



Anas SpA

Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori

S.S. 675 UMBRO-LAZIALE (EX RACCORDO CIVITAVECCHIA-ORTE) TRONCO 3° - LOTTO 1° - STRALCIO B

REALIZZAZIONE DELLO STRALCIO FUNZIONALE TRA LO SVINCOLO DI CINELLI ED IL NUOVO SVINCOLO DI MONTE ROMANO EST DELLA SS675

CIG 3371930CA6 CUP F11B05000460002

PROGETTO ESECUTIVO

IMPRESA ESECUTRICE ATI:

Donati S.p.A

M A N D A T A R I A

S.A.L.C. spa

DEMA COSTRUZIONI srl

IR COP
COSTRUZIONI GENERALI

PROGETTAZIONE:

GP INGEGNERIA

GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl
Viale Tiziano 3 - 00196 Roma

GTA s.r.l.

INGEGNERIA PER IL TERRITORIO E L'AMBIENTE srl
Via Caio Mario 27 - 00192 Roma

IL PROGETTISTA
RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE
DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Dott. Ing. Giorgio Sandrucci
Ordine Ing. Prov. Roma 14035
ROMA
N° 14035

STUDI GENERALI MONITORAGGIO AMBIENTALE

PMA - Relazione (Atmosfera, ambiente idrico, rumore, vibrazioni, suolo)

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Nicola Dinnella

IL COORDINATORE DELLA SICUREZZA
IN FASE DI PROGETTAZIONE

Dott. Ing. Ambrogio Signorelli
Ordine Ing. Prov. Roma A35111

IL GEOLOGO

Dott. Salvatore Marino
Ordine Geol. Lazio 1069

ELABORAZIONE PROGETTUALE

Dott. Geol. Marco Sandrucci
Dott. Geol. Marco Sandrucci
A.P. Sez. A n. 666 del 17/11/1989
Ordine dei Geologi del Lazio

CODICE PROGETTO

PROGETTO

LIV. PROG.

N. PROG.

LO402B

E

1501

NOME FILE

LO402B_E_1501_T00_SG05_MOA_RE01_A

CODICE
ELAB.

T00SG05MOARE01

REVISIONE

A

SCALA:

n.a.

.
.
A	EMISSIONE	28/10/15	GUA	AS	GG
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

1	PARTE GENERALE	3
1.1	PREMESSA	3
1.2	OBIETTIVI GENERALI E REQUISITI DEL PMA	3
1.3	CRITERI METODOLOGICI DEL MONITORAGGIO	3
1.3.1	Fasi della redazione del Progetto di Monitoraggio Ambientale	3
1.3.2	Identificazione delle componenti	4
1.3.3	Modalità temporale di espletamento delle attività	6
1.4	STRUTTURA ORGANIZZATIVA DELLE ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO	6
1.4.1	Figure professionali coinvolte nelle attività di monitoraggio	6
1.4.2	Attività del monitoraggio e programmazione	7
1.4.3	Definizione del gruppo di lavoro	7
1.4.4	Controllo qualità	8
1.5	SISTEMI INFORMATICI	10
2.	DETTAGLI SULLE SINGOLE COMPONENTI AMBIENTALI	11
2.1	AMBIENTE IDRICO SUPERFICIALE	11
2.1.1	Premessa e scopo del lavoro	11
2.1.2	Riferimenti normativi e scientifici	12
2.1.3	Documentazione di base per la redazione del PMA	14
2.1.4	Accertamenti programmati	14
2.1.5	Specifiche tecniche per l'esecuzione degli accertamenti	21
2.2	AMBIENTE IDRICO SOTTERRANEO	26
2.2.1	Premessa e scopo del lavoro	26
2.2.2	Riferimenti normativi e scientifici	26
2.2.3	Documentazione di base per la redazione del PMA	28
2.2.4	Accertamenti programmati	29
2.2.5	Specifiche tecniche per l'esecuzione degli accertamenti	35
2.3	ATMOSFERA	50
2.3.1	Premessa e scopo del lavoro	50
2.3.2	Riferimenti normativi e scientifici	50

2.3.3	Documentazione di base per la redazione del PMA.....	51
2.3.4	Finalità del monitoraggio e parametri oggetto di rilevamento	55
2.3.5	Specifiche tecniche.....	57
2.3.6	Criteri di scelta dei punti di monitoraggio	60
2.3.7	Articolazione temporale degli accertamenti.....	62
2.4	RUMORE	64
2.4.1	Premessa e scopo del lavoro.....	64
2.4.2	Riferimenti normativi e scientifici.....	65
2.4.3	Documentazione di base per la redazione del PMA.....	66
2.4.4	Accertamenti programmati.....	67
2.4.5	Articolazione temporale degli accertamenti.....	70
2.4.6	Metodologia di rilevamento e di acquisizione delle informazioni	74
2.4.7	Scelta dei punti da sottoporre a monitoraggio.....	77
2.5	SUOLO	82
2.5.1	Premessa e scopo del lavoro.....	82
2.5.2	Riferimenti normativi e scientifici.....	83
2.5.3	Documentazione di base per la redazione del PMA.....	83
2.5.4	Descrizione dei cantieri.....	87
2.5.5	Rischi di degradazione chimico-fisica del suolo - Interventi per pianificare mitigazione e ripristino	87
2.5.6	Definizione dei parametri di misurazione	89
2.5.7	Definizione delle procedure di misurazione.....	96
2.5.8	Criteri per la scelta ed indicazione delle aree di monitoraggio.....	98
2.5.9	Articolazione temporale degli accertamenti.....	99
2.5.10	Documenti di sintesi del monitoraggio	99

1 PARTE GENERALE

1.1 PREMESSA

Il presente documento definisce gli obiettivi e i criteri metodologici generali del Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA) relativo al “Progetto della S.S. Umbro-Laziale (ex Raccordo Civitavecchia – Orte) tra il km 86+000 della S.S. 1 Aurelia ed il km 21+500 della S.S. 1 bis (Tronco III Lotto 1 stralcio B – Tronco II Lotti 1 e 2)”.

L'intervento, che interessa il territorio della Regione Lazio, attraversa i seguenti comuni:

- Monte Romano
- Vetralla

Il Progetto di Monitoraggio Ambientale si compone dei seguenti documenti:

1. RELAZIONE DEL PROGETTO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE
2. CARTA DEI PUNTI DEL MONITORAGGIO AMBIENTALE

Nella redazione del PMA si sono seguite le indicazioni contenute nelle “Linee guida per il Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA)” predisposte dalla Commissione Speciale di VIA del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio.

La normativa specifica per ogni componente ambientale analizzata è specificata nel seguito.

1.2 OBIETTIVI GENERALI E REQUISITI DEL PMA

Il Progetto di Monitoraggio Ambientale persegue i seguenti obiettivi generali:

- verificare la conformità alle previsioni di impatto ambientale individuate nelle fasi precedenti di progettazione (fase di costruzione e di esercizio);
- correlare gli stati *ante operam*, in corso d’opera e *post operam*, al fine di valutare l’evolversi della situazione;
- garantire, durante la costruzione, il pieno controllo della situazione ambientale;
- verificare l’efficacia delle misure di mitigazione;
- fornire gli elementi di verifica necessari per la corretta esecuzione delle procedure di monitoraggio;
- effettuare, nelle fasi di costruzione e di esercizio, gli opportuni controlli sull’esatto adempimento dei contenuti e delle eventuali prescrizioni e raccomandazioni formulate nel provvedimento di compatibilità ambientale.

1.3 CRITERI METODOLOGICI DEL MONITORAGGIO

1.3.1 FASI DELLA REDAZIONE DEL PROGETTO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

La redazione del PMA, condotta in riferimento alla documentazione relativa al Progetto Definitivo, allo Studio di Impatto Ambientale del 1997 ed al suo Aggiornamento del 2000, agli astudi ambientali in fase di progettazione definitiva, alla procedura di V.I.A ed al Capitolato d’Oneri ANAS Progetto Definitivo Appalto Integrato, è stata articolata nelle seguenti fasi progettuali:

- analisi dei documenti di riferimento e definizione del quadro informativo esistente;
- identificazione ed aggiornamento dei riferimenti normativi e bibliografici;

- scelta delle componenti ambientali;
- scelta delle aree critiche da monitorare;
- definizione della struttura delle informazioni (contenuti e formato);
- stesura del Progetto di Monitoraggio Ambientale;

1.3.2 IDENTIFICAZIONE DELLE COMPONENTI

Le componenti ed i fattori ambientali ritenuti significativi nel progetto stradale in esame ed esplicitamente richiesti nel Capitolato d'Oneri Progetto Definitivo Appalto Integrato, ai fini del presente progetto sono così intesi ed articolati:

- atmosfera: qualità dell'aria e caratterizzazione meteorologica;
- suolo: inteso sotto il profilo geologico, geomorfologico e pedologico, nel quadro dell'ambiente in esame ed anche come risorsa non rinnovabile;
- acque superficiali e sotterranee, considerate come componenti, ambienti e risorse;
- rumore: considerato in rapporto all'ambiente umano;
- vibrazioni: considerato in rapporto all'ambiente umano.

Nella Tabella 1 si riportano, per ogni componente ambientale, i criteri adottati per la scelta dei punti di misura; per ciascuna fase d'opera si riporta il bersaglio, le cause di impatto e lo scopo del monitoraggio.

La documentazione contenente i risultati delle attività di monitoraggio sarà standardizzata in modo da rendere immediatamente confrontabili le tre fasi di monitoraggio.

A tal fine il PMA è stato pianificato in modo da poter garantire:

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

Tabella 1: Impostazione metodologica sulla stima degli impatti in corso d'opera e post operam utile all'individuazione delle aree critiche e dei punti di misura per ciascuna componente ambientale

COMPONENTE AMBIENTALE	TIPO RILIEVO	CORSO D'OPERA			POST OPERAM		
		BERSAGLIO	CAUSE DI IMPATTO	SCOPO DEL MONITORAGGIO	BERSAGLIO	CAUSE DI IMPATTO	SCOPO DEL MONITORAGGIO
ACQUE SUPERFICIALI	puntuale	corsi d'acqua - qualità e quantità	cantieri, viabilità, deposito: attraversamenti cantieri: scarichi	controllo di fenomeni di inquinamento controllo della modifica del regime idrologico e del consumo delle risorse idriche	corsi d'acqua - qualità e quantità	sversamenti accidentali acque di prima pioggia - dilavamento piattaforma modifiche alla morfologia del corso d'acqua	controllo efficacia del sistema di raccolta acque controllo fenomeni di inquinamento controllo delle variazioni del regime idraulico
ACQUE SOTTERRANEE	puntuale	acquiferi vulnerabili - qualità e quantità	scavo gallerie e trincee: drenaggio e uso di sostanze inquinanti cantieri e viabilità: sversamenti e scarichi	controllo drenaggio causato da scavo gallerie e trincee controllo di fenomeni di inquinamento	acquiferi vulnerabili - qualità e quantità	acque di prima pioggia - dilavamento piattaforma sversamenti accidentali	controllo modifiche permanenti dei livelli piezometrici controllo efficacia del sistema di raccolta acque controllo fenomeni di inquinamento
ATMOSFERA	puntuale	ricettori abitativi ricettori sensibili	aree di cantiere, deposito: emissione polveri viabilità di servizio: emissione di inquinanti da traffico veicolare	controllo inquinamento aria eventuali interventi nella gestione del cantiere	ricettori abitativi ricettori sensibili fauna vegetazione	emissione di inquinanti da traffico veicolare	controllo inquinamento aria controllo previsioni da SIA
RUMORE	puntuale	ricettori abitativi ricettori sensibili	cantiere: macchine e lavorazioni viabilità di servizio: traffico veicolare aree deposito: traffico veicolare	controllo livelli acustici rispetto a zonizzazione eventuali interventi nella gestione del cantiere controllo efficacia barriere temporanee	ricettori abitativi ricettori sensibili fauna	emissioni acustiche da traffico veicolare	controllo efficacia barriere controllo previsioni studio acustico
SUOLO	puntuale	suolo	cantieri: sversamenti compattazione dei terreni, modificazioni nel drenaggio, infiltrazioni	controllo fenomeni di inquinamento e alterazioni chimico-fisiche della matrice pedologica controllo sistemi di raccolta acque	suolo	cantieri: attività di rimozione e deposizione della matrice pedologica	controllo alterazioni chimico-fisiche della matrice pedologica controllo del ripristino ambientale

1.3.3 MODALITÀ TEMPORALE DI ESPLETAMENTO DELLE ATTIVITÀ

Il Progetto di Monitoraggio Ambientale si articola in tre fasi temporali di seguito illustrate.

Monitoraggio ante operam

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 e ha come obiettivo principale quello di fornire una fotografia dell'ambiente prima degli eventuali disturbi generati dalla realizzazione dell'opera.

Monitoraggio in corso d'opera

Il monitoraggio in corso d'opera riguarda 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 e perché è influenzata dalle eventuali modifiche nella localizzazione ed organizzazione dei cantieri apportate dalle imprese aggiudicatrici dei lavori.

Il monitoraggio in corso d'opera sarà, pertanto, condotto per passi successivi, in modo da seguire l'andamento dei lavori. Per ciascuna area di monitoraggio, saranno preliminarmente individuate le fasi critiche della realizzazione dell'opera in cui è necessario procedere al controllo ambientale. Tali fasi saranno aggiornate in corso d'opera sulla base dell'andamento dei lavori.

Monitoraggio post operam

Il monitoraggio *post operam* comprende le fasi di pre-esercizio ed esercizio dell'opera, e deve iniziare tassativamente non prima del completo smantellamento e ripristino delle aree di cantiere. La durata del monitoraggio è variabile in funzione della componente ambientale specifica oggetto di monitoraggio.

1.4 STRUTTURA ORGANIZZATIVA DELLE ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO

1.4.1 FIGURE PROFESSIONALI COINVOLTE NELLE ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO

Per la corretta esecuzione delle attività di monitoraggio e il necessario coordinamento delle diverse fasi si richiedono le figure professionali descritte di seguito:

Tabella 2: Figure professionali

RUOLO	PROFESSIONALITÀ
Responsabile del Gruppo di Lavoro	Laurea tecnica con esperienza in Project Management
Responsabile Ambientale	Laurea tecnica con esperienza in S.I.A. e gestione e coordinamento di lavori complessi
Responsabile Rumore / Atmosfera / Vibrazioni	Laurea tecnica - abilitazione ed esperienza professionale in materia di impatto acustico / atmosferico / vibrazioni
Responsabile Ambiente idrico superficiale	Laurea in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio – Idraulica

RUOLO	PROFESSIONALITA'
Responsabile Suolo e Ambiente idrico sotterraneo	Laurea in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio – Geologia
Responsabile Vegetazione – Fauna	Laurea in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio – Scienze naturali o biologiche - Agraria - Scienze Forestali e Ambientali, ecc.
Consulente specialistico 1	Chimico
Consulente specialistico 2	Esperto in zoologia – ornitologia
Consulente specialistico 3	Esperto in cartografia e georeferenziazione
Consulente specialistico 4	Esperto in Data base e sistemi informatici
Supporto operativo (staff)	Varie
Segreteria	Varie

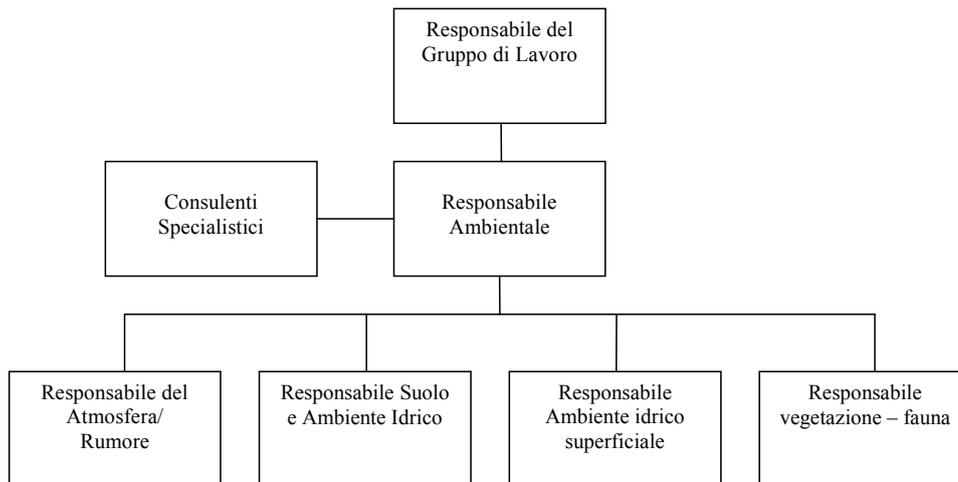
1.4.2 ATTIVITÀ DEL MONITORAGGIO E PROGRAMMAZIONE

Le principali attività previste per il monitoraggio sono:

- Attività amministrative e di supporto al Committente;
- Predisposizione della documentazione di base per le attività di indagine;
- Organizzazione e programmazione delle indagini in campo ed in laboratorio; raccolta informazioni aggiuntive presso gli Enti locali;
- Direzione Lavori delle attività svolte dai soggetti incaricati con verifica della documentazione prodotta nel corso delle indagini e produzione di Report e Relazioni di avanzamento lavori; contabilità e liquidazione delle attività suddette;
- Produzione di tutti i documenti e gli elaborati grafici previsti per le fasi di monitoraggio e per la divulgazione dei risultati;
- Predisposizione della struttura del database informativo del monitoraggio ambientale; gestione ed aggiornamento del Database;
- Previsione, ove necessario, di correttivi all'attività di monitoraggio rispetto a quanto inizialmente previsto nel PMA;
- Attività di assistenza nella divulgazione dei dati e dei risultati del M.A.;

1.4.3 DEFINIZIONE DEL GRUPPO DI LAVORO

La struttura del gruppo di lavoro risponde allo schema di seguito rappresentato:



1.4.4 CONTROLLO QUALITÀ

La possibilità di formulare corrette valutazioni e trarre indicazioni operative dai dati raccolti dipende dalla significatività, affidabilità e reciproca consistenza dei risultati delle misure in sito, dei campionamenti e delle analisi di laboratorio, dalla loro organica ed organizzata raccolta, nonché dal corretto impiego di adeguati strumenti di elaborazione.

Stante l'importanza delle decisioni che dovranno essere assunte sulla base delle conclusioni delle attività di monitoraggio, l'attuazione delle attività verrà accompagnata da una serie di attività di controllo qualità volte a garantire la affidabilità dei dati e dei risultati ottenuti dalla loro elaborazione.

Verranno quindi sistematicamente condotti controlli di qualità nelle fasi di esecuzione delle attività di campo e di laboratorio, di trasferimento dati tra i vari esecutori specializzati, di elaborazione, valutazione e resocontazione dei risultati del monitoraggio.

Verranno quindi prodotte informative periodiche sulla qualità e l'andamento tecnico dei lavori.

Le attività del piano di monitoraggio terranno quindi conto della necessità di effettuare una serie di attività di controllo di qualità:

- descrivere dettagliatamente le procedure, i metodi, le strumentazioni e i materiali che ciascun operatore od unità operativa intende utilizzare nella realizzazione del programma di monitoraggio;
- descrivere dettagliatamente tutte le procedure di correlazione e coordinamento dei diversi operatori coinvolti nella realizzazione del programma di monitoraggio;
- controllo periodico (almeno annuale) della significatività dei programmi di misura, campionamento ed analisi, essenzialmente volti a verificare parametri e frequenza, delle attività di monitoraggio;
- controllo periodico (almeno annuale) della precisione, accuratezza ed esattezza dei dati prodotti, della completezza delle informazioni accessorie (attributi del dato) e quindi dell'attendibilità dei set di dati raccolti e che si intendono elaborare. Questo controllo avverrà attraverso l'accertamento preventivo della adeguatezza e correttezza delle metodiche e delle procedure adottate per il prelievo, il trasporto, la conservazione, la preparazione e l'analisi di campioni nonché per l'archiviazione, il trattamento dei dati prodotti e la resocontazione;

- controllo sistematico della consistenza dei set di dati prodotti per via informatica e dell'adeguatezza delle procedure adottate, attraverso prove di intercalibrazione degli strumenti e dei laboratori coinvolti, prove di ripetibilità dei dati analitici, prove analitiche su campioni standard, tarature sistematiche in campo e in laboratorio delle strumentazioni utilizzate;
- emissione dei dati di campo e di laboratorio sempre accompagnati da una dichiarazione circa l'incertezza associata al metodo e circa l'esito delle prove sperimentali volte a determinare l'accuratezza e la precisione dei dati prodotti.

Verranno prodotti i seguenti elaborati:

Piano operativo di qualità della documentazione da produrre

All'inizio di ciascuna delle 3 fasi di monitoraggio (*ante operam*, corso d'opera, *post operam*), indagini ed analisi di laboratorio verranno identificate in un apposito documento in cui verranno descritte le modalità e le istruzioni operative per la redazione dei documenti tecnici che esporranno i risultati delle attività di campo e di laboratorio.

Controllo qualità delle attività di campo

Le attività di monitoraggio che verranno effettuate sul campo ovvero il prelievo di campioni di componenti ambientali, le misurazioni e in generale tutte le attività connesse alla raccolta di parametri ambientali andranno realizzate secondo delle procedure di lavoro definite prima dell'inizio delle attività stesse. Le metodologie di campionamento dovranno conformarsi agli standard di riferimento di settore quali ad esempio norme tecniche e linee guida. Sempre in una fase preliminare a tutte le fasi del monitoraggio, dovrà essere predisposta una modulistica come efficace strumento di supporto alla realizzazione di una base informativa che permetta di controllare il processo di investigazione in campo. Anche in questo caso per la redazione di tali moduli e per la definizione delle responsabilità e delle competenze del personale addetto alla compilazione di tali moduli dovranno essere prese a riferimento i documenti specifici quali ad esempio norme tecniche e linee guida.

Controllo qualità delle attività di laboratorio

Su almeno il 3% dei campioni di acqua da sottoporre ad analisi chimiche verranno effettuate analisi in doppio presso un secondo laboratorio privato accreditato, o presso un laboratorio pubblico (ARPA), ed esaminate da un esperto esterno.

Controllo di qualità dei risultati delle attività di campo e di laboratorio e dei relativi resoconti

Verrà effettuata una periodica verifica di congruità e di coerenza dei risultati delle analisi di campo e di laboratorio da un esperto esterno, sulla base della documentazione cartacea via via prodotta, allo scopo di:

- escludere l'occorrenza di eventuali anomalie di funzionamento della strumentazione di campo o la presenza di risultanze "anomali" dal laboratorio chimico, garantendo la massima affidabilità dei dati;
- individuare tempestivamente, in caso di riscontrate anomalie nei risultati non imputabili a malfunzionamenti della strumentazione o ad errori umani, eventuali situazioni da tenere sotto particolare controllo.

Verrà effettuata una periodica verifica di congruità e di coerenza anche dei rapporti tecnici prodotti per garantire l'attendibilità delle valutazioni ed elaborazioni effettuate.

Controllo di qualità dei rapporti finali di analisi e valutazione integrata dei dati

Verrà controllato che accuratezza e precisione dei set di dati siano adeguatamente documentate così come le incertezze e i margini di errore tipici dipendenti dalle procedure adottate per il campionamento, la preparazione e il trasferimento dei campioni, l'esecuzione delle analisi di laboratorio.

Verranno controllate le elaborazioni e la adeguatezza delle procedure statistiche adottate.

Verrà anche controllato che le elaborazioni supportino effettivamente le conclusioni e le valutazioni formulate, tenendo conto della significatività dei dati utilizzati ed elaborati e dei margini di incertezza complessivi.

1.5 SISTEMI INFORMATICI

I dati ottenuti durante le campagne di misura saranno trattati elettronicamente e immessi in strutture dati strutturati (DataBase). Questa procedura permette la organizzazione, la consultazione e la gestione dei dati in modo rapido e coerente, rendendo semplice le esportazioni e le elaborazioni necessarie per la corretta esecuzione delle attività di monitoraggio.

I dati elaborati verranno presentati sia in forma testuale che grafica, in modo da rendere più agevole la consultazione e l'interpretazione da parte degli enti competenti e da tutti i soggetti coinvolti nelle diverse fasi del monitoraggio ambientale.

2. DETTAGLI SULLE SINGOLE COMPONENTI AMBIENTALI

2.1 AMBIENTE IDRICO SUPERFICIALE

2.1.1 PREMESSA E SCOPO DEL LAVORO

Il progetto di monitoraggio ambientale ha come obiettivo quello di individuare le eventuali variazioni che la realizzazione della “S.S. Umbro-Laziale” (ex Raccordo Civitavecchia – Orte) tra il km 86+000 della S.S. 1 “Aurelia” ed il km 21+500 della S.S. 1 bis (Tronco III Lotto 1 stralcio B) potrebbe apportare alle caratteristiche delle acque superficiali presenti nel territorio interessato dall’opera.

L’area di studio è stata definita individuando il contesto territoriale sufficiente a descrivere e valutare l’interazione generata dal percorso stradale in progetto con le acque superficiali nei loro aspetti quantitativi e qualitativi, anche in relazione agli utilizzi in atto o potenziali.

Gli aspetti fondamentali che possono essere presi in considerazione per valutare nel complesso la compatibilità ambientale dell’opera, in riferimento alla componente ambientale in oggetto, sono il numero delle interferenze dirette con il reticolo superficiale, la tipologia dell’interferenza e l’importanza dell’asta coinvolta.

La progettazione della SS675 è stata tesa a ridurre l’interferenza con l’ambiente, anche per quanto concerne l’interferenza con gli acquiferi.

Sotto questo profilo va in primo luogo rilevato che il tracciato in esame non presenta interazioni dirette né con il fiume Marta né con il fiume Mignone, i due principali corsi d’acqua che costituiscono gli elementi di maggiore sensibilità dell’area.

Il corso d’acqua più significativo nell’area interessata dall’intervento è il Torrente Biedano nel comune di Vetralla. Le altre interferenze riguardano aste fluviali di più basso ordine gerarchico quali:

- a. il fosso dello Zoppo nel comune di Monte Romano;
- b. il fosso del Crognolo ed il fosso Rosanello nel comune di Vetralla.

La finalità principale del monitoraggio delle acque superficiali non è quella di caratterizzare i corsi d’acqua presenti nella regione, ma quella di individuare le eventuali variazioni che le lavorazioni possono indurre sullo stato della risorsa idrica.

Gli impatti possibili sull’ambiente idrico superficiale, dovuti alla realizzazione dell’opera, possono essere schematicamente riassunti nei seguenti 3 punti:

1. modifica del regime idrologico
2. inquinamento della risorsa idrica
3. consumo delle risorse idriche

Il monitoraggio si articola in tre fasi:

- Monitoraggio *ante operam* (MAO) che ha lo scopo di fornire una descrizione dello stato della risorsa prima dell’intervento;
- Monitoraggio in corso d’opera (MCO), il cui obiettivo è la verifica che le eventuali modificazioni allo stato dell’ambiente idrico siano temporanee e non superino determinate soglie;

- Monitoraggio *post operam* (MPO) ha il fine di documentare la situazione ambientale che si verifica durante l'esercizio dell'opera al fine di verificare che gli impatti ambientali siano coerenti rispetto alle previsioni dello studio d'impatto ambientale e/o delle previsioni progettuali e di accertare la reale efficacia dei provvedimenti posti in essere per garantire la mitigazione degli impatti sull'ambiente.

I punti da monitorare sono stati scelti con le finalità precedentemente descritte e attraverso l'analisi del percorso e delle aree interessate.

In particolare, il monitoraggio del sistema idrico superficiale si occuperà di valutare le potenziali modifiche indotte dalle attività di costruzione in corrispondenza degli attraversamenti dei principali corsi d'acqua.

Le operazioni di monitoraggio prevederanno quindi una parte di misure in situ e una parte di analisi di laboratorio mirate a identificare le caratteristiche chimico-fisico-batteriologiche dell'acqua prelevata.

Le indagini lungo i corsi d'acqua prevedono due punti di misura, uno a monte e uno a valle dell'attraversamento dell'opera da realizzare, in modo da identificare più facilmente l'eventuale alterazione dovuta alle lavorazioni.

Gli obiettivi perseguiti saranno:

- a. definire lo stato di salute della risorsa prima dell'inizio dei lavori di realizzazione dell'opera;
- b. proporre opportune misure di salvaguardia o di mitigazione degli effetti del complesso delle attività sulla componente ambientale e testimoniare l'efficacia o meno;
- c. fornire le informazioni necessarie alla costruzione di una banca dati utile ai fini dello svolgimento delle attività di monitoraggio degli Enti preposti in quella porzione di territorio.

2.1.2 RIFERIMENTI NORMATIVI E SCIENTIFICI

Di seguito vengono elencati i principali riferimenti normativi che sono stati considerati per la redazione del presente Progetto di Monitoraggio Ambientale, nonché alcuni articoli tecnici di settore inerenti all'argomento.

Leggi di tutela ambientale generale:

La Direttiva quadro 2000/60/CE in materia di acque è stata recepita in Italia con l'emanazione del **Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 e s.m.**, recante "Norme in materia ambientale".

Al DLgs 152/2006 sono seguiti i relativi decreti attuativi per le acque superficiali e sotterranee:

– **Decreto Tipizzazione DM 131/2008** - Regolamento recante "i criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici (tipizzazione, individuazione corpi idrici, analisi delle pressioni)";

– **Decreto Monitoraggio DM 56/2009** - Regolamento recante "i criteri tecnici per il monitoraggio dei corpi idrici e l'identificazione delle condizioni di riferimento per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante Norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del decreto legislativo medesimo";

– **Decreto Classificazione DM 260/2010** - Regolamento recante "i criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali, per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del decreto legislativo medesimo".

– **D.Lgs. 23 febbraio 2010 n. 49** - Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni.

– **Decreto Monitoraggio sostanze chimiche DLgs 219/2010** - "Attuazione della direttiva 2008/105/CE relativa a standard di qualità ambientale nel settore della politica delle acque, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE, 86/280/CEE, nonché modifica della direttiva 2000/60/CE e recepimento della direttiva 2009/90/CE che stabilisce, conformemente alla direttiva 2000/60/CE, specifiche tecniche per l'analisi chimica e il monitoraggio dello stato delle acque".

Legge 18 Maggio 1989 n° 183 – “Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo”.

Piano stralcio per l’Assetto Idrogeologico (PAI) regione Lazio, approvato con Deliberazione del Consiglio Regionale n. 17 del 4/4/2012 (BUR n. 21 del 7/6/2012, S.O. n. 35)

Piano di Tutela delle Acque (PTA) regione Lazio, adottato con Deliberazione di Giunta Regionale n. 266 del 2 maggio 2006 e approvato con Deliberazione del Consiglio Regionale n. 42 del 27 settembre 2007 (Supplemento ordinario al "Bollettino Ufficiale" n. 3 n. 34 del 10 dicembre 2007).

Linee guida:

- Commissione Speciale di Valutazione di Impatto Ambientale, “Linee guida per il progetto di monitoraggio ambientale (PMA) delle opere di cui alla Legge Obiettivo (Legge 21.12.2001, n.443)”, Rev. 1 del 4 Settembre 2003.

Standard per gli accertamenti:

- UNI EN 25667-1 Guida alla definizione di programmi di campionamento;
- UNI EN 2566-7 Guida alle tecniche di campionamento;
- ISO 5667-3:1994 Guidance on the preservation and handling of samples;
- ISO 5667-14:1998 Guidance on quality assurance of environmental water sampling and handling;
- ISO 4363:1993 Measurement of liquid flow in open channels - Method for measurement of suspended sediments;
- ISO/DIS 5667-17 Guidance on sampling of suspended sediments;
- ISO/TR 13530:1997 Guide to analytical quality control for water analysis;
- ISO 9001 “Sistemi di gestione per la qualità – Requisiti”
- UNI EN ISO 10005:1996 “ Linee guida per fornitori e committenti per la preparazione, il riesame, l'accettazione, e la revisione di piani di qualità”;
- UNI CEI EN ISO/IEC 17025 “ Requisiti generali per la competenza di laboratori di prova e taratura”.

2.1.3 DOCUMENTAZIONE DI BASE PER LA REDAZIONE DEL PMA

Il presente Piano di Monitoraggio Ambientale è stato redatto sulla base degli studi effettuati nelle fasi di progettazione precedenti. Nello specifico si è fatto riferimento a:

- Studio di impatto ambientale (1997 e aggiornamento del 2000);
- Progettazione Definitiva e studi ambientali per la componente idrica;
- Piano di cantierizzazione.

Gli elaborati di progetto definitivo relativi alla componente idrica ed il piano di cantierizzazione consentono di analizzare l'impatto prodotto dalle lavorazioni sull'ambiente idrico superficiale.

Per la realizzazione delle opere verranno allestiti :

- un Campo Base (C17), finalizzato alla gestione ed al controllo di tutti i cantieri Operativi ed allo sviluppo delle varie opere
- Cantieri Operativi finalizzati al monitoraggio dell'avanzamento dei lavori delle opere di pertinenza.
- Aree Tecniche di lavoro e deposito dislocate lungo tutto il tracciato e finalizzate alla realizzazione di opere d'arte e ad ospitare servizi ai mezzi d'opera e materiali per i lavori.

2.1.3.1 Sintesi degli studi ambientali precedenti

Le informazioni di base, utili alla redazione del Piano di Monitoraggio Ambientale, sono state tratte dalla "Carta della vulnerabilità degli acquiferi e della qualità delle acque superficiali" che è stata elaborata in fase di progettazione definitiva.

La "Carta della vulnerabilità degli acquiferi e della qualità delle acque superficiali" identifica il reticolo idrografico e dà indicazione sullo stato qualitativo delle acque, facendo riferimento ai dati di letteratura esistenti ed in particolare ai risultati di alcuni campionamenti effettuati lungo il torrente Biedano nel 1997. Tali dati, espressi come classi di qualità ottenute attraverso il calcolo dell'indice sintetico e dell'IBE, risultano incompleti oltretutto piuttosto datati. Si rende quindi necessaria la fase di monitoraggio *ante operam* nei mesi immediatamente precedenti all'apertura dei cantieri, allo scopo di caratterizzare la componente prima dell'inizio dei lavori.

2.1.4 ACCERTAMENTI PROGRAMMATI

2.1.4.1 Criteri per la selezione dei punti di monitoraggio

Per la scelta dei punti di monitoraggio, è stata studiata l'interferenza del percorso stradale in progetto con il reticolo idrografico.

I criteri adottati per l'individuazione dei siti da sottoporre a monitoraggio sono basati sulla considerazione dei seguenti fattori :

- a. dimensioni e tipologia delle opere che interessano sia il corso d'acqua che le zone limitrofe scolanti nel medesimo;
- b. importanza del corpo idrico interessato; sono state considerate le dimensioni della sezione, le caratteristiche idrologico-idrauliche, la presenza di vincoli ambientali.

I siti individuati con i criteri sopra esposti saranno tenuti sotto controllo attraverso il rilevamento di parametri quali - quantitativi. Le campagne di misura saranno programmate nell'arco delle diverse fasi temporali relative alla realizzazione dell'infrastruttura stradale.

Per valutare l'inquinamento eventualmente generato dalla realizzazione della strada, i punti di monitoraggio saranno situati a monte e a valle degli attraversamenti dei corsi d'acqua.

Qualora, sulla base di considerazioni oggettive, si riscontrasse nella fase di indagine *ante operam* la scarsa rappresentatività di alcuni dei siti di indagine preliminarmente individuati, potranno essere apportati opportuni correttivi alle successive fasi di indagine relativi sia alla localizzazione geografica dei punti di indagine sia alla natura delle verifiche da effettuarsi.

2.1.4.2 Criteri per la scelta dei parametri da monitorare

Per l'identificazione dei parametri da sottoporre alle attività di monitoraggio, sono state fatte alcune considerazioni:

- definire in maniera esaustiva lo stato chimico-fisico dei corpi idrici;
- valutare con precisione le eventuali alterazioni dovute alle attività di cantiere;
- inserire il maggior numero di parametri secondo un criterio di cautela che permetta di fronteggiare i possibili impatti ambientali derivanti da attività di cantiere.

I parametri previsti nel monitoraggio sono:

Tabella 3: dettaglio parametri per le acque superficiali

ATTIVITA'	PARAMETRI
Misura parametri idrologici	Portata
Misure chimico-fisiche in situ	Temperatura aria, Temperatura acqua, Conducibilità elettrica specifica, Potenziale redox, Colore, pH, Ossigeno disciolto.
Determinazioni analitiche chimico-fisiche e batteriologiche	Durezza totale Alcalinità titolata Azoto ammoniacale Ossidabilità al permanganato Nitriti

ATTIVITA'	PARAMETRI
	<p>Nitrati</p> <p>Fosforo totale</p> <p>Cloruri</p> <p>Solfati</p> <p>Cadmio</p> <p>Piombo</p> <p>Rame</p> <p>Cromo totale</p> <p>Ferro</p> <p>Calcio</p> <p>Magnesio</p> <p>COD</p> <p>BOD5</p> <p>Tensioattivi anionici</p> <p>Idrocarburi Totali</p> <p>IPA: Fluorantene, benzo(a)pirene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(g,h,i)perilene, Indeno(1,2,3-cd)pirene, Naftalene</p> <p>Solventi organo alogenati: Triclorometano, 1,2 – Dicloroetano, Diclorometano, Tricloroetilene, Tetracloroetilene, Tetracloruro di carbonio, Tricloroetano</p> <p>Coliformi totali</p> <p>Coliformi fecali</p> <p>Streptococchi fecali</p> <p>Carica batterica a 36° e 22°</p>
<p>Determinazioni tossicologiche</p>	<p>Test Microtox basato sull'emissione di luminescenza da parte del batterio Vibrio fischeri</p> <p>Test Daphnia Magna basato sull'analisi degli effetti degli inquinanti sulla motilità dei crostacei della specie Daphnia</p>

ATTIVITA'	PARAMETRI
	Magna
Determinazione indice biologico	IBE

2.1.4.3 Monitoraggio ante operam (MAO)

Finalità

Il Monitoraggio *ante operam* (MAO) dell'Ambiente Idrico Superficiale ha lo scopo di definire le condizioni esistenti e le caratteristiche dei corsi d'acqua in condizioni indipendenti dalla realizzazione dell'opera .

Il MAO ha anche lo scopo di definire gli interventi possibili utili a ripristinare le condizioni originarie, nel caso dovessero verificarsi mutamenti delle stesse in *corso d'opera*, mirando a soluzioni compatibili con l'ambiente idrico specifico.

Il MAO dovrebbe essere basato su una serie di dati sufficientemente lunga da coprire in maniera soddisfacente il campo di variabilità del corso d'acqua, non essendo però disponibili sufficienti dati pregressi, il Monitoraggio offrirà quindi una "istantanea" del corso d'acqua, da confrontare con dati preesistenti o con modelli teorici.

La durata complessiva del MAO è prevista pari a 6 mesi.

Le analisi in questa fase andranno effettuate per ogni intervento sia a monte che a valle della futura opera o area di cantiere; i risultati saranno considerati come valori di riferimento per lo stato di qualità dei corpi idrici superficiali e per le analisi nelle fasi successive.

Frequenza delle operazioni di MAO

Le operazioni di monitoraggio saranno effettuate per 2 volte nei 6 mesi prima dell'inizio dei lavori.

Tabella 4: Frequenza monitoraggio ante operam

Sezione monitoraggio	Interferenza	Posizione	n. ripetizioni in AO
AISU_05	Fosso dello Zoppo	A monte del viadotto dello Zoppo	2
AISU_06	Fosso dello Zoppo	A valle del viadotto dello Zoppo	2
AISU_07	Fosso del Crognolo	A monte del viadotto Crognolo km 17+200	2
AISU_08	Fosso del Crognolo	A valle del viadotto Crognolo km	2

Sezione monitoraggio	Interferenza	Posizione	n. ripetizioni in AO
		17+200	
AISU_09	Diramazione del T.Biedano	A monte del viadotto Crognolo km 17+450	2
AISU_10	Diramazione del T.Biedano	A valle del viadotto Crognolo km 17+450	2
AISU_11	Fosso Rosanello	A monte del viadotto Biedano 1	2
AISU_12	Fosso Rosanello	A valle del viadotto Biedano 1	2
AISU_13	Torrente Biedano	A monte del viadotto Biedano 2	2
AISU_14	Torrente Biedano	A valle del viadotto Biedano 2	2

2.1.4.4 Monitoraggio in corso d'opera (MCO)

Finalità

Il Monitoraggio in corso d'opera (MCO) ha lo scopo di controllare che l'esecuzione dei lavori per la realizzazione dell'opera non alteri i caratteri qualitativi del sistema delle acque superficiali.

A differenza del Monitoraggio *ante operam* (MAO), che deve fornire una fotografia dello stato esistente, senza alcun giudizio in merito alla sua qualità, il MCO dovrà confrontare quanto via via rilevato con lo stato *ante operam* e segnalare le eventuali divergenze da questo; a tal fine è prevista la predisposizione di punti di monitoraggio sia a monte che a valle degli attraversamenti dei corsi d'acqua principali interferenti con l'opera in progetto.

A valle del rilevamento e della segnalazione di scostamenti rispetto ai caratteri preesistenti, il MCO dovrà avviare le procedure di verifica, per confermare e valutare lo scostamento, e di indagine per individuarne le cause.

Una volta stabilite queste dovrà dare corso alle contromisure predisposte o elaborate al momento nel caso di eventi assolutamente imprevisi.

Il Monitoraggio in corso d'opera avrà una durata pari al tempo di realizzazione delle opere o di permanenza delle aree di cantiere (circa 700 giorni naturali consecutivi).

Frekuensi delle operazioni di MCO

Le operazioni di monitoraggio saranno effettuate con una frequenza pari a 3 mesi per tutta la durata delle lavorazioni.

Tabella 5: Frequenza monitoraggio corso d'opera

Sezione monitoraggio	Interferenza	Posizione	Durata lavori	n. ripetizioni in CO
AISU_05	Fosso dello Zoppo	A monte del viadotto dello Zoppo	700 gg	8
AISU_06	Fosso dello Zoppo	A valle del viadotto dello Zoppo	700 gg	8
AISU_07	Fosso del Crognolo	A monte del viadotto Crognolo km 17+200	700 gg	8
AISU_08	Fosso del Crognolo	A valle del viadotto Crognolo km 17+200	700 gg	8
AISU_09	Diramazione del T.Biedano	A monte del viadotto Crognolo km 17+450	700 gg	8
AISU_10	Diramazione del T.Biedano	A valle del viadotto Crognolo km 17+450	700 gg	8
AISU_11	Fosso Rosanello	A monte del viadotto Biedano 1	700 gg	8
AISU_12	Fosso Rosanello	A valle del viadotto Biedano 1	700 gg	8
AISU_13	Torrente Biedano	A monte del viadotto Biedano 2	700 gg	8
AISU_14	Torrente Biedano	A valle del viadotto Biedano 2	700 gg	8

2.1.4.5 Monitoraggio post operam (MPO)

Finalità

Il Monitoraggio *post operam* ha il fine di documentare la situazione ambientale che si ha durante l'esercizio dell'opera per verificare che gli impatti ambientali siano coerenti rispetto alle previsioni dello

studio d'impatto ambientale e/o delle previsioni progettuali e di accertare la reale efficacia dei provvedimenti posti in essere per garantire la mitigazione degli impatti sull'ambiente.

Esso avrà inizio contemporaneamente all'entrata in esercizio dell'opera ed avrà durata semestrale.

Frequenza delle operazioni di MPO

Le operazioni di monitoraggio saranno effettuate per 2 volte dopo la chiusura dei cantieri.

Tabella 6: Frequenza monitoraggio post operam

Sezione monitoraggio	Interferenza	Posizione	n. ripetizioni in PO
AISU_05	Fosso dello Zoppo	A monte del viadotto dello Zoppo	2
AISU_06	Fosso dello Zoppo	A valle del viadotto dello Zoppo	2
AISU_07	Fosso del Crognolo	A monte del viadotto Crognolo km 17+200	2
AISU_08	Fosso del Crognolo	A valle del viadotto Crognolo km 17+200	2
AISU_09	Diramazione del T.Biedano	A monte del viadotto Crognolo km 17+450	2
AISU_10	Diramazione del T.Biedano	A valle del viadotto Crognolo km 17+450	2
AISU_11	Fosso Rosanello	A monte del viadotto Biedano 1	2
AISU_12	Fosso Rosanello	A valle del viadotto Biedano 1	2
AISU_13	Torrente Biedano	A monte del viadotto Biedano 2	2
AISU_14	Torrente Biedano	A valle del viadotto Biedano 2	2

2.1.5 SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEGLI ACCERTAMENTI

Al fine di assicurare l'uniformità delle misure rilevate nelle diverse fasi del Progetto di Monitoraggio Ambientale è indispensabile che i rilievi vengano svolti con metodologie univoche e prestabilite.

L'uniformità delle metodologie di monitoraggio e delle apparecchiature di rilevamento è necessaria per garantire altresì il confronto dei controlli svolti nel corso delle varie fasi temporali e nelle diverse aree geografiche, onde assicurare la riproducibilità e l'attendibilità delle misure.

2.1.5.1 Prelievo campioni per analisi chimico-fisiche e batteriologiche di laboratorio

Il campionamento verrà realizzato tramite sonda a trappola che verrà immersa nel filone principale della corrente al di sotto del pelo libero. Si dovranno preferire punti ad elevata turbolenza evitando zone di ristagno e zone dove possano manifestarsi influenze del fondo, della sponda o di altro genere. Il campionamento sarà di tipo medio-continuo raccogliendo in successione continua aliquote parziali di 1 litro fino a riempire un recipiente di circa 12 litri. Il campione così raccolto andrà poi omogeneizzato e ripartito nei contenitori debitamente etichettati e curandone il riempimento fino all'orlo evitando il formarsi di bolle d'aria.

Dovranno essere riempiti i seguenti contenitori:

- 1 bottiglia da 0,5 litri ed una da 1 litro per le analisi batteriologiche
- 1 bottiglia di vetro da 2 litri per analisi chimico-fisiche
- 1 bottiglia di vetro da 2 litri per analisi degli idrocarburi totali
- 1 bottiglia di plastica da 1 litro per analisi dei metalli

Per ogni prelievo dovrà essere redatto un verbale di campionamento, utilizzando la scheda di restituzione dati riportata in Appendice, che verrà trasmesso in copia al laboratorio di analisi.

In occasione del campionamento verranno misurati la temperatura dell'acqua e dell'aria, la conducibilità elettrica, il pH e l'ossigeno disciolto. I valori rilevati saranno la media di tre determinazioni consecutive. Le misure saranno effettuate previa taratura degli strumenti.

I contenitori utilizzati dovranno essere contrassegnati da apposite etichette di tipo autoadesivo con sopra riportate le seguenti informazioni:

- punto di prelievo (nome del corso d'acqua);
- codice dell'indagine;
- data e ora del campionamento.

Per impedire il deterioramento dei campioni, questi andranno stabilizzati termicamente tramite refrigerazione a 3 °C e recapitati al laboratorio di analisi entro le ventiquattro ore dal prelievo prevedendone il trasporto in casse refrigerate.

2.1.5.2 Metodologie di esecuzione delle analisi

Analisi chimico fisiche

Nella tabella sottostante sono indicate le metodologie di analisi che dovranno essere utilizzate per le determinazioni di ciascun parametro chimico-fisico. Sono riportati contestualmente i limiti di rilevabilità che è possibile conseguire con l'adozione delle rispettive metodiche.

Tabella 7: Metodologie di riferimento per le analisi chimico fisiche

Parametro	Metodo	Limite di rilevabilità	Principio del metodo
PH	APAT IRSA CNR 2060/03		Potenziometria
Conducibilità elettrica specifica	D.M. 13/09/99 IV.1		Conduttimetria
Ossidabilità al permanganato		0,05 mg/l O ₂	Titrimetria
Idrocarburi policiclici aromatici	EPA 8270D/98	Variabile a seconda dei singoli parametri	Gascromatografia con rivelatore a spettrometria di massa
Alcalinità	IRSAQ100 n°2010met. B	0,02 meq/l	Titolazione con indicatore
Colore	IRSA Q100 n° 2020	-	Comparazione visiva
COD	IRSA Q100 n°5110	5 mg/l	Determinazione per retrotitolazione delle sostanze ossidabili in una soluzione bollente di dicromato di potassio e acido solforico
BOD5	DIN 38 309 parte. 52r	1 mg/l	Determinazione tramite respirometro dell'ossigeno consumato
Azoto totale	IRSA N°3090	1 mg/l	Determinazione per mineralizzazione e distillazione
Ammoniaca	IRSA Q100 n°3010	0,3 mg/l	Determinazione colorimetrica del complesso che si forma per reazione con il reattivo di Nessler
Nitriti	IRSA Q100 n°3030	0,025 mg/l	Determinazione colorimetrica del composto che si forma per reazione con solfanilammide e N-(1naftil)-etilendiammina
Nitrati	IRSA Q100 n°3020 A1	0,5 mg/l	Determinazione colorimetrica del composto ottenuto per reazione tra nitrati e salicilato di

Parametro	Metodo	Limite di rilevabilità	Principio del metodo
			sodio
Fosforo totale	IRSAQ100 n°3090	0,06 mg/l	Determinazione colorimetrica degli ortofosfati ottenuti dalla trasformazione per mineralizzazione acida di tutti i composti del fosforo.
Idrocarburi totali	Std.methods n°5520C&F18th edition.	0,5mg/l	Determinazione all'infrarosso delle sostanze estratte con triclorotrifluoroetano e non trattenute da gel di silice
Durezza totale	IRSAQ100 n°2030	1 mg/l di CaCO ₃	Titolazione complessometrica con acido etilendiamino tetraacetico.
Cloruri	IRSAQ100 n°3070 B	5 mg/l	Titolazione dello ione cloruro con soluzione di nitrato mercurico.
Solfati	IRSAQ100 n°3130B	5 mg/l	Determinazione spettrofotometrica della torbidità della sospensione generatasi dalla reazione con solfato di bario.
Ferro	Std.methods n°3113 18th	3µg/l	Determinazione con spettrometria di assorbimento atomico con atomizzazione in fornello di grafite
Rame	Std.methods n° 3113 18 th edition.	2µg/l	Determinazione con spettrometria di assorbimento atomico con atomizzazione in fornello di grafite
Cromo	Std.methods n°3113 18 th edition.	10 µg/l	Determinazione con spettrometria di assorbimento atomico con atomizzazione in fornello di grafite
Cadmio	Std.methods n° 3113 18 th edition.	1 µg/l	Determinazione con spettrometria di assorbimento atomico con atomizzazione in fornello di grafite
Piombo	Std.methods n° 3113 18 th edition.	5 µg/l	Determinazione con spettrometria di assorbimento atomico con atomizzazione in fornello di grafite

Parametro	Metodo	Limite di rilevabilità	Principio del metodo
Solventi organoalogenati totali	EPA 8260B/93	0,08 µg/l	GC/MS
Sodio	EPA6010B/96	0,15 µg/l	ICP/AES
Calcio	EPA6010B/96	0,05 µg/l	ICP/AES
Magnesio	EPA6010B/96	0,1 µg/l	ICP/AES
Tensioattivi anionici	IRSAQ100 n°5150	0,025 mg/l	Determinazione colorimetrica del sale di colore blu formato per reazione con blu di metilene ed estratto in cloroformio

Analisi batteriologiche

Per le analisi batteriologiche si deve invece fare riferimento a quanto di seguito indicato.

Tabella 8: Metodologie di riferimento per le analisi batteriologiche

Parametro	Metodo	Limite di rilevabilità	Principio del metodo
Coliformi totali	IRSAQ100 7010 B/93	0 col/100cc	Colture di colonie batteriche su terreni specifici e conta diretta
Coliformi fecali	IRSAQ100 7020 B/93	0 col/100cc	Colture di colonie batteriche su terreni specifici e conta diretta
Streptococchi fecali	IRSAQ100 7030 B/93	0 col/100cc	Colture di colonie batteriche su terreni specifici e conta diretta
Carica batterica a 36° e a 22°	Metodo All.III DPR 236/88	0 col/100cc	Colture di colonie batteriche su agar e conta diretta

Analisi tossicologiche

Per le analisi di tossicità si deve invece fare riferimento a quanto di seguito indicato:

Tabella 9: Metodologie di riferimento per le analisi tossicologiche

Parametro	Metodo	Limite di rilevabilità	Principio del metodo
Test Microtox basato sull'emissione di luminescenza da parte di	IRSA 8030	Non applicabile	Il metodo consente di valutare la tossicità acuta di campioni o estratti provenienti da corpi idrici d'acqua dolce, marina o

del batterio <i>Vibrio fischeri</i>			salmastra utilizzando come risposta l'inibizione della bioluminescenza naturalmente emessa dai batteri marini della specie <i>Vibrio fischeri</i> .
Test <i>Daphnia Magna</i> basato sull'analisi degli effetti degli inquinanti sulla motilità dei crostacei della specie <i>Daphnia Magna</i>	IRSA 8030	Non applicabile	Il test viene realizzato utilizzando campioni d'acqua e di sedimento conservati a temperatura costante di 4 °C e prelevati da poco tempo; cinque-dieci neonati di <i>Daphnia magna</i> sono esposti a diverse diluizioni dell'acqua da analizzare.

Indice biologico

Per le analisi di tipo biologico si indica come opportuno la valutazione dell'indice biologico IBE basato sulla comunità di macroinvertebrati al fine di stabilire una misura sintetica indiretta della qualità delle acque.

Si precisa che tale parametro dovrà essere rilevato in corrispondenza dei punti di monitoraggio a monte e a valle dell'infrastruttura.

Tabella 10: Metodologie di riferimento per le analisi biologiche

Parametro	Metodo	Limite di rilevabilità	Principio del metodo
Indice biologico IBE	Campionamento diretto con retino, identificazione e conta diretta	Non applicabile	D.Lgs. 152/06

2.2 AMBIENTE IDRICO SOTTERRANEO

2.2.1 PREMESSA E SCOPO DEL LAVORO

Il Progetto di Monitoraggio dell'Ambiente Idrico Sotterraneo ha lo scopo di evidenziare le eventuali significative variazioni quantitative e qualitative, determinate dalla realizzazione dell'infrastruttura stradale S.S. Umbro-Laziale (ex Raccordo Civitavecchia – Orte) tra il km 86+000 della S.S. 1 "Aurelia" ed il km 21+500 della S.S. 1 bis (Tronco III Lotto 1 starlacio B – Tronco II Lotti 1 e 2), sugli equilibri idrogeologici delle aree attraversate dall'infrastruttura.

Per fare questo è stato quindi necessario esaminare le tipologie delle opere previste nel progetto del tracciato stradale, l'ubicazione e le caratteristiche delle aree di cantiere ed i loro potenziali impatti sulla componente ambientale considerata, nelle aree critiche individuate dalla "Carta della vulnerabilità degli acquiferi e della qualità delle acque superficiali" e dal piano di cantierizzazione.

L'eventualità di contaminazione delle falde idriche ad opera di ipotetici inquinanti va riferita, essenzialmente, all'ipotesi di sversamento accidentale di sostanze nocive o al contributo delle acque di dilavamento della piattaforma stradale, con particolare riferimento a quelle di prima pioggia, dotate di maggiori concentrazioni dei potenziali agenti contaminanti.

In secondo luogo va tenuto conto di teoriche azioni di inquinamento diffuso, ricollegabili ad attività di cantiere (lavorazioni particolari, scarichi di insediamenti temporanei) o all'apporto nel sottosuolo di sostanze necessarie al miglioramento delle proprietà geotecniche dei terreni.

Il rischio derivante dalle potenziali attività d'interferenza potrà essere ulteriormente ridotto sia attraverso un accurato controllo delle varie fasi lavorative in ciascuna delle aree logistiche fisse e mobili (lungo la linea) da parte del personale preposto, sia attraverso le attività di monitoraggio descritte nel seguito.

2.2.2 RIFERIMENTI NORMATIVI E SCIENTIFICI

Leggi di tutela ambientale generale riguardanti anche le acque sotterranee

La Direttiva quadro 2000/60/CE in materia di acque è stata recepita in Italia con l'emanazione del **Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 e s.m. (D.Lgs.16 gennaio 2008 n.4)**, recante "Norme in materia ambientale".

Al DLgs 152/2006 sono seguiti i relativi decreti attuativi per le acque superficiali e sotterranee:

– **Decreto Tipizzazione DM 131/2008** - Regolamento recante "i criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici (tipizzazione, individuazione corpi idrici, analisi delle pressioni)";

– **Decreto Monitoraggio DM 56/2009** - Regolamento recante "i criteri tecnici per il monitoraggio dei corpi idrici e l'identificazione delle condizioni di riferimento per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante Norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del decreto legislativo medesimo";

– **Decreto Classificazione DM 260/2010** - Regolamento recante "i criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali, per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del decreto legislativo medesimo".

– **Decreto Monitoraggio sostanze chimiche DLgs 219/2010** - "Attuazione della direttiva 2008/105/CE relativa a standard di qualità ambientale nel settore della politica delle acque, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE, 86/280/CEE, nonché modifica della direttiva 2000/60/CE e recepimento della direttiva

2009/90/CE che stabilisce, conformemente alla direttiva 2000/60/CE, specifiche tecniche per l'analisi chimica e il monitoraggio dello stato delle acque"

Per le acque sotterranee è stata emanata la Direttiva 2006/118/CE inerente la "Protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento".

La Direttiva è stata recepita in Italia dal **DLgs 30/2009**, che integra e modifica parti del DLgs 152/2006 e contiene:

- criteri per l'identificazione e la caratterizzazione dei corpi idrici sotterranei;
- standard di qualità per alcuni parametri e valori soglia per altri parametri necessari alla valutazione del buono stato chimico delle acque sotterranee;
- criteri per individuare e per invertire le tendenze significative e durature all'aumento dell'inquinamento, oltre che per determinare i punti di partenza per dette inversioni di tendenza;
- criteri per la classificazione dello stato quantitativo;
- modalità per la definizione dei programmi di monitoraggio quali-quantitativo.

I Decreti 56/2009 e 260/2010 contengono alcuni allegati relativi alle acque sotterranee che confermano e non modificano quanto contenuto nel DLgs 30/2009.

- **Decreto legislativo 27 gennaio 1992, N.132** - Attuazione della direttiva 80/68/CEE concernente la protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento provocato da certe sostanze pericolose. Il presente decreto ha lo scopo di prevenire l'inquinamento delle acque sotterranee dovuto alle sostanze appartenenti alle famiglie e ai gruppi di sostanze in allegato, e di ridurre o eliminare per quanto possibile le conseguenze dell'inquinamento già esistenti.

- **Legge 18 Maggio 1989 n° 183** – "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo".

Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) regione Lazio, approvato con Deliberazione del Consiglio Regionale n. 17 del 4/4/2012 (BUR n. 21 del 7/6/2012, S.O. n. 35)

Piano di Tutela delle Acque (PTA) regione Lazio, adottato con Deliberazione di Giunta Regionale n. 266 del 2 maggio 2006 e approvato con Deliberazione del Consiglio Regionale n. 42 del 27 settembre 2007 (Supplemento ordinario al "Bollettino Ufficiale" n. 3 n. 34 del 10 dicembre 2007).

Standard per gli accertamenti:

- UNI EN 25667-1:1996 Guida alla definizione di programmi di campionamento;
- UNI EN 25667-2:1996 Guida alle tecniche di campionamento;
- ISO 5667-3:2003 Guidance on the preservation and handling of samples;
- ISO 5667-14:1998 Guidance on quality assurance of environmental water sampling and handling;

- ISO 4363:1993 Measurement of liquid flow in open channels - Method for measurement of suspended sediments;
- ISO/DIS 5667-17:2000 Guidance on sampling of suspended sediments;
- ISO/TR 13530:1997 Guide to analytical quality control for water analysis;
- ISO 9001 "Sistemi di gestione per la qualità –Requisiti"
- UNI EN ISO 10005:1996 " Linee guida per fornitori e committenti per la preparazione, il riesame, l'accettazione, e la revisione di piani di qualità";
- UNI CEI EN ISO/IEC 17025 " Requisiti generali per la competenza di laboratori di prova e taratura".

Trivellazione di pozzi

- Regio Decreto 11 Dicembre 1933 n° 1775 Testo Unico delle disposizioni di legge sulle acque e impianti elettrici
- Legge 464 del 4 agosto 1984 "Norme per agevolare l'acquisizione da parte del Servizio Geologico elementi di conoscenza relativi alla struttura geologica e geofisica del sottosuolo nazionale"
- Norme tecniche per lo scavo, la perforazione, la manutenzione e la chiusura di pozzi d'acqua (art 8 DPR. 236/88), testo approvato dal Consiglio Superiore LL.PP.
- Decreto Legislativo 12 Luglio 1993 n° 275 Riordino in materia di acque pubbliche
- Legge n° 36 del 1994 Disposizione in materia di acque pubbliche, e successive modifiche ed integrazioni.

2.2.3 DOCUMENTAZIONE DI BASE PER LA REDAZIONE DEL PMA

Il presente Piano di Monitoraggio Ambientale è stato redatto sulla base degli studi effettuati nelle fasi di progettazione precedenti. In particolare si è fatto riferimento a:

- Studio di impatto ambientale (1997 e aggiornamento del 2000);
- Progettazione Definitiva e relativi studi ambientali;
- Piano di cantierizzazione.

Gli elaborati di progetto definitivo relativi alla componente idrica ed il piano di cantierizzazione consentono di analizzare l'impatto prodotto dalle lavorazioni sull'ambiente idrico sotterraneo.

Per la realizzazione delle opere verranno allestiti :

- un Campo Base (C17), finalizzato alla gestione ed al controllo di tutti i cantieri Operativi ed allo sviluppo delle varie opere
- Cantieri Operativi finalizzati al monitoraggio dell'avanzamento dei lavori delle opere di pertinenza.
- Aree Tecniche di lavoro e deposito dislocate lungo tutto il tracciato e finalizzate alla realizzazione di opere d'arte e ad ospitare servizi ai mezzi d'opera e materiali per i lavori.

2.2.3.1 Sintesi degli studi ambientali precedenti

Per la redazione del Progetto di Monitoraggio dell'Ambiente Idrico Sotterraneo si è fatto riferimento alla "Carta della vulnerabilità degli acquiferi e della qualità delle acque superficiali "ed allo Studio di Impatto Ambientale della tratta stradale in oggetto.

La “Carta della vulnerabilità degli acquiferi e della qualità delle acque superficiali” rappresenta il grado di vulnerabilità che caratterizza i territori interessati dalla realizzazione dell’opera. La vulnerabilità è intesa come facilità di penetrazione e di diffusione di un inquinante nelle acque sotterranee, in dipendenza dalle caratteristiche granulometriche dei terreni e dalle condizioni idrogeologiche del sottosuolo.

I comuni attraversati dall’intervento sono caratterizzati da diversi gradi di vulnerabilità, che possono essere schematizzati come segue:

- Comune di Monteromano: vulnerabilità molto bassa
- Comune di Vetralla: vulnerabilità molto bassa e vulnerabilità alta nella fascia finale

Sia la circolazione idrica superficiale che quella sotterranea sono fortemente condizionate dall’assetto geologico.

Dall’analisi del quadro di riferimento ambientale presente nel SIA sono state rilevate le caratteristiche idrogeologiche generali dell’area attraversata dalla linea stradale.

L’area oggetto di studio è approssimativamente suddivisa, in base ai terreni affioranti, in tre settori:

- Settore di Monte Romano: costituito in prevalenza dall’Unità dei flysch alloctoni prevalentemente calcareo-marnosi. Tali depositi hanno subito una intensa deformazione compressiva che ne ha fortemente condizionato l’attuale assetto strutturale. In questo settore le acque tendono maggiormente ad infiltrarsi andando ad alimentare piccoli acquiferi superficiali con sorgenti di modestissima portata.
- Settore di Vetralla: costituito in prevalenza dai depositi tufacei relativi alle colate piroclastiche dell’apparato di Vico. Tali tufi hanno ricoperto un substrato variegato, costituito essenzialmente dall’Unità dei flysch alloctoni e dalle Argille Marnose Grigio Azzurre. Le vulcaniti tendono a costituire piccole falde sospese al di sopra dell’acquifero principale; tale acquifero viene intercettato da tutte le aste fluviali principali in corrispondenza delle quali si osservano significative sorgenti lineari..

Relativamente al livello delle falde idriche, l’impatto potenziale indagato riguarda i rischi connessi alle opere di scavo che possono intercettare le falde idriche e conseguentemente abbassarne il livello piezometrico.

Tale effetto appare individuabile, in piccola misura, in corrispondenza di quelle opere d’arte per le quali verranno adottate fondazioni profonde, che potranno interagire parzialmente con il regime di deflusso delle falde più superficiali.

2.2.4 ACCERTAMENTI PROGRAMMATI

2.2.4.1 Criteri per la selezione dei punti di monitoraggio

Per la scelta e la definizione dei punti di monitoraggio si è tenuto conto delle informazioni desunte dagli studi specialistici già realizzati.

Sono state inoltre individuate le lavorazioni particolarmente rischiose dal punto di vista della preservazione delle acque sotterranee, come le zone di cantiere.

Nella scelta dei punti in cui ubicare i piezometri per il monitoraggio delle acque sotterranee, non sono stati presi in considerazione i pozzi e le sorgenti già esistenti nel territorio interessato dal progetto in quanto questi sono ubicati ad una notevole distanza dal tracciato e quindi non rappresentativi.

Saranno quindi realizzati altri punti di monitoraggio, attraverso la creazione di punti di misura ex novo nelle zone individuate come vulnerabili.

Gli obiettivi del programma di monitoraggio dell'ambiente idrico sotterraneo per le diverse fasi temporali di costruzione dell'infrastruttura stradale (*ante operam*, corso d'opera e *post operam*), sono sintetizzabili come descritto nei paragrafi seguenti.

2.2.4.2 Criteri per la scelta dei parametri da monitorare

Per l'identificazione dei parametri da sottoporre alle attività di monitoraggio, sono state fatte una serie di considerazioni:

- definire in maniera esaustiva lo stato chimico-fisico dei corpi idrici sotterranei;
- valutare con precisione le eventuali alterazioni dovute alle attività di cantiere;
- inserire il maggior numero di parametri secondo un criterio di cautela che permetta di fronteggiare i possibili impatti ambientali derivanti da attività di cantiere.

Parametri selezionati:

Tabella 11: Dettaglio parametri per le acque sotterranee

ATTIVITA'	PARAMETRI
Misure chimico-fisiche in situ	Misure piezometriche Temperatura aria, Temperatura acqua, Conducibilità elettrica specifica, Potenziale redox, pH, Ossigeno disciolto.
Determinazioni analitiche chimico-fisiche e batteriologiche	Durezza totale Alcalinità titolata Azoto ammoniacale Ossidabilità al permanganato T.O.C. Residuo fisso Nitriti Nitrati

ATTIVITA'	PARAMETRI
	Fosforo totale Cloruri Solfati Cadmio Piombo Rame Cromo totale Ferro Calcio Magnesio Sodio Potassio Manganese Arsenico Tensioattivi anionici Tensioattivi non anionici Fenoli Idrocarburi Totali IPA Composti organo alogenati totali Solventi clorurati Solventi aromatici Tricloroetano Tricloroetilene Tetracloroetilene Coliformi totali Coliformi fecali

ATTIVITA'	PARAMETRI
	Streptococchi fecali Carica batterica a 36° e 22°

2.2.4.3 Monitoraggio Ante Operam (MAO)

Finalità

In questa fase si prevede di condurre gli accertamenti di seguito riportati:

- Acquisizione presso gli enti locali deputati al controllo delle acque sotterranee di tutti i dati disponibili che possono essere utili ai fini del progetto di monitoraggio;
- Coordinamento delle attività realizzative delle singole stazioni di misura sulla base del programma temporale dei lavori per i singoli interventi;
- Ottimizzazione temporale delle attività di misura e prelievo sulla base del programma temporale dei lavori per le opere ricadenti nelle singole aree di monitoraggio;
- Misura dei livelli piezometrici nei punti di misura (piezometri) e ove possibile definizione delle direzioni di flusso medio;
- Definizione delle caratteristiche fisico-chimico e batteriologiche delle acque sotterranee tramite il prelievo e l'analisi di campioni d'acqua dai piezometri di ciascun area;
- Censimento di tutti i pozzi presenti con rilievo delle caratteristiche costruttive e individuazione degli usi della risorsa;
- Censimento di tutti gli scarichi sul suolo (civili abitazioni non allacciate al sistema fognario, aziende agricole che effettuano fertirrigazione) presenti a monte (rispetto al flusso presumibile medio areale di falda);
- Ricostruzione di dettaglio della situazione idrogeologica locale effettuata sulla base dei dati delle perforazioni necessarie alla realizzazione delle stazioni di misura (piezometri).

Osservazioni sulle operazioni del MAO

La prima operazione da effettuare durante il monitoraggio Ante Operam è il censimento di tutti i pozzi esistenti. Questa fase si rende necessaria per poter valutare l'eventuale eliminazione di pozzi previsti ex novo in quanto ricadenti in zone già monitorabili attraverso le opere esistenti.

Frequenza delle operazioni di MAO

Immediatamente prima della fase di costruzione e di accantieramento, nei luoghi scelti per il monitoraggio dovrà essere eseguita una serie di campagne complete di prelievi e misure, presso le stazioni realizzate ex-novo.

Tali campagne saranno finalizzate alla caratterizzazione qualitativa e quantitativa degli acquiferi, quale situazione di riferimento per individuare le eventuali modificazioni significative causate dall'intervento costruttivo; per tale fase si prevede una durata di 6 mesi.

Le misurazioni saranno effettuate per 2 volte nei 6 mesi precedenti all'inizio dei lavori.

Tabella 12: Frequenza analisi ante operam

Codice	Localizzazione	n. ripetizioni in AO
AIST_11	Cantiere C11 per viadotto dello Zoppo	2
AIST_12	C12 cantiere per GA03 e GA 04	2
AIST_13	C13 bis viadotto Crognolo	2
AIST_14	C13 viadotto Crognolo	2
AIST_15	C14 cantiere per GA 05	2
AIST_16	C15 cantiere per viadotto Biedano 1e Biedano2	2
AIST_17	C16 cantiere per viadotto Biedano2	2
AIST_18	C17 campo base	2

2.2.4.4 Monitoraggio in Corso d'Opera (MCO)

Finalità

In questa fase si prevede:

- misura dei livelli piezometrici nei punti di misura (piezometri) e controllo, ove possibile, della direzione media areale di flusso prevalente per ogni singola area sottoposta ad azione di monitoraggio, al fine di accertare eventuali modificazioni indotte dalla costruzione dell'opera; tali indagini saranno condotte per tutta la fase di corso d'opera dell'intero tratto stradale;
- accertamento di eventuali variazioni significative delle caratteristiche fisico-chimico e batteriologiche delle acque sotterranee, indotte dalla realizzazione di fondazioni profonde (pali) o di eventi accidentali che si possano verificare, tramite prelievo e l'analisi di campioni d'acqua dai piezometri di ciascuna area.

Frequenza delle operazioni di MCO

Le attività di monitoraggio proseguiranno per l'intera durata dei lavori, fino allo smantellamento delle aree logistiche fisse, mentre lungo la linea saranno monitorate le aree delle fondazioni profonde con prelievi e misurazioni più fitte qualora si dovessero verificare eventi accidentali potenzialmente

dannosi per le falde acquifere; infatti, in qualsiasi momento potrà essere previsto un incremento delle attività di monitoraggio, fino alla completa esclusione di possibili danni.

Si prevede una frequenza trimestrale di tutti i parametri.

Tabella 13: Frequenza analisi corso d'opera

Codice	Localizzazione	Durata lavori	n. ripetizioni in CO
AIST_11	Cantiere C11 per viadotto dello Zoppo	24 mesi	8
AIST_12	C12 cantiere per GA03 e GA 04	24 mesi	8
AIST_13	C13 bis viadotto Crognolo	24 mesi	8
AIST_14	C13 viadotto Crognolo	24 mesi	8
AIST_15	C14 cantiere per GA 05	24 mesi	8
AIST_16	C15 cantiere per viadotto Biedano 1e Biedano2	24 mesi	8
AIST_17	C16 cantiere per viadotto Biedano2	24 mesi	8
AIST_18	C17 campo base	24 mesi	8

2.2.4.5 Monitoraggio Post Operam (MPO)

Finalità

In quest'ultima fase sono programmati:

- misura dei livelli piezometrici nei punti di misura (piezometri) e controllo della direzione media areale di flusso prevalente per ogni singola area sottoposta ad azione di monitoraggio, al fine di accertare eventuali modificazioni indotte dalla costruzione dell'opera;
- accertamento di eventuali variazioni significative a lungo termine delle caratteristiche fisico-chimico e batteriologiche delle acque sotterranee, indotte dalla realizzazione di fondazioni profonde (pali) o di eventi accidentali che si possano verificare, tramite il prelievo e l'analisi di campioni d'acqua dai piezometri di ciascuna area.

Frequenza delle operazioni di MPO

Le attività di monitoraggio si estenderanno anche in tale fase temporale, anche se come precedentemente detto, le interferenze con la componente ambientale, si ridurranno notevolmente dopo gli interventi previsti. Un periodo pari a mesi 6 dopo la fine della fase di corso d'opera, potrà

essere ritenuto sufficiente al completamento delle attività di monitoraggio delle acque sotterranee, per tutte le aree sottoposte ad attività di monitoraggio: in questa fase, le misure programmate di tipo qualitativo, potranno essere realizzate in numero di due.

Tabella 14: Frequenza analisi post operam

Codice	Localizzazione	n. ripetizioni in PO
AIST_11	Cantiere C11 per viadotto dello Zoppo	2
AIST_12	C12 cantiere per GA03 e GA 04	2
AIST_13	C13 bis viadotto Crognolo	2
AIST_14	C13 viadotto Crognolo	2
AIST_15	C14 cantiere per GA 05	2
AIST_16	C15 cantiere per viadotto Biedano 1 e Biedano2	2
AIST_17	C16 cantiere per viadotto Biedano2	2
AIST_18	C17 campo base	2

2.2.5 SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEGLI ACCERTAMENTI

Le specifiche tecniche di seguito riportate sono così articolate:

- Realizzazione di nuove stazioni di rilievo (piezometri).
- Rilevamento ed acquisizione delle informazioni.
- Accettazione e collaudo delle informazioni.

2.2.5.1 Nuove stazioni di rilievo-piezometri

Modalità esecutive

All'interno dei fori appositamente eseguiti a carotaggio continuo saranno installati piezometri del tipo a "tubo aperto".

La perforazione sarà eseguita con rivestimento a seguire di diametro 152 mm impiegando come fluido di perforazione acqua pulita.

Al termine della perforazione si effettuerà un lavaggio preventivo del foro pompando acqua pulita attraverso la tubazione di rivestimento provvisoria.

Successivamente si metteranno in posa i tubi in pvc preparati in elementi di lunghezza 3 m. L'intercapedine tubo finestrato/foro sarà riempita con ghiaia fine lavata di natura silicea e di granulometria compresa tra 4 e 6 mm. La posa del tubo avverrà sollevando poco per volta il rivestimento metallico provvisorio di diametro 152 mm, in modo che il foro non rimanga "scoperto" per più di 50 cm.

Terminata la posa del filtro si eseguirà il tappo impermeabile per un tratto di circa 1 m utilizzando bentonite in palline (compactonit). Infine l'ultimo tratto fino alla superficie si riempirà con una miscela cementizia costituita da acqua-bentonite-cemento.

Si provvederà a proteggere l'estremità superiore dei piezometri con un chiusino carrabile in ghisa.

I tubi da utilizzare hanno le seguenti caratteristiche:

- materiale PVC PN16;
- diametro 3";
- spessore tubo 5 mm;
- larghezza fessure 0.25 mm;
- lunghezza 3 m

Ad ultimazione della posa si esegue un lavaggio dei tubi con acqua pulita immessa dal fondo mediante impiego di apposita tubazione di iniezione.

Successivamente sarà eseguito lo spurgo mediante elettropompa sommersa calata all'interno dei tubi piezometrici.

Caratterizzazione dei terreni in cassetta

Al fine di realizzare una efficiente opera attraverso la quale effettuare i prelievi e le misure (piezometri), durante la perforazione dei piezometri operata a carotaggio continuo, saranno prelevati dalle cassette catalogatrici, campioni dei livelli di terreno attraversati dal perforo.

Tali campioni dovranno essere sottoposti in tempi rapidi, alle seguenti analisi di laboratorio:

- analisi granulometrica, limiti di plasticità, contenuto organico;
- prove di permeabilità in situ per la determinazione dei coefficiente k (m/sec)

Dati sulle perforazioni

Per ogni sondaggio saranno raccolte le seguenti informazioni:

- Data inizio e termine della perforazione
- Stratigrafia del sondaggio
- Ubicazione topografica
- Metodo utilizzato
- Attrezzatura impiegata
- Diametro della perforazione
- Diametro del rivestimento
- Fluido di circolazione

- Quota testa foro metri s.l.m.
- Nominativo dei compilatore e responsabile
- Descrizione dei terreni attraversati
- Spessori dei terreni

Nel corso della perforazione verrà rilevato sistematicamente il livello della falda nel foro; le misure saranno eseguite in particolare ogni mattina, prima di riprendere il lavoro, con annotazione di quanto segue:

- Livello acqua nel foro rispetto al p.c.
- Quota fondo foro
- Quota della scarpa del rivestimento
- Data e ora della misura.

2.2.5.2 Rilevamento ed acquisizione delle informazioni

Considerate le finalità del monitoraggio in campo idrogeologico (monitoraggio qualitativo e quanti Considerate le finalità del monitoraggio in campo idrogeologico (monitoraggio qualitativo e quantitativo delle falde), si prevede di controllare in modo programmatico le seguenti due tipologie di dati :

- Parametri statici e dinamici della superficie freatica (a larga scala e se possibile a scala più confrontabile con l'estensione dell'area di monitoraggio).
- Parametri qualitativi degli acquiferi, al fine di verificare cambiamenti qualitativi rispetto alla situazione *ante-operam*.

Le operazioni da eseguire *in situ* saranno dunque di due tipi:

- Misure piezometriche
- Campionamento di acque da sottoporre ad analisi fisico-chimiche e batteriologiche.

Misure piezometriche- Linee guida

Queste misure saranno eseguite utilizzando una sondina piezometrica a punta elettrica, munita di avvisatore acustico ed ottico; non sono ammesse altre metodiche di misurazione.

La strumentazione utilizzata deve fornire una lettura della profondità con errore massimo del centimetro.

La procedura di misurazione comprende le seguenti operazioni:

- 1) Verifica del codice numerico di identificazione della stazione di misura (piezometro);
- 2) Verifica dell'integrità della chiusura del pozzetto di protezione di bocca foro;
- 3) Apertura del pozzetto e rimozione del tappo avvitato sull'estremità del tubo;
- 4) Effettuazione di tre misure piezometriche ad intervalli di 5 minuti primi onde calcolare il valore medio del livello piezometrico;

- 5) Annotazione su apposita modulistica delle misure (in quota relativa ed assoluta), e di ogni altro elemento utile in fase di elaborazione ed interpretazione dei dati (data e ora della misura, situazione meteorologica);
- 6) Riposizionamento del tappo avvitato sull'estremità del tubo e chiusura del pozzetto di protezione.

Prelievo di campioni d'acqua- Linee guida

Generalità

Lo scopo di un programma di campionamento è quello di ottenere dei campioni di acqua di falda rappresentativi delle condizioni locali, e che possano essere utilizzati per le analisi di laboratorio.

Pertanto le operazioni di campionamento devono essere documentate in modo da soddisfare le seguenti caratteristiche:

- Attendibilità
- Controllabilità
- Ripetibilità.

Quanto descritto in questo capitolo si applica al prelievo di campioni d'acqua naturale in piezometri che siano stati attrezzati con tubazioni finestrate in PVC atossico, od altri materiali approvati dalla D.L., di diametro interno di 75 mm e con materiale granulare da filtro nell'intorno della sezione finestrata.

Le modalità di prelievo e conservazione del campione descritte nel seguito sono finalizzate alla esecuzione di analisi di laboratorio con determinazione dei parametri chimico-fisici e microbiologici delle acque campionate.

Le seguenti modalità fanno riferimento alle norme ISO ed UNI EN pubblicate.

Operazioni preliminari

Il prelievo del campione di fluido sarà preceduto da apposite operazioni di spurgo (dettagliate di seguito) del piezometro, in quanto il volume d'acqua in esso contenuto, non può dirsi rappresentativo delle reali caratteristiche chimiche fisiche e batteriologiche locali, in conseguenza di fenomeni di contaminazione temporanea legati alla tecnica di perforazione (per prelievi immediatamente successivi alla realizzazione dei piezometri stessi), od alla lunga permanenza dell'acqua all'interno della tubazione di rivestimento dovuta al tempo trascorso tra due campagne di misure programmate.

Nel caso di prelievi entro fori di sondaggio appositamente realizzati ed attrezzati, tra il completamento dell'installazione, l'esecuzione delle necessarie operazioni di sviluppo e le operazioni di spurgo preliminari al campionamento, dovranno intercorrere (qualora non sussistano necessità di urgenza particolare dettate dal programma dei lavori) un minimo di 3 giorni solari.

Ai fini di prelevare campioni d'acqua il più possibile rappresentativi della situazione idrochimica sotterranea, si procederà ad operazioni di spurgo di seguito illustrate.

L'acqua presente nel pozzo dovrà essere completamente rinnovata, il campione d'acqua va prelevato direttamente dalla falda e non dalla porzione presente nel pozzo.

L'acqua stagnante presente nel pozzo può avere caratteristiche chimiche diverse da quelle della falda circostante. Solitamente nei piezometri, il volume d'acqua spurgata varia da tre a cinque volte il volume d'acqua contenuto nel piezometro.

Nel caso dei piezometri costruiti per il monitoraggio, occorre una particolare attenzione alle operazioni di chiarificazione. Si informa che anche in seguito ad operazioni di spurgo eseguite con attenzione e con tempi superiori alle due ore, il campione d'acqua non risulta limpido, e presenta inoltre caratteristiche di torbidità e presenza di sedimento particellare.

Attrezzatura

Il prelievo dei campioni deve essere eseguito con attrezzature e modalità atte a prevenire ogni contaminazione od alterazione delle caratteristiche chimico-fisico-microbiologiche delle acque, ed in particolare:

- le attrezzature destinate al prelievo devono essere preservate da ogni possibile contaminazione anche nelle fasi di trasporto sugli automezzi e in quelle che precedono il prelievo;
- il personale addetto alla manipolazione dei campionatori, delle parti ad essi collegate e di contenitori da trasporto, dovrà utilizzare idonei guanti protettivi di tipo chirurgico, perfettamente puliti.

I requisiti che una buona attrezzatura da campionamento deve possedere sono i seguenti:

- passare facilmente attraverso la tubazione senza pericoli di incastro
- essere di materiale inerte tale che non adsorba inquinanti, non desorba suoi componenti, non alteri Eh e pH
- essere compatibile con il grado di sensibilità analitica richiesto dal programma
- avere la possibilità di campionare a qualsiasi profondità all'interno del piezometro
- possedere facilità d'uso
- avere una buona facilità di trasporto in ogni luogo
- essere facilmente decontaminato con acqua distillata o potabile
- essere affidabile e di lunga durata in qualsiasi condizione ambientale.

In ogni caso il campionatore dovrà essere costituito da componenti in acciaio inossidabile, vetro e resine fluorocarboniche inerti; sono escluse parti costituite da materiali sintetici o metallici non inerti, valvole lubrificate con olio.

Anche i cavi di manovra ed i tubi di collegamento dei campionatori calati in foro devono essere in materiale inerte dal punto di vista chimico-fisico (acciaio inox AISI 316 o resine inerti).

I campionatori suggeriti sono di tipo statico in materiale rigido, da utilizzare dopo che il piezometro è stato spurgato con altra attrezzatura, essi dovranno essere scelti tra i seguenti due tipi :

- Campionatore a doppia valvola: si tratta di un tubo munito superiormente di una forcina alla quale va collegato il cavo di manovra, e di due valvole a sfera una superiore ed una inferiore. Una volta calato alla quota di prelievo, le valvole si chiudono per effetto della pressione idrostatica, riducendo la possibilità di flussi idrici all'interno durante la fase di recupero. Nel caso che le condizioni lo permettano potrà essere utilizzato un campionatore a valvola singola.
- Campionatore a siringa: concettualmente simile ad una grossa siringa per uso medico o veterinario, ha un funzionamento inverso. Infatti essa permette di prelevare campioni d'acqua a quote predeterminate riempiendo un contenitore di materiale inerte, grazie alla depressione

in esso creata, da un pistone o una valvola a sfera, attraverso una pompa a mano azionata dall'esterno e collegata al contenitore tramite un tubetto flessibile. L'acqua una volta dentro non può più uscire durante l'estrazione grazie alla presenza di un ago collegato all'ugello di entrata. Una volta estratta essa può essere portata direttamente in laboratorio.

In generale il campione di acqua prelevato, sarà inserito in contenitori di vetri puliti e sterili, chiusi da tappi ermetici in materiale inerte, dotati di etichette con le informazioni relative al sito, al numero del piezometro di rilevazione, al numero del campione, profondità, data ed all'ora del prelievo.

Saranno utilizzati preferibilmente flaconi in polietilene e vetro borosilicato, o in PTFE chimicamente più inerte, ma più costoso degli altri materiali.

Il contenitore sarà esternamente ricoperto dai raggi solari, e fino alla sua consegna al laboratorio di analisi, dovrà essere conservato in luogo fresco.

Modalità di prelievo dei campioni

Prima di essere calato nel foro, il campionatore dovrà essere già perfettamente pulito e le parti ad esso collegate attentamente lavate con acqua distillata bollita in contenitori di acciaio inossidabile.

Si dovrà inoltre evitare di appoggiare il campionatore e le parti ad esso collegate a terra o dovunque possano contaminarsi.

E' escluso che un campionatore per fluidi impiegato per prelievi diversi da quelli di acque naturali possa essere utilizzato, anche dopo pulizia, per prelievi acqua di falda.

E' raccomandato che ogni piezometro sia campionato con un proprio apposito campionatore senza mescolanze.

Qualora ciò non si possa verificare, il lavaggio dell'attrezzatura prima di passare da un foro all'altro sarà particolarmente accurato e ripetuto più volte.

Terminate le operazioni preliminari, il campionatore sarà calato nel foro fino alla quota indicata al programma di lavoro ed immerso dolcemente nell'acqua, senza sollevare spruzzi.

Una volta riempito sarà dolcemente sollevato fino alla superficie per essere travasato nei contenitori definitivi.

La quantità di campione prelevato dovrà essere sufficiente alla realizzazione delle analisi complete di laboratorio ed alla loro eventuale ripetibilità; se necessario sarà ottenuto con ripetute operazioni di prelievo alla stessa quota, riponendo quanto campionato nei diversi contenitori opportunamente numerati ed etichettati con tutte quelle informazioni necessarie alla univoca individuazione sulla provenienza del campione.

Il passaggio dal campionatore al contenitore sarà fatto immediatamente dopo il recupero e con molta precauzione, fuori dall'azione diretta dei raggi solari o di altri agenti di disturbo, riducendo all'indispensabile il contatto con l'aria e versando l'acqua con molta dolcezza senza spruzzi; nel contenitore una volta chiuso non deve rimanere aria.

I campioni di fluido acquoso prelevati alla varie profondità in ogni singola stazione (piezometro), dovranno essere conservati in contenitori separati destinati gli uni alle analisi chimico-fisiche e gli altri a quelle batteriologiche (ove previste). La profondità di prelievo dei campioni nella singola verticale di misura (piezometro) sarà funzione della situazione idrogeologica locale, ma in linea di massima sarà adottato il seguente schema generale: n° 1 campione a circa metà della perforazione e n° 1 campione a 2-3 metri da fondo foro.

Conservazione e trasporto dei campioni

I contenitori saranno tenuti in ombra e protetti da ogni possibile contaminazione, preferibilmente in frigorifero alla T di 4°C, per essere recapitati al laboratorio entro 12 ore dal prelievo.

Qualora la consegna avvenga a maggior distanza di tempo dal prelievo (comunque entro le 24 ore) i contenitori saranno tassativamente conservati in frigorifero. Deroghe a questa regola potranno essere concesse qualora il tipo di analisi richieste escluda accertamenti microbiologici o di altri componenti la cui concentrazione sia suscettibile di variazioni legate ai tempi di conservazione.

Analisi fisico-chimico-batteriologiche

Per quanto riguarda le analisi da effettuare in laboratorio esse saranno come da tabella sottostante:

a) Caratteri fisici
Misure di livello statico
Misure di temperatura acqua/aria Ta, conducibilità elettrica EC, pH, ossigeno disciolto
Potenziale Redox
b) Caratteri Chimici
Determinazione in laboratorio dei seguenti parametri:
Ossidabilità al permanganato
Durezza totale
Residuo fisso
T.O.C
Calcio
Magnesio
Sodio
Potassio
Cloruri
Solfati
Azoto ammoniacale
nitriti
nitrati
Fosforo totale
Ferro
Rame
Cadmio

Composti organoalogenati totali
Tetracloroetilene
Cromo
Piombo
Manganese
Arsenico
Idrocarburi totali
Idrocarburi policiclici aromatici
Solventi Clorurati
Solventi aromatici
Fenoli
Tensioattivi anionici
Tensioattivi non ionici
Alcalinità
Tricloroetano
Tricloroetilene
c) Caratteri chimico-batteriologici
Streptococchi fecali
Conteggio colonie su agar 36°C
Conteggio colonie su agar 22°C
Coliformi fecali
Coliformi totali

2.2.5.3 Modalità di accettazione e collaudo

Gli ambiti realizzativi oggetto di accettazione e collaudo, con riferimento alle normative citate, riguardano:

- 1) Realizzazione di piezometri;
- 2) Esecuzione di misure piezometriche;
- 3) Campionamenti per analisi chimico-fisico-batteriologiche;

Realizzazione di pozzi e piezometri

Sopralluogo in situ (visita, accettazione e collaudo) e confronto fra documentazione progettuale, specifiche tecniche e resoconti delle lavorazioni (rapporti di cantiere), che consentiranno di verificare

la corretta esecuzione ed utilizzabilità delle opere ai fini del Progetto di Monitoraggio Ambientale, verificando in particolare i seguenti fattori:

- Profondità
- Diametro di perforazione
- Diametro e tipo di tubazione
- Colonna stratigrafica perforazione
- Ubicazione e sviluppo del tratto finestrato
- Modalità di spurgo e sviluppo
- Livello della falda
- Caratteristiche dei pozzetti di chiusura.

A tal fine l'impresa dovrà mettere a disposizione tutta la documentazione necessaria allo svolgimento di quanto sopra specificato.

Esecuzione di misure piezometriche

Verranno confrontate modalità di acquisizione delle misure come descritto dai rapporti di cantiere, rispetto a quello previsto da progetto.

Sarà controllata l'adeguatezza e lo stato della strumentazione utilizzata alla lettura delle altezze piezometriche nei piezometri.

Saranno verificate le modalità di archiviazione delle stesse e la completezza delle informazioni accessorie, in funzione del loro successivo utilizzo ai fini della costruzione di una banca dati.

Campionamento ed analisi chimiche

Si verificheranno le modalità di esecuzione dei campionamenti e delle analisi chimico-fisico-batteriologiche, come descritto dai rapporti di cantiere e di laboratorio, con quanto previsto dalle specifiche tecniche.

2.2.5.4 Modalità di campionamento ed analisi delle acque

Elementi fondamentali per un corretto progetto di monitoraggio ambientale sono la completezza, la continuità e la tempestività con cui tutte le informazioni e i dati verranno raccolti sia nelle stazioni di misura ubicate all'interno delle aree oggetto di indagine, sia nelle immediate vicinanze di esse.

Con questi requisiti il Progetto di Monitoraggio potrà segnalare ogni eventuale rilevante variazione delle caratteristiche idrodinamiche ed idrochimiche delle acque sotterranee nell'intorno dell'area di monitoraggio e delle opere da realizzare.

La raccolta avverrà attraverso attività "una tantum", quali quelle di censimento pozzi e scarichi nelle immediate vicinanze delle aree di monitoraggio, e soprattutto tramite azioni programmate e ripetitive che costituiscono il cuore del progetto di monitoraggio:

- Rilevazione programmata dei livelli piezometrici delle acque sotterranee;
- Prelievo programmato di campioni dai piezometri costruiti ex-novo ed effettuazione di analisi di laboratorio.

Le informazioni ricavate saranno riportate in apposite schede, che sono il frutto di esperienze maturate precedentemente su analoghe problematiche; si avrà comunque cura nella loro revisione critica alla luce di una gestione successiva dei dati, ai fini del rispetto di tutti i criteri di qualità che connotano la gestione dei sistemi ambientali semplici o complessi.

Nella redazione della scheda informativa si terrà conto anche della successiva fruibilità dei dati che saranno raccolti *in situ*, pensando anche ad una loro eventuale elaborazione prima di essere inseriti in una banca dati.

Altri fattori concorrono poi in maniera decisiva alla validazione e alla rappresentazione delle informazioni che saranno raccolte, e sono:

- la distribuzione areale dei punti di misura;
- la durata temporale delle attività di monitoraggio *in situ*, per ciascuna delle aree;
- la scelta temporale dell'esecuzione delle misure;
- le modalità di esecuzione delle misure e dei campionamenti alle stazioni di controllo;
- la precisione e l'accuratezza con cui verranno fatte le misure ed i prelievi.

Per garantire un'esatta confrontabilità delle misure e dei dati, nelle diverse fasi temporali del monitoraggio ambientale, ai fini di una corretta interpretazione, bisognerà cercare di agire con le stesse modalità e condizioni, per ciascuna delle aree indagate e in ciascuna delle fasi temporali.

In particolare i campionamenti programmati dovranno essere eseguiti sempre con le stesse procedure e gli stessi strumenti in tutti i punti di misura, e le scelte temporali d'esecuzione dei campionamenti dovranno tenere conto anche delle condizioni meteorologiche.

Infatti, bisognerà evitare, specie in aree interessate da intensa coltivazione agricola, di effettuare campionamenti in corrispondenza o subito dopo eventi piovosi, al fine di evitare di attribuire cambiamenti (temporanei) qualitativi delle acque sotterranee, alle attività di realizzazione dell'opera.

Per le letture delle altezze piezometriche è prevista, a differenza dei campionamenti che saranno caratterizzati da una maglia ristretta di punti di misura in coincidenza delle aree oggetto di studio, la raccolta del numero, il più elevato possibile, di misure piezometriche attraverso l'utilizzazione per esempio di tutti i piezometri, ancora funzionanti, realizzati nelle precedenti campagne esplorative, e di pozzi esistenti ove disponibile.

Le misure piezometriche saranno espresse in metri e centimetri, sia come distanza dal piano di campagna, sia come valore rapportato all'altezza sul livello del mare; i valori dei parametri fisico-chimico-biologici saranno espressi nelle unità di misura previste dalla normativa di riferimento e riportate nelle schede di restituzione dati (Appendice).

Per quanto concerne la misura delle caratteristiche qualitative delle acque di falda, ai fini del monitoraggio saranno controllati alcuni parametri indici che saranno confrontati con i valori registrati durante la campagna di raccolta dati *ante-operam*, per verificare eventuali rilevanti modificazioni in senso peggiorativo, dovute alle attività di realizzazione dell'infrastruttura.

La sequenza dei parametri analizzati, deriva dall'esame delle normative attualmente vigenti e degli indirizzi che a livello comunitario sono emersi in particolare in materia di utilizzo e salvaguardia delle acque sotterranee.

Metodologie di misura e campionamento

Le misure del livello statico saranno effettuate mediante sonda elettrica il cui cavo sia marcato almeno ogni metro.

La misura andrà effettuata dalla bocca pozzo (bordo del rivestimento) o da altro punto fisso e ben individuabile; sarà quindi misurata l'altezza della bocca pozzo o del punto di riferimento rispetto al suolo. L'indicazione del punto di riferimento dovrà essere riportata sulla scheda di misura.

Il livello statico sarà indicato con l'approssimazione del centimetro.

Si dovrà indicare se al momento della misura il pozzo era in funzione o spento, in altre parole da quanto tempo risultava non in funzione. Si dovrà inoltre annotare se vi siano altri pozzi in funzione nelle immediate vicinanze e la loro distanza.

La misura della temperatura dell'aria e dell'acqua potrà essere effettuata mediante termometro a mercurio o elettronico, ed andrà riportata con l'approssimazione del mezzo grado.

Il pH e la Conducibilità Elettrica saranno determinate con pH-metro e conducimetro elettronici che andranno tarati all'inizio ed alla fine di ogni giornata di lavoro. I risultati della taratura saranno annotati su apposte schede.

Prelievo campioni acque sotterranee per analisi chimico-fisiche e batteriologiche di laboratorio

Campionamento

Il campionamento dai pozzi dovrà essere preceduto dallo spurgo di un congruo volume di acqua, calcolato in relazione alle caratteristiche del pozzo stesso, in modo da scartare l'acqua giacente e prelevare acqua veramente rappresentativa della falda. Con la stessa pompa si provvederà poi a riempire direttamente le bottiglie come di seguito indicate:

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

Qualora il campionamento da pompa non fosse praticabile dovrà essere utilizzato un recipiente unico ben pulito per raccogliere le acque destinate alle analisi chimiche, riempiendo poi con quest'acqua le bottiglie ed evitando di lasciare aria tra il pelo libero e il tappo.

Il campionamento per le analisi batteriologiche, invece, richiede la massima attenzione nell'evitare qualsiasi contatto tra l'acqua e altri corpi estranei diversi dalla bottiglia sterile. La stessa bocca d'acqua va sterilizzata con fiamma a gas del tipo portatile.

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

Analoghe precauzioni, nei limiti delle possibilità, dovranno essere adottate per il campionamento da piezometri.

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

Per la raccolta del campione si utilizzerà la scheda ed il verbale di campionamento riportati in Appendice.

Etichettatura dei contenitori

I contenitori utilizzati dovranno essere contrassegnati da apposite etichette di tipo autoadesivo con sopra riportate le seguenti informazioni:

- Sigla identificativa del pozzo o del piezometro
- Data e ora del campionamento
- Conservazione e spedizione

Per impedire il deterioramento dei campioni, questi andranno stabilizzati termicamente tramite refrigerazione a 4 °C e recapitati al laboratorio di analisi entro le ventiquattro ore dal prelievo prevedendone il trasporto in casse refrigerate.

Metodologie di esecuzione delle analisi

Analisi chimico fisiche

Si riportano di seguito le metodologie d'analisi che dovranno essere utilizzate per le determinazioni di ciascun parametro chimico-fisico. Sono riportati contestualmente i limiti di rivelabilità che è possibile conseguire con l'adozione delle rispettive metodiche.

Tabella 15: Metodologie di analisi di riferimento

Parametro	Metodo	Limite di rilevabilità	Principio del metodo
Conducibilità elettrica specifica	D.M. 13/09/99 IV.1	-	Conduttimetria
Ossidabilità al permanganato	-	0,05 mg/l O ₂	Titrimetria
Durezza totale	IRSAQ100 n°2040	1 mg/l di CaCO ₃	Titolazione complessometrica con acido etilendiamino tetraacetico.
Residuo fisso	Metodo Ali.Ili DPR 236/88	1 mg/l	Evaporazione del campione e pesata previo essiccamento a 180 °C
T.O.C.	ASTM D2579/85 met. B	1 mg/l	Determinazione del carbonio organico totale tramite combustione, riduzione catalitica della CO ₂ formatasi e quantificazione del metano con detector a ionizzazione di fiamma
Arsenico	EPA 6020/94	0,11 mg/L	ICP/MS
Calcio	U.S. EPA Method 300.7	0,2 mg/l	Determinazione per cromatografia ionica

Parametro	Metodo	Limite di rilevabilità	Principio del metodo
Magnesio	U.S. EPA Method 300.7	0,2 mg/l	Determinazione per cromatografia ionica
Sodio	U.S. EPA Method 300.7	0,2 mg/l	Determinazione per cromatografia ionica
Potassio	U.S. EPA Method 300.7	0,2 mg/l	Determinazione per cromatografia ionica
Cloruri	ASTM D4327-88	0,1 mg/l	Determinazione per cromatografia ionica
Solfati	ASTM D4327-88	0,2 mg/l	Determinazione per cromatografia ionica
Azoto ammoniacale	IRSAQ100 n°4010	0,4 mg/l	Determinazione colorimetrica del complesso che si forma per reazione con il reattivo di Nessler
Nitriti	ASTM D4327-88	0,2 mg/l	Determinazione per cromatografia ionica
Nitrati	ASTM D4327-88	0,2 mg/l	Determinazione per cromatografia ionica
Fosforo totale	IRSAQ100 n°4090	0,06 mg/l	Determinazione colorimetrica degli ortofosfati ottenuti dalla trasformazione per mineralizzazione acida di tutti i composti del fosforo.
Ferro	Std.methods n°3113 18 th edition.	4 mg/l	Determinazione con spettrometria di assorbimento atomico con atomizzazione in fornello di grafite
Rame	Std.methods n° 3113 18 th edition.	2µg/l	Determinazione con spettrometria di assorbimento atomico con atomizzazione in fornello di grafite
Cadmio	Std.methods n°3113 18 th edition.	1 mg/l	Determinazione con spettrometria di assorbimento atomico con atomizzazione in fornello di grafite
Cromo	Std.methods n°3113 18 th	10 mg/l	Determinazione con

Parametro	Metodo	Limite di rilevabilità	Principio del metodo
	edition.		spettrometria di assorbimento atomico con atomizzazione in fornello di grafite
Piombo	Std.methods n°3113 18 th edition.	5 mg/l	Determinazione con spettrometria di assorbimento atomico con atomizzazione in fornello di grafite
Manganese	Std.methods n°3113 18 th edition.	2 mg/l	Determinazione con spettrometria di assorbimento atomico con atomizzazione in fornello di grafite
Tensioattivi anionici	IRSAQ100 n°5150	0,025 mg/l	Determinazione colorimetrica del sale di colore blu formato per reazione con blu di metilene ed estratto in cloroformio.
Tensioattivi non ionici	UNICHIM n°980/2 1993	0,03 mg/l	A seguito di una fase di estrazione concentrazione e purificazione, il valore viene determinato per misura spettrofotometrica del complesso che si forma per reazione con il potassio picrato, estratto in 1,2 dicloroetano.
Alcalinità	IRSAQ100 n°2010met. B	0,02 meq/l	Titolazione con indicatore
Solventi organoalogenati totali	EPA 8260B/94	0,08 mg/L	GC/MS
Tetracloroetilene	EPA 8260B/94	0,08 mg/L	GC/MS
Tricloroetano	EPA 8260B/94	0,08 mg/L	GC/MS
Tricloroetilene	EPA 8260B/94	0,08 mg/L	GC/MS
Cloroformio	EPA 8260B/94	0,08 mg/L	GC/MS
Coliformi totali	Metodo MF Ali.Ili DPR 236/88	0 col/100cc	Colture di colonie batteriche su terreni specifici e conta diretta
Coliformi fecali	Metodo MFAII.III DPR	0 col/100cc	Colture di colonie

Parametro	Metodo	Limite di rilevabilità	Principio del metodo
	236/88		batteriche su terreni specifici e conta diretta
Streptococchi fecali	Metodo MFAII.III DPR 236/88	0 col/100cc	Colture di colonie batteriche su terreni specifici e conta diretta
Conteggio delle colonie su agar a 36°C	Metodo AII.III DPR 236/88	0 col/100cc	Colture di colonie batteriche su agar e conta diretta
Conteggio delle colonie su agar a 22°C	Metodo AII.III DPR 236/88	0 col/100cc	Colture di colonie batteriche su agar e conta diretta

2.3 ATMOSFERA

2.3.1 PREMESSA E SCOPO DEL LAVORO

Il Progetto di Monitoraggio Ambientale per la componente "Atmosfera" interessa le seguenti fasi di vita del progetto:

- *ante operam*, per la determinazione dello "stato di zero" prima dell'avvio dei lavori di costruzione dell'infrastruttura,
- in corso d'opera, per il controllo delle alterazioni nella componente prodotte durante le attività di esercizio dei cantieri,
- *post operam*, per il controllo in condizioni di esercizio dell'opera finita.

Le finalità degli accertamenti previsti per questi ambiti d'indagine sono rivolte essenzialmente alla determinazione delle concentrazioni dei principali inquinanti dovuti alle emissioni e alle polveri sospese generate dalla movimentazione dei mezzi di cantiere; contestualmente saranno acquisiti i principali parametri meteorologici. Le misure sono orientate ai ricettori residenziali presenti nel territorio circostante la realizzazione dell'opera.

In particolare i rilievi riguarderanno le concentrazioni degli inquinanti atmosferici rilevanti i cui valori limite sono definiti nel D.M. n. 60 del 02/04/2002, nel D.M. 25/11/1994, nel D.Lgs. n. 183 del 21/05/2004 e nel D.M. 16/05/1996, che costituiscono il riferimento normativo per caratterizzare lo stato della qualità dell'aria.

Le risultanze del monitoraggio permetteranno di verificare

- l'incremento del livello di concentrazioni di polveri indotto in fase di realizzazione dell'opera,
- l'eventuale incremento dei restanti inquinanti in funzione sia delle lavorazioni effettuate nei cantieri che delle eventuali modificazioni al regime del traffico indotto dalla cantierizzazione e l'incremento delle concentrazioni degli inquinanti emessi dall'infrastruttura durante l'esercizio.

Le informazioni desunte saranno quindi utilizzate per fornire prescrizioni ai cantieri per il prosieguo delle attività, limitando la produzione di polveri che saranno determinate in corso d'opera e per implementare le informazioni rispetto allo stato della qualità dell'aria in presenza dell'aggravamento del traffico veicolare indotto dalla movimentazione da e per le aree di cantiere, oltre che per monitorare l'evoluzione delle concentrazioni degli inquinanti dopo l'avvio dell'esercizio dell'opera.

Le attività di monitoraggio, in riferimento alla componente in esame, saranno attuate tramite postazioni mobili per campagne di misura periodiche o postazioni fisse di rilevamento automatiche.

In un apposita carta tematica, relativamente alla componente atmosfera, si riportano i punti di monitoraggio per le fasi *ante operam*, in corso d'opera e *post operam*.

2.3.2 RIFERIMENTI NORMATIVI E SCIENTIFICI

La definizione di obiettivi e standard di qualità dell'aria, ai fini della protezione della salute umana e dell'ambiente nel suo complesso, nonché la valutazione per il monitoraggio del rispetto degli standard ed il raggiungimento degli obiettivi preposti sono indicati nel:

- D.Lgs. n° 155 del 13/8/2010 e ss. mm. ii. (D.Lgs. n° 250/2012) in cui trovano attuazione la Direttiva 2008/50/Ce del Parlamento europeo e del Consiglio del 21/5/2008, relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa, e le nuove disposizioni di attuazione nazionale della Direttiva 2004/107/Ce del Parlamento europeo e del Consiglio del 15/12/2004, concernente

l'arsenico, il cadmio, il mercurio, il nickel e gli idrocarburi policiclici aromatici nell'aria ambiente.
Nello specifico:

- regolamenta la gestione della qualità dell'aria, per il biossido di zolfo, biossido di azoto, ossidi di azoto, PM10, PM2.5, piombo, benzene, monossido di carbonio, ozono, oltre che i suddetti inquinanti della Direttiva 2004/107/Ce, andando per questi a definire i valori limite, valori obiettivo, obiettivi a lungo termine, soglie di informazione e di allarme, livelli critici, obbligo di concentrazione e obiettivo di riduzione delle esposizioni;
 - indica quali strumenti attraverso cui deve essere effettuata la valutazione della qualità dell'aria, la zonizzazione e la classificazione del territorio in zone e agglomerati, la rilevazione ed il monitoraggio dei livelli di inquinamento atmosferico, effettuati mediante reti di monitoraggio e l'impiego di tecniche modellistiche, l'inventario delle emissioni e gli scenari emissivi;
 - indica in caso di superamento dei valori limite, dei livelli critici, dei valori obiettivo, delle soglie di informazione e allarme, le competenze (Regioni, Province autonome, Stato) e le modalità affinché siano intraprese misure, che non comportino costi sproporzionati, necessarie per agire sulle principali sorgenti di emissione per raggiungere gli standard e gli obiettivi (Piani) nonché provvedimenti per informare il pubblico in modo adeguato e tempestivo;
 - disciplina l'attività di comunicazione di informazioni relative alla qualità dell'aria.
- D.M. Ambiente 29 novembre 2012 individua sul territorio nazionale stazioni speciali di misurazione della qualità dell'aria (di fondo e non) per inquinanti quali PM2.5, PM10, idrocarburi policiclici aromatici, metalli pesanti, ozono e suoi precursori, previste dal D.Lgs. 155/2010.
 - DPCM del 28/3/1983 "Limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni e di esposizione relativa agli inquinanti dell'aria nell'ambiente esterno". Il decreto è abrogato e sostituito con il D.Lgs. 155/2010, resta il riferimento dei limiti normativi per PTS in quanto il PTS non è più compreso fra quelli normati.
 - Piano di risanamento della qualità dell'aria approvato con deliberazione del consiglio regionale 10 dicembre 2009, n.66.

2.3.3 DOCUMENTAZIONE DI BASE PER LA REDAZIONE DEL PMA

La documentazione di base per la redazione del PMA è costituita essenzialmente da:

- Studio di Impatto Ambientale (1997 e aggiornamento del 2000);
- Elaborati del progetto definitivo;
- Piano di cantierizzazione.

Gli elaborati di progetto ed il Piano di cantierizzazione consentono di analizzare l'ubicazione del tracciato di progetto rispetto ai ricettori, le lavorazioni previste nelle aree di cantiere, la tempistica della fase di realizzazione dell'opera e quindi di monitorare l'impatto prodotto dai cantieri e dal transito dei mezzi di cantiere lungo la viabilità esistente.

Durante le fasi di costruzione dell'opera sono da attendersi impatti nella componente atmosfera dovuti alle fasi di lavorazione, al trasporto e al convoglio in discarica dei materiali.

Di conseguenza, il Monitoraggio Ambientale consentirà di valutare sia l'impatto delle polveri determinate dalle lavorazioni di cantiere, sia l'impatto derivante dall'immissione di gas inquinanti

prodotti dai mezzi di trasporto all'interno delle aree di lavorazione e lungo la viabilità da e verso i cantieri.

Le aree di cantierizzazione, situate lungo il tracciato stradale, sono state suddivise in base alle attività, nelle seguenti tipologie:

- Aree di cantiere fisso: si distinguono nel cantiere base (deputato a sovrintendere la globalità dello sviluppo delle opere di tutto il tracciato) e nei cantieri operativi ubicati lungo lo sviluppo del tracciato (ciascuno finalizzato alla realizzazione di un particolare gruppo di opere di competenza);
- Aree tecniche: allestite per la realizzazione delle gallerie naturali e artificiali e dei viadotti; esse resteranno in funzione fino al completamento di tali opere;
- Aree di lavorazione: consistono nelle aree direttamente interessate dai lavori e si distinguono in aree allo scoperto (per la realizzazione dei rilevati, delle gallerie artificiali e dei viadotti) ed in aree in galleria (per la realizzazione delle gallerie naturali).

Per la realizzazione delle opere verranno allestiti un Cantiere Base, due Cantieri Operativi e quindici Aree Tecniche di lavoro e deposito.

Il piano di monitoraggio della qualità dell'aria prevede sia temporalmente che spazialmente opportune indicazioni in base alla disposizione dei ricettori ritenuti maggiormente sensibili rispetto al tracciato.

Per reperire informazioni inerenti i ricettori interessati da alterazioni della qualità dell'aria dovute alla costruzione ed all'esercizio dell'opera e per identificare le abitazioni più rappresentative, è stato utilizzato il censimento dei ricettori acustici.

Poiché per il tracciato in esame non si dispone di altro tipo di studi specifici di settore e di risultati di campagne di monitoraggio precedenti, è ipotizzabile che i punti più critici, per i quali le concentrazioni degli inquinanti possano risultare al di sopra dei limiti normativi, siano i ricettori residenziali isolati, i centri abitati prossimi alle aree di cantiere e le aree ritenute critiche per la fauna e la vegetazione presenti nel territorio circostante la realizzazione dell'opera.

Sempre nell'ambito dello svolgimento delle attività di censimento sono stati individuati gli agglomerati urbani maggiormente critici. In particolare, l'agglomerato urbano di Monteromano non subisce impatto atmosferico in quanto il tracciato, in questo tratto, risulta essere in galleria; mentre sarà necessario monitorare i ricettori residenziali nel comune di Vetralla, situati lungo il km 22 della SS 1 bis.

La morfologia del territorio interessata dalle indagini è prevalentemente collinare, la dispersione degli inquinanti avviene in condizioni di campo libero.

2.3.3.1 Sintesi degli studi ambientali precedenti

Alla base del PMA sono gli studi ambientali del S.I.A.. Lo Studio di Impatto Ambientale non contiene, per l'attuale tracciato di progetto, un'analisi dello stato attuale della componente atmosferica supportata da indagini di campo, si rende quindi necessaria la fase di monitoraggio *ante operam* nei mesi immediatamente precedenti all'apertura dei cantieri, allo scopo di caratterizzare la componente prima dell'inizio dei lavori.

Lo Studio di Impatto Ambientale fornisce uno studio climatologico locale, applicabile su larga scala al caso oggetto di studio.

Lo studio del sistema climatico è basato sulla raccolta e l'interpretazione dei dati meteorologici della zona. I parametri scelti per lo studio sono stati: regime dei venti (velocità e direzione), classi di stabilità atmosferica, temperatura dell'aria, umidità relativa ed inversioni termiche.

Le stazioni di riferimento sono le stazioni meteorologiche n°216 e n°1109 di Viterbo.

Velocità e direzione dei venti

Gli indici di ventosità, espressi dalla frequenza delle calme di vento, delle classi di velocità e dei settori di provenienza su base annuale e stagionale, consentono di caratterizzare i fenomeni di trasporto degli inquinanti e, congiuntamente all'indice di stabilità atmosferica, il potenziale di rigenerazione della qualità dell'aria.

L'analisi dei dati di fonte A.M. / ENEL hanno evidenziato le seguenti caratteristiche del campo anemologico:

- 1) la distribuzione delle frequenze annuali delle classi di velocità del vento indica una attività anemologica significativa: solo il 20,6 % delle osservazioni sono associate alle calme di vento ($v < 0,5$ m/s) mentre la maggior parte degli eventi (77 %) si verifica in corrispondenza delle classi comprese tra 0,5 m/s e 12 m/s. Va segnalato che il 45,7 % delle osservazioni rientra nelle classi 2÷4 m/s e 4÷6 m/s. I venti con velocità maggiore a 12 m/s si verificano con frequenza pari al 2,3 %;
- 2) per le classi di velocità del vento, in termini stagionali si osserva che la massima frequenza si verifica sempre in corrispondenza delle classi 2÷4 m/s e 4÷6 m/s, con predominanza della prima in inverno e primavera (frequenze rispettivamente pari al 23,9 % e 23,4 %) e della seconda in estate e autunno (frequenze rispettivamente pari al 24,9 % e 22,2 %). La frequenza stagionale delle calme di vento è stabile, variando da un massimo di eventi pari al 22% in primavera ad un minimo del 17,5% in inverno;
- 3) la distribuzione delle frequenze annuali di provenienza dei venti evidenzia un campo anemologico fortemente concentrato nei settori $22.5^{\circ}\div 45.0^{\circ}$ e $45.0^{\circ}\div 67.5^{\circ}$ (nord-nord/est), con una frequenza complessiva del 33.7 %;
- 4) l'analisi delle frequenze stagionali di provenienza dei venti evidenzia un fenomeno analogo a quello medio annuale, con una netta prevalenza delle direzioni corrispondenti ai settori $22,5^{\circ}\div 45,0^{\circ}$ e $45,0^{\circ}\div 67,5^{\circ}$ (nord-nord/est), con una frequenza complessiva variabile da un minimo del 26,2 % in estate ad un massimo del 42,2 % in inverno.

Classi di stabilità atmosferica

La stabilità atmosferica è un indicatore della turbolenza dei bassi strati dell'atmosfera, cioè delle attitudini a disperdere gli inquinanti aeriformi.

La stabilità atmosferica è descritta dall'*indice di stabilità atmosferica*, in base alla classificazione di Pasquill, che definisce 8 classi di stabilità in funzione del potenziale rigenerativo dei bassi strati dell'atmosfera tenendo conto di temperatura, irraggiamento superficiale, velocità del vento e copertura del cielo:

- A atmosfera estremamente instabile;
- B atmosfera moderatamente instabile;
- C atmosfera leggermente instabile;
- D atmosfera neutra;

- E atmosfera leggermente stabile;
- F+G+nebbie atmosfera moderatamente/estremamente stabile

In condizioni di instabilità atmosferica la turbolenza termica è notevole ed il pennacchio è soggetto ad una rapida diffusione (con vento debole si ha un rapido innalzamento del pennacchio).

Nel caso di atmosfera estremamente instabile i vortici di turbolenza hanno dimensioni maggiori della sezione del pennacchio: durante l'estate, in presenza di calme di vento, possono raggiungersi localmente alte concentrazioni inquinanti ("looping").

In condizioni di neutralità si ha una bassa turbolenza termica con moderata spinta di galleggiamento: il pennacchio sale con legge logaritmica e si diffonde con profilo conico ("coning").

In condizioni di stabilità atmosferica la turbolenza termica è minima ed i fenomeni di trasporto prevalgono su quelli diffusivi. Il pennacchio ha un andamento tipicamente orizzontale. L'abbattimento al suolo degli inquinanti avviene a grandi distanze dalla sorgente e in condizioni di concentrazioni molto basse "fanning".

L'analisi dei dati di fonte Aeronautica Militare/ENEL ha evidenziato le seguenti caratteristiche:

- 1) le classi di stabilità atmosferica che si presentano con i massimi valori di frequenza annuale sono la D (atmosfera neutra) e la F+G+nebbie (atmosfera moderatamente/estremamente stabile), rispettivamente con il 42,7 % ed il 24,4 % di osservazioni. Le classi instabili (A, B, C) rappresentano complessivamente il 21,2 % delle osservazioni mentre alle classi di stabilità (E, F+G+nebbie) è associata una frequenza del 36,1 %. Prevalgono pertanto le condizioni di stabilità atmosferica.
- 2) la ripartizione degli eventi su base stagionale evidenzia una distribuzione delle frequenze sostanzialmente in linea con quella annuale, con una prevalenza delle condizioni di neutralità (nettamente prevalenti) e stabilità. L'unico discostamento che si registra è quello relativo al periodo estivo dove la prevalenza delle condizioni di neutralità non è più marcata come negli altri periodi dell'anno ed inoltre non è più possibile distinguere una prevalenza tra le condizioni di stabilità ed instabilità.

Temperatura

Le variazioni del livello termico dell'aria che si verificano nel corso della giornata e delle stagioni, inducono una serie di fenomeni convettivi locali che contribuiscono a definire il grado di stabilità atmosferica e quindi la potenziale dispersione degli inquinanti.

Nella stagione invernale si registrano valori compresi tra 6,5 °C e 7,5 °C mentre nella stagione estiva tali valori variano tra 18 °C e 21,8 °C.

Umidità relativa

L'umidità relativa integra le informazioni sullo stato termodinamico dei bassi strati atmosferici, in corrispondenza di quei fenomeni di turbolenza verticale noti come ascensioni o termiche.

Nei periodi autunnale, invernale e primaverile le osservazioni più frequenti sono quelle incluse nell'intervallo 81÷90% mentre nel periodo estivo prevalgono l'intervallo 0÷40%.

2.3.4 FINALITÀ DEL MONITORAGGIO E PARAMETRI OGGETTO DI RILEVAMENTO

Il monitoraggio sarà svolto nelle fasi:

- *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;
- *post-operam* allo scopo di controllare lo stato della componente durante l'esercizio del tracciato stradale.

Il monitoraggio ha essenzialmente lo scopo di valutare i livelli di concentrazione degli inquinanti previsti nella normativa nazionale, al fine di individuare l'esistenza di eventuali stati di attenzione ed indirizzare gli interventi di mitigazione necessari a riportare i valori entro opportune soglie definite dallo strumento legislativo; i valori limite fanno riferimento al DM 60/2002 e successive modifiche ed integrazioni.

I valori limite di riferimento proposti, rispetto ai quali raffrontare i dati orari e le medie giornaliere dei parametri misurati, sono riportati di seguito.

Tabella 16: Valori limite di riferimento della concentrazione di inquinanti

Limiti di legge relativi alle concentrazioni in aria ambiente del particolato atmosferico (SO₂)			
Riferimento normativo	Denominazione	Periodo di mediazione	Valore di Riferimento/Limite
D.Lgs. 155/2010	Valore limite orario per la protezione della salute umana	media oraria, da non superare più di 24 volte per anno civile	350 µg/m ³
	Valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana	media di 24 ore da non superare più di 3 volte per anno civile	125 µg/m ³
	Valore limite per la protezione degli ecosistemi	media sull'anno civile e sul periodo invernale (1 ottobre – 31 marzo)	20 µg/m ³
Limiti di legge relativi alle concentrazioni in aria ambiente del particolato atmosferico (PM10)			
Riferimento normativo	Denominazione	Periodo di mediazione	Valore di Riferimento/Limite
D.Lgs. 155/2010	Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	media giornaliera, da non superare più di 35 volte per anno civile	50 µg/m ³
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	media annua	40 µg/m ³

Limiti di legge relativi alle concentrazioni in aria ambiente del particolato atmosferico (PM2.5)				
Riferimento normativo	Denominazione	Periodo di mediazione	Valore di Riferimento/Limite	
D.Lgs. 155/2010	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Media annua	25 µg/m ³ a partire dal 1° gennaio 2015	
		FASE I – Valore limite aumentato dei margini di tolleranza annuali		
		Media annua	2011	28 µg/m ³
			2012	27 µg/m ³
			2013	26 µg/m ³
			2014	26 µg/m ³
FASE II				
Media annua	20 µg/m ³ a partire dal 1° gennaio 2020			
Limiti di legge relativi alle concentrazioni in aria ambiente del particolato atmosferico (NO₂)				
Riferimento normativo	Denominazione	Periodo di mediazione	Valore di Riferimento/Limite	
D.Lgs. 155/2010	Valore limite orario per la protezione della salute umana	media oraria, da non superare più di 18 volte per anno civile	200 µg/m ³	
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	media annua	40 µg/m ³	
	Valore limite annuale per la protezione della vegetazione	media annua - parametro di riferimento NOx	30 µg/m ³	
Limiti di legge relativi alle concentrazioni in aria ambiente del particolato atmosferico (CO)				
Riferimento normativo	Denominazione	Periodo di mediazione	Valore di Riferimento/Limite	
D.Lgs. 155/2010	Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	media massima giornaliera su otto ore	10 mg/m ³	
Limiti di legge relativi alle concentrazioni in aria ambiente del particolato atmosferico (C₆H₆)				
Riferimento normativo	Denominazione	Periodo di mediazione	Valore di Riferimento/Limite	

D.Lgs. 155/2010	Valore limite per la protezione della salute umana	media annua	5 µg/m ³
Polveri Totali Sospese PTS (**) (rif. DM 25-11-94)			
Livello di attenzione		Livello di allarme	
150 µg/m ³		300 µg/m ³	
IPA (rif. DM 25-11-94)			
Obiettivo di qualità			
1 ng/m ³			

(**) Per quanto riguarda le **Polveri Totali Sospese (PTS)**, tale inquinante non presenta più alcun valore limite di riferimento orario né giornaliero; per poter comunque raffrontare tale inquinante rispetto ad un valore indicativo di legge, si ritiene consigliabile, in fase di prima valutazione, mantenere il riferimento rispetto al livello di attenzione di cui al DM 25-11-94 (abrogato dal DM 60/2002).

2.3.5 SPECIFICHE TECNICHE

2.3.5.1 Svolgimento del monitoraggio tipo

Le campagne di monitoraggio previste nell'ambito del presente progetto consentiranno di fornire un quadro di riferimento ambientale *ante operam*, in corso d'opera e *post operam* su un numero opportuno di punti ricettori, selezionati in base alle condizioni di esposizione ed alla loro rappresentatività nei confronti delle situazioni che caratterizzano ciascuna delle aree di cantiere individuate.

I punti in cui saranno effettuate le misure in corso d'opera saranno i medesimi nei quali si sono effettuate quelle *ante operam* al fine di poter ottenere un confronto significativo.

In ogni area d'indagine è applicata una procedura di rilevamento unificata al fine di garantire un omogeneo svolgimento delle indagini e la reperibilità dei punti di misura a distanza di tempo.

La metodica di monitoraggio si compone delle seguenti fasi.

- 1) Sopralluogo nell'area di cantiere. Nel corso del sopralluogo vengono stabilite le posizioni dei punti di misura destinati al monitoraggio. Le posizioni dei punti di misura dovranno essere georeferenziate rispetto a punti fissi di facile riconoscimento (spigoli di edifici, pali, alberi, ecc.) e fotografate, facendo particolare attenzione alla accessibilità dei siti anche in fase di costruzione. Nella fase di corso d'opera saranno individuate inoltre le fasi e sottofasi operative delle attività che saranno svolte, al fine di riconoscere la localizzazione dei carichi emissivi.
- 2) Svolgimento della campagna di misure in accordo alle prescrizioni riportate nella presente relazione.
- 3) Compilazione delle schede di rilevamento.

2.3.5.2 Definizione delle procedure di misurazione

La strumentazione utilizzata si compone di laboratori mobili o fissi dotati di adeguato sistema di condizionamento per garantire una continua ed ottimale distribuzione della temperatura al suo interno; questo permette agli analizzatori di lavorare sempre in condizioni controllate e standard. Le rilevazioni saranno comunque condotte in accordo con le metodologie stabilite nell'allegato. 6 del D.Lgs. 155/2010.

Le stazioni di rilevamento sono organizzate in tre blocchi principali:

- analizzatori/campionatori automatici per la valutazione degli inquinanti aerodispersi;
- centralina per la valutazione dei parametri meteorologici;
- unità di acquisizione ed elaborazione dati.

Monossido di carbonio – CO

Il metodo di riferimento per la misurazione del monossido di carbonio è descritto nella norma UNI EN 14626:2005 “Qualità dell’aria ambiente. Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di monossido di carbonio mediante spettroscopia a raggi infrarossi non dispersiva”.

Polveri fini-PM2.5

Il metodo di riferimento per il campionamento e la misurazione è descritto nella norma UNI EN 14907:2005 “Qualità dell’aria ambiente. Metodo normalizzato di misurazione gravimetrico per la determinazione della frazione massima PM2,5 del particolato in sospensione”.

Polveri fini-PM10

Il metodo di riferimento per il campionamento e la misurazione è descritto nella norma UNI EN 12341:1999 “Qualità dell’aria. Determinazione del particolato in sospensione PM10. Metodo di riferimento e procedimento per prove in campo atte a dimostrare l’equivalenza dei metodi di misurazione rispetto ai metodi di riferimento”.

Ossidi di azoto

Il metodo di riferimento per la misurazione è descritto nella norma 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”.

Ozono

Il metodo di riferimento per la misurazione è descritto nella norma UNI EN 14625:2005 “Qualità dell’aria ambiente. Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di ozono mediante fotometria ultravioletta”.

Benzene

Il metodo di riferimento per il campionamento e la misurazione è descritto nella norma UNI EN 14662:2005, parti 1, 2 e 3, “Qualità dell’aria ambiente. Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di benzene”.

Biossido di zolfo

Il metodo di riferimento per la misurazione del biossido di zolfo è descritto nella norma UNI EN 14212:2005 “Qualità dell’aria ambiente. Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di diossido di zolfo mediante fluorescenza ultravioletta”.

Benzo(a)pirene

Il metodo di riferimento per il campionamento e la misurazione del benzo(a)pirene è descritto nella norma UNI EN 15549:2008 “Qualità dell’aria. Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di benzo(a)pirene in aria ambiente”.

Pb, Ni, Cd, As

Il metodo di riferimento per il campionamento e la misurazione di Ni, Cd e As è descritto nella norma UNI EN 14902:2005 “Qualità dell’aria ambiente. Metodo normalizzato per la misurazione di Pb, Cd, As e Ni nella frazione di PM10 del particolato in sospensione”.

Stazione meteorologica

La stazione per l’acquisizione dei dati meteorologici è un sistema costituito da una serie di sensori installati alla sommità di un palo telescopico. Il complesso dei sensori dedicati ai diversi parametri e del sistema di acquisizione in automatico e memorizzazione dei dati viene comunemente indicato come “stazione meteorologica”.

La centralina di monitoraggio è rilocabile in funzione delle esigenze del monitoraggio.

2.3.5.3 Documentazione di settore

Per ogni punto d’indagine nella fase *ante operam*, al termine del monitoraggio presso ciascun punto di misura saranno rese disponibili le seguenti informazioni:

- schede delle campagne di misura (schede di restituzione dati) riportanti l’ubicazione e la descrizione del sito, il giorno e l’ora di inizio prelievi, il giorno e l’ora di fine dei rilievi, le concentrazioni orarie degli inquinanti e dei parametri meteo, le varie medie previste (giornaliere, ottorarie, triorarie) i massimi ed i minimi rilevati;
- base cartografica in scala idonea con la localizzazione del punto di misura;
- documentazione fotografica del punto di misura.

Al termine della fase *ante operam* verrà fornita una relazione conclusiva, con alcune statistiche di base afferenti all’intero periodo di monitoraggio.

Nella fase corso d'opera, per quello che riguarda i monitoraggi delle aree di cantiere, oltre alle informazioni precedentemente descritte, sarà predisposta anche una scheda standard di sintesi dei risultati del monitoraggio in cui saranno contenute le informazioni sull'area di cantiere riguardanti le attività, i profili temporali delle stesse, macchinari ed automezzi utilizzati, le caratteristiche ambientali e territoriali d'interesse generale ed i risultati delle campagne di monitoraggio.

Per quanto concerne la fase *post operam* sarà prodotta un'ideale documentazione contenente la descrizione del sito di campionamento ed i risultati del monitoraggio sia per gli aspetti meteorologici che per i risultati del rilevamento degli inquinanti previsti dalla normativa; questi ultimi saranno rappresentati con grafici e tabelle, in grado di descrivere, in maniera corretta la qualità dell'aria, espressa come indice sintetico di qualità dell'aria (EPA 1994).

2.3.6 CRITERI DI SCELTA DEI PUNTI DI MONITORAGGIO

I punti ricettori sono stati localizzati in modo da monitorare le principali cause di inquinamento, riassumibili nelle seguenti:

- lavorazioni in prossimità dei cantieri;
- traffico dei mezzi di cantiere;
- lavorazioni effettuate sul fronte avanzamento lavori;
- traffico veicolare dell'opera di esercizio.

Su apposita scheda di rilevamento verrà riportato il punto di misura (geo-referenziazione), sarà indicata l'ora ed il giorno di inizio e fine rilevamenti, saranno fornite le concentrazioni orarie degli inquinanti, le medie, suddivise nelle varie opzioni previste dalla legislazione, i minimi ed i massimi di concentrazione degli inquinanti rilevate in ogni singolo giorno di monitoraggio, i valori orari dei parametri meteorologici.

2.3.6.1 Criteri di criticità ambientale

L'individuazione delle aree d'indagine è stata effettuata sulla base dei risultati degli elaborati del Progetto definitivo e del Piano di cantierizzazione, attraverso la caratterizzazione degli ambiti territoriali prossimi ai cantieri ed al tracciato stradale.

Si sono considerati i ricettori residenziali, ritenuti i più sensibili agli effetti dell'inquinamento atmosferico, che si collocano ad una distanza inferiore ai 500 m dal perimetro del cantiere e dal tracciato stradale. Tale scelta è stata fatta in quanto, da quanto si evince dalla bibliografia e da esperienze di monitoraggio fatte in casi analoghi, si ritiene che gli effetti dell'inquinamento generato dalle lavorazioni e dal traffico veicolare non si estendano oltre tale distanza.

Nella scelta delle aree oggetto dell'indagine si è fatto riferimento ai diversi livelli di criticità dei singoli parametri che influenzano la diffusione degli inquinanti e la deposizione delle polveri, con particolare riferimento a:

- numero di edifici ricettori e distanza dall'infrastruttura stradale, tipologia e localizzazione dei ricettori;
- morfologia del territorio interessato.

Gli impatti sull'atmosfera connessi alla presenza dei cantieri sono collegati in generale alle lavorazioni relative alle attività di scavo, alla produzione di calcestruzzo, alla movimentazione ed al transito dei mezzi pesanti e di servizio, che in determinate circostanze possono causare il sollevamento di polvere (originata dalle suddette attività) oltre a determinare l'emissione di gas di scarico nell'aria.

Per quanto riguarda la fase di cantiere le azioni di lavorazione maggiormente responsabili delle emissioni sono:

- operazioni di scotico delle aree di cantiere;
- formazione dei piazzali e della viabilità di servizio ai cantieri;
- movimentazione dei materiali sulla viabilità ordinaria e di cantiere;
- attività dei mezzi d'opera nelle aree di stoccaggio.

Dalla realizzazione e esercizio delle piste e della viabilità di cantiere derivano altre tipologie di interazione tra l'opera e l'ambiente:

- dispersione e deposizione al suolo di polveri in fase di costruzione;
- dispersione e deposizione al suolo di frazioni del carico di materiali incoerenti trasportati dai mezzi pesanti;
- risollevarimento delle polveri depositate sulle sedi stradali o ai margini delle medesime.

Le maggiori problematiche sono generalmente determinate dal risollevarimento di polveri dalle pavimentazioni stradali al transito dei mezzi pesanti, dal risollevarimento di polveri dalle superfici sterrate dei piazzali ad opera del vento e da importanti emissioni localizzate nelle aree di deposito degli inerti.

E' prevista l'esecuzione delle tipologie di misura:

Tabella 17: Tipologia di analisi previste per la componente atmosfera

Tipologia Misura	Inquinanti Monitorati
LC Ricettori prossimi alle aree di cantiere/aree tecniche	Polveri Totali Sospese; Polveri PM10; Polveri PM2,5; IPA.
LF Ricettori prossimi alle aree di lavorazione	Polveri Totali Sospese; Polveri PM10; Polveri PM2,5; IPA.
LM Ricettori prossimi alla viabilità interessata dai mezzi di cantiere	Polveri totali Sospese; Polveri PM10; Polveri PM2,5; IPA; Monossido di carbonio; Ossidi di azoto; Biossido di zolfo; Ozono; Metalli pesanti e Benzene.
TV Ricettori o centri abitati prossimi alla strada in esercizio	Polveri totali Sospese; Polveri PM10; Polveri PM2,5; IPA; Monossido di carbonio; Ossidi di azoto; Biossido di zolfo; Ozono; Metalli pesanti e Benzene.

2.3.6.2 Localizzazione dei punti di monitoraggio

La localizzazione dei punti d'indagine è stata effettuata in conformità ai criteri descritti nei paragrafi precedenti.

A partire dai valori medi annui desunti dal SIA, della direzione prevalente e della velocità media del vento, si sono individuate le aree sottovento per le quali l'influenza del vento è maggiore ai fini del trasporto degli inquinanti provenienti dal traffico veicolare della strada in esercizio. In base a tale studio climatologico è emerso che la direzione prevalente del vento è N-NE e che la maggiore criticità si rileva per i ricettori a sud del tracciato.

Nelle tabelle sottostanti sono descritti i ricettori e indicate per ogni ricettore le tipologie di misure.

Tabella 18: Dettaglio punti di misura

Nome punto	Codice ricettore	Localizzazione	Distanza dal tracciato (m)
ATMO_04	14	Prog km 14+100 – viabilità esistente	100
ATMO_05	27	Prog km 19+300 – Campo base C17	30
ATMO_06	40	Prog km 20+300 – viabilità esistente	100

Tabella 19: Frequenza analisi per tipologia di analisi

Codice Punto Monitoraggio	Misure TV		Misure LF		Misure LC		Misure LM	
	Ricettori o centri abitati prossimi alla strada in esercizio		Ricettori prossimi alle aree di lavorazione		Ricettori prossimi alle aree di cantiere/aree tecniche		Ricettori prossimi alla viabilità interessata dai mezzi di cantiere	
	A.O.	P.O.	A.O.	C.O.	A.O.	C.O.	A.O.	C.O.
ATMO_04	-	-	-	-	X	X	X	X
ATMO_05	X	X	-	-	X	X	X	X
ATMO_06	-	-	X	X	-	-	X	X

2.3.7 ARTICOLAZIONE TEMPORALE DEGLI ACCERTAMENTI

Le misure saranno condotte, per ogni punto, con le cadenze esposte di seguito:

- fase *ante operam*: con cadenza trimestrale nei sei mesi precedenti l'inizio lavori (una per stagione);
- in corso d'opera: due volte l'anno per tutta la durata dei lavori, con le misure svolte preferibilmente nei medesimi periodi stagionali in cui sono state svolte le rilevazioni *ante-operam*.
- *post operam*: con cadenza trimestrale nei sei mesi successivi all'entrata in esercizio dell'infrastruttura.

Le campagne di misura in ciascun punto di monitoraggio avranno durata bisettimanale; la tabella che segue riporta la frequenza dell'attività di monitoraggio per ogni fase. Il numero di giorni di monitoraggio per la fase CO (corso d'opera) dipende, com'è ovvio, dalla durata della realizzazione dell'infrastruttura.

Tabella 20: Sintesi monitoraggio atmosfera

Fase	N. punti	Frequenza	Totale misure
A.O.	3	2 volte	6
C.O.	3	semestrale	12
P.O.	1	2 volte	2

L'effettivo calendario delle misure, tenendo conto dei tipi di misura LC, LF, LM e TV sarà individuato sulla base delle localizzazioni indicate nel presente studio secondo modalità e sequenze da definire in corso d'opera.

Al termine di tale periodo saranno esaminate le posizioni più significative e, se necessario, potrà essere prolungato il periodo di monitoraggio.

Nel caso in cui sia rilevabile una significativa variabilità nel carico emissivo, il monitoraggio deve essere svolto in corrispondenza del periodo caratterizzato dai valori massimi di emissione.

Dovranno essere evitati i periodi contraddistinti da un regime anemologico anomalo, ad esempio in presenza di velocità del vento molto superiori o molto inferiori al valore medio stagionale.

Si avrà cura di includere nelle misure un numero significativo di misure in condizioni di calma di vento che, se pure non molto frequenti nel comprensorio in esame (meno del 20 % del totale), possono dar luogo alle maggiori concentrazioni nelle immediate vicinanze dell'asse stradale.

2.4 RUMORE

2.4.1 PREMESSA E SCOPO DEL LAVORO

Il Progetto di Monitoraggio ha lo scopo di esaminare le eventuali variazioni che intervengono nell'ambiente a seguito della costruzione dell'opera e di valutare se tali variazioni sono imputabili alla costruzione dell'opera o al suo futuro esercizio, al fine di ricercare le azioni correttive che possono ricondurre gli effetti rilevati a dimensioni accettabili.

Il monitoraggio dello stato ambientale, eseguito prima, durante e dopo la realizzazione dell'opera consentirà di:

- verificare l'effettivo manifestarsi delle previsioni d'impatto;
- verificare l'efficacia dei sistemi di mitigazione progettati e posti in essere;
- garantire la gestione delle problematiche ambientali che possono manifestarsi nelle fasi di costruzione e di esercizio dell'infrastruttura stradale;
- rilevare tempestivamente emergenze ambientali impreviste per potere intervenire con adeguati provvedimenti.

Assunti come "punto zero" di riferimento i livelli sonori attuali (*ante operam*), si procederà alla misurazione del clima acustico nella fase di realizzazione dell'opera e infine sarà effettuata la rilevazione dei livelli sonori nella fase *post operam*, relativa all'esercizio della nuova infrastruttura stradale.

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 stradale 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 e dall'esercizio dell'opera;
- consentire un agevole valutazione degli accertamenti effettuati, al fine di evidenziare specifiche esigenze ambientali ed orientare opportunamente gli interventi di mitigazione previsti nel progetto acustico.

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

- documentare l'eventuale alterazione dei livelli sonori rilevati nello stato *ante operam* dovuta alle 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. In fase di esecuzione delle opere il sistema di accertamenti predisposto funge anche da sensore di allarme.

Si è previsto di rilevare sia il rumore immesso nell'ambiente direttamente dai cantieri e dalle aree di lavorazione, sia il rumore generato dal traffico dovuto alle attività di cantiere nelle aree circostanti la viabilità esistente (percorso cava – cantiere, percorso cantiere - cantiere, etc.).

Il monitoraggio della fase post operam è finalizzato ai seguenti aspetti:

- confronto degli indicatori definiti nello "stato di zero" con quanto rilevato in corso di esercizio dell'opera;
- controllo ed efficacia degli interventi di mitigazione realizzati.

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

L'individuazione dei punti di misura è stata effettuata in conformità a criteri legati alle caratteristiche territoriali dell'ambito di studio, alle tipologie costruttive previste per l'infrastruttura di cui si tratta, alle caratteristiche dei ricettori individuati nelle attività di censimento.

2.4.2 RIFERIMENTI NORMATIVI E SCIENTIFICI

Vengono di seguito elencati i principali riferimenti normativi che sono stati adottati per la stesura del progetto di monitoraggio ambientale dell'inquinamento acustico nonché alcuni articoli tecnici di settore inerenti all'argomento.

Normativa:

- **Dlgs 19/08/2005, n. 194:** Attuazione della direttiva 2002/49/Ce relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale
- **Decreto del Presidente della Repubblica 30 marzo 2004, n.142** "Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n. 447".
- **D.L. 4 settembre 2002, n.262** e s.m. "Attuazione della direttiva 2000/14/CE concernente l'emissione acustica ambientale delle macchine ed attrezzature destinate a funzionare all'aperto".
- **D.M. 29 novembre 2000** "Criteri per la predisposizione, da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, di piani di contenimento e abbattimento del rumore".
- **Decreto del Ministero dell'Ambiente 16 marzo 1998,** "Tecniche di rilevamento e misurazione dell'inquinamento acustico".
- **Decreto 26.06.1998, n. 308:** Regolamento recante norme di attuazione della direttiva 95/27/CE in materia di limitazione del rumore prodotto da escavatori idraulici, a funi, apripista e pale caricatori.
- **D.P.C.M. 14 novembre 1997,** "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore".
- **Legge 26 ottobre 1995, n. 447** - Legge quadro sull'inquinamento acustico.
- **D.P.C.M. 1 marzo 1991** "Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno".
- **D.P.C.M. 27 dicembre 88 n. 377** "Norme tecniche per la redazione degli studi di impatto ambientale e la formulazione del giudizio di compatibilità di cui all'art. 6 della legge 8 luglio 1986 n. 349, adottate ai sensi dell'art. 3 del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 10 agosto 1998".
- Norme ISO 1996/1, 1996/2 e 1996/3 relativa alla "Caratterizzazione e misura del rumore ambientale".
- Norma UNI 9884 relativa alla "Caratterizzazione acustica del territorio mediante la descrizione del rumore ambientale".

- Norma UNI 9433 relativa alla “Valutazione del rumore negli ambiti abitativi”.

2.4.3 DOCUMENTAZIONE DI BASE PER LA REDAZIONE DEL PMA

Il presente Piano di Monitoraggio Ambientale è stato redatto sulla base degli studi effettuati nelle fasi di progettazione precedenti, in particolare si è fatto riferimento ai seguenti studi:

- Studio di Impatto Ambientale (1997 e aggiornamento del 2000);
- Elaborati del progetto definitivo;
- Piano di cantierizzazione;
- Studio acustico in fase di progettazione definitiva.

Gli elaborati di progetto definitivo, relativi alla componente rumore, ed il piano di cantierizzazione consentono di analizzare l'impatto prodotto dalle lavorazioni e dal transito dei mezzi di cantiere nei pressi dei ricettori residenziali.

Nelle aree di cantiere il monitoraggio sarà finalizzato prevalentemente al controllo delle emissioni acustiche prodotte dai macchinari e dalle lavorazioni, mentre lungo la viabilità per il trasporto via gomma esso avrà come oggetto esclusivamente le emissioni prodotte dal transito dei mezzi d'opera nella fase di approvvigionamento di tutti i materiali utilizzati per l'esecuzione delle opere civili e di allontanamento del materiale di risulta.

I siti ove sono stati individuati i punti di monitoraggio sono quelli interessati dai cantieri caratterizzati da attività più rumorose e relativi alle opere maggiori come quelli situati in corrispondenza a manufatti particolarmente rilevanti e localizzati in prossimità dei ricettori.

Le aree di cantierizzazione, situate lungo il tracciato stradale, sono state suddivise in base alle attività, nelle seguenti tipologie:

- Aree di cantiere fisso: si distinguono nel cantiere base (deputato a sovrintendere la globalità dello sviluppo delle opere di tutto il tracciato) e nei cantieri operativi ubicati lungo lo sviluppo del tracciato (ciascuno finalizzato alla realizzazione di un particolare gruppo di opere di competenza);
- Aree tecniche: allestite per la realizzazione delle gallerie naturali e artificiali e dei viadotti; esse resteranno in funzione fino al completamento di tali opere;
- Aree di lavorazione: consistono nelle aree direttamente interessate dai lavori e si distinguono in aree allo scoperto (per la realizzazione dei rilevati, delle gallerie artificiali e dei viadotti) ed in aree in galleria (per la realizzazione delle gallerie naturali).

In particolare, sono state individuate:

- Un cantiere base (C17);
- Cantieri Operativi e Aree Tecniche (C11, C12, C13, C13_bis, C14, C15 e C16).

Per la realizzazione di ciascuna galleria artificiale e viadotto sono previste le aree tecniche le quali resteranno in funzione fino al completamento delle opere d'arte relative.

2.4.3.1 Sintesi degli studi ambientali precedenti

Nell'ambito della valutazione di impatto acustico del Progetto definitivo, sono stati individuati i ricettori esposti al rumore.

Lo studio in esame caratterizza il clima acustico *ante operam*, fornendo la taratura del modello di simulazione, inoltre elabora lo scenario per il periodo diurno e notturno, *post operam* e *post mitigazione*, dimensionando le relative opere di disinquinamento.

Il censimento dei ricettori acustici ha permesso di reperire informazioni inerenti i ricettori interessati dalle alterazioni del clima acustico dovute alla costruzione ed all'esercizio dell'opera; il censimento è stato effettuato allo scopo di individuare e caratterizzare, dal punto di vista territoriale, gli edifici localizzati all'interno della fascia di 250 m per lato a partire dal ciglio dell'infrastruttura stradale (500 m nel caso dei ricettori sensibili, D.P.R. 142/2004).

Nell'ambito dello svolgimento delle attività di censimento sono stati quindi esaminati eventuali ricettori sensibili (scuole o aree verdi indicate nelle classificazioni acustiche comunali); nel tratto considerato tuttavia non si è rilevata la presenza di ospedali, case di cura o scuole.

Tale studio comprende un'area di indagine che include le aree ricadenti all'interno delle fasce di pertinenza acustica per le strade *esistenti* (Tab. 2 del D.P.R. 142/2004):

- Fascia A di 100 m;
- Fascia B di 150 m.

e le aree ricadenti all'interno delle fasce di pertinenza acustica per le strade di *nuova realizzazione* (Tab. 1 del D.P.R. 142/2004):

- Fascia di 250 m;
- Fascia di 500 m per i ricettori sensibili.

I ricettori nei comuni di Monteromano, situati lungo l'infrastruttura di progetto, ricadono all'interno della classe acustica *Tutto il territorio nazionale* (ai sensi del D.P.C.M. 01/03/1991), mentre i ricettori nel comune di Vetralla ricadono nella classe acustica *III – mista/rurale*.

Dallo studio delle carte di Piano regolatore risulta, inoltre, che il tracciato di progetto non interessa direttamente aree di tipo urbanizzato, infatti attraversa: nel comune di Monteromano zone omogenee E (agricolo) ed infine nel comune di Vetralla, zone omogenee di tipo E (seminativo) ed F (servizi e verde privato).

Le sorgenti di emissione comprese nell'ambito spaziale di studio sono prevalentemente rappresentate dal traffico veicolare in transito su strade principali o di intenso traffico, strade secondarie o locali e strade interpoderali; le sorgenti di rumore più strettamente locali, quali i transiti di mezzi agricoli sulle strade interpoderali, rappresentano una causa secondaria di alterazione dei livelli di rumore.

La morfologia del territorio interessata dalle indagini è prevalentemente collinare, la propagazione del rumore avviene prevalentemente in condizioni di campo libero e in presenza di suolo fonoassorbente.

2.4.3.2 Risultati di campagne di monitoraggio precedenti

Negli studi precedenti non sono state condotte indagini fonometriche al fine di caratterizzare dal punto di vista acustico l'area oggetto dell'intervento, ma la metodologia di indagine eseguita è stata esclusivamente modellistica.

2.4.4 ACCERTAMENTI PROGRAMMATI

La campagna di monitoraggio acustico ha lo scopo di definire i livelli sonori relativi alla situazione attuale, di verificare gli incrementi indotti dalla realizzazione del tratto di strada (corso d'opera)

rispetto all'*ante operam* (assunto come "punto zero" di riferimento) e gli eventuali incrementi indotti nella fase *post operam*.

Allo scopo di valutare le alterazioni dell'attuale clima acustico del territorio interessato, sono state fissate delle norme univoche, utili per determinare i criteri di misura dei parametri che caratterizzano l'inquinamento acustico.

Nel corso delle campagne di monitoraggio nelle 3 fasi temporali verranno rilevate le seguenti categorie di parametri:

- parametri acustici;
- parametri meteorologici;
- parametri di inquadramento territoriale.

Tali dati saranno raccolti in schede (riportate in appendice) per ciascuna zona acustica di indagine con le modalità che verranno di seguito indicate.

2.4.4.1 Parametri acustici

I riferimenti normativi indicano il livello di pressione sonora come il principale descrittore acustico; esso è espresso mediante la scala logaritmica dei decibel secondo la relazione seguente:

$$L_p = 10 \log p^2/p_0^2 \text{ dB}$$

dove p è il valore efficace della pressione sonora misurata in pascal (Pa) e p_0 è la pressione di riferimento che si assume uguale a 20 micropascal in condizioni standard.

In accordo con quanto ormai internazionalmente accettato, tutte le normative esaminate prescrivono che la misura della rumorosità ambientale venga effettuata attraverso la valutazione del livello equivalente (L_{eq}) ponderato "A" espresso in decibel.

Questo L_{eq} è il valore del livello di pressione sonora ponderata "A" di un suono costante che, nel corso di un periodo specificato T , ha la medesima pressione quadratica media di un suono considerato, il cui livello varia in funzione del tempo:

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_0^T \frac{PA^2(t)}{P_0^2} dt \right] db(A)$$

dove L_{Aeq} è il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata "A" considerato in un intervallo di tempo che inizia all'istante t_1 e termina all'istante t_2 , $p_A(t)$ è il valore istantaneo della pressione sonora ponderata "A" del segnale acustico in Pascal (Pa); $P_0=20\mu Pa$ è la pressione sonora di riferimento.

Oltre il L_{eq} è opportuno acquisire i livelli statistici L_1 , L_{10} , L_{50} , L_{90} , L_{99} che rappresentano i livelli sonori superati per l'1, il 10, il 50, il 90 e il 99% del tempo di rilevamento. Essi rappresentano la rumorosità di picco (L_1), di cresta (L_{10}), media (L_{50}) e di fondo (L_{90} e, maggiormente, L_{99}).

È invece del tutto superfluo effettuare analisi in frequenza poiché le sorgenti sonore costituite dalle infrastrutture di trasporto stradale, generalmente, non inducono nell'emissione sonora, e quindi anche nell'immissione verso i ricettori, la presenza di toni puri. Soltanto nei casi in cui si ravvisasse una qualche sorgente nella cui rumorosità siano individuabili frequenze dominanti ben definite, sarà effettuata l'analisi spettrale in bande di terzi d'ottava.

2.4.4.2 Parametri meteorologici

Nel corso della campagna di monitoraggio saranno rilevati i seguenti parametri meteorologici:

- temperatura;
- velocità e direzione del vento;
- presenza/assenza di precipitazioni atmosferiche;
- umidità.

Le misurazioni di tali parametri saranno effettuate allo scopo di determinare le principali condizioni climatiche e di verificare il rispetto delle prescrizioni che sottolineano di non effettuare rilevazioni fonometriche nelle seguenti condizioni meteorologiche:

- velocità del vento > 5 m/s;
- temperatura dell'aria < 5° C;
- presenza di pioggia e di neve.

2.4.4.3 Parametri di inquadramento territoriale

Nell'ambito del monitoraggio è prevista l'individuazione di una serie di parametri che consentono di indicare l'esatta localizzazione sul territorio delle aree di studio e dei relativi punti di misura.

In corrispondenza di ciascun punto di misura saranno riportate le seguenti indicazioni:

- toponimo;
- Comune con relativo codice ISTAT;
- stralcio planimetrico in scala 1:5000;
- zonizzazione acustica da DPCM 1/3/91 o da DPCM 14/11/1997;
- progressiva iniziale e finale della tratta stradale;
- lato dell'infrastruttura dove sono presenti i ricettori;
- presenza di altre sorgenti inquinanti;
- caratterizzazione acustica di tali sorgenti, riportando ad esempio i flussi e le tipologie di traffico stradale presente sulle arterie viarie, etc.;
- riferimenti della documentazione fotografica aerea;
- riferimenti della documentazione fotografica a terra;
- descrizione delle principali caratteristiche del territorio: copertura vegetale, tipologia dell'edificato.

Allo scopo di consentire il riconoscimento ed il riallestimento dei punti di misura nelle diverse fasi temporali in cui si articola il programma di monitoraggio, durante la realizzazione delle misurazioni fonometriche saranno effettuate delle riprese fotografiche, che permetteranno una immediata individuazione e localizzazione delle postazioni di rilevamento.

2.4.5 ARTICOLAZIONE TEMPORALE DEGLI ACCERTAMENTI

Per quanto riguarda l'articolazione temporale delle rilevazioni dei livelli sonori, atti a caratterizzare il clima acustico nell'ambito dei bacini di indagine individuati, si è fatto particolare riferimento alla possibile variabilità stagionale e giornaliera delle condizioni al contorno. I fattori che possono determinare delle variazioni, anche di un certo rilievo, nella rilevazione dei livelli sonori sono rappresentati da:

- presenza di attività agricole;
- variabilità stagionale dei flussi veicolari;
- variabilità giornaliera (ciclo settimanale all'interno del periodo stagionale);
- tipologia e contributo energetico delle diverse sorgenti di rumore presenti nell'area di indagine;
- variazione dei parametri cinematici del flusso veicolare conseguente alle diverse condizioni di traffico ed all'incidenza dei veicoli pesanti;
- variabilità dei parametri meteorologici, con particolare riferimento alla velocità e direzione del vento, alla pioggia, alla neve ed alle diverse condizioni di stabilità atmosferica;
- variabilità delle caratteristiche di impedenza superficiale del terreno e delle perdite di inserzione (insertion loss) indotte dalla presenza nell'area di indagine di schermature costituite da aree boscate, fasce alberate, arbusti e coltivazioni arboree.

Il fattore più significativo fra quelli elencati è sicuramente rappresentato dalla variabilità delle condizioni di traffico veicolare, anche se devono essere comunque rispettate, durante le rilevazioni, le prescrizioni relative agli aspetti meteorologici.

Inoltre è opportuno sottolineare che le misure di rumore non dovranno essere effettuate in corrispondenza di periodi in cui sono generalmente riscontrabili significative alterazioni del traffico, quali ad esempio:

- il mese di agosto;
- le ultime due settimane di luglio;
- le settimane in cui le scuole sono chiuse per le festività di Natale (ultima settimana di dicembre e prima settimana di gennaio) e di Pasqua, nonché nei giorni festivi e prefestivi, quando la circolazione dei veicoli pesanti è limitata o estremamente ridotta, nei giorni di mercato e in quelli che coincidono con particolari eventi attrattori di traffico (feste patronali, fiere, scioperi degli addetti del trasporto pubblico).

Si ritiene che, una volta escluse queste situazioni particolari, le variazioni dei flussi di traffico in corrispondenza del periodo di riferimento diurno e notturno siano contenute nella misura del 10-20%, che corrisponde ad un margine di errore di +1 dBA sui livelli di rumore.

Il monitoraggio del rumore mira a controllare il rispetto di standard o di valori limite definiti dalle leggi (nazionali e comunitarie); in particolare il rispetto dei limiti massimi di rumore nell'ambiente esterno e nell'ambiente abitativo definiti dal DPCM 1.3.1991 in base alle classi di zonizzazione acustica del territorio. A tale scopo vengono utilizzate diverse tipologie di rilievi sonori:

- Misure di 24 ore, postazioni semi-fisse parzialmente assistite da operatore, per rilievi attività di cantiere (*ante operam* e corso d'opera);

- Misure di 7 giorni, postazioni fisse non assistite da operatore, per rilievi di traffico veicolare (*ante e post operam*);

L'esecuzione dei rilievi avviene a mezzo di fonometri, strumenti che registrano, nel tempo, i livelli di pressione sonora (espressi in dBA) e, se necessario, le frequenze a cui il rumore viene emesso.

In sintesi, i criteri temporali previsti per le tre fasi *ante*, *corso* e *post-operam*, sono illustrati nella seguente tabella:

Tabella 21: Tipologia di misura previste per il rumore

Tipo misura	Descrizione	Durata	Frequenza		
			A.O.	C.O.	P.O.
TV	Rilevamento di rumore indotto da traffico veicolare	Una settimana	una volta	-	una volta
LF	Rilevamento di rumore indotto dalle lavorazioni effettuate sul fronte di avanzamento lavori	24 h	una volta	una volta	-
LC	Rilevamento del rumore indotto dalle lavorazioni effettuate all'interno delle aree di cantiere	24 h	una volta	trimestrale	-
LM	Rilevamento di rumore indotto dal traffico dei mezzi di cantiere	una settimana	una volta	semestrale	-

2.4.5.1 Misurazioni fonometriche nella fase ante operam

Hanno lo scopo fondamentale di definire quantitativamente l'attuale situazione acustica delle aree da sottoporre a monitoraggio prima dell'apertura dei cantieri di costruzione.

Per quanto concerne i ricettori che costituiscono dei potenziali bersagli dell'inquinamento acustico generato durante la realizzazione dell'opera, le tipologie di misure che verranno eseguite nella fase *ante operam* sono le medesime che saranno effettuate nella fase corso d'opera, pertanto sono descritte nel paragrafo successivo, ma in sintesi sono:

- Misure tipo LF: Rilevamento di rumore indotto dalle lavorazioni effettuate sul fronte di avanzamento lavori;

- Misure tipo LC: Rilevamento del rumore indotto dalle lavorazioni effettuate all'interno delle aree di cantiere;
- Misure tipo LM: Rilevamento di rumore indotto dal traffico dei mezzi di cantiere.

Per quanto concerne invece i ricettori che costituiscono dei potenziali bersagli dell'inquinamento acustico generato dal traffico veicolare sulla futura infrastruttura di progetto, si procederà ad effettuare delle misure di tipo TV che avverranno in modo continuo su un periodo temporale complessivo pari a un'intera settimana comprensivo quindi di giornate prefestive e festive.

La grandezza acustica primaria oggetto dei rilevamenti è il livello continuo equivalente ponderato A integrato su un periodo temporale pari ad un'ora, ottenendo la grandezza $L_{Aeq}(1h)$ per tutto l'arco della giornata (24 ore). I valori di $L_{Aeq}(1h)$ sono successivamente composti sui due periodi di riferimento allo scopo di ottenere i Livelli, diurno (06-22) e notturno (22-06).

Allo scopo di ottenere ulteriori informazioni sulle caratteristiche della situazione acustica delle aree oggetto del monitoraggio, in particolari casi vengono determinati anche i valori su base oraria dei livelli statistici cumulativi L_1 , L_{10} , L_{50} , L_{90} , L_{99} . È possibile, quindi, ottenere indicazioni su come si distribuiscono statisticamente nel tempo i livelli di rumorosità ambientale.

Le centraline di monitoraggio saranno collocate in corrispondenza degli edifici maggiormente esposti al rumore e comunque più sensibili all'impatto acustico, ad una distanza non inferiore ad 1.5 metri dalle superfici fonoriflettenti e, compatibilmente con la possibilità di accedere agli appartamenti, in prossimità dei piani più alti degli edifici medesimi.

2.4.5.2 Misurazioni fonometriche nella fase corso d'opera

Hanno lo scopo fondamentale di quantificare l'evolversi, durante la costruzione della nuova infrastruttura, della situazione acustica ambientale dei ricettori maggiormente esposti. Esse avverranno su un arco temporale totale pari alla durata prevista per la completa realizzazione della nuova infrastruttura, come indicato nel cronoprogramma lavori.

La metodologia adottata, in relazione alle grandezze acustiche da misurare e alla modalità di campionamento, è del tutto simile a quella descritta nel precedente paragrafo in relazione alle indagini fonometriche nella fase *ante operam*. Per quanto riguarda invece la frequenza delle misurazioni e del rilascio delle informazioni e dei risultati, si applica la procedura di seguito descritta in maniera schematica.

Tipologia di misura: LF - Fronte avanzamento cantieri.

- Monitoraggio in continuo per 24 ore in punti ubicati in prossimità degli edifici più esposti al rumore generato dalle attività di costruzione;
- elaborazione e restituzione dei dati giornalieri (24 ore) entro il termine di 48/72 ore dalla fine dei rilevamenti;
- raccolta delle informazioni sulle attività di cantiere (dalla Direzione Lavori);
- elaborazioni dei dati su base quindicinale, verifica dei risultati e stesura di rapporti bisettimanali integrati da una descrizione delle attività dei cantieri ed eventuale correlazione (laddove possibile) tra queste ultime e livelli sonori particolarmente elevati;
- rilocalizzazione periodica dei punti di misurazione in funzione dello spostamento del fronte dei cantieri.

E' evidente che la modalità di acquisizione in continuo delle grandezze oggetto del monitoraggio comporta anche la sorveglianza sulle condizioni acustiche che si avranno nel periodo notturno,

laddove siano previste attività comunque connesse alla costruzione (proprie dei cantieri e/o spostamenti di mezzi gommati) in quel periodo di riferimento.

Le misure saranno effettuate una sola volta prima dell'inizio dei lavori (fase *ante operam*) e ogni 3 mesi, durante le lavorazioni.

Per la caratterizzazione del clima acustico dei ricettori limitrofi alle aree di cantiere (fase *ante operam* e fase corso d'opera), il tipo di misura prevede il rilievo per 24 ore in continuo dei seguenti parametri acustici:

- andamento temporale del L_{Aeq} con tempo di integrazione pari a 10 minuti;
- L_{Aeq} nel periodo di massimo disturbo;
- L_{Aeq} con tempo di integrazione di 1 ora;
- livelli statici cumulativi L_1 , L_{10} , L_{50} , L_{90} , L_{99} ;
- L_{Aeq} sul periodo diurno (06-22);
- L_{Aeq} sul periodo notturno (22-06);

Tipologia di misura: LC - Aree di cantiere.

- Monitoraggio in continuo per 24 ore mediante centraline fisse in punti coincidenti con quelli propri della fase *ante operam* o, se sono cambiate notevolmente le condizioni al contorno rispetto all'*ante operam*, ubicati in prossimità degli edifici più esposti al rumore generato dalle attività di costruzione;
- elaborazione e restituzione dei dati giornalieri (prelevati sulle 24 ore) entro il termine di 48/72 ore dalla fine dei rilevamenti;
- raccolta delle informazioni sulle attività di lavorazione che si svolgono nei cantieri (fornite dalla Direzione Lavori);
- elaborazioni dei dati su base quindicinale, verifica dei risultati e stesura di rapporti bisettimanali integrati da una descrizione delle attività dei cantieri (punto precedente) ed eventuale correlazione, laddove possibile, tra queste ultime e i valori di livelli sonori particolarmente elevati.

Le misure saranno effettuate una sola volta prima dell'inizio dei lavori (fase *ante operam*) e ogni 3 mesi, durante le lavorazioni.

Per la caratterizzazione del clima acustico dei ricettori limitrofi alle aree di cantiere (fase *ante operam* e fase corso d'opera) il tipo di misura prevede il rilievo per 24 ore in continuo dei seguenti parametri acustici:

- andamento temporale del L_{Aeq} con tempo di integrazione pari a 10 minuti;
- L_{Aeq} nel periodo di massimo disturbo;
- L_{Aeq} con tempo di integrazione di 1 ora;
- livelli statici cumulativi L_1 , L_{10} , L_{50} , L_{90} , L_{99} ;
- L_{Aeq} sul periodo diurno (06-22);
- L_{Aeq} sul periodo notturno (22-06);

Tipologia di misura: LM - Viabilità dei mezzi di cantiere.

- Monitoraggio in continuo per una settimana mediante centraline fisse rilocabili in punti coincidenti con quelli relativi alla fase *ante operam* o, se è variata la rete di viabilità, ubicati in prossimità degli edifici più esposti e/o più sensibili;
- elaborazione e restituzione dei dati entro il termine di 48/72 ore dalla fine dei rilevamenti;
- eventuale rilocazione delle centraline fisse di misurazione in funzione di eventuali modificazioni della viabilità;
- determinazione dei valori dei SEL degli eventi sonori associati al transito dei mezzi di cantiere e del numero di passaggi dei medesimi (postazioni di misura mobili);
- calcolo del contributo al rumore totale indotto dal transito dei soli mezzi di cantiere (discriminazione tra rumore ambientale e rumore residuo);
- elaborazioni dei dati su base quindicinale, verifica dei risultati e stesura di rapporti bisettimanali con i risultati delle misurazioni avendo particolare riguardo alla determinazione dell'incidenza del rumore generato dal transito dei mezzi di cantiere sul rumore ambientale complessivo, come indicato al punto precedente.

Le misure saranno effettuate una sola volta prima dell'inizio dei lavori (fase *ante operam*) e ogni 6 mesi, durante le lavorazioni.

2.4.5.3 Misurazioni fonometriche nella fase post operam

Hanno fondamentalmente un duplice scopo:

- caratterizzare in maniera quantitativa la situazione acustica ambientale che s'instaurerà ad opera realizzata, in funzione del flusso veicolare in transito;
- verificare il corretto dimensionamento degli interventi di abbattimento del rumore definiti dallo studio acustico nella fase di progetto definitivo e inclusi nel progetto esecutivo.

Per correlare il livello di pressione sonora al flusso veicolare è necessario rilevare anche il numero di passaggi suddivisi per veicoli leggeri e pesanti.

In fase di esercizio dell'opera le misure saranno effettuate, una sola volta, dopo la dismissione dei cantieri, nei primi mesi di esercizio della nuova arteria stradale.

Le misure da effettuare appartengono alla tipologia TV già illustrata nel paragrafo relativo alle misure della fase *ante operam*.

2.4.6 METODOLOGIA DI RILEVAMENTO E DI ACQUISIZIONE DELLE INFORMAZIONI

Durante le attività proprie del monitoraggio ambientale, al fine di garantire uno svolgimento omogeneo dei rilevamenti in campo, la ripetibilità delle misurazioni in corso d'opera e nella fase *post operam* e la possibilità di creare una banca dati informatizzata contenente tutte le informazioni relative alle aree di monitoraggio e che sia facilmente e rapidamente aggiornabile ed integrabile nel tempo, sono previsti quattro livelli di unificazione relativamente a:

- metodologie di monitoraggio;
- strumentazione utilizzata nei rilevamenti;
- metodo per la caratterizzazione dei siti e delle sorgenti;

- informazioni da inserire nella banca dati.

L'unificazione delle metodologie di monitoraggio e della strumentazione utilizzata per le misurazioni permette la confrontabilità dei rilevamenti svolti in tempi diversi (*ante*, *corso* e *post operam*) anche da operatori diversi.

L'unificazione del metodo per caratterizzare i siti e le sorgenti consente una corretta interpretazione dell'insieme dei fenomeni acustici monitorati e in particolare la verifica delle condizioni al contorno sui livelli di rumore (attenuazione del suolo per fonoassorbimento, fenomeni diffrattivi dovuti ad ostacoli, rumorosità residua prodotta da tutte le sorgenti diverse da quella considerata, riflessioni multiple sulle facciate degli edifici, etc.), oltre alla caratterizzazione fisica degli elementi che influiscono sull'emissione sonora (disposizione planimetrica ed altimetrica delle sorgenti di rumore, etc.).

L'unificazione delle informazioni e dei dati ottenuti consente una modalità di archiviazione in grado di fornire al fruitore della banca dati un percorso di consultazione standardizzato e ripetitivo al fine di un facile reperimento delle informazioni e dati medesimi.

Per ogni punto di indagine occorre rendere disponibili almeno le seguenti informazioni:

- caratterizzazione fisica del territorio appartenente alle aree di indagine;
- caratteristiche di qualità acustica desunte da studi pregressi;
- caratterizzazione delle sorgenti sonore (impianti produttivi, strade);
- schede di campagne di misurazione di tipo descrittivo;
- registrazioni delle grandezze/parametri acustici e non, misurati nei punti individuati;
- basi cartografiche con localizzazione dei punti di misura;
- documentazione fotografica degli stessi.

2.4.6.1 Svolgimento del monitoraggio tipo

Il monitoraggio tipo di un area di indagine si svolge con le seguenti modalità:

1. Si verifica preliminarmente l'effettiva possibilità di svolgere il rilevamento nel punto ipotizzato nel progetto di monitoraggio.
2. Sopralluogo nell'area di indagine previa definizione delle sorgenti di emissione in essere, delle caratteristiche urbanistiche ed insediative, degli usi attuali dei terreni agricoli, degli indicatori climatologici dai quali possono derivare effetti sul fenomeno di propagazione del rumore.

Nel corso del sopralluogo viene svolto uno *screening* preliminare dei livelli di rumorosità al fine di verificare la localizzazione dei punti di misura ipotizzati nel progetto.

Tutti i punti di misura sono fotografati e georeferenziati su supporto cartografico in scala idonea al successivo riconoscimento.

3. Identificazione dei punti di misura di rumore da traffico veicolare (tipo TV e LM):
 - servono per caratterizzare il rumore di origine stradale, quindi occorre rilevare in continuo per una settimana adoperando una centralina fissa posizionata ad almeno 1,5 m di distanza dalla facciata degli edifici o a 1 m dai confini di proprietà e ad una altezza di 1,5 o 3,5 m dal piano campagna;
 - l'asse di massima sensibilità del microfono deve essere orizzontale e perpendicolare alle linee di flusso del traffico;

- la posizione del punto di misura non deve interferire con ostacoli alla propagazione del rumore localizzati a ridosso della strada, garantendo un campo libero da ostacoli rilevanti per almeno tre volte la distanza del punto di misura dalla sorgente di rumore primaria osservata (ad esempio dall'asse della corsia di marcia più vicina).
4. Identificazione dei punti di misura per il rilevamento del rumore indotto all'avanzamento del fronte lavori (misura tipo LF e LC):
- hanno lo scopo di determinare il Leq giornaliero nei ricettori prospiciente l'infrastruttura stradale e le aree di cantiere durante l'esecuzione dei lavori;
 - i punti di misura sono fisicamente individuati da postazioni fisse rilocabili a funzionamento automatico ed autonomo, in grado di rilevare e memorizzare con costanti di tempo predefinite gli indicatori di rumore.
5. Al termine delle 24 ore di monitoraggio continuo nel punto di tipo LF/LC e di una settimana nel punto TV/LM, l'operatore chiude l'acquisizione e procede alla verifica di calibrazione dello strumento ed alla archiviazione su personal computer dei dati per le successive elaborazioni. Il dischetto viene etichettato con i riferimenti all'area di studio e al punto di misura.
6. L'unità operativa di monitoraggio si sposta nell'area di indagine successiva e, installata la strumentazione, si procede come indicato nei punti precedenti.

2.4.6.2 Strumentazione di misura

Per lo svolgimento delle attività di monitoraggio è stato previsto l'utilizzo di strumentazioni fisse rilocabili, strumentazioni portatili e di personale addetto sul posto in continuo.

La strumentazione deve essere conforme agli standard previsti nell'Allegato B del D.P.C.M. 1 marzo 1991 e nel D.M. 16/3/98 per la misura del rumore ambientale; tali standard richiedono:

- strumentazione di classe 1 con caratteristiche conformi agli standard EN 60651/1994 e EN 60804/1994;
- misurabilità dei livelli massimi con costanti di tempo Slow e Impulse.

La strumentazione utilizzata per i rilievi del rumore deve essere in grado di:

- misurare i parametri generali di interesse acustico, quali Leq, livelli statistici, SEL;
- memorizzare i dati per le successive elaborazioni e comunicare con unità di acquisizione e/o trattamento dati esterne.

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.

I rilievi dei parametri a corredo delle misure, quali ad esempio le portate veicolari, la velocità di marcia degli autoveicoli saranno svolti direttamente dagli operatori addetti alle misure.

La strumentazione di base richiesta per il monitoraggio del rumore (sia con centralina fissa che mobile) e dei dati meteorologici è pertanto composta dai seguenti elementi:

- Analizzatore di precisione real time mono o bicanale o fonometro integratore con preamplificatore microfonic;
- Microfoni per esterni con schermo antivento;
- Calibratore;
- Cavi di prolunga;
- Cavalletti;
- Software di gestione per l'elaborazione dei dati o esportazione su foglio elettronico per la post elaborazione;
- Strumentazione per il rilievo dei parametri meteorologici, con relativo software.

Modalità di accettazione e collaudo secondo la normativa vigente

Il monitoraggio ambientale della componente rumore è stato previsto con una metodica unificata, in grado di fornire le necessarie garanzie di riproducibilità e di attendibilità al variare dell'ambiente e del contesto emissivo.

La metodologia prevista nel presente progetto è pienamente conforme ai riferimenti normativi nazionali già citati ed agli standard indicati in sede di unificazione nazionale (Norme UNI) ed internazionale (Direttive CEE/ISO).

Taratura della strumentazione

La strumentazione che verrà utilizzata per i rilievi dei livelli sonori, così come indicato nella normativa vigente, deve essere sottoposta a verifica di taratura in appositi centri specializzati (S.I.T.) almeno una volta ogni due anni. Il risultato della taratura effettuata deve essere validato da un apposito certificato.

Calibrazione della strumentazione

Per quanto riguarda la calibrazione degli strumenti, si è fatto riferimento alle modalità operative ed alle prescrizioni indicate nel D.M.A. 16/03/1998 in tema di calibrazione degli strumenti di misura.

A tale proposito, i fonometri e/o gli analizzatori utilizzati per i rilievi dei livelli sonori dovranno essere calibrati con uno strumento il cui grado di precisione non risulti inferiore a quello del fonometro e/o analizzatore stesso.

La calibrazione degli strumenti verrà eseguita prima e dopo ogni ciclo di misura.

Le rilevazioni dei livelli sonori eseguite saranno valide solo se le due calibrazioni effettuate prima e dopo il ciclo di misura differiscono al massimo di ± 0.5 dB(A).

2.4.7 SCELTA DEI PUNTI DA SOTTOPORRE A MONITORAGGIO

2.4.7.1 Criteri di criticità ambientale

La scelta dei punti da sottoporre a monitoraggio poggia, oltre che sui criteri di carattere generale descritti precedentemente, anche su una serie di condizioni determinate da fattori di criticità ambientale e di rappresentatività della situazione acustica attuale e futura, sia per la fase di corso d'opera che per quella di *post operam*. In particolare la criticità ambientale è il risultato della

convergenza di numerose condizioni connesse con i processi di emissione, di propagazione e di immissione del rumore. Tali condizioni sono:

- Presenza e natura di sorgenti di rumore attive, attuali e future (emissione);
- Proprietà fisiche del territorio: andamento orografico e copertura vegetale laddove esistente (propagazione);
- Tipologia del corpo della nuova infrastruttura (propagazione);
- Ubicazione e tipo di ricettori (immissione).

Non va tuttavia trascurata l'ulteriore condizione rappresentata dalla situazione acustica attuale imputabile alla presenza di sorgenti sonore attive la cui rumorosità interessa in misura più o meno rilevante le aree di indagine.

L'analisi preliminare ha permesso di definire i punti da sottoporre ad indagine acustica anche sulla base dei seguenti criteri di carattere generale:

- sviluppo del nuovo tracciato stradale;
- ubicazione delle aree di cantiere;
- rete di viabilità dei mezzi gommati adibiti al trasporto di materiali nei percorsi su gomma cantiere-cantiere, cava-cantiere e scarica-cantiere.

La distanza, riferita al ciglio della nuova infrastruttura, dei punti da monitorare, è piuttosto variabile. In genere si può asserire che le aree dove sorgeranno i cantieri di costruzione e che saranno oggetto di monitoraggio in corso d'opera e *post operam* sono, per evidenti ragioni logistiche, piuttosto vicine al tracciato dell'opera.

Diversamente, si allontanano dall'asse della nuova infrastruttura quei punti in cui avverranno gli accertamenti in campo mirati a determinare eventuali effetti sul rumore ambientale indotti dal transito dei mezzi pesanti gommati utilizzati per il trasporto dei materiali di risulta e di costruzione nei percorsi cantiere-cantiere, cava-cantiere e scarica-cantiere.

In definitiva, a seguito della quasi completa uniformità dei parametri che influiscono sui processi di emissione, propagazione ed immissione sonora riscontrata lungo il tracciato considerato, i principali fattori di criticità ambientale sono:

- vicinanza degli edifici alle aree di cantiere e alla rete viaria percorsa dai mezzi gommati pesanti nei percorsi cantiere-cantiere, cava-cantiere e scarica-cantiere;
- vicinanza degli edifici alla futura infrastruttura;
- eventuale presenza di ricettori particolarmente sensibili al rumore;
- edifici per i quali sono stati progettati interventi di mitigazione acustica quali barriere antirumore.

2.4.7.2 Criteri di selezione dei punti di monitoraggio

Come già detto, i punti in cui effettuare gli accertamenti in campo sono localizzati in corrispondenza di ricettori posti in prossimità delle aree di cantiere ricettori interessati dal transito degli automezzi nei percorsi cantiere-cantiere, cava-cantiere e scarica-cantiere e ricettori situati lungo il nuovo tracciato stradale.

Un secondo criterio d'individuazione si riferisce alla verifica dell'efficacia degli interventi di mitigazione previsti dal progetto. In questo caso si sta evidentemente considerando la comparazione della situazione acustica *ante* e *post operam*. Per tale ragione la scelta dei punti è caduta soprattutto su quelli che saranno protetti da quel tipo d'interventi.

2.4.7.3 Ubicazione dei punti di monitoraggio

Le posizioni di misura sono state definite col metodo delle posizioni ricettori-orientate e quindi scelte in prossimità di edifici o gruppi di edifici.

In particolare le operazioni di lavorazione e costruzione di infrastrutture connesse alla realizzazione di opere lineari, quali le infrastrutture stradali, si sviluppano lungo l'asse stradale. La stessa infrastruttura va dunque considerata nel suo insieme come cantiere, lungo cui si svolgono le fasi di realizzazione.

Per quanto concerne le tipologie dei punti di misura, sono state considerate quattro differenti categorie e sono riassunte nella tabella sottostante.

Tipo misura	Descrizione	Durata	Frequenza			Parametri
			A.O.	C.O.	P.O.	
TV	Rilevamento di rumore indotto da traffico veicolare	Una settimana	una volta	-	una volta	Leq Settimanale Leq Diurno - Leq Notturno - SEL Leq dei transiti
LF	Rilevamento di rumore indotto dalle lavorazioni effettuate sul fronte di avanzamento lavori	24 h	una volta	una volta	-	Leq 24 ore Leq Diurno - Leq Notturno
LC	Rilevamento del rumore indotto dalle lavorazioni effettuate all'interno delle aree di cantiere	24 h	una volta	trimestrale	-	Leq 24 ore Leq Diurno - Leq Notturno
LM	Rilevamento di rumore indotto dal traffico dei mezzi di cantiere	Una settimana	una volta	semestrale	-	Leq Settimanale Leq Diurno - Leq Notturno

In Tabella 22 si riportano l'ubicazione e le caratteristiche di ciascun punto di monitoraggio; il codice ricettore è quello che risulta dal censimento dei ricettori acustici.

Sono stati scelti complessivamente 12 punti d'indagine. Le postazioni di misura sono collocate in corrispondenza degli edifici individuati e, compatibilmente con la possibilità di accedere agli appartamenti, in prossimità dei piani maggiormente esposti al rumore indotto dalle lavorazioni.

I punti scelti sono di controllo rispetto alla situazione che si andrà a creare successivamente alla realizzazione dell'infrastruttura stradale, infatti si è valutato di monitorare i ricettori residenziali, scegliendo i più punti rappresentativi, per i quali si è prevista una mitigazione per mezzo di tre barriere antirumore e quei punti per i quali lo studio acustico di simulazione ha rilevato un valore di immissione leggermente al di sotto del limite normativo.

Tabella 22 - Punti di monitoraggio

Codice monitoraggio	Codice ricettore	Luogo di misura	N° piani	distanza tracciato (m)	Tipo misura
RUMO_05	14	km 14+100 - viabilità esistente	2	100	LF
RUMO_06	17	km 18+600 Area di cantiere C16 – viabilità esistente	2	430	LM
RUMO_07	28	km 19+400 Campo base C17 – viabilità esistente	1	90	LC - TV
RUMO_08	38	km 19+900 - viabilità esistente	2	38	LF - TV
RUMO_09	40	km 20+300 – viabilità	2	100	LF - TV
RUMO_10	30	km 19+400 – viabilità	2	190	LF - TV
RUMO_11	25	km 19+500 Cantiere operativo C17 – viabilità esistente	1	110	LC - TV
RUMO_12	34	km 19+700 – viabilità esistente	2	130	LM - TV

In Tabella 23, è riportato l'elenco dei punti di misura e, per ciascuna fase temporale, la tipologia di misura prevista, unitamente alla frequenza dei rilievi.

Tabella 23 – Misure previste nei punti di monitoraggio

Codice monitoraggio	Codice ricettore	Misure TV		Misure LF		Misure LC		Misure LM	
		A.O.	P.O.	A.O.	C.O.	A.O.	C.O.	A.O.	C.O.
RUMO_05	14	-	-	1	1	-	-	-	-
RUMO_06	17	-	-	-	-	-	-	1	sem

Codice monitoraggio	Codice ricettore	Misure TV		Misure LF		Misure LC		Misure LM	
		A.O.	P.O.	A.O.	C.O.	A.O.	C.O.	A.O.	C.O.
RUMO_07	28	1	1	-	-	-	trim	-	-
RUMO_08	38	1	1	-	1	-	-	-	-
RUMO_09	40	1	1	-	1	-	-	-	-
RUMO_10	30	1	1	-	1	-	-	-	-
RUMO_11	25	1	1	-	-		trim	-	-
RUMO_12	34	1	1	-	-	-	-		sem

Infine in Tabella 24 è riportato, per le diverse fasi, il numero di misure previste, suddivise per tipologia unitamente alla quantità complessiva di rilievi. Si evidenzia che le misure di tipologia differente, svolte sul medesimo ricettore nella stessa fase temporale, sono effettuate una sola volta.

Tabella 24: Dettaglio delle indagini previste.

	Misure TV			Misure LF			Misure LC			Misure LM			Totale
	N°	Frequenza	Totale										
A.O.	6	1	6	1	1	1	-	-	-	1	1	1	8
C.O.	-	-	-	4	1	4	2	trim	16	2	sem	8	28
P.O.	6	1	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6

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

Le schede identificative ai fini del monitoraggio presentano la seguente codifica:

XXXX – codice a quattro caratteri che identifica la componente secondo il seguente schema:

- RUMO : Rumore

00 - numero sequenziale che identifica univocamente il punto di indagine

XX - la fase di monitoraggio (AO: ante operam; CO: corso d'opera; PO: post operam).

2.5 SUOLO

2.5.1 PREMESSA E SCOPO DEL LAVORO

Il suolo è una matrice ambientale che si sviluppa dalla superficie fino ad una profondità di 1 metro.

Il monitoraggio di questa componente ha l'obiettivo di verificare l'eventuale presenza e l'entità di fattori di interferenza dell'opera infrastrutturale sulle caratteristiche pedologiche dei terreni, in particolare quelli dovuti alle attività di cantiere.

Il concetto di "qualità" si riferisce alla fertilità (compattazione dei terreni, modificazioni delle caratteristiche di drenaggio, rimescolamento degli strati, infiltrazioni, ecc.) e dunque alla capacità agro-produttiva, ma anche a tutte le altre funzioni utili, tra cui principalmente quella di protezione. Più in generale misura la capacità del suolo di favorire la crescita delle piante, di proteggere la struttura idrografica, di regolare le infiltrazioni ed impedire il conseguente inquinamento delle acque.

Le alterazioni della qualità dei suoli possono essere riassunte in tre generiche tipologie:

- alterazioni fisiche;
- alterazione chimiche;
- alterazione biotiche.

Le attività di monitoraggio riguardano tre distinte fasi:

- *ante operam*, per conoscere le caratteristiche iniziali dei suoli interessati;
- di costruzione o in corso d'opera;
- *post operam*.

2.5.1.1 Accertamenti ante operam

Il monitoraggio *ante operam*, avendo come scopo quello di caratterizzare lo stato ed il tipo di suolo, fornirà un quadro di base delle caratteristiche del terreno, in modo da poter definire, successivamente, eventuali interventi per ristabilire le condizioni di equilibrio.

2.5.1.2 Accertamenti in corso d'opera

Il monitoraggio in corso d'opera sarà mirato fondamentalmente al controllo di eventuali sversamenti accidentali di sostanze inquinanti e del corretto svolgimento delle attività di rimozione e deposizione della matrice pedologica. Le analisi strutturali consentiranno di identificare anche problemi di perdita della risorsa o cementificazione dei suoli. Si valuteranno anche il costipamento dei suoli, l'aumento della densità, le modificazioni nel drenaggio ed eventuali interferenze con le aree interessate da fenomeni di franosità attiva e di dissesto.

2.5.1.3 Accertamenti post operam

Il monitoraggio *post operam* sarà mirato fondamentalmente al controllo dell'alterazione e dello scadimento dei parametri di geotecnica di base, che si potrebbero manifestare in corrispondenza delle opere d'arte maggiori. Si valuteranno anche il costipamento dei suoli, l'aumento della densità, le modificazioni nel drenaggio ed eventuali interferenze con le aree interessate da fenomeni di franosità attiva e di dissesto.

2.5.2 RIFERIMENTI NORMATIVI E SCIENTIFICI

La normativa di riferimento seguita per la redazione del presente piano è quella relativa alle analisi di laboratorio, a valenza nazionale. In particolare si considerano le seguenti norme:

- D.M. 01/08/1997 – Approvazione dei metodi ufficiali di analisi fisica dei suoli;
- D.M. 13/09/1999 – Approvazione dei Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo (G.U. n. 185 del 21/10/1999);
- D.M. 25/03/2002 – Rettifiche al Decreto 13/09/1999 (G.U. n. 84 del 10/04/2002).
- D.Lgs. n.161/12 “Norme in materia ambientale” e s.m.i

Per quanto concerne le indagini di campagna e la classificazione dei suoli, non esistono norme cui riferirsi, pertanto sono stati considerati i riferimenti scientifici internazionali. In particolare sono state seguite le indicazioni FAO, ISRIC (1990): Guidelines for soil description.

Nel caso in cui si verificassero eventi accidentali responsabili dello spargimento/percolazione di sostanze inquinanti sulla matrice suolo, si dovrà procedere ad una specifica campagna di monitoraggio basata sui criteri e sui parametri del D.Lgs 152/06 e s.m.i.

2.5.3 DOCUMENTAZIONE DI BASE PER LA REDAZIONE DEL PMA

2.5.3.1 Sintesi degli studi ambientali precedenti

Non esistendo studi empirici di settore sulla zona di interesse, si considereranno le informazioni reperite in letteratura regionale, nazionale ed internazionale, nonché gli studi realizzati in fase di SIA per il presente progetto. Successivamente, il monitoraggio *ante operam*, fornirà la caratteristiche principali e specifiche di ciascun sito.

Inquadramento geomorfologico

Il paesaggio della zona è tipicamente collinare e, nei suoi aspetti morfologici principali, ricalca fedelmente le formazioni geologiche affioranti. Data la vicinanza del mare, l'evoluzione geomorfologica è stata fortemente condizionata dalle oscillazioni eustatiche. E', infatti, il livello del mare a regolare la capacità erosiva ed i rapporti erosione/sedimentazione dei diversi corsi d'acqua.

Il settore di Tarquinia, costituito prevalentemente da argille e sabbie plioceniche, è caratterizzato da un paesaggio abbastanza articolato ed evoluto; i reticoli fluviali sono ben sviluppati soprattutto a causa della notevole erodibilità del substrato pliocenico.

Nella parte centrale, corrispondente al settore di Monte Romano, i reticoli fluviali relativi ai diversi corsi d'acqua, impostati su flysch generalmente calcareo-marnosi, hanno avuto molto più tempo di svilupparsi e di organizzarsi gerarchicamente in quanto il settore ha costituito un alto strutturale e morfologico prevalentemente in erosione; di conseguenza, anche il rilievo di quest'area risulta morfologicamente più evoluto.

Per quel che riguarda il settore di Vetralla, impostato sulla coltre piroclastica vicina, la messa in posto delle varie colate ignimbritiche ha ricoperto completamente la morfologia precedente, colmando le preesistenti depressioni vallive. Da ciò consegue la presenza di reticoli primitivi, caratterizzati da valli bordate da versanti spesso costituiti da pareti subverticali e scavate da corsi d'acqua a regime torrentizio, incassati su di una morfologia sommitale che nel suo complesso è di tipo tabulare.

Nell'area interessata dal tracciato le evidenze direttamente ricollegabili a processi di versante attivi sono considerabili assenti, tuttavia i versanti costituiti dalle argille plioceniche possono essere soggetti ad erosione areale di tipo calanchivo, la cui dinamica potrebbe essere modificata dall'opera in progetto. Ad esempio, nei versanti interessati dai viadotti potrebbero essere innescati fenomeni di erosione accelerata del suolo, con possibili ripercussioni negative sia sull'opera che sull'ambiente (ad esempio, sull'uso del suolo nel settore a monte). Inoltre, le scarpate morfologiche associate alle incisioni vallive principali rappresentano settori potenzialmente predisposti a fenomeni di instabilità, specie lungo i ripidi versanti dei corsi d'acqua impostati nei terreni vulcanici.

Sebbene le litologie localmente calcareo-marnose del settore di Monte Romano possano essere soggette a processi carsici, l'analisi morfologica del SIA non ha rilevato evidenze superficiali legate a tali processi, né sono riportate in letteratura notizie relative a fenomeni carsici ipogei.

L'analisi svolta non ha evidenziato neanche forme superficiali tipo "sinkhole" o fenomeni di subsidenza del terreno.

Inquadramento pedologico

Come già evidenziato nel SIA, le caratteristiche pedologiche e gli spessori dei suoli nell'area in esame dipendono da quattro principali fattori:

- le condizioni climatiche: il clima è di tipo mediterraneo con una marcata stagione asciutta che conferisce al suolo una temperatura media superiore ai 15°; questa condizione favorisce la genesi e la migrazione dell'argilla. Essendo le quote relativamente poco variabili nell'area, si hanno differenziazioni climatiche locali solo in corrispondenza delle incisioni vallive più importanti;
- la roccia madre: si distinguono tre macro-gruppi di substrato: vulcaniti, flysch prevalentemente marnosi e argille. Per quanto riguarda lo sviluppo dei suoli su vulcaniti distinguiamo due tipologie principali:
 - i suoli su lave per i quali sono importanti la quantità di materiale amorfo e la permeabilità, piuttosto che la composizione chimica e mineralogica: la produzione di allofane e dunque la genesi degli andisuoli è connessa all'abbondanza di materiale vetroso;
 - i suoli su colate piroclastiche: le colate determinano sempre una consistente formazione di argille cristallizzate che condiziona l'evoluzione del suolo verso la brunicità;
- la geomorfologia: avendo, come accennato in precedenza, due ambienti geomorfologici, le condizioni di drenaggio e tessitura possono cambiare da zona a zona:
 - nelle zone dei fossi approfonditi, ripidi versanti, hanno suoli ben drenati a tessitura grossolana;
 - nelle zone di plateau subpianeggianti, a causa del limitato drenaggio delle acque superficiali, si hanno suoli scarsamente drenati a tessitura più fine;
- fattori antropici: l'uomo intervenendo sulla vegetazione e sulle destinazioni di uso del suolo può influire notevolmente sulle caratteristiche di un suolo. Pertanto le modificazioni dovute all'attività agricola ed al disboscamento sono notevoli: tra queste occorre ricordare l'erosione del suolo anche nelle zone di plateau, dove si hanno minimi spessori a causa dell'azione antropica, pur essendo i suoli più argillosi e originariamente meglio sviluppati.

In base a queste considerazioni, i suoli dell'area in esame sono stati distinti in:

- suoli su plateau impostato sulle colate piroclastiche
- suoli su versanti impostati nelle colate piroclastiche
- suoli su vulcaniti laviche
- suoli su flysch e su argille.

I suoli sulle piroclastiti, che interessano l'intero territorio considerato, presentano neogenesi di argilla e si possono includere nei suoli bruni, tipici di questi ambienti climatici; le loro caratteristiche di fertilità sono molto buone. Tuttavia le caratteristiche andiche di tali suoli non sono mai molto elevate, a causa delle condizioni climatiche e della scarsità di vetro vulcanico. Soltanto i suoli sulle lave presentano caratteristiche di andicità; d'altra parte gli affioramenti lavici sono di estensione molto modesta e non interessati direttamente dal tracciato.

I suoli sui flysch e sulle argille, rappresentati marginalmente solo in prossimità della Valle del Biedano (Poggio Guardianio), risultano poco profondi e certamente meno fertili di quelli sui terreni vulcanici.

Secondo la carta "Soil Region of Italy" (banca dati geometrica ed alfanumerica delle regioni podologiche italiane che rappresenta il primo risultato operativo della collaborazione tra il Centro Nazionale di Cartografia Pedologica, i servizi podologici delle Regioni italiane e l'European Soil Bureau), la regione studiata rientra nelle classi 60.7 "Pianure della costa dell'Italia centrale e zone collinari incluse" e 56.1 "Colline dell'Italia centrale e meridionale su rocce vulcaniche effusive".

La Regione 60.7 è a clima mediterraneo, da sub-continentale a continentale, caratterizzato da precipitazioni medie da Ottobre a Dicembre e da un lungo periodo secco e torrido in estate (Giugno-Agosto). Il pedoclima tipico può essere caratterizzato da regimi di umidità e temperatura di tipo:

- xerico: suolo umido d'inverno e secco per lunghi periodi d'estate;
- termico: temperature tra 15 e 22 °C.

La natura del materiale parentale è caratterizzata da depositi alluvionali del Quaternario con inclusioni di rocce metamorfiche del Terziario. La zona presenta basse pendenze, che si aggirano intorno al 7% (la pendenza standard in questo tipo di zone è del 12%).

Le principali categorie di suolo che si possono incontrare sono:

- suoli con accumulo di carbonati e sali solubili e con le caratteristiche tipiche dei vertisuoli (cambisuoli calcarici e vertici, calcisuoli, vertisuoli calcici);
- suoli ricchi di accumuli argillosi lungo il profilo (luvisuoli cromici, calcici, alfici, vertici);
- suoli alluvionali (fluvisuoli e cambisuoli, cambisuoli con evidenti tracce di riduzione del ferro);
- suoli salini (Solonchaks).

I principali processi di degradazione del suolo sono attribuiti all'utilizzo antropico del suolo: il fattore principale di degradazione risulta la competizione tra piante generata dall'uso delle risorse idriche in regime di uso agricolo e non agricolo. La competizione deriva dall'effimero quantitativo di acque superficiali, dal clima mediterraneo, secco per buona parte dell'anno e dal conseguente utilizzo, talvolta, di acque salmastre.

La Regione 56.1 è a clima mediterraneo, da oceanico a sub-oceanico, caratterizzato da precipitazioni medie da Ottobre a Gennaio e da un lungo periodo secco e torrido in estate (Luglio-Settembre). Il pedoclima tipico può essere caratterizzato da regimi di umidità e temperatura di tipo:

- xerico: suolo umido d'inverno e secco per lunghi periodi d'estate;

- termico: temperature tra 15 e 22 °C;
- localmente ustico: disponibilità idrica molto limitata, ma presente per qualche tempo durante il periodo di maggiore evapotraspirazione;
- mesico: temperature tra 8 e 14,9 °C.

La natura del materiale parentale è caratterizzata da rocce ignee di origine effusiva. La zona presenta medie pendenze, che si aggirano intorno al 10% (la pendenza standard in questo tipo di zone è del 12%).

Le principali categorie di suolo che si possono incontrare sono:

- suoli con i caratteri tipici derivati dai materiali vulcanici (umbrisuoli humici, cambisuoli con evidenti tracce di riduzione del ferro, andosuoli alfici, umbrici e vertici);
- suoli ricchi di accumuli di ossidi di ferro e materiali argillosi lungo il profilo (luvisuoli cromici e alfici);
- suoli alluvionali (fluvisuoli con evidenti tracce di riduzione del ferro);
- suoli delle terrazze antropiche (regosuoli antropici);
- suoli con accumulo di carbonati e sali solubili e con le caratteristiche tipiche dei vertisuoli (cambisuoli calcarici e vertici, calcisuoli, vertisuoli calcici);
- suoli ricchi di accumuli argillosi lungo il profilo (luvisuoli cromici, calcici, alfici, vertici);
- suoli salini (Solonchaks).

Queste terre sono adatte sia ad usi agricoli che naturali, ma soffrono dell'eccessivo sfruttamento extra-agricolo, la maggiore causa di degradazione per queste aree. Localmente si riscontrano inquinamenti del suolo dovuti ad agricoltura intensiva.

L'erosione del suolo ad opera dell'acqua e i movimenti massivi sono abbastanza comuni e spesso caratterizzano l'equilibrio dell'intera area.

L'uso del suolo

I suoli occupati dal tracciato e le zone comprese in area vasta presentano per lo più un utilizzo agricolo: ci troviamo, infatti, nelle vicinanze dei centri urbani e pertanto queste aree sono già state intensamente utilizzate dagli abitanti per scopi agricoli. Poche sono le eccezioni evidenti e rilevanti e riguardano piccole macchie naturali sopravvissute nel tempo. In particolare si riscontra la presenza di:

- piccole aree naturali a brughiere e cespuglieti nell'area compresa tra la Galleria Tarquinia e la galleria Tuscia;
- un bosco di latifoglie abbastanza vasto, attraversato dal tracciato a partire dall'imbocco Nord della Galleria Tuscia fino al Viadotto Nassi;
- un'altra area boscata tra il Viadotto dello Zoppo e il Viadotto Crognolo, seguita a sud-ovest del tracciato da un'area a pascolo naturale e da un'area a vegetazione arbustiva in evoluzione;
- piccoli appezzamenti di prati stabili nella zona a sud-ovest del tracciato compreso tra il Viadotto Crognolo ed il Viadotto Biedano I;
- oliveti nella parte finale del tracciato.

In tutto il resto del territorio attraversato siamo dinnanzi a seminativi in aree non irrigue, attraversate da alcuni corsi d'acqua.

2.5.4 DESCRIZIONE DEI CANTIERI

Per lo sviluppo delle attività lavorative, si prevede l'allestimento di un cantiere base, di cantieri operativi e di aree tecniche di imbocco/viadotto lungo il tracciato. Il cantiere base svolgerà le funzioni logistico/operative per lo sviluppo di tutte le attività ed accoglierà inoltre i baraccamenti di servizio per le maestranze e la direzione lavori; le attività operative finalizzate allo sviluppo delle opere lungo il tracciato verranno svolte all'interno dei cantieri operativi e delle aree tecniche, secondo i vari tratti di competenza lungo lo svolgimento del tracciato. I diversi cantieri saranno inoltre finalizzati all'accumulo provvisorio dei materiali di smarino ed al trattamento dei materiali stessi prima dell'uso, o all'accumulo temporaneo in attesa di allocazione definitiva nei siti di deposito.

Le caratteristiche pedologiche delle aree di cantiere saranno descritte in una relazione successiva alle indagini *ante operam*, in modo da lasciare traccia della situazione di partenza del profilo dei suoli.

Per la realizzazione delle opere verranno allestiti un Cantiere Base, un Cantiere Operativo e sette Aree Tecniche di lavoro:

- Area Tecnica C11, per le lavorazioni del Viadotto dello Zoppo;
- Area Tecnica C12, per le lavorazioni di GA dello Zoppo 1 e 2 ed in particolare per ospitare: servizi ai mezzi d'opera e materiali per i lavori lato Vetralla: officina, piazzale mezzi, stoccaggio, ecc.
- Area Tecnica C13_bis, per le lavorazioni del Viadotto Crognolo km 17+553;
- Area Tecnica C13, per le lavorazioni del Viadotto Crognolo km 16+953;
- Area Tecnica C14, per le lavorazioni della GA Crognolo ed in particolare per ospitare: servizi ai mezzi d'opera e materiali per i lavori lato Vetralla: officina, piazzale mezzi, stoccaggio, ecc.. In quest'area sarà stoccato il materiale di smarino della galleria;
- Area Tecnica C15, per le lavorazioni del Viadotto Biedano 1, lato est, e del Viadotto Biedano 2, lato ovest;
- Area Tecnica C16, per le lavorazioni del Viadotto Biedano 2, lato est;
- Cantiere Base (denominato in Planimetria C17);

2.5.5 RISCHI DI DEGRADAZIONE CHIMICO-FISICA DEL SUOLO - INTERVENTI PER PIANIFICARE MITIGAZIONE E RIPRISTINO

2.5.5.1 I Rischi

La qualità del suolo si manifesta principalmente attraverso due aspetti:

- la capacità del suolo di svolgere le funzioni di volta in volta necessarie a garantire il mantenimento di un equilibrio ambientale, economico, sociale, ecc.; tale capacità è legata principalmente alle caratteristiche strutturali ed ecologiche del suolo;
- l'adeguatezza all'uso correlata all'influenza delle attività umane che incidono in maniera più o meno intensa, modificando, talvolta drasticamente, le caratteristiche naturali del suolo.

Secondo l'OCSE i principali processi di degradazione ambientale sono generalmente riconducibili all'erosione del suolo, alla sua sommersione, all'acidificazione, alla salinizzazione, alla

sodicizzazione, al compattamento, alla formazione di croste superficiali e di strati compatti lungo il profilo, alla perdita di sostanza organica, al deterioramento della struttura, alla desertificazione, all'accumulo di sostanze tossiche, alla perdita di elementi nutritivi.

I due terzi dei suoli dell'Italia presentano preoccupanti problemi di degradazione, in virtù di una gestione territoriale non sempre corretta. Tali fenomeni di degradazione ambientale si sono più accentuati in quelle aree ove è stata più forte l'attività antropica, la quale non sempre è avvenuta in maniera compatibile con i criteri fondamentali della conservazione del suolo.

L'incremento di superficie adibita a scopo urbano, di infrastrutture e di reti di comunicazione può essere considerato come il principale ed il più evidente tipo di pressione gravante sul territorio. Oltre ad essere direttamente collegati alla perdita della risorsa, gli impatti sul suolo conseguenti a tale incremento si riassumono in perdita di valore qualitativo delle aree rurali, in frammentazione delle unità colturali ed in inquinamento da fonti diffuse diverse da quelle agricole. Il termine di urbanizzazione assume nello specifico il significato di cementificazione e "sigillatura" dei suoli ad opera dell'edificazione del territorio; ciò deriva dal fatto che gli interventi edificatori o infrastrutturali comportano il decorticamento e l'impermeabilizzazione della sede in cui si lavora.

Per l'infrastruttura in analisi, i problemi che possono essere causati alla matrice pedologica sono di tre categorie:

- perdita di materiale naturale
- contaminazione dei suoli dovuta ad incidenti
- impermeabilizzazione dei terreni.

La perdita del materiale risulta indispensabile, in quanto il progetto prevede in sé stesso l'asportazione di materiale.

La contaminazione, sicuramente più probabile nelle aree di cantiere (per questo scelte come sedi dei punti di monitoraggio), può essere tenuta sotto controllo. Normalmente gli sversamenti accidentali, per lo più dovuti ai mezzi di trasporto e di movimentazione, sono evidenti e pertanto si può correre ai ripari in tempi veloci garantendo un margine elevato di sicurezza. Nel caso dovessero verificarsi contaminazioni accidentali, si prevederanno delle indagini extra e specifiche, in modo da assicurare una soluzione tempestiva del problema, in contemporanea a controlli sulle acque superficiali e sotterranee. Diversamente, i sondaggi previsti saranno sufficienti a garantire un controllo adeguato.

L'impermeabilizzazione dei suoli, è più legato alle caratteristiche strutturali intrinseche dell'opera che ad episodi specifici. La copertura del terreno, il passaggio di mezzi pesanti, l'asportazione del materiale causano asfissia, compattazione o impoverimento del suolo stesso. Da ciò può derivare un'impermeabilizzazione dei terreni difficilmente reversibile. Oltretutto i suoli su cui si va ad agire sono già tendenzialmente argillosi e ciò potrebbe favorire il processo. Ciononostante, il problema è ridotto grazie alla fitta rete idrica superficiale e sotterranea ed alla vegetazione presente in loco, nonché alle mitigazioni ambientali nella loro totalità.

2.5.5.2 Gli interventi

Gli interventi di mitigazione e ripristino potranno essere diversi a seconda del tipo di problema incontrato.

Vi è da segnalare che le sensibilità diminuiscono nei settori di Monte Romano e di Tarquinia a causa della minore fertilità di tali terreni. Bisogna considerare, infine, che tutti i terreni utilizzati in sostituzione di questa porzione inerte avranno sicuramente migliori caratteristiche prestazionali,

essendo stati scelti appositamente. La porzione eliminata, d'altro canto, sarà stoccata in apposite aree senza creare impatti particolari sul territorio.

Per quanto concerne le eventuali contaminazioni in corso d'opera, saranno chiaramente attivate tutte le misure consolidate di prevenzione nelle aree di cantiere, quali:

- la realizzazione delle vasche di contenimento delle sostanze pericolose
- lo stoccaggio di materiale assorbente
- la predisposizione di aree predisposte per le movimentazioni pericolose
- ecc.

Nel caso dovessero concretizzarsi emergenze impreviste, verrà attivato comunque l'iter procedurale e le metodologie previste nel D.Lgs.152/06.

L'impermeabilizzazione dei suoli è un rischio difficilmente mitigabile, per evitare il quale ci si avvarrà del miglior utilizzo del sistema di canali, garantendo un buon funzionamento del sistema idraulico del territorio. Sono previste opere di drenaggio, di raccolta e canalizzazione delle acque. Ad ogni modo, la rete idrica naturale superficiale e sotterranea, insieme alle mitigazioni ambientali, favorirà un buon mantenimento delle caratteristiche originarie della struttura pedologica.

Per tutti i cantieri, una volta terminata la fase di costruzione del tracciato, sarà necessario procedere ad un recupero delle funzionalità originarie dei terreni mediante:

- sgombero delle aree di cantiere dismesse e pulitura dei terreni;
- lavorazione dei suoli, erpicatura ed affinamento, per ridurre al minimo la compattazione;
- spandimento di compost vegetale per usi agronomici e semina di leguminose per nutrire i suoli e ristabilire il proprio equilibrio.

Gli interventi di ripristino delle aree di cantiere allo stato *ante operam* sono descritti nel dettaglio nella relazione di cantierizzazione.

2.5.6 DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DI MISURAZIONE

I parametri da raccogliere e le stesse fasi del monitoraggio saranno fondamentalmente di tre tipi:

- i parametri stazionali dei punti di indagine, i dati sull'uso attuale del suolo, sulla capacità d'uso e sulle pratiche colturali precedenti all'insediamento del cantiere;
- la descrizione dei profili, mediante le apposite schede, la classificazione pedologica ed il prelievo dei campioni;
- l'analisi dei campioni in laboratorio per la determinazione di tutti i parametri riportati di seguito. Tra questi, nella fase esecutiva, tutti o solo alcuni potrebbero essere presi in considerazione come indicatori. Ciò dipenderà dalla significatività dei dati analitici.

2.5.6.1 Parametri pedologici: (in situ)

PROFILO PEDOLOGICO

Tale caratterizzazione si ottiene effettuando uno scavo e compilando l'apposita scheda di rilevamento pedologico in campagna.

Prima di procedere a qualunque tipo di esame, si fotograferà lo scavo, in modo da lasciare anche traccia visiva dell'indagine.

Nel caso in cui non si possa realizzare lo scavo, le informazioni potranno essere desunte dall'osservazione della carota estratta con la trivella.

ESPOSIZIONE

Immersione dell'area in corrispondenza del punto di monitoraggio, misurata sull'arco di 360°, a partire da Nord in senso orario.

PENDENZA

inclinazione dell'area misurata lungo la linea di massima pendenza ed espressa in gradi sessagesimali.

USO DEL SUOLO

Tipo di utilizzo del suolo riferito ad un'area di circa 100 m² attorno al punto di monitoraggio.

MICRORILIEVO

Descrizione di eventuali caratteri specifici del microrilievo del sito, secondo le seguenti specifiche:

Tabella 25

Codice	Descrizione
RA	Da ribaltamenti di alberi
AG	Da argille dinamiche
MM	Cunette e rilievi da movimenti di massa
AL	Altro tipo di microrilievo (da specificare)
Z	assente

PIETROSITA' SUPERFICIALE

Percentuale relativa ai frammenti di roccia alterata presenti sul suolo nell'intorno areale del punto di monitoraggio, secondo le seguenti specifiche:

Tabella 26

Codice	Descrizione
0	Nessuna pietrosità: pietre assenti o <0,01% dell'area
1	Scarsa pietrosità: tra 0,01 e 0,1% dell'area
2	Comune pietrosità: tra 0,1 e 3% dell'area
3	Elevata pietrosità: tra 3 e 15% dell'area
4	Eccessiva pietrosità: tra 15 e 50% dell'area (impossibili utilizzo di qualunque macchinario)
5	Eccessiva pietrosità: tra 50e 90% dell'area (impossibili utilizzo di qualunque macchinario)
6	Pietraia: pietre oltre il 90% dell'area

ROCCIOSITÀ AFFIORANTE

Percentuale di rocce consolidate affioranti entro una superficie di 1000 km² attorno al punto di monitoraggio.

FENDITURE SUPERFICIALI

Indicare, per un'area di circa 100 m, il numero, la lunghezza, la larghezza e la profondità in cm delle fessure presenti in superficie.

VEGETAZIONE

Descrizione, mediante uso di unità sintetiche fisionomiche e flogistiche, della vegetazione naturale nell'intorno dell'areale del punto di monitoraggio.

STATO EROSIVO

Presenza di fenomeni di erosione o deposizione di parti di suolo

PERMEABILITA'

Velocità di flusso dell'acqua attraverso il suolo saturo in direzione verticale, rilevato attraverso la determinazione della classe di permeabilità attribuite allo strato a granulometria più fine, secondo la seguente scala numerica:

Tabella 27

Scala	Granulometria	Permeabilità
0	Argille	Molto bassa
1	Limi – limi argillosi	Bassa
2	Sabbie argillose	Medio bassa
3	Sabbie fini – sabbie limose	Media
4	Sabbie medie – sabbie gradate	Medio alta
5	Ghiaie – sabbie grosse	Alta
6	Ghiaie lavate	Molto alta

CLASSE DI DRENAGGIO

Si individueranno le seguenti classi di drenaggio:

Tabella 28

Classe	Descrizione
Rapido	Acqua rimossa molto rapidamente
Moderatamente rapido	Acqua rimossa rapidamente
Buono	Acqua rimossa prontamente
Mediocre	Acqua rimossa lentamente in alcuni periodi
Lento	Acqua rimossa lentamente

Molto lento	Acqua rimossa molto lentamente (suoli periodicamente bagnati)
Impedito	Acqua rimossa molto lentamente (suoli bagnati per lunghi periodi)

SUBSTRATO PEDOGENETICO

Definizione del materiale immediatamente sottostante il suolo a cui si presume che quest'ultimo sia geneticamente connesso.

2.5.6.2 Parametri chimico-fisici: (in situ e/o in laboratorio)

COLORE

Colore della superficie interna di un aggregato di suolo in condizioni secche e umide, definito per confronto con le "Tavole Munsell", utilizzando i codici alfanumerici previsti nella stessa notazione Munsell.

POROSITA'

Vuoti di diametro superiore a 60 micron.

STRUTTURA

Entità e modalità di aggregazione di particelle elementari del suolo in particelle composte separate da superfici di minor resistenza, a dare unità strutturali naturali relativamente permanenti o meno persistenti.

UMIDITA'

Condizioni di umidità dell'orizzonte al momento del rilevamento:

Tabella 29

Codice	Descrizione
1	Asciutto
2	Poco umido
3	Umido
4	Molto umido
5	Bagnato

SCHELETRO

Frammenti di roccia consolidata di dimensioni superiori a 2 mm presenti nel suolo.

TESSITURA

Le analisi della tessitura servono a verificare che il terreno utilizzato nella fase finale di recupero del sito abbia le stesse caratteristiche granulometriche (dimensione delle particelle) di quello presente nella situazione *ante operam*. Essendo tali caratteristiche non mutabili nel tempo, una significativa differenza di tessitura indicherebbe la presenza di suolo proveniente da altre aree.

AZOTO TOTALE E FOSFORO ASSIMILABILE

L'azoto, il fosforo ed il potassio sono i tre elementi minerali di maggiore importanza per le piante. Il potassio risulta fissato nel terreno ed è per questo poco dilavabile; gli altri due elementi sono invece facilmente dilavabili, soprattutto nel suolo in cumuli, e quindi costituiscono interessanti indicatori delle variazioni nel terreno accantonato.

Un terreno agrario contiene mediamente lo 0,10 - 0,15 % (raramente arriva a 0,2%) di azoto totale.

Di seguito si riportano una tabella indicativa di giudizio sulla dotazione di azoto totale e fosforo assimilabile in un terreno:

Tabella 30

AZOTO TOTALE (%)	FOSFORO ASSIMILABILE (mg/kg)	GIUDIZIO
0,05	7	molto povero
0,10	14	scarsamente dotato
0,16	20	mediamente dotato
0,22	30	ben dotato
0,35	45	ricco

pH

Indica il grado di acidità e di alcalinità del suolo. In base al pH i terreni possono essere distinti in:

Tabella 31

TIPOLOGIA SUOLI	pH
periacidi	< 5,3
acidi	5,4-5,9
subacidi	6,0-6,7
neutri	6,7-7,2
subalcalini	7,3-8,1
alcalini	8,2-8,8
perialcalini	> 8,8

Per lo sviluppo dei vegetali i valori di pH devono in genere essere compresi tra 6,0 e 8,5.

CAPACITA' DI SCAMBIO CATIONICO (CSC)

La capacità di scambio cationico è una misura della quantità di cationi che possono essere adsorbiti sui colloidi del suolo e può essere messa in relazione con la capacità dei suoli di immobilizzare metalli. La capacità di scambio cationico individua la quantità di cationi protetta dalla lisciviazione e, quindi, rappresenta uno dei parametri base per l'immediata valutazione del livello di fertilità chimica del terreno. Le principali sostanze solide responsabili di questa forma di ritenzione sono di tipo minerale, come le argille, e di tipo organico. La capacità di scambio cationico può essere valutata in base alle seguenti classi di giudizio:

Tabella 32

C.S.C. (meq/100 gr)	GIUDIZIO AGRONOMICO
< 5	Livello molto basso

5 - 10	Livello basso
10 - 20	Livello medio
20 - 40	Livello alto
> 40	Livello molto alto

CARBONIO ORGANICO

La sostanza organica contribuisce alla fertilità organica del suolo e, più in generale, all'accrescimento vegetale esercitando effetti indiretti ed effetti diretti sulle proprietà fisiche, chimiche e biologiche del suolo.

Effetti indiretti:

Tabella 33

PROPRIETA'	EFFETTI
Colore scuro	Favorisce il riscaldamento del suolo
Capacità di idratazione (ritenzione idrica delle sostanze umiche)	Previene l'essiccamento, quindi il deterioramento della struttura del suolo e degli organismi che ci vivono
Capacità di legame con i minerali	Agisce come cementante, induce la formazione di aggregati stabili, condiziona struttura, permeabilità e scambi gassosi
Potere tampone	Stabilizza il pH
CSC (fino al 70 % del totale)	Permette la nutrizione minerale delle piante e determina la capacità di trattenere e rilasciare sostanze
Si decompone e si mineralizza	Rilascia CO ₂ , NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻ , PO ₄ ⁻ , SO ₄ ²⁻
Capacità di formare complessi stabili (chelati) con microelementi.	Condiziona la solubilità e la disponibilità di molti microelementi, quali rame (Cu ²⁺), manganese (Mn ²⁺), Zinco (Zn ²⁺) ed altri
Capacità di interagire con fitofarmaci e sostanze xenobiotiche	Ne condiziona bioattività, persistenza, biodegradabilità e ne influenza i criteri di somministrazione e dosaggio
Limitata solubilità in acqua	Previene lisciviazione e percolazione

Effetti diretti:

Tabella 34

Aumento velocità di germinazione ed assorbimento acqua accelerato
Iniziazione stimolata e sviluppo radici laterali
Stimolazione della crescita e allungamento cellulare
Stimolazione della crescita di germogli e radici
Assorbimento di macroelementi
Assorbimento di microelementi
Assorbimento diretto di sostanze umiche
Influenza sulla permeabilità delle membrane cellulari
Influenza sulla fotosintesi e sulla respirazione
Influenza sulla sintesi proteica e degli acidi nucleici
Azione ormono-simile

Le indagini saranno volte a constatare che i suoli non perdano le loro caratteristiche iniziali di fertilità.

CALCARE ATTIVO

Calcio carbonato presente nel suolo che, per natura chimica, cristallinità e grado di suddivisione, risulta caratterizzato da elevata reattività. Esprime la percentuale in peso dei carbonati finemente suddivisi e facilmente solubilizzabili.

Sono distinte le seguenti classi di contenuto:

Tabella 35

Classi	Calcare attivo (%)
Assente	< 0,5%
Basso o moderato	0,5-10%
Alto o molto alto	>10%

Al di sopra del valore soglia del 10% spesso si determinano processi di fissazione del P e di riduzione della disponibilità di alcuni elementi minori (specialmente del Fe, causa della clorosi). L'assenza di calcare attivo è considerata limitante per alcune colture erbacee, pertanto l'indagine è mirata a constatare eventuali riduzioni o aumenti significativi dello stesso, che andrebbero ad intaccare le capacità nutritive del suolo stesso.

METALLI PESANTI

Pur in assenza di un effettivo collegamento a livello nazionale che consenta una precisa conoscenza dei contenuti caratteristici, e spesso tra loro molto differenti, dei metalli pesanti nelle diverse regioni italiane, è possibile individuare un intervallo di concentrazione per ogni singolo metallo che può essere ragionevolmente definito "normale". Nella Tabella seguente vengono riportati i valori di concentrazione.

I dati derivano dalle analisi di suoli campionati in almeno 10 regioni italiane (Barbafieri et al. 1996).

I valori di concentrazione riportati presentano alcune specificità che derivano sia dall'evoluzione dei substrati pedogenetici caratteristici di alcune aree mediterranee (Nichel), sia da particolari attività di carattere antropico (Piombo, Zinco, Rame).

In ogni caso è opportuno sottolineare come in presenza di questi valori non si siano mai verificati fenomeni di fitotossicità, né particolari problemi di carattere ambientale.

Tabella 36: Valori di concentrazione di alcuni metalli pesanti accertati in suoli coltivati e naturali.

Metalli	Concentrazione (mg x kg ⁻¹)
	di alcuni metalli pesanti riscontrabili in suoli coltivati e naturali
Cadmio	0,1 - 5
Cobalto	1 - 20
Cromo	10 - 150
Manganese	750 - 1000
Nichel	5 - 120
Piombo	5 - 120
Rame	10 - 120
Zinco	10 - 150

2.5.7 DEFINIZIONE DELLE PROCEDURE DI MISURAZIONE

Un'osservazione pedologica necessita di uno scavo o una trivellata, ossia un taglio o una perforazione verticale che attraversi il suolo. Lo scavo consente di mettere a nudo una sezione verticale ed evidenziarne il profilo, profondo pochi centimetri o alcuni metri. Con il metodo delle carote, invece, si prevede il prelievo di una carota o cilindro di terreno in modo da poterne vedere i vari strati. Non sempre è possibile effettuare lo scavo, in quanto l'escavazione richiede spazi più grandi. Laddove non sarà possibile effettuare lo scavo, si realizzerà una trivellata.

Preliminarmente allo scavo o perforazione, si registreranno sempre i riferimenti geografici e temporali e i caratteri stazionali dell'area di appartenenza.

2.5.7.1 Trivellate pedologiche

Le trivellate saranno effettuate manualmente, con l'uso della trivella pedologica a punta elicoidale, a diametro di 6 cm, fino ad 1,5 m di profondità se non si incontrano roccia, pietre o ghiaia che rendano impossibile un ulteriore approfondimento della trivella.

La trivellata seguirà le seguenti fasi:

1. ruotare la trivella su se stessa per scavare;
2. portare lo strumento fuori dal buco e trasferire il campione su un telo di plastica o una tavolozza senza romperlo e soprattutto senza perderne la distribuzione verticale;
3. ripetere le operazioni 1 e 2 fino al raggiungimento di 1,5 m, sistemando ogni campione sotto l'ultimo prelevato.

2.5.7.2 Scavi pedologici

Lo studio dei profili prevede l'apertura di buche utilizzando una ruspa (è realizzabile anche a mano), alla profondità di 1,5 m (massima profondità consentita per scavi di terra senza protezione laterale). Nel caso di presenza di falda, lo scavo si arresterà alla stessa. Il profilo deve presentare una parete verticale ben illuminata su cui effettuare, per ciascun orizzonte, le osservazioni ed il prelievo di campioni di suolo.

Gli scavi saranno ubicati in modo da rappresentare la variabilità geomorfologica dell'area in esame.

2.5.7.3 Analisi di laboratorio

Su campioni prelevati dagli orizzonti superficiali del terreno sono effettuate analisi di laboratorio volte a definire le caratteristiche dei suoli (*ante operam*) e valutarne la modificazione in corso d'opera a seguito degli interventi effettuati in connessione alla realizzazione dell'opera.

Si riportano le generalità per ogni componente, dettate dal D.M. 13/09/1999, che definisce i metodi per le analisi di laboratorio. Ogni analisi presenta nel DM diverse possibili metodologie.

Preparazione del campione e RILEVAZIONE GRANULOMETRICA

Il metodo di preparazione dei campioni da sottoporre ad analisi è finalizzato a consentire che:

- la più piccola pesata prevista dai metodi di analisi sia rappresentativa del suolo in esame,

- non vengano apportate modificazioni di composizione tali da alterare sensibilmente le varie solubilità nei differenti reattivi estraenti;
- possa essere valutata la quantità di particelle con diametro inferiore a 2 mm.

Le percentuali di sabbia, limo e argilla presenti nella terra fine saranno definite seguendo il triangolo tessiturale della Soil Taxonomy.

CARBONIO ORGANICO

Metodo di Walkley – Black: Il carbonio organico viene ossidato ad anidride carbonica, in condizioni standardizzate, con soluzione di potassio bicromato in presenza di acido solforico.

La velocità della reazione viene favorita dall'innalzamento della temperatura conseguente alla brusca diluizione dell'acido. Dopo un tempo stabilito, la reazione viene interrotta per aggiunta di opportuna quantità di H₂O e la quantità di potassio bicromato che non ha reagito viene determinata per titolazione con una soluzione di ferro (II) solfato eptaidrato. Il punto finale della titolazione viene accertato con l'aggiunta di un opportuno indicatore di ossidoriduzione o per via potenziometrica utilizzando un elettrodo di platino.

pH

pH-metro con compensazione della temperatura, elettrodo di vetro con elettrodo di riferimento o elettrodi combinati preferibilmente in soluzione di CaCl₂.

CAPACITA' DI SCAMBIO CATIONICO

Determinazione della capacità di scambio cationico con ammonio acetato: lo scambio tra i cationi presenti sulle superfici degli scambiatori del suolo e lo ione ammonio, della soluzione scambiante di ammonio acetato viene effettuato prima per agitazione e successivamente per lisciviazione. L'eccesso della soluzione di ammonio acetato viene eliminato con ripetuti lavaggi con etanolo. Successivamente, si procede alla determinazione dell'ammonio adsorbito per distillazione secondo Kjeldahl, operando direttamente sul campione o su un'aliquota della soluzione ottenuta lisciviando il NH₄⁺-suolo con una soluzione di sodio cloruro.

CALCARE ATTIVO

Determinato facendo reagire a freddo un campione di terra fine con un eccesso di soluzione di ammonio ossalato. La quantità di ammonio ossalato che non ha reagito viene valutata per titolazione con soluzione di potassio permanganato.

AZOTO TOTALE

L'azoto può essere determinato mediante analizzatori elementari o per distillazione secondo Kjeldahl:

- gli analizzatori disponibili in commercio funzionano essenzialmente sulla base del metodo Dumas (1831). Il metodo analitico originale è fondato sulla completa ed istantanea ossidazione del campione per "flash combustion", con conseguente conversione di tutte le sostanze organiche ed inorganiche in prodotti gassosi. I gas di combustione vengono fatti passare, in corrente di elio, su strato di opportuno catalizzatore, per completare il processo di ossidazione, e, quindi, su strato di rame, per allontanare l'eccesso di ossigeno e per ridurre gli ossidi di azoto ad azoto molecolare (N₂). Successivamente, la miscela gassosa viene

separata per gascromatografia e CO₂, N₂, H₂O e SO₂ vengono rilevati da un detector a conducibilità termica;

- secondo la distillazione di Kjeldahl, l'azoto ammoniacale viene distillato in ambiente alcalino e assorbito in soluzione a titolo noto di acido solforico. L'eccesso di acido solforico viene titolato con soluzione a titolo noto di sodio idrossido.

FOSFORO ASSIMILABILE

Il campione viene trattato con acido solforico, perossido di idrogeno e acido fluoridrico. Il contenuto di fosforo è determinato per spettrofotometria con il metodo all'acido ascorbico.

Per i suoli acidi e per quelli caratterizzati dalla presenza di calcio carbonato si utilizza il Metodo Olsen. La presenza nella soluzione di sodio bicarbonato di ioni carbonato e ossidrilici abbassa l'attività di Ca₂⁺ e di Al₃⁺ con conseguente incremento della solubilità del fosforo (P).

Nel suoli calcarei, l'aumentata solubilità del calcio fosfato deriva dalla diminuzione della concentrazione del calcio dovuta all'elevata presenza di ioni carbonato ed alla conseguente precipitazione di CaCO₃. Nei suoli acidi o neutri, la solubilità dei fosfati di alluminio e di ferro viene incrementata dall'aumento della concentrazione degli ioni ossidrilici che induce diminuzione della concentrazione di Al₃⁺ con formazione di ioni alluminato, e di Fe₃⁺, con precipitazione di ossidi. Deve essere tenuto presente, altresì, che, a pH elevato, l'aumento delle cariche negative e/o la diminuzione dei siti di adsorbimento sulle superfici degli ossidi di alluminio e di ferro può portare al desorbimento del fosforo fissato.

Il contenuto di fosforo viene determinato per spettrofotometria con il metodo all'acido ascorbico.

CONDUCIBILITA' ELETTRICA

Determinazione in estratti che possono essere saturi, acquosi 5:1 o acquosi 2:1. Viene utilizzato un conduttivimetro con cella di misura.

Rilievi del grado di protezione dall'erosione esercitato dalla copertura vegetale

Attraverso l'analisi di alcuni rilievi biometrici effettuati sullo strato erbaceo (altezza dell'apparato epigeo, profondità dell'apparato ipogeo, biomassa epigea, biomassa ipogea) sono ricavate utili indicazioni sull'efficacia degli interventi di inerbimento nel garantire protezione dall'erosione.

Attraverso l'analisi floristica e fitosociologica è definito un indice di protezione del suolo esercitato dalla vegetazione nei confronti dell'acqua cadente e dell'acqua dilavante.

2.5.8 CRITERI PER LA SCELTA ED INDICAZIONE DELLE AREE DI MONITORAGGIO

La selezione delle aree di indagine è stata impostata con la finalità di testimoniare la situazione e l'evoluzione della qualità dei suoli, scegliendo in particolare le aree di rimozione e deposizione del terreno (cantieri base e operativi).

Le indagini si concentrano in zone in cui le attività svolte in corso d'opera possano determinare incidenti, sversamenti, accumuli, perdite di sostanze inquinanti, come soprattutto le attività di carico e scarico o di immagazzinamento. Il campionamento deve inoltre essere mirato a controllare il corretto svolgimento delle attività di deposito e di lavorazione dei materiali.

Le aree di monitoraggio sono quindi così identificate:

Tabella 37: Aree di monitoraggio

Codice	Localizzazione	n. ripetizioni
PEDO_15	Cantiere C11 per viadotto dello zoppo	1
PEDO_16	C12 cantiere per GA03 e GA 04	1
PEDO_17	C13 bis viadotto crognolo	1
PEDO_18	C13 viadotto crognolo	1
PEDO_19	C14 cantiere per GA 05	1
PEDO_20	C15 cantiere per viadotto Biedano 1	1
PEDO_21	C16 cantiere per viadotto Biedano 2	1
PEDO_22	C17 campo base	1
PEDO_23	C17 campo base	1

2.5.9 ARTICOLAZIONE TEMPORALE DEGLI ACCERTAMENTI

Le indagini ante operam verranno realizzate una sola volta, essendo finalizzate alla caratterizzazione dello stato naturale del suolo. I risultati saranno considerati come lo “stato zero” o di partenza.

Il monitoraggio post operam sarà realizzato una sola volta all’anno dopo il completamento dei lavori.

- *ante operam*: in ogni cantiere operativo saranno estratte due carote per l’analisi completa delle caratteristiche chimico-fisiche e sarà realizzato uno scavo per ottenere il profilo pedologico; nel cantiere base e nelle aree tecniche, caratterizzate da dimensioni inferiori, sarà estratta una sola carota per l’analisi completa e sarà realizzato uno scavo per ottenere il profilo pedologico.;
- in corso d’opera: nessuna misura;
- *post operam*: come l’ante operam..

2.5.10 DOCUMENTI DI SINTESI DEL MONITORAGGIO

I dati raccolti nella campagna di monitoraggio saranno descritti in schede riassuntive, in relazione alle aree di cantiere ed ai profili del suolo, secondo due gruppi di dati: dati anagrafici e parametri rilevati.

Sarà redatta una relazione iniziale per quel che concerne il monitoraggio *ante operam*, una intermedia al termine della costruzione dell’opera comprendente tutte le fasi di indagine in cui, oltre ai

dati intrinseci della matrice pedologica, dovranno essere descritti geomorfologia e aspetti superficiali per ogni cantiere, per tutte le indagini effettuate, ed una relazione finale in concomitanza con il monitoraggio *post operam*. In tal modo si avrà anche un'indicazione dei cambiamenti in itinere. Inoltre, nel corso dello svolgimento di tutta l'azione di monitoraggio si devono prevedere dei report costanti dopo ogni campagna, che siano riassuntivi dei dati raccolti e che evidenzino eventuali valori anomali, in modo da tenere sotto controllo possibili situazioni di criticità.

I profili pedologici e gli elaborati di sintesi saranno elaborati indicando le aree caratterizzate da uniformità pedologica. I dati del monitoraggio in corso d'opera saranno confrontati con quelli relativi alla situazione indisturbata *ante operam* e con quelli relativi alla normativa per l'eventuale adozione di misure di mitigazione da effettuarsi *post operam*.