociale, il Comitato di cui

all'articolo 6 e le competenti Commissioni parlamentari, previa intesa in sede di Conferenza unificata. Il medesimo decreto disciplina, altresì, il regime di sorveglianza medica sulle lavoratrici e sui lavoratori professionalmente esposti.

Norme CEI 211-7

“Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettromagnetici nell’intervallo di frequenza 10 kHz - 300 GHz, con riferimento all’esposizione umana”

La guida in oggetto fornisce indicazioni per la scelta della strumentazione e delle modalità di esecuzione delle misure dei campi elettromagnetici ad alta frequenza (10 kHz - 300 GHz), in vista della caratterizzazione dell’esposizione umana. La guida è stata elaborata tenendo conto di una serie di documenti tecnici e normativi disponibili (progetti di norme IEC e CENELEC, norme IEEE, norme nazionali, documenti tecnici aziendali, ecc.) e integra le prescrizioni sulla strumentazione e sulle modalità di misura con altre informazioni ritenute di estrema utilità per l’esecuzione corretta e accurata delle misure. Tali informazioni riguardano essenzialmente:

- le caratteristiche fisiche dei campi;
- i meccanismi di interazione tra i campi elettrici e magnetici e il corpo umano;
- le caratteristiche fondamentali di diversi tipi di sorgente (impianti di telecomunicazione, apparecchiature elettriche ed elettroniche);
- i metodi di calcolo dei campi elettromagnetici prodotti da impianti di telecomunicazione.

12.3 SPECIFICHE TECNICHE PER LO SVOLGIMENTO DEL MONITORAGGIO

Vengono previste due tipologie di misure:

- Bassa/media frequenza: le misure di campo elettrico e di campo magnetico saranno costituite da misure dirette di breve durata prolungate per almeno 24 ore;

- Alta frequenza: saranno considerate le medie dei valori misurati nell'arco delle 24 ore.

Le misure saranno comunque condotte per un periodo di tempo sufficiente a stabilizzare il valore medio del campo elettromagnetico misurato.

La sonda EHP50C per le misure del campo elettrico e di induzione magnetica in bassa frequenza sarà connessa allo strumento mediante accoppiamento "a fibra ottica", il misuratore e l'operatore dovranno essere sempre ad opportuna distanza dalla sonda stessa (in modo da realizzare condizioni le più simili possibile a quelle di "campo imperturbato").

La sonda EP330 per la misura del campo elettrico in alta frequenza sarà collegata direttamente allo strumento che durante le misure dovrà essere posizionato sul cavalletto. Dopo l'avvio della misura l'operatore si dovrà portare a debita distanza attendendo la fine del campionamento.

La collocazione dei punti di monitoraggio, come specificato nella tabella riportata nel successivo paragrafo, è correlata alla disposizione delle S.S.E. e delle nuove antenne sistema di comunicazione radio tetra che saranno installate al fine della valutazione del loro impatto.

Procedure di misura per campi elettromagnetici a bassa frequenza

I DPCM 08.07.2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti" stabilisce che:

- il limite di esposizione (100 μ T) si applica a tutte le aree accessibili da parte della popolazione;
- il valore di attenzione (10 μ T), da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore, si applica alle aree gioco per l'infanzia, agli ambienti abitativi, agli ambienti scolastici e ai luoghi adibiti a permanenza non inferiore alle 4 ore giornaliere

- l'obiettivo di qualità (3 μ T), da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore, si applica nella progettazione di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenza non inferiore alle 4 ore giornaliere e nella progettazione di nuovi elettrodotti in prossimità di tali insediamenti

La verifica che gli elettrodotti generano un campo elettrico ed un campo magnetico che non superano i limiti di legge si effettua mediante rilievi strumentali e/o mediante modellistica al calcolatore.

Per la corretta posizione, il numero ottimale dei punti di misura, nonché per le cautele da osservare durante l'esecuzione delle rilevazioni, verranno seguite le indicazioni riportate all'interno del Decreto 29 maggio 2008 "Approvazione delle procedure di misura e valutazione dell'induzione magnetica". In particolare, si prevede quanto segue:

- Le tecniche di misurazione adottate saranno quelle indicate dalla norma CEI 211-6 e successivi aggiornamenti;
- Il numero e la posizione dei punti di rilievo saranno tali da consentire una corretta caratterizzazione della distribuzione del campo e terranno conto della tipologia e della distanza della sorgente;
- Nel caso di campo magnetico uniforme nello spazio, per un'accurata caratterizzazione saranno sufficienti rilievi ad un'altezza compresa tra 100 e 150 cm dal piano di calpestio; nel caso di campo fortemente non omogeneo, saranno eseguiti rilievi anche a quote differenti;
- Particolare attenzione sarà dedicata alla valutazione delle destinazioni d'uso dei locali, nonché nelle aree destinate a permanenza prolungata, per individuare i punti di misura più significativi ai fini della stima dell'esposizione umana;
- Al fine di evitare interferenze e minimizzare gli effetti dovuti alla disomogeneità del

campo magnetico, sarà rispettata una distanza minima di 10 cm tra il sensore e qualunque superficie.

Il valore dell'induzione magnetica utile per la valutazione del non superamento del valore di attenzione e dell'obiettivo di qualità si otterrà come mediana dei valori registrati durante misure brevi effettuate nelle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio; la frequenza di campionamento sarà rappresentativa dell'andamento dell'induzione nelle 24 ore.

L'incertezza strumentale del dispositivo di misura deve essere inferiore al 10%. I livelli di induzione magnetica ottenuti in queste condizioni saranno confrontati direttamente con i valori di riferimento prescritti dalla normativa e sopra riportati.

Procedure di misura per campi elettromagnetici ad alta frequenza

Con riferimento alle misure volte alla verifica della conformità degli impianti e delle apparecchiature ai limiti prescritti dalle legislazioni o dalle norme tecniche, la norma CEI 211-7 precisa alcuni aspetti essenziali relativi all'esecuzione di tali misure:

Le misure di intensità di campo devono essere effettuate negli spazi accessibili ai soggetti potenzialmente esposti, ma sarebbe auspicabile l'assenza degli stessi soggetti: infatti, i limiti di esposizione sono espressi in termini di campi imperturbati, anche se in realtà i campi talvolta possono essere perturbati dalla presenza di persone nell'area di interesse. Si deve considerare una suddivisione dell'area da caratterizzare in parti omogenee (per esposizione alle sorgenti, per popolazione, ecc.) e all'interno di queste si deve eseguire un numero di misure statisticamente significativo, tale da permettere la determinazione delle distribuzioni temporali e spaziali dei campi; tale numero deve essere scelto sulla base della superficie oggetto di indagine e delle persone stabilmente residenti.

I livelli di intensità di campo ottenuti in queste condizioni possono essere confrontati direttamente con i "valori limite" prescritti dalle normative vigenti in materia.



Tabella 2	Intensità di campo elettrico E (V/m)	Intensità di campo Magnetico H (A/m)	Densità di Potenza D (W/m ²)
Valori di attenzione 0,1 MHz < f ≤ 300 GHz	6	0,016	0,10 (3 MHz-300 GHz)

Tabella 14 - Tabella 2 Allegato B d.p.c.m. 8 luglio 2003

I suddetti valori si assumono a titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti anche a lungo termine eventualmente connessi con le esposizioni ai campi generati alle suddette frequenze nei seguenti casi:

- 1) all'interno di edifici utilizzati come ambienti abitativi con permanenze continuative non inferiori a quattro ore giornaliere;
- 2) solo nel caso di utilizzazione per permanenze non inferiori a quattro ore continuative giornaliere, nelle pertinenze esterne con dimensioni abitabili, quali balconi, terrazzi e cortili (esclusi i tetti anche in presenza di lucernai ed i lastrici solari con funzione prevalente di copertura, indipendentemente dalla presenza o meno di balaustre o protezioni anti-caduta e di pavimentazione rifinita, di proprietà comune dei condomini).

I valori devono essere rilevati ad un'altezza di m 1,50 sul piano di calpestio e sono da intendersi come media dei valori nell'arco delle 24 ore; si precisa che la media in questione è da intendersi come media quadratica dei valori efficaci del campo elettrico.

Nel caso di esposizione a impianti che generano campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici con frequenza compresa tra 100 kHz e 300 GHz, non devono essere superati i limiti di esposizione seguenti, intesi come valori efficaci:



Tabella 1	Intensità di campo elettrico E (V/m)	Intensità di campo Magnetico H (A/m)	Densità di Potenza D (W/m ²)
Limiti di esposizione			
0,1 < f ≤ 3 MHz	60	0,2	-
3 < f ≤ 3000 MHz	20	0,05	1
3 < f ≤ 300 GHz	40	0,01	4

Tabella 15 - Tabella 1 Allegato B d.p.c.m. 8 luglio 2003

Tali valori devono essere rilevati ad un'altezza di m 1,50 sul piano di calpestio e mediati su qualsiasi intervallo di sei minuti.

I livelli di campo da confrontare con gli obiettivi di qualità di cui alla tabella 3 dell'allegato B del DPCM 8 luglio 2003, intesi come valori efficaci, devono essere rilevati alla sola altezza di 1,50 m sul piano di calpestio e sono da intendersi come media dei valori

nell'arco delle 24 ore:

Tabella 3	Intensità di campo elettrico E (V/m)	Intensità di campo Magnetico H (A/m)	Densità di Potenza D (W/m ²)
Obiettivi di qualità			
0,1 MHz < f ≤ 300 GHz	6	0,016	0,10 (3 MHz-300 GHz)

Tabella 16 - Tabella 3 Allegato B d.p.c.m. 8 luglio 2003

Per effettuare misure di esposizione nell'intervallo 10 kHz – 300 GHz, è necessario adottare vari tipi di strumenti di misura, in relazione alla frequenza dei campi elettromagnetici in esame, alle caratteristiche del campo (campo reattivo o campo radiativo, tipo di polarizzazione, tipo di modulazione) ed al numero di sorgenti radianti. La caratterizzazione dell'esposizione umana si basa principalmente sulla misura dell'intensità del campo elettrico e/o magnetico e della densità di potenza, ma possono comprendere anche misure e valutazioni delle correnti indotte nel corpo umano. In molte situazioni espositive, come già sottolineato, non esiste un semplice rapporto matematico tra le intensità di campo elettrico e di campo

magnetico, e quindi in tali situazioni ciascuna grandezza deve essere misurata separatamente. È necessario conoscere adeguatamente le caratteristiche degli strumenti di misura, in particolare il tipo di sensore utilizzato, la grandezza misurata ed il principio su cui è basata la misura. Si deve considerare qualsiasi effetto sulla misura, provocato da modulazione, armoniche o energia emessa ad altre frequenze. Gli strumenti per la misura delle emissioni nel campo delle radiofrequenze e delle microonde sono sostanzialmente misuratori diretti dei parametri del campo E o H; lo strumento deve essere scelto dopo analisi delle sue caratteristiche e delle sue limitazioni, rispetto alle sorgenti oggetto dell'indagine.

12.4 STRUMENTAZIONE DI MISURA

Le misure di campi elettromagnetici dovranno essere eseguite utilizzando la strumentazione prevista dalle norme tecniche e di seguito descritta. Tutta la strumentazione utilizzata risulta regolarmente tarata e controllata come previsto dalle norme.

Le misure dovranno essere effettuate per mezzo di un misuratore di campo di precisione, omologato e rispondente ai requisiti imposti dalla vigente normativa regionale, nazionale ed europea collegandolo a idonee sonde.

La strumentazione impiegata per il monitoraggio delle sorgenti di campo elettromagnetico al minimo sarà costituita da:

- Misuratore di campi elettromagnetici (p.es. NARDA sts / PMM mod. 8053A);
- Sensore isotropico (p.es. NARDA sts / PMM mod.EP330 per alta frequenza da 0,1MHz a 3000MHz);
- Sensore isotropico (p.es. mod.EHP50C per bassa frequenza da 5Hz a 100KHz);
- Treppiede con prolunga in materiale non conduttivo e prolunga cavo in fibra ottica per interconnessione sonda e misuratore

L'apparato strumentale a disposizione dovrà garantire nelle migliori condizioni di misura

un'incertezza del 10%.

12.5 FREQUENZA E PERIODICITÀ DEL MONITORAGGIO

Le misure sono state condotte per un periodo di tempo sufficiente a stabilizzare il valore medio del campo elettromagnetico misurato.

- Bassa/media frequenza: le misure di campo elettrico e di campo magnetico saranno costituite da misure dirette di breve durata prolungate per almeno 24 ore;
- Alta frequenza: saranno considerate le medie dei valori misurati nell'arco delle 24 ore, intese come medie quadratiche dei valori efficaci del campo elettrico.

I punti di monitoraggio sia della bassa frequenza che dell'alta, sono stati individuati in prossimità delle sorgenti emmissive di campo magnetico e campo elettrico. Sono state identificate e considerate come sorgenti potenzialmente impattanti i componenti del sistema di alimentazione elettrica della linea, ossia le sottostazioni Elettriche (SSE Lazio, SSE Castagno e SSE Palagetta) e le stazioni radio base (in corrispondenza delle SSE Palagetta e Lazio)

I punti di monitoraggio sono stati collocati in corrispondenza di recettori abitati ovvero presso luoghi in cui si possa ragionevolmente attendere che individui della popolazione trascorrono una parte significativa della giornata (ambienti abitativi) o limitata a poche ore al giorno (almeno quattro ore al giorno).

L'indicazione dell'ubicazione e della tipologia di misurazioni sulla componente campi elettromagnetici sarà restituita con dettaglio all'interno dell'apposito elaborato grafico B382-SF-AMB-CO001-A "Planimetria di localizzazione dei punti di monitoraggio", parte integrante del presente Piano di Monitoraggio Ambientale.

Si riporta di seguito una tabella riepilogativa dei punti di monitoraggio previsti per il monitoraggio della componente campi elettromagnetici:



Denominazione	Localizzazione	Tipologia misura	Frequenza monitoraggio	Fase del monitoraggio
CEM1	SSE Lazio	Bassa/media frequenza	1 volta	AO-PO
	Antenna sistema di comunicazione radio terra presso SSE Lazio	Alta frequenza	1 volta	AO-PO
CEM2	SSE Castagno	Bassa/media frequenza	1 volta	AO-PO
CEM3	SSE Palagetta	Bassa/media frequenza	1 volta	AO-PO
	Antenna sistema di comunicazione radio terra presso SSE Palagetta	Alta frequenza	1 volta	AO-PO

Tabella 17 - Riepilogo punti di monitoraggio campi elettromagnetici

13. COMPONENTE AMBIENTE IDRICO SUPERFICIALE

13.1 GENERALITÀ E FINALITÀ DEL MONITORAGGIO

La realizzazione del progetto tranviario comporta interferenza diretta con il reticolo idrografico minore, in particolare i canali e i fossi interferiti sono il Canale Macinate, il Fosso Gavine, il Fosso Reale e il Fosso di Prunaia.

Si ritiene necessario il monitoraggio delle acque finalizzato alla verifica dell'assenza di impatti nella fase di Corso d'Opera, e a verificare eventuali variazioni sullo stato qualitativo del corpo idrico tra la situazione attuale e quella che si verrà a delineare una volta entrata in esercizio l'opera. Per definire la caratterizzazione dello stato qualitativo ante operam (AO) e per poter effettuare, in fase di corso d'opera (CO), un esaustivo controllo delle alterazioni quantitative e qualitative delle acque superficiali, i punti di controllo verranno posizionati in modo da monitorare il

corpo idrico a monte e a valle di entrambe le interferenze individuate.

Il monitoraggio verrà articolato nelle fasi di Ante Operam, Corso d'Opera e Post Operam.

Il Piano di Monitoraggio Ambientale sarà adeguato sulla base delle rilevazioni che saranno effettuate prima dell'inizio delle lavorazioni, definendo le soglie di attenzione e di emergenza, le procedure di attenzione e la risoluzione delle criticità che emergeranno in seguito alle rilevazioni Ante-operam, per un'adeguata gestione dei possibili peggioramenti e delle criticità attese.

Nello specifico, gli obiettivi riferiti a ciascuna Fase di monitoraggio possono essere così definiti:

- Fase di AO: caratterizzare lo stato attuale della matrice in analisi al fine di poter procedere, successivamente, ad una valutazione di eventuali variazioni dello stato qualitativo della componente a seguito della realizzazione dell'opera, o al suo futuro esercizio, così da ricercare le azioni correttive che potranno ricondurre gli effetti rilevati a dimensioni accettabili;
- Fase di CO: valutare le eventuali variazioni che intervengono nell'ambiente a seguito delle attività di cantierizzazione al fine di ricercare azioni correttive;
- Fase di PO: Evidenziare eventuali alterazioni subite a seguito delle attività effettuate e valutare le eventuali variazioni che intervengono nell'ambiente a seguito dell'operatività dell'infrastruttura al fine di ricercare azioni correttive.

I potenziali impatti sono da ricondursi principalmente alle seguenti pressioni:

- costruzione delle opere in alveo o di aree destinate alla cantierizzazione che, provocando la movimentazione di terra possono indurre un intorbidimento delle acque con conseguente alterazione o sottrazione degli habitat naturali;
- deviazione temporanea dei corsi d'acqua o captazione della risorsa idrica (anche a causa di drenaggi durante le operazioni di scavo) negli attraversamenti o per la

costruzione di aree di cantiere, che possono determinare variazioni delle caratteristiche idrologiche;

- scarico di acque reflue di lavorazione, scarico di acque meteoriche, scarico di acque di drenaggio e deflusso delle acque piovane provenienti dalle aree di cantierizzazione, o sversamenti accidentali di sostanze inquinanti lungo le aree interessate dalle attività di costruzione, causa di alterazioni di tipo chimico-fisico e batteriologico.

In tabella sono indicate, in linea generale per le principali azioni di progetto, le potenziali interferenze che potrebbero verificarsi per la matrice idrica superficiale e le azioni di controllo degli impatti. Il criterio di selezione dei punti ha perseguito la finalità di definire, in corrispondenza delle aree di cantiere, sezioni strategiche di controllo lungo il corso d'acqua interferito direttamente, in modo che gli esiti del monitoraggio possano fornire segnalazione sugli effetti provocati da scarichi imprevisti (natura, origine ecc.), attuando tempestivamente tutte le necessarie misure mitigative necessarie.

AZIONI DI PROGETTO	IMPATTI POTENZIALI	AZIONI DI CONTROLLO E MITIGAZIONE
Lavorazioni in alveo	Modifica temporanea del regime del trasporto solido e conseguente aumento della torbidità locale	Sistemi per limitare la produzione e diffusione nell'acqua di materiale solido
Occupazioni di aree, attraversamenti, scavi e drenaggi	Modificazione del reticolo idrografico superficiale	Sistemi per mantenere le caratteristiche idrologiche e morfologiche dell'alveo deviato.
Scarico reflui (acque meteoriche, di drenaggio, di lavorazione, reflui civili)	Rischio inquinamento a causa di eventuali malfunzionamenti dei previsti sistemi di trattamento o pretrattamento	Sistemi di separazione e trattamento al fine di assicurare il rispetto degli standard qualitativi anche nei corpi ricettori Riguardo agli scarichi di acque generati dalle operazioni di cantiere che possono presentare un alto contenuto di solidi sospesi ed oli o idrocarburi, dovranno essere previste apposite vasche in cui il refluo



		possa essere disoleato e decantato prima che l'acqua reflua venga recapitata al trattamento successivo.
Deflusso acque meteoriche provenienti da aree pavimentate e non pavimentate	Intorbidimento e inquinamento corpi ricettori	Controlli diretti sulla falda sono previsti relativamente all'ambiente idrico sotterraneo. Dovrà prevedersi, ove possibile, il riciclo e riutilizzo delle acque di lavorazione previo trattamento.

13.2 DEFINIZIONE DEGLI INDICATORI E DEI PARAMETRI DI MONITORAGGIO

Nella presente sezione sono riportati i set di macrodescrittori ed indicatori rappresentativi prescelti ai fini del monitoraggio della singola componente ambientale di riferimento (acque superficiali).

La scelta dei macrodescrittori e degli indicatori risulta correlata, come già anticipato, alla tipologia del corpo idrico potenzialmente interferito, con particolare attenzione al rispetto dell'obiettivo di non deterioramento delle componenti ecosistemiche dello stesso.

Il monitoraggio dell'ambiente idrico superficiale si baserà sull'analisi degli elementi di qualità fisico-chimica "in situ", rilevati direttamente in campo mediante l'utilizzo di apposite sonde multiparametriche, sul prelievo di campioni per le analisi in laboratorio di parametri chimico-batterologici e sulla valutazione dello stato dell'ittiofauna mediante l'Indice dello Stato Ecologico delle Comunità Ittiche (NISECI).

Parametri chimico-fisici (FIS) in situ

I parametri chimico-fisici potranno fornire un'indicazione generale sullo stato di qualità delle acque del corso d'acqua preesistente l'inizio dei lavori ed in relazione alle problematiche di interferenza con le opere in costruzione. Verranno rilevati i seguenti parametri con le relative metodiche:

Parametri chimico – fisici e chimici	Metodica	UM
pH	APAT2060-campo	upH
Temperatura dell'acqua	APAT2100-campo	°C



Parametri chimico – fisici e chimici	Metodica	UM
Conducibilità elettrica	APAT2030-campo	μS/cm
Ossigeno disciolto	ASTM D888-campo	% saturazione
Ossigeno disciolto	ASTM D888-campo	mgO ₂ /l
Potere Red-Ox (NHE)	ASTM 1498-campo	mV
Portata		l/s

Tabella 18 - Parametri chimico – fisici e chimici in situ

Nelle acque superficiali il pH è caratterizzato da variazioni giornaliere e stagionali, ma anche dal rilascio di scarichi di sostanze acide e/o basiche; la conducibilità elettrica specifica esprime il contenuto di sali disciolti ed è strettamente correlata al grado di mineralizzazione e quindi della solubilità delle rocce a contatto con le acque; brusche variazioni di conducibilità possono evidenziare la presenza di inquinamenti.

La concentrazione dell'ossigeno disciolto dipende da diversi fattori naturali, tra i quali la pressione parziale in atmosfera, la temperatura, la salinità, l'azione fotosintetica, le condizioni cinetiche di deflusso. Brusche variazioni di ossigeno disciolto possono essere correlate a scarichi civili, industriali e agricoli. Una carenza di ossigeno indica la presenza di quantità di sostanza organica o di sostanze inorganiche riducenti.

La solubilità dell'ossigeno è in funzione della temperatura e della pressione barometrica; pertanto, i risultati analitici devono essere riferiti al valore di saturazione caratteristico delle condizioni effettive registrate al momento del prelievo. La presenza di organismi fotosintetici: (alghe, periphyton e macrofite acquatiche) influenza il valore di saturazione di ossigeno, comportando potenziali condizioni di ipersaturazione nelle ore diurne e di debito di ossigeno in quelle notturne.

I solidi in sospensione totali sono indicativi, eventualmente in associazione con la torbidità rilevata strumentalmente e con la misura del trasporto solido in sospensione, di potenziali alterazioni riconducibili ad attività dirette di cantiere o a interventi in grado di alterare il regime delle velocità di flusso in alveo o l'erosibilità del suolo (sistemazioni idrauliche, aree di cantiere, di



cava o discarica; sistemazioni idrogeologiche, dissesti ecc.). L'entità e la durata di concentrazioni acute di solidi in sospensione hanno ripercussioni sulla qualità degli habitat per macroinvertebrati e fauna ittica.

Parametri chimico-fisici delle acque di laboratorio

Questi daranno indicazione delle eventuali interferenze tra le lavorazioni in atto ed il chimismo dei corsi d'acqua. Verranno analizzati parametri tipicamente legati ai fenomeni di inquinamento da lavorazione con macchine operatrici, sversamenti e scarichi accidentali, getti e opere in calcestruzzo. Si riporta di seguito l'elenco dei parametri oggetto di indagine e delle relative metodiche analitiche.

Parametri chimico – fisici e chimici	Metodica	UM
pH	APAT2060	-
Conducibilità elettrica	APAT2030	μS/cm
Colore	APAT2020	-
Odore	APAT2050	-
Materiali grossolani	DLgs 319 Tab A	
Solidi Sospesi Totali	APAT2090 B	mg/l
Richiesta biochimica di ossigeno (BOD ₅)	APAT5120 A – B1	mg/l
Richiesta chimica di ossigeno (COD)	ISO15705	mg/l
Tributilstagno	UNI17353	mg/l
Durezza Totale (da calcolo)	APAT2040 A	mg/l CaCO ₃
Alluminio	EPA3015EPA6020	mg/l
Arsenico	EPA3015EPA6020	mg/l
Bario	EPA3015EPA6020	mg/l
Boro	EPA3015EPA6020	mg/l
Cadmio	EPA3015A 2007 + EPA6020B 2014	mg/l e μg/l
Cromo totale	EPA3015EPA6020	mg/l
Cromo (VI)	APAT3150 C	mg/l
Ferro	EPA3015EPA6020	mg/l
Manganese	EPA3015EPA6020	mg/l
Mercurio	EPA3015A 2007 + EPA6020B 2014	mg/l e μg/l
Nichel	EPA3015A 2007 + EPA6020B 2014	mg/l e μg/l
Piombo	EPA3015A 2007 + EPA6020B 2014	mg/l e μg/l
Rame	EPA3015EPA6020	mg/l
Selenio	EPA3015EPA6020	mg/l



Comune
di Firenze

Parametri chimico – fisici e chimici	Metodica	UM
Stagno	EPA3015EPA6020	mg/l
Zinco	EPA3015EPA6020	mg/l
Cianuri totali (come CN)	APAT4070	mg/l
Cloro attivo libero	APAT4080	mg/l
Solfuri (come H ₂ S)	APAT4160	mg/l
Solfiti	APAT4150 A	mg/l
Solfati	APAT4020	mg/l
Cloruri	APAT4020	mg/l
Fluoruri	APAT4020	mg/l
Fosforo totale (come P)	EPA2007	mg/l
Azoto ammoniacale (come NH ₄)	APAT4030 B	mg/l
Azoto nitroso (come N)	APAT4020	mg/l
Azoto nitrico (come N)	APAT4020	mg/l
Grassi e oli animali/vegetali (calcolo)	APAT5160 B1 B2	mg/l
Azoto Totale	APAT4060	mg/l
Idrocarburi Totali	APAT5160 B2	mg/l
Fenoli	APAT5070 A1	mg/l
Aldeidi	APAT5010 A	mg/l
Solventi organici aromatici	EPA5021 8260	mg/l
Solventi organici azotati	EPA5021 8260	mg/l
Tensioattivi totali (da calcolo)	APAT51705180	mg/l
Pesticidi fosforati	EPA3510 3620 8270	mg/l
Solventi clorurati	EPA5021 8260	mg/l

Tabella 19 - Parametri chimico - fisici per le indagini di laboratorio

Parametri microbiologici delle acque (BIO)

Le analisi microbiologiche daranno indicazione delle eventuali interferenze tra le lavorazioni in atto e la carica batteriologica di “bianco” dei corsi d’acqua. Si riportano di seguito i parametri biologici oggetto di monitoraggio.

Parametri microbiologici	Metodica	UM
Escherichia coli	APAT CNR IRSA 7030 Man 29 2003	ufc/100 ml
Coliformi totali	APAT CNR IRSA 7010 Man 29 2003	Coliformi totali
Streptococchi fecali	APAT CNR IRSA 7040 Man 29 2003	Streptococchi fecali

Tabella 20 - Parametri microbiologici per le indagini di laboratorio

Fauna ittica



La fauna ittica è considerata tra gli elementi biologici di qualità ambientale di cui è richiesta l'analisi per la valutazione dello stato ecologico dei corpi idrici fluviali.

Essa risponde a molteplici fattori, tra i quali le variazioni di qualità delle acque (temperatura, ossigeno, contaminanti, nutrienti...), il regime idrologico, la morfologia dell'alveo, le fluttuazioni di livello. Le popolazioni ittiche rispondono alle pressioni in tempi relativamente lunghi registrando quindi le ripercussioni degli impatti su una scala temporale di maggiore grandezza rispetto agli altri indicatori.

La classificazione basata sulla fauna ittica è realizzata attraverso il Nuovo Indice dello Stato Ecologico delle Comunità Ittiche (NISECI).

Il NISECI utilizza come principali criteri per la valutazione dello stato ecologico di un determinato corso d'acqua la naturalità della comunità ittica (intesa come completezza della composizione in specie indigene attese in relazione al quadro zoogeografico ed ecologico), e la condizione biologica delle popolazioni presenti (quantificata positivamente per le specie indigene attese e negativamente per le aliene), in termini di abbondanza e struttura di popolazione tali da garantire la capacità di autoriprodursi ed avere normali dinamiche ecologico-evolutive. Tali criteri si collegano con le richieste della Direttiva Quadro sulle Acque, 2000/60/CE, ribadite nelle relative norme di recepimento a scala nazionale (D.Lgs 152/06 e s.m.i.), le quali prevedono che per la definizione dello stato ecologico dei corpi idrici fluviali debba essere considerato l'Elemento di Qualità Biologica "fauna ittica", valutandone composizione, abbondanza e struttura di età.

13.3 MODALITÀ DI MONITORAGGIO E STRUMENTAZIONE DI MISURA

Il campionamento può definirsi come l'operazione di prelevamento della parte di una sostanza di dimensione tale che la proprietà misurata nel campione prelevato rappresenti, entro un

limite accettabile noto, la stessa proprietà nella massa di origine.

In altre parole, il fine ultimo del campionamento ambientale è sempre quello di consentire la raccolta di porzioni rappresentative della matrice che si vuole sottoporre ad analisi. Il campionamento rappresenta, quindi, la prima fase di ogni processo analitico che porterà a risultati la cui qualità è strettamente correlata a quella del campione prelevato. Per tale motivo, il campionamento è una fase estremamente complessa e delicata che condiziona i risultati di tutte le operazioni successive e che di conseguenza incide in misura non trascurabile sull'incertezza totale del risultato dell'analisi.

L'analisi può essere finalizzata alla verifica del rispetto di limiti, alla definizione della variabilità spaziale e/o temporale di uno o più parametri, al controllo di scarichi accidentali od occasionali, alla determinazione di parametri di processo, alla caratterizzazione fisica, chimica o biologica di un ambiente.

Nella presente sezione sono descritte le **metodiche di campionamento** relative alla matrice Acque superficiali.

Il monitoraggio dovrà prevedere il campionamento del corso d'acqua sul quale dovranno essere applicate metodiche di campo, di laboratorio e le check list di analiti da ricercare.

Si ricorda che le postazioni su cui sarà eseguito con successo il campionamento (e, quindi, le determinazioni analitiche previste) saranno quelle tali per cui sarà possibile verificare, durante lo svolgimento delle varie campagne, l'adeguatezza del flusso idrico.

Strumentazione per il campionamento in campo

Di seguito sono riportate le strumentazioni principali che dovranno essere utilizzate per le operazioni di campionamento della matrice ambientale Acque superficiali, suddivise per tipologia e funzione.

- Prelievo acque superficiali per analisi chimiche e microbiologiche

Per le operazioni di campionamento previste per le acque superficiali dovrà essere utilizzata una

metodologia del campionamento puntuale, per immersione diretta all'interno del corso d'acqua di un contenitore di volume adeguato, e successiva suddivisione del quantitativo prelevato nelle differenti aliquote necessarie per le varie determinazioni previste.

- Determinazione dei parametri macrodescrittori: sonde multiparametriche/multimetri

Le sonde multiparametriche sono strumenti utilizzati per l'esecuzione di misure in campo dei principali parametri chimico-fisici delle acque sia superficiali che di falda; tali strumenti, adeguatamente predisposti ed accessoriati, diventano adatti anche per l'impiego in ambienti particolarmente aggressivi (es: ampio range di escursione acido/basico, acque dolci e acque marine, etc.) o di difficile accesso (piezometri piccolo diametro, comunque non minore di 2", piezometri profondi, aree poco accessibili, etc.).

Ogni sonda è dotata di memoria interna in grado di registrare automaticamente le misure fatte a intervalli regolari impostabili dall'utente così da poter ottenere un monitoraggio in continuo delle condizioni fisico-chimiche dell'acqua, è inoltre posizionabile direttamente nel punto di monitoraggio con la possibilità di collegamento diretto al computer per una diretta acquisizione dei dati acquisiti senza pertanto dover necessariamente interrompere la fase di acquisizione o modificare il posizionamento. La sonda è dotata di sistema di autocompensazione delle variazioni di pressione barometrica.

La sonda è attrezzata con sensori per la misura dei parametri di:

- Livello Piezometrico;
- Temperatura;
- Ph;
- Conducibilità;
- Potenziale Redox.

- Il gruppo di sensori può essere inoltre integrato per la misura di:
- Torbidità;
- Ossigeno disciolto;
- all'occorrenza, con elettrodi per Ammonio (NH₄⁺) Cloro (Cl⁻) Nitrati (NO₃⁻).

Per l'acquisizione dei dati viene usato un computer palmare realizzato per l'impiego in campo e pertanto resistente a spruzzi e urti accidentali. I dati sono acquisiti con programma dedicato che ne permette una immediata visualizzazione in diagrammi o tabulati e ne consente altresì il trasferimento in memoria. Una successiva elaborazione restituisce i dati in tabulati informatici di formato accessibile ai più diffusi programmi di calcolo.

Il multimetro, analogamente alle sonde multiparametriche sopra descritte, è uno strumento utilizzato per l'esecuzione di misure in campo dei principali parametri chimico-fisici delle acque sia superficiali che di falda.

È costituito da un supporto in materiale plastico su cui possono essere montati, indifferentemente, i singoli sensori per la determinazione di pH, temperatura, conducibilità, potenziale red-ox, ossigeno disciolto e torbidità. I sensori sono poi collegati mediante un cavo al pc palmare, su cui compaiono in continuo le letture dei singoli sensori.

Modalità di campionamento dei parametri chimico-fisici e microbiologici

La metodologia che dovrà essere scelta per il campionamento, come anticipato precedentemente, è quella del campionamento "istantaneo", ossia il prelievo di un singolo campione in un'unica soluzione in un punto determinato ed in un tempo molto breve. Tale metodologia è da considerarsi rappresentativa delle condizioni presenti all'atto del prelievo e può essere ritenuta significativa per il controllo delle escursioni dei valori di parametri in esame nel caso di analisi lungo i vari corsi d'acqua.

Dal punto di vista operativo, ogni campione di acque superficiali dovrà essere prelevato dal corso

d'acqua mediante immersione diretta di apposito campionatore manuale (contenitore) in un punto in cui è presente un flusso di corrente apprezzabile, in modo tale da evitare anomalie dovute a campionamento di acque ferme e/o stagnanti (in prossimità di sponde e/o strozzature/allargamenti o comunque singolarità nel profilo delle sponde).

Di seguito si riportano gli step operativi da seguire durante la fase di campo:

- posizionamento sul punto previsto per il campionamento;
- verifica di presenza di battente idraulico/flusso apprezzabile;
- campionamento diretto mediante immersione di campionatore manuale;
- formazione delle varie aliquote in funzione dei parametri da ricercare;
- conservazione dei campioni in contenitori di vetro e polietilene in relazione ai contaminanti da ricercare;
- trasporto dei campioni presso il laboratorio, all'interno di un contenitore refrigerato entro tempi brevi dal prelievo dello stesso per limitare eventuali perdite, per volatilizzazione, degli elementi più volatili;
- conservazione dei campioni in luogo refrigerato presso il laboratorio di analisi, per tutto il periodo intercorrente tra prelievo ed esecuzione delle analisi, in relazione ai relativi holding time per i vari composti.

Al fine del riconoscimento, tutti i campioni dovranno essere etichettati e siglati.

Le **metodiche di campionamento** utilizzate dovranno essere rispondenti alle metodiche:

- APAT CNR-IRSA 1030/2003;
- Allegati al D.M. 260/2010 e s.m.i.;
- Allegati al D.Lgs. 152/06 e s.m.i.

Conservazione del campione

Conservare un campione significa garantire la stabilità e la inalterabilità di tutti i suoi costituenti nell'intervallo di tempo che intercorre tra il prelievo e l'analisi. Questi aspetti non sono

realizzabili al cento per cento; è però possibile ricorrere ad accorgimenti al fine di ridurre al minimo le alterazioni, salvaguardando la rappresentatività del campione. Un campione ambientale, nel momento stesso in cui viene separato e confinato in un recipiente non rappresenta più, a stretto rigore, il sistema di origine. Da quel momento il campione inizia a modificarsi fisicamente (evaporazione, sedimentazione, adsorbimento alle pareti del contenitore ecc.), chimicamente (reazioni di neutralizzazione, trasformazioni ossidative ecc.) e biologicamente (attacco batterico, fotosintesi ecc.).

Per quanto attiene i tempi massimi intercorrenti tra il prelievo e l'analisi è necessario eseguire sempre le analisi sui campioni, il più presto possibile dopo la raccolta. Al fine di avere maggiori garanzie di stabilità del campione è opportuno, in tutti quei casi in cui l'analisi andrà effettuata sul campione filtrato, eseguire la filtrazione entro le 24 ore e conservare il campione filtrato.

I contenitori utilizzati per la raccolta e il trasporto dei campioni non devono alterare il valore di quei parametri di cui deve essere effettuata la determinazione, in particolare:

- non devono cedere o adsorbire sostanze, alterando la composizione del campione;
- devono essere resistenti ai vari costituenti presenti nel campione;
- devono garantire la perfetta tenuta, anche per i gas disciolti e per i composti volatili, ove questi siano oggetto di determinazioni analitiche.

I materiali più usati per i contenitori sono generalmente il vetro e la plastica.

Riguardo al vetro, che rimane il materiale da preferire, esistono in commercio diverse qualità che si differenziano per la composizione e per la resistenza agli agenti fisici e chimici.

Indice NISECI

I valori di stato ecologico, ai sensi della normativa europea, devono essere espressi sotto forma di



Rapporto di Qualità Ecologica (RQE), ovvero il rapporto tra lo stato della comunità ittica osservata e quello della corrispondente comunità di riferimento, verranno calcolati i valori soglia di NISECI in modo da definire intervalli RQE di uguale ampiezza per ciascuna delle 5 classi previste. La relazione tra NISECI e RQE_{NISECI} è stata ottenuta tramite simulazione di 21.000 casi, nel corso della quale le 3 metriche dell'indice sono state fatte variare da 0 a 1 per incrementi di 0.1:

$$RQE_{NISECI} = (\log NISECI + 1.1283) / 1.0603$$

Poiché la classificazione dello stato ecologico deve essere espressa in 5 classi, sono stati calcolati i valori soglia di NISECI in modo da definire intervalli RQE di uguale ampiezza per ciascuna classe:

Stato ecologico	Valori soglia NISECI	Valori soglia RQE
Elevato	$0.525 \leq NISECI$	$0.80 \leq RQE_{NISECI}$
Buono	$0.322 \leq NISECI < 0.525$	$0.60 \leq RQE_{NISECI} < 0.80$
Moderato	$0.198 \leq NISECI < 0.322$	$0.40 \leq RQE_{NISECI} < 0.60$
Scadente	$0.121 \leq NISECI < 0.198$	$0.20 \leq RQE_{NISECI} < 0.40$
Cattivo	$NISECI < 0.121$	$RQE_{NISECI} < 0.20$

13.4 MODALITÀ E ATTIVITÀ DI MISURA

Attività di campo

Sopralluogo in campo

Come già anticipato è indispensabile progettare la campagna di campionamento in modo da disporre di tutto il materiale necessario per una corretta acquisizione e conservazione dei campioni. Sarà necessario effettuare un sopralluogo finalizzato a verificare e definire i punti di monitoraggio; tale sopralluogo interesserà sia gli Oc sia un rappresentante del GMA per concordare il punto di prelievo.

Durante tale sopralluogo sarà compilata la scheda monografica di monitoraggio dedicata alla

“Localizzazione geografica”, in particolare il campo “Accesso al punto di campionamento”; in tal modo il personale addetto al campionamento disporrà di tutte le informazioni per accedere al punto di monitoraggio prescelto. Saranno anche effettuate fotografie e sarà riportato, nella scheda, uno stralcio cartografico con indicata la sezione di misura scelta.

Il sopralluogo sarà effettuato una sola volta per ogni punto di monitoraggio, prima di qualsiasi attività di misura, e sarà di ausilio per tutte le misure eseguite successivamente in quel punto.

Attività di misura

Le attività di misura e campionamento, in particolare quelle di carattere biologico, dovranno evitare il campionamento nei periodi di forte siccità o di intense piogge o periodi ad essi successivi. L'attività di misura e di campionamento dovrà essere effettuata dall'Oc.

Per la componente acque superficiali l'attività di misura in campo consiste preliminarmente nella verifica delle corrette condizioni per il rilievo rispetto alle lavorazioni in corso; tale attività risulta fondamentale in particolare nella fase di CO in quanto l'operatore, oltre alla verifica delle buone condizioni tecniche per l'esecuzione del rilievo, dovrà verificare che le attività di costruzione in corso siano esattamente quelle per le quali il GMA ha previsto il controllo a seguito dell'analisi del programma di cantiere.

Pertanto, si possono presentare due casi:

- il *rilievo non può avere luogo*: qualora ciò accada, l'Oc dovrà informare tempestivamente il GMA e valutare con lo stesso come procedere. Potranno verificarsi almeno due sottocasi:
 - a) si sono verificate alterazioni significative delle condizioni iniziali in prossimità del punto di monitoraggio. GMA potrà valutare l'opportunità di effettuare un sopralluogo congiunto con Oc e procedere alla rilocalizzazione della sezione di monitoraggio. La rilocalizzazione comporterà la definizione di un nuovo

- punto di monitoraggio e la soppressione del precedente; pertanto GMA dovrà procedere ad un aggiornamento dell'elenco dei punti di misura e all'effettuazione del sopralluogo ed alla eventuale richiesta di un nuovo permesso di accesso alle proprietà private;
- b) non sono in corso le attività di costruzione per le quali GMA aveva stabilito il monitoraggio: GMA, sentito il personale di cantiere, potrà decidere di effettuare il campionamento o concordare con l'Oc una nuova data in relazione agli obiettivi di monitoraggio fissati per quel corso d'acqua.
- il rilievo può avere luogo: qualora sia svolta l'attività di misura saranno compilate le sezioni della scheda di misura dedicate alla descrizione:
- a) delle attività di costruzione in corso;
- b) della posizione rispetto la potenziale interferenza, sia essa di fronte avanzamento lavori sia di cantiere;
- c) della stazione di prelievo: sarà compilata la parte di scheda di misura che riporta le informazioni necessarie per una corretta interpretazione dei dati derivanti dalle analisi di laboratorio. I campi di cui è prevista la compilazione sono:
- la descrizione dell'ambito limitrofo alla sezione di misura,
 - la descrizione di eventuali fonti inquinanti connesse e non con l'opera in progetto prossime al punto di campionamento.
- d) rilievo dei parametri in situ: saranno acquisiti i parametri descritti nell'apposita sezione;

- e) descrizione delle modalità di campionamento per tutti i parametri rilevati;
- f) descrizione del campionamento:
 - coordinate del punto di prelievo;
 - posizione del prelievo: sponda, distanza e pendenza della sponda.

Attività in sede

L'attività di misura in campo prevede una organizzazione preliminare che dovrà passare attraverso l'analisi del programma di cantiere acquisito dal GMA e la preparazione di tutto il materiale necessario per il campionamento. L'attività successiva a quella di campo richiede che tutti i dati siano organizzati, che le analisi siano effettuate nel minor tempo possibile e che l'Oc inserisca tutti i dati nel SIT per permetterne al GMA l'analisi e la validazione.

Le figure coinvolte in tale attività sono l'Oc, il GMA e il Direttore di cantiere per eventuale richiesta di chiarimenti in relazione alle attività di costruzione. Tale attività sarà indispensabile nella fase di CO per poter controllare le potenziali interferenze e poterle correlare alle lavorazioni svolte; è responsabilità del GMA acquisire tutte le informazioni necessarie per programmazione dell'attività di monitoraggio.

Attività preventiva all'uscita in campo

Di seguito viene illustrato il flusso decisionale delle attività di misura.

1. il GMA acquisisce l'aggiornamento della programmazione di cantiere;
2. il GMA decide il programma delle attività di monitoraggio;
3. il GMA comunica il piano di monitoraggio agli Oc;
4. l'Oc conferma la fattibilità dei rilievi richiesti;
5. il GMA avvisa gli enti di controllo del possibile programma di rilievi;

6. il GMA richiede conferma dell'esecuzione del rilievo il giorno precedente alla data di misura programmata;
7. il GMA conferma la data del rilievo all'ente di controllo il giorno precedente.

Attività successiva all'uscita in campo

Una volta rientrato in sede l'Oc:

1. porterà al laboratorio, quanto prima, nel caso di buon esito dell'attività di campionamento, i campioni acquisiti;
2. comunicherà l'esito del monitoraggio al GMA, tale attività sarà svolta in ogni caso anche qualora siano avvenuti colloqui telefonici durante l'attività in campo; la comunicazione dell'avvenuto o non avvenuto rilievo sarà realizzata tramite il SIT compilando i campi relativi al nome operatore, data, foto, note.
3. trasferirà sulla scheda di misura informatizzata quanto registrato in campo;
4. invierà i dati di campo al GMA tramite il SIT;
5. compilerà la parte della scheda di misura per la sezione dedicata alle analisi di laboratorio non appena queste saranno disponibili;
6. invierà tutti i dati acquisiti e non ancora trasmessi (le analisi di laboratorio) a GMA tramite il SIT corredati da una propria valutazione; contestualmente sarà caricata nel SIT la scheda di misura completa in ogni sua parte.

Non appena i dati saranno disponibili sul SIT il GMA procederà alla valutazione ed analisi degli stessi.

13.5 FREQUENZA, LOCALIZZAZIONE E PERIODICITÀ DEL MONITORAGGIO

L'ubicazione dei punti di monitoraggio passa attraverso la definizione del corpo idrico di cui si ritiene necessario il controllo; come evidenziato anche in precedenza, i punti di monitoraggio



sono stati quindi localizzati a monte a valle del tratto del corso d'acqua interferito dalle lavorazioni di progetto. Per il dettaglio e la visualizzazione della localizzazione in dettaglio dei punti d'indagine, si rimanda all'elaborato grafico B382-SF-AMB-CO001A "Planimetria di localizzazione dei punti di indagine" allegato alla presente relazione.

Il monitoraggio delle acque superficiali interesserà la fase di Ante Operam, Corso d'Opera e post Operam. In considerazione della sensibile fluttuazione stagionale dei parametri da ricercare, il monitoraggio delle acque superficiali dovrà avere, per le fasi previste di monitoraggio, una durata minima tale da poter coprire 4 differenti stagioni.

La frequenza dei monitoraggi prevista è trimestrale e, pertanto, in tutte le postazioni sarà possibile eseguire n.4 campagne di monitoraggio per coprire interamente la variabilità stagionale della componente in esame. Per la fauna ittica, si prevede l'esecuzione di un monitoraggio con frequenza semestrale (2 volte/anno) esclusivamente sul Fosso Reale.

Per quanto riguarda in particolare il monitoraggio CO, la componente ambientale verrà monitorata per il tempo di attivazione del cantiere limitrofo al corso d'acqua interferito.. Nelle fasi di maggiore interferenza con i corsi d'acqua (mesi del corso d'opera in cui si prevedono le lavorazioni in alveo), si prevede il monitoraggio mensile dei parametri chimico-fisici.

Si riporta in seguito una tabella riepilogativa dei punti di monitoraggio previsti sul corpo idrico superficiale oggetto del monitoraggio:

Denominazione	Localizzazione punto di monitoraggio	Parametri di monitoraggio	Frequenza monitoraggio		
			AO	CO	PO
ASUP1	Canale Macinate – Monte	Parametri chimico-fisici e microbiologici	Trimestrale (4 volte/anno)	Mensile per la durata delle lavorazioni	Trimestrale (4 volte/anno)



Comune
di Firenze

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA PER L'ESTENSIONE DEL SISTEMA
TRAMVIARIO FIORENTINO NEI COMUNI DI FIRENZE, CAMPI BISENZIO E SESTO FIORENTINO
– FASE C

CIG 70209921E3 - CUP H11E16001130001 + H1112000010002

LINEA 4.2 – ESTENSIONE PER CAMPI BISENZIO

Denominazione	Localizzazione punto di monitoraggio	Parametri di monitoraggio	Frequenza monitoraggio		
			AO	CO	PO
ASUP2	Canale Macinate – Valle	Parametri chimico-fisici e microbiologici	Trimestrale (4 volte/anno)	Mensile per la durata delle lavorazioni	Trimestrale (4 volte/anno)
ASUP3	Fosso Gavine – Monte	Parametri chimico-fisici e microbiologici	Trimestrale (4 volte/anno)	Mensile per la durata delle lavorazioni	Trimestrale (4 volte/anno)
ASUP4	Fosso Gavine – Valle	Parametri chimico-fisici e microbiologici	Trimestrale (4 volte/anno)	Mensile per la durata delle lavorazioni	Trimestrale (4 volte/anno)
ASUP5	Fosso Reale – Monte	Parametri chimico-fisici e microbiologici	Trimestrale (4 volte/anno)	Mensile per la durata di realizzazione del nuovo ponte (18 mesi)	Trimestrale (4 volte/anno)
		Fauna Ittica	Semestrale (2 volte/anno)	Mensile per la durata delle lavorazioni sul Ponte (18 mesi)	Semestrale (2 volte/anno)
ASUP6	Fosso Reale – Valle	Parametri chimico-fisici e microbiologici	Trimestrale (4 volte/anno)	Mensile per la durata di realizzazione del nuovo ponte (18 mesi)	Trimestrale (4 volte/anno)
		Fauna Ittica	Semestrale (2 volte/anno)	Mensile per la durata delle lavorazioni sul Ponte (18 mesi)	Semestrale (2 volte/anno)



Comune
di Firenze

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA PER L'ESTENSIONE DEL SISTEMA
TRAMVIARIO FIORENTINO NEI COMUNI DI FIRENZE, CAMPI BISENZIO E SESTO FIORENTINO
– FASE C

CIG 70209921E3 - CUP H11E16001130001 + H11I12000010002

LINEA 4.2 – ESTENSIONE PER CAMPI BISENZIO

Denominazione	Localizzazione punto di monitoraggio	Parametri di monitoraggio	Frequenza monitoraggio		
			AO	CO	PO
ASUP7	Fosso di Prunaia – Monte	Parametri chimico-fisici e microbiologici	Trimestrale (4 volte/anno)	Mensile per la durata delle lavorazioni	Trimestrale (4 volte/anno)
ASUP8	Fosso di Prunaia – Valle	Parametri chimico-fisici e microbiologici	Trimestrale (4 volte/anno)	Mensile per la durata delle lavorazioni	Trimestrale (4 volte/anno)

Tabella 21 - Riepilogo punti di monitoraggio componente acque superficiali

Per questa componente la fase relativa all'Ante operam e al Post operam avrà una durata pari a 12 mesi in modo da poter eseguire le 4 campagne previste con frequenza trimestrale.

14. COMPONENTE AMBIENTE IDRICO SOTTERRANEO

14.1 GENERALITÀ E FINALITÀ DEL MONITORAGGIO

Il monitoraggio ambientale della componente “Ambiente idrico sotterraneo” risulta costituito dalla Fase di Ante Operam (AO), Corso d’Opera (CO) e Post Operam (PO).

Nello specifico, gli obiettivi riferiti a ciascuna Fase di monitoraggio possono essere così definiti:

- Fase di AO: caratterizzare lo stato attuale della matrice in analisi al fine di poter procedere, successivamente, ad una valutazione di eventuali variazioni dello stato qualitativo della componente a seguito della realizzazione dell’opera, o al suo futuro esercizio, così da ricercare le azioni correttive che potranno ricondurre gli effetti rilevati a dimensioni accettabili;
- Fase di CO: Controllare l’impatto delle attività di cantiere sul sistema idrogeologico superficiale e profondo, al fine di prevenirne alterazioni di tipo quali-quantitativo delle acque ed eventualmente programmare efficaci interventi di contenimento e mitigazione;
- Fase di PO: Evidenziare eventuali alterazioni subite a seguito delle attività effettuate.

In particolare, viste le caratteristiche peculiari dell’opera, si ritiene necessaria la previsione di un opportuno monitoraggio, ai fini di controllare eventuali interferenze tra i livelli piezometrici del primo acquifero individuato e la qualità chimica e chimico-fisica dello stesso dovute a lavorazioni che prevedono scavi in maggior profondità. Queste possono essere ricondotte alle lavorazioni per la realizzazione del sottopasso previsto presso Piazza della Libertà e del Nuovo ponte sul Fiume Arno. Inoltre, viene predisposto il monitoraggio dei siti di deposito soggetti a potenziali contaminazioni, con possibili interferenze con la superficie freatica o con

eventuali falde confinate o sospese.

Lo scopo del piano di monitoraggio può essere ricondotto, in linea generale, al controllo dei livelli della falda e sulla qualità delle acque sotterranee per valutare possibili effetti immediati o a lungo termine del sottopasso.

14.2 DEFINIZIONE DEGLI INDICATORI E DEI PARAMETRI DI MONITORAGGIO

Per l'esecuzione del monitoraggio appare necessaria la predisposizione di piezometri di controllo da ubicarsi in prossimità dell'opera e, in particolare, l'attrezzamento come piezometri di controllo di 4 verticali di sondaggio.

Detti piezometri, di almeno 4 pollici di diametro, andranno collocati a coppia in direzione monte/valle idrogeologico ai lati delle paratie del sottopasso ad una congrua distanza da esse (almeno 25 ml). I piezometri dovranno essere fenestrati nel primo tratto delle ghiaie ove ha sede l'acquifero superficiale (fino a 15-20 m dal p.c.).

Il monitoraggio della componente idrico superficiale si svolgerà in due fasi distinte:

- realizzazione della rete di monitoraggio attraverso la messa in opera dei piezometri per il rilievo, da costruirsi a tubo aperto per una profondità tale da intercettare solo la falda più superficiale;
- rilievo dei parametri chimici di falda allo scopo di fornire i dati di base per la determinazione delle eventuali misure correttive.

In particolare, i dati relativi ai campionamenti effettuati in corso d'opera saranno confrontati con lo "stato di bianco" definito nei rilievi Ante Operam per verificarne il trend evolutivo ed eventuali scostamenti riconducibili alle lavorazioni in corso. I parametri per i quali esistono prescrizioni normative verranno valutati in relazione alle soglie stabilite dalla legislazione vigente.

In particolare, per la matrice in oggetto, si prevede l'esecuzione di indagini ed analisi volte all'individuazione delle concentrazioni soglia di contaminazione eventualmente presenti



Comune
di Firenze

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA PER L'ESTENSIONE DEL SISTEMA
TRAMVIARIO FIORENTINO NEI COMUNI DI FIRENZE, CAMPI BISENZIO E SESTO FIORENTINO
– FASE C

CIG 70209921E3 - CUP H11E16001130001 + H11I12000010002

LINEA 4.2 – ESTENSIONE PER CAMPI BISENZIO

nelle acque di falda; in ragione di ciò, il riferimento normativo da prendere in considerazione sarà la Tab. 2 dell'All. 5 alla Parte IV "Concentrazione soglia di contaminazione nel suolo, nel sottosuolo e nelle acque sotterranee in relazione alla specifica destinazione d'uso dei siti" del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.

Di seguito si riportano i parametri nonché i valori limite riferiti alla concentrazione soglia di contaminazione nelle acque sotterranee (di cui alla tab. 2, Allegato 5 del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.).

N° ord	SOSTANZE	Valore limite (µg/l)
METALLI		
1	Alluminio	200
2	Antimonio	5
3	Argento	10
4	Arsenico	10
5	Berillio	4
6	Cadmio	5
7	Cobalto	50
8	Cromo totale	50
9	Cromo (VI)	5
10	Ferro	200
11	Mercurio	1
12	Nichel	20
13	Piombo	10
14	Rame	1000
15	Selenio	10
16	Manganese	50
17	Tallio	2
18	Zinco	3000
INQUINANTI INORGANICI		
19	Boro	1000
20	Cianuri liberi	50
21	Fluoruri	1500
22	Nitriti	500
23	Solfati (mg/L)	250
COMPOSTI ORGANICI AROMATICI		
24	Benzene	1
25	Etilbenzene	50
26	Stirene	25
27	Toluene	15
28	para-Xilene	10
POLICLICI AROMATICI		
29	Benzo(a) antracene	0.1



Comune
di Firenze

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA PER L'ESTENSIONE DEL SISTEMA
TRAMVIARIO FIORENTINO NEI COMUNI DI FIRENZE, CAMPI BISENZIO E SESTO FIORENTINO
– FASE C

CIG 70209921E3 - CUP H11E16001130001 + H11I12000010002

LINEA 4.2 – ESTENSIONE PER CAMPI BISENZIO

N° ord	SOSTANZE	Valore limite (µg/l)
30	Benzo (a) pirene	0.01
31	Benzo (b) fluorantene	0.1
32	Benzo (k,) fluorantene	0.05
33	Benzo (g, h, i) perilene	0.01
34	Crisene	5
35	Dibenzo (a, h) antracene	0.01
36	Indeno (1,2,3 - c, d) pirene	0.1
37	Pirene	50
38	Sommatoria (31, 32, 33, 36)	0.1
ALIFATICI CLORURATI CANCEROGENI		
39	Clorometano	1.5
40	Triclorometano	0.15
41	Cloruro di Vinile	0.5
42	1,2-Dicloroetano	3
43	1,1 Dicloroetilene	0.05
44	Tricloroetilene	1.5
45	Tetracloroetilene	1.1
46	Esaclorobutadiene	0.15
47	Sommatoria organoalogenati	10
ALIFATICI CLORURATI NON CANCEROGENI		
48	1,1 - Dicloroetano	810
49	1,2-Dicloroetilene	60
50	1,2-Dicloropropano	0.15
51	1,1,2 - Tricloroetano	0.2
52	1,2,3 - Tricloropropano	0.001
53	1,1,2,2, - Tetracloroetano	0.05
ALIFATICI ALOGENATI CANCEROGENI		
54	Tribromometano	0.3
55	1,2-Dibromoetano	0.001
56	Dibromoclorometano	0.13
57	Bromodiclorometano	0.17
NITROBENZENI		
58	Nitrobenzene	3.5
59	1,2 - Dinitrobenzene	15
60	1,3 - Dinitrobenzene	3.7
61	Cloronitrobenzeni (ognuno)	0.5
CLOROBENZENI		
62	Monoclorobenzene	40
63	1,2 Diclorobenzene	270
64	1,4 Diclorobenzene	0.5
65	1,2,4 Triclorobenzene	190
66	1,2,4,5 Tetraclorobenzene	1.8
67	Pentaclorobenzene	5
68	Esaclorobenzene	0.01
FENOLI E CLOROFENOLI		
69	2-clorofenolo	180



Comune
di Firenze

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA PER L'ESTENSIONE DEL SISTEMA
TRAMVIARIO FIORENTINO NEI COMUNI DI FIRENZE, CAMPI BISENZIO E SESTO FIORENTINO
– FASE C

CIG 70209921E3 - CUP H11E16001130001 + H11I12000010002

LINEA 4.2 – ESTENSIONE PER CAMPI BISENZIO

N° ord	SOSTANZE	Valore limite (µg/l)
70	2,4 Diclorofenolo	110
71	2,4,6 Triclorofenolo	5
72	Pentaclorofenolo	0.5
AMMINE AROMATICHE		
73	Anilina	10
74	Difenilamina	910
75	p-toluidina	0.35
FITOFARMACI		
76	Alaclor	0.1
77	Aldrin	0.03
78	Atrazina	0.3
79	alfa - esacloroesano	0.1
80	beta - esacloroesano	0.1
81	Gamma - esacloroesano (lindano)	0.1
82	Clordano	0.1
83	DDD, DDT, DDE	0.1
84	Dieldrin	0.03
85	Endrin	0.1
86	Sommatoria fitofarmaci	0.5
DIOSSINE E FURANI		
87	Sommatoria PCDD, PCDF (conversione TEF)	4 x 10 ⁻⁶
ALTRE SOSTANZE		
88	PCB	0.01
89	Acrilammide	0.1
90	Idrocarburi totali (espressi come n-esano)	350
91	Acido para - ftalico	37000
92	Amianto (fibre A > 10 mm) (*)	da definire

Tabella 22 - Concentrazione soglia di contaminazione nelle acque sotterranee (Tab. 2 dell'Allegato V alla Parte IV del D.Lgs. 152/2006e s.m.i.)

(*) Non sono disponibili dati di letteratura tranne il valore di 7 milioni fibre/l comunicato da ISS, ma giudicato da ANPA e dallo stesso ISS troppo elevato. Per la definizione del limite si propone un confronto con ARPA e Regioni.

Alla luce di quanto detto, la scelta dei parametri da indagare durante le campagne di monitoraggio per le acque sotterranee dovrà sia tenere conto di quanto richiesto dalla normativa vigente, sia rispondere agli obiettivi specifici di PMA facendo riferimento anche alle caratteristiche intrinseche del contesto idrogeologico indagato.

Sulla base degli obiettivi specifici del monitoraggio nella matrice seguente sono riportati i macrodescrittori e gli indicatori selezionati che sono stati presi a riferimento per il monitoraggio ambientale della componente.



Comune
di Firenze

In ragione di ciò si distinguono due tipologie di parametri:

- in situ,
- parametri di laboratorio.

Le analisi chimiche saranno effettuate presso Laboratori Certificati.

Parametri in situ

I parametri da rilevare *in situ* sono identificabili come *parametri chimico – fisici* delle acque, nello specifico:

1. ossigeno disciolto;
2. torbidità;
3. temperatura dell'acqua;
4. potenziale redox;
5. pH;
6. conducibilità elettrica;
7. livello di falda.

Le misure *in situ* rivestono particolare importanza nell'ambito del monitoraggio in quanto consentono di verificare con immediatezza e facilità valori anomali dei parametri investigati, rispetto al normale range di variazione, o ai valori registrati in fase AO o acquisiti tramite bibliografia.

1. *Ossigeno disciolto*: è di grande importanza quale indicatore del tipo di ambiente e dell'eventuale passaggio ad un mezzo anaerobico;
2. *Torbidità*: la torbidità è dovuta alla presenza nell'acqua di materiale particolato, come argilla, sedimento, particelle colloidali, e microorganismi.



3. *Temperatura dell'acqua*: la temperatura delle acque sotterranee presenta normalmente modeste variazioni di temperatura;
4. *Potenziale Redox*: il potenziale Redox del sistema misura la stabilità di uno ione in un livello di ossidazione determinato. Si misura in campo elettronicamente utilizzando un elettrodo di riferimento;
5. *pH*: il valore misurato in campo consente di ottenere risposte molto più precise rispetto ad eventuali misure in laboratorio. Il range di valori è compreso in genere tra 6,5 e 8. La misura del pH deve essere sempre associata alla temperatura;
6. *Conducibilità elettrica*: la conducibilità elettrica, misurata attraverso appositi strumenti, è un parametro legato al contenuto salino dell'acqua ed alla temperatura, che viene di norma indicata con il valore di conducibilità misurato (di solito 18°C o 25°C);
7. *Livello di falda*: da misurare mediante freatimetrico.

Le procedure di misura e la strumentazione utilizzata dovranno essere equivalenti per tutti gli ambiti indagati.

Nella matrice seguente sono riportati i parametri da analizzare con relative unità di misura.

Parametri chimico – fisici <i>in situ</i>	Metodica	UM
Temperatura dell'acqua	Sonda multiparametrica	°C
Torbidità	Sonda multiparametrica	NTU
Conducibilità elettrica	Sonda multiparametrica	μS/cm
pH	Sonda multiparametrica	upH
Potere Red-Ox (NHE)	Sonda multiparametrica	mV
Ossigeno disciolto	Sonda multiparametrica	mgO ₂ /l
Livello freatimetrico	freatimetro	

Tabella 23. Parametri in situ

Parametri di laboratorio



Comune
di Firenze

Nelle matrici seguenti sono riportati i Parametri selezionati da prendere a riferimento per il
monitoraggio ambientale:

- T.O.C.
- Calcio
- Magnesio
- Sodio
- streptococchi fecali
- tensioattivi anionici
- coliformi fecali
- tensioattivi non ionici
- ferro
- piombo
- manganese
- cadmio
- arsenico
- alluminio
- nichel
- zinco
- rame
- cromo
- fosforo totale
- solfati
- azoto nitroso
- azoto nitrico
- azoto ammoniacale
- coliformi totali
- cloruri
- torbidità
- potassio
- Idrocarburi C<12

- Idrocarburi C>12
- IPA

14.3 MODALITÀ DI MONITORAGGIO E STRUMENTAZIONE DI MISURA

Il monitoraggio della componente acque sotterranee prevede il campionamento ed analisi delle acque attraverso l'esecuzione di piezometri ambientali, applicando le *metodiche di campo*, di laboratorio e la check list di analiti prescelti da ricercare nei campioni prelevati.

Strumentazione per il campionamento in campo

Per le operazioni di sollevamento delle acque sotterranee dai piezometri potranno essere utilizzate due tipologie di **pompe a immersione**:

- Pompe 220 volts: sono pompe ad alta prevalenza e alta portata, per campionamenti da pozzi e piezometri profondi, con diametri maggiori di 3”;
- Pompe 12 volts: sono pompe a tre stadi, con prevalenza massima fino a 21 m, alimentazione a 12 volts, alta maneggevolezza e peso contenuto.

Realizzate in materiali particolarmente indicati per i campionamenti di tipo ambientale.

- ***Determinazione dei parametri macrodescrittori: sonde multiparametriche/multimetri***

Le **sonde multiparametriche** sono strumenti utilizzati per l'esecuzione di misure in campo dei principali parametri chimico-fisici delle acque sia superficiali che di falda; tali strumenti, adeguatamente predisposti ed accessoriati, diventano adatti anche per l'impiego in ambienti particolarmente aggressivi (es: ampio range di escursione acido/basico, acque dolci e acque marine, etc.) o di difficile accesso (piezometri piccolo diametro, comunque non minore di 2”, piezometri profondi, aree poco

accessibili, etc.).

Ogni sonda è dotata di memoria interna in grado di registrare automaticamente le misure fatte a intervalli regolari impostabili dall'utente così da poter ottenere un monitoraggio in continuo delle condizioni fisico-chimiche dell'acqua, è inoltre posizionabile direttamente nel punto di monitoraggio con la possibilità di collegamento diretto al computer per una diretta acquisizione dei dati acquisiti senza pertanto dover necessariamente interrompere la fase di acquisizione o modificare il posizionamento. La sonda è dotata di sistema di autocompensazione delle variazioni di pressione barometrica.

La sonda è attrezzata con sensori per la misura dei parametri di:

- Livello Piezometrico;
- Temperatura;
- Ph;
- Conducibilità;
- Potenziale Redox.

Il gruppo di sensori può essere inoltre integrato per la misura di:

- Torbidità;
- Ossigeno disciolto;
- all'occorrenza, con elettrodi per Ammonio (NH_4^+) Cloro (Cl^-) Nitrati (NO_3^-).

Per l'acquisizione dei dati viene usato un computer palmare realizzato per l'impiego in campo e pertanto resistente a spruzzi e urti accidentali. I dati sono acquisiti con programma dedicato che ne permette una immediata visualizzazione in diagrammi o tabulati e ne consente altresì il trasferimento in memoria. Una

successiva elaborazione restituisce i dati in tabulati informatici di formato accessibile ai più diffusi programmi di calcolo.

Il **multimetro**, analogamente alle sonde multiparametriche sopra descritte, è uno strumento utilizzato per l'esecuzione di misure in campo dei principali *parametri chimico-fisici* delle acque sia superficiali che di falda.

È costituito da un supporto in materiale plastico su cui possono essere montati, indifferentemente, i singoli sensori per la determinazione di *pH, temperatura, conducibilità, potenziale red-ox, ossigeno disciolto e torbidità*. I sensori sono poi collegati mediante un cavo al pc palmare, su cui compaiono in continuo le letture dei singoli sensori.

- **Soggiacenza della falda: misure freatimetriche**

Per l'esecuzione delle misure freatimetriche dovrà essere utilizzato il freatrimetro. Il **freatimetro** è uno strumento portatile, dal peso contenuto, per la misura del livello dell'acqua in piezometri, pozzi, etc.

La strumentazione indicata risulta costituita da una bobina di fettuccia in materiale polimerico flessibile, di varie lunghezze predeterminate (da 10 m fino a 300 m), munito di gradazione centimetrata serigrafata sul cavo stesso, con precisione del 1%, e da un sensore piezometrico, posto sulla sommità del cavo. Il sensore di misura è racchiuso nel puntale in acciaio inox, e si attiva tramite la chiusura del circuito in presenza di acqua: la chiusura del circuito determina un segnale sonoro e luminoso.

Modalità di campionamento

Prima di effettuare il campionamento delle acque sotterranee, dovrà essere effettuato lo spurgo del singolo piezometro, emungendo un volume di acqua pari

a 3-5 volte il volume della colonna d'acqua rilevata, al fine di rimuovere il materiale solido presente e chiarificare le acque.

Il *campionamento* delle acque dovrà essere realizzato *in modo dinamico* attraverso la tecnica del “low flow purging” utilizzando elettropompa sommersa.

Il protocollo tecnico di campionamento previsto per le acque sotterranee dovrà seguire i seguenti step operativi:

- controllo freatimetrico e spurgo;
- campionamento in dinamico, alla stabilizzazione dei parametri macrodescrittori;
- prelievo del campione di acqua mediante l'utilizzo di elettropompa sommersa nel momento in cui i parametri fisici, conducibilità, temperatura e pH, risultino costanti;
- conservazione dei campioni in contenitori di vetro e polietilene in relazione ai contaminanti da ricercare;
- trasporto dei campioni presso il laboratorio, all'interno di un contenitore refrigerato, a conclusione delle operazioni di prelievo, al fine di limitare al massimo eventuali perdite, per volatilizzazione, degli elementi più volatili;
- conservazione dei campioni in luogo refrigerato presso il laboratorio di analisi, per tutto il periodo intercorrente tra prelievo ed esecuzione delle analisi, in relazione ai relativi holding time per i vari composti.

Al fine del riconoscimento, tutti i campioni dovranno essere etichettati e siglati.

Le **metodiche di campionamento** utilizzate dovranno essere rispondenti alle metodiche:

- APAT CNR-IRSA 1030/2003;
- Allegato 2 del D.Lgs. 152/06 e s.m.i.

Conservazione del campione

Conservare un campione significa garantire la stabilità e la inalterabilità di tutti i suoi costituenti nell'intervallo di tempo che intercorre tra il prelievo e l'analisi. Questi aspetti non sono realizzabili al cento per cento; è però possibile ricorrere ad accorgimenti al fine di ridurre al minimo le alterazioni, salvaguardando la rappresentatività del campione. Un campione ambientale, nel momento stesso in cui viene separato e confinato in un recipiente non rappresenta più, a stretto rigore, il sistema di origine. Da quel momento il campione inizia a modificarsi fisicamente (evaporazione, sedimentazione, adsorbimento alle pareti del contenitore ecc.), chimicamente (reazioni di neutralizzazione, trasformazioni ossidative ecc.) e biologicamente (attacco batterico, fotosintesi ecc.).

Per quanto attiene i tempi massimi intercorrenti tra il prelievo e l'analisi è necessario eseguire sempre le analisi sui campioni, il più presto possibile dopo la raccolta. Al fine di avere maggiori garanzie di stabilità del campione è opportuno, in tutti quei casi in cui l'analisi andrà effettuata sul campione filtrato, eseguire la filtrazione entro le 24 ore e conservare il campione filtrato.

I contenitori utilizzati per la raccolta e il trasporto dei campioni non devono alterare il valore di quei parametri di cui deve essere effettuata la determinazione, in particolare:

- non devono cedere o adsorbire sostanze, alterando la composizione del campione;
- devono essere resistenti ai vari costituenti presenti nel campione;

- devono garantire la perfetta tenuta, anche per i gas disciolti e per i composti volatili, ove questi siano oggetto di determinazioni analitiche.

I materiali più usati per i contenitori sono generalmente il vetro e la plastica.

Riguardo al vetro, che rimane il materiale da preferire, esistono in commercio diverse qualità che si differenziano per la composizione e per la resistenza agli agenti fisici e chimici.

14.4 ATTIVITÀ DI MISURA

Attività di campo

Sopralluogo in campo

Prima di procedere con i campionamenti sarà necessario individuare il sito dove procedere con il carotaggio del piezometro. Sarà compilata una *scheda monografica* dedicata alla realizzazione del piezometro contenente informazioni su:

- Localizzazione del punto di indagine;
- Accessibilità al punto di campionamento/misura;
- Etc...

Molto importante sarà la sezione dedicata alla “Localizzazione” del punto di monitoraggio.

Fondamentale è la voce “Accessibilità al punto di campionamento/misura”; in tal modo il personale addetto al campionamento disporrà di tutte le informazioni per accedere al punto di monitoraggio prescelto.

Il sopralluogo sarà effettuato una sola volta, ovviamente prima di qualsiasi attività di misura.

Realizzazione del piezometro

Le attività di misura e campionamento, in particolare quelle di carattere biologico, dovranno evitare il campionamento nei periodi di forte siccità o di intense piogge o periodi ad essi successivi.

La realizzazione del piezometro sarà a cura di Oc; durante il carotaggio di provvederà:

- alla sistemazione immediata dei campioni estratti in apposite cassette catalogatrici che andranno ricoverate nel luogo prescelto; si dovrà porre la massima cura nella estrazione dei campioni dal carotiere e nella loro orientazione, le carote andranno eventualmente racchiuse in apposite manichette di plastica trasparente e separate con setti per ogni singola manovra, sui quali verrà indicata la quota rispetto al p.c.;
- alla tenuta di un giornale di sonda nel quale sarà rilevata: la data di perforazione e le condizioni atmosferiche, il metodo di perforazione, l'attrezzatura e il personale impiegati, il diametro di perforazione, il diametro degli eventuali rivestimenti, la descrizione del terreno attraversato, le principali operazioni effettuate, il livello dell'acqua rispetto al p.c. alla sera e alla mattina ed ogni altro evento significativo ai fini della ricostruzione del sottosuolo;
- alla compilazione della *scheda monografica* funzionale alla descrizione del punto di monitoraggio: le informazioni riportate sono finalizzate a descrivere i dati del carotaggio; l'ubicazione del piezometro rispetto le aree di lavoro connesse con la realizzazione dell'infrastruttura; l'area limitrofa al punto di misura con particolare riferimento ad eventuali altri pozzi presenti in prossimità del piezometro; le caratteristiche strutturali degli acquiferi; la colonna stratigrafica dedotta dall'analisi delle carote; la schematizzazione tipologica del punto di misura con indicazione del punto quotato e del riferimento adottato per la misura del livello di falda.

Attività di misura

L'attività di misura in campo consiste preliminarmente nella verifica delle corrette condizioni per il rilievo rispetto le lavorazioni in corso; tale attività risulta fondamentale in particolare nella fase di CO in quanto l'operatore, oltre la verifica delle buone condizioni tecniche per l'esecuzione del rilievo, dovrà verificare che le attività di costruzione in corso siano esattamente quelle per le quali il GMA ha previsto il controllo a seguito dell'analisi del programma di cantiere. Pertanto, si possono presentare due casi:

- il *rilievo non può avere luogo*: qualora ciò accada l'Oc dovrà informare tempestivamente il GMA e valutare con lo stesso come procedere. Potranno verificarsi almeno due casi:
 - a) si sono verificate alterazioni significative delle condizioni iniziali in prossimità del punto di monitoraggio. GMA potrà valutare l'opportunità di effettuare un sopralluogo congiunto con Oc e procedere alla rilocalizzazione del punto di monitoraggio. La rilocalizzazione comporterà la definizione di un nuovo punto di monitoraggio e la soppressione del precedente; pertanto GMA dovrà procedere ad un aggiornamento dell'elenco dei punti di misura e all'effettuazione del sopralluogo ed alla eventuale richiesta di un nuovo permesso di accesso alle proprietà private;
 - b) non sono in corso le attività di costruzione per le quali GMA aveva stabilito il monitoraggio: GMA, sentito il personale di cantiere, potrà decidere di effettuare il campionamento o concordare con gli Oc una nuova data in relazione agli obiettivi di monitoraggio fissati.
- il *rilievo può avere luogo*: qualora sia svolta l'attività di misura saranno compilate le sezioni della scheda di misura dedicate alla descrizione:

- a) delle attività di costruzione in corso; quando possibile Oc dovrà acquisire informazioni relativamente alle attività di costruzione svolte nei giorni precedenti il campionamento;
- b) della posizione rispetto la potenziale interferenza, sia essa di fronte avanzamento lavori sia di cantiere;
- c) delle modalità di campionamento (uguali per tutti i punti di monitoraggio): è indispensabile indicare le modalità di spurgo, i volumi spurgati ed il tempo impiegato, nonché il livello statico della falda; relativamente al campione si indicherà il codice dello stesso, il volume acquisito, la profondità del campionamento, la data e l'ora in cui è stato prelevato. Si dovranno indicare anche le condizioni meteorologiche in cui si è svolto il campionamento e, quando possibile, fornire informazioni relativamente alle condizioni meteo nei giorni precedenti; si indicheranno anche i contenitori utilizzati per la raccolta del volume d'acqua da campionare, le modalità di conservazione e di trasporto in laboratorio;
- d) dei parametri in situ.

Attività in sede

L'attività di misura in campo prevede una organizzazione preliminare che passa attraverso l'analisi del programma di cantiere acquisito dal GMA e la preparazione di tutto il materiale necessario per il campionamento. L'attività successiva a quella di campo richiede che tutti i dati siano organizzati, che le analisi siano effettuate nel minor tempo possibile e che Oc inserisca tutti i dati del SIT per permetterne al GMA l'analisi e la validazione degli stessi dati. Le figure coinvolte in tale attività sono l'Oc, il GMA e il Direttore di cantiere per eventuale richiesta di chiarimenti in relazione alle attività di



Comune
di Firenze

costruzione. Tale attività è essenziale nella fase CO per poter controllare le potenziali interferenze e poterle correlare alle lavorazioni svolte; è responsabilità del GMA acquisire tutte le informazioni necessarie per programmazione dell'attività di monitoraggio.

Attività preventiva all'uscita in campo

Di seguito viene illustrato il flusso decisionale delle attività di misura.

1. Il GMA acquisisce l'aggiornamento della programmazione di cantiere;
2. il GMA decide il programma delle attività di monitoraggio;
3. il GMA comunica il piano di monitoraggio agli Oc;
4. l'Oc conferma la fattibilità dei rilievi richiesti;
5. il GMA avvisa gli enti di controllo del possibile programma di rilievi;
6. il GMA richiede conferma dell'esecuzione del rilievo il giorno precedente alla data di misura programmata;
7. il GMA conferma la data del rilievo all'ente di controllo il giorno precedente.

Attività successiva all'uscita in campo

Una volta rientrato in sede l'Oc:

1. porterà al laboratorio, quanto prima, nel caso di buon esito dell'attività di campionamento, i campioni acquisiti;
2. comunicherà l'esito del monitoraggio al GMA, tale attività sarà svolta in ogni caso anche qualora siano avvenuti colloqui telefonici durante l'attività in campo; la comunicazione dell'avvenuto o non avvenuto rilievo sarà realizzata tramite il SIT compilando i campi relativi al nome operatore, data, foto, note;
3. trasferirà sulla scheda di misura informatizzata quanto registrato in campo;
4. invierà i dati di campo al GMA tramite il SIT;

5. compilerà la parte delle schede di misura per la sezione dedicata alle analisi di laboratorio non appena queste saranno disponibili;

6. invierà tutti i dati acquisiti e non ancora trasmessi (le analisi di laboratorio) a GMA tramite il SIT; contestualmente sarà caricata nel SIT la scheda di misura completa in ogni sua parte.

Non appena i dati saranno disponibili sul SIT il GMA procederà alla valutazione ed analisi degli stessi

14.5 FREQUENZA E PERIODICITÀ DEL MONITORAGGIO

Il monitoraggio dei punti piezometrici è previsto per la fase di Ante Operam, Corso d’Opera e di Post Operam.

Il monitoraggio idrogeologico dovrà prevedere misure Ante e Post Operam della durata di almeno 6 mesi con frequenza trimestrale, e misure in Corso d’Opera con la stessa frequenza per tutta la durata dei lavori.

Per il dettaglio della localizzazione dei punti di monitoraggio si rimanda all’elaborato grafico B382-SF-AMB-CO001A “Planimetria di localizzazione dei punti di indagine”, parte integrante del presente Piano di Monitoraggio.

Si riporta in seguito una tabella riepilogativa con indicazione dei punti di monitoraggio per la componente Acque sotterranee:

Denominazione	Localizzazione punto di monitoraggio	Frequenza monitoraggio	Strumentazione	Fase del monitoraggio
ASOT1	Pozzo interferente con il tracciato di progetto	<p>Misure trimestrali:</p> <ul style="list-style-type: none"> - AO: Durata 6 mesi - CO: Durata del cantiere - PO: Durata 6 mesi 	Sonda multiparametrica, contenitori etichettati	AO, CO, PO



Comune
di Firenze

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA PER L'ESTENSIONE DEL SISTEMA
TRAMVIARIO FIORENTINO NEI COMUNI DI FIRENZE, CAMPI BISENZIO E SESTO FIORENTINO
– FASE C

CIG 70209921E3 - CUP H11E16001130001 + H11I12000010002

LINEA 4.2 – ESTENSIONE PER CAMPI BISENZIO

ASOT2	Deposito dei mezzi/rimessaggio	Misure trimestrali: - AO: Durata 6 mesi - CO: Durata del cantiere - PO: Durata 6 mesi	Sonda multiparametrica, contenitori etichettati	AO, CO, PO
ASOT3	Ponte sul Fosso Reale	Misure trimestrali: - AO: Durata 6 mesi - CO: Durata del cantiere - PO: Durata 6 mesi	Sonda multiparametrica, contenitori etichettati	AO, CO, PO

Tabella 24 - Riepilogo punti di monitoraggio componente acque sotterranee

15. COMPONENTI BIOTICHE

15.1 PRIME INDICAZIONI PER IL MONITORAGGIO

L'intervento in progetto presenta un'interferenza diretta con il sito appartenente alla Rete Natura 2000 *ZSC-ZPS Stagni della Piana Fiorentina e Pratese IT5140011*.

Per valutare gli effettivi impatti potenzialmente presenti, vengono fornite le prime indicazioni che sarà necessario seguire per monitorare le componenti biotiche di tali aree.

Vista la sensibilità dell'area viene previsto il monitoraggio delle componenti biotiche che sarà maggiormente dettagliato in fase di progettazione esecutiva definendo modalità, posizione dei punti di monitoraggio, frequenze e metodiche.

Il monitoraggio proposto per la componente biotica è finalizzato a:

- Verificare le parziali interferenze con il SIC "stagni della piana fiorentina", ovvero verificare la parte dell'area SIC non direttamente interferita dalla realizzazione dell'opera;
- Verificare le aree non direttamente interferite dal SIC, ma prospicienti il perimetro di quest'ultimo;
- Verificare ed indagare le aree di ripristino degli habitat con particolare riferimento alla componente vegetazionale e faunistica delle specie protette di uccelli e anfibi.
- In particolare, si sottolinea l'importanza del monitoraggio delle siepi campestri che saranno traslocate al fine di valutare le condizioni ottimali per favorirne l'attecchimento. Il monitoraggio verrà eseguito da personale con specifiche competenze in materia forestale al fine di verificare l'attecchimento e lo stato di salute delle siepi che sono state trasferite.