

## AUTOSTRADA (A1) : MILANO – NAPOLI

### AMPLIAMENTO ALLA QUARTA CORSIA DEL TRATTO MILANO SUD (Tang. Ovest) – LODI

#### PROGETTO ESECUTIVO

## DOCUMENTAZIONE GENERALE

### PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

#### RELAZIONE

#### IL PROGETTISTA SPECIALISTICO

Ing. Ferruccio Bucalo  
Ord. Ingg. Genova n.4940  
**RESPONSABILE MONITORAGGIO  
AMBIENTALE**

#### IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Francesca Di Noto  
Ord. Ingg. Milano N. 30472

#### IL DIRETTORE TECNICO

Ing. Orlando Mazza  
Ord. Ingg. Pavia N. 1496  
**PROGETTAZIONE NUOVE OPERE AUTOSTRADALI**

#### CODICE IDENTIFICATIVO

RIFERIMENTO PROGETTO				RIFERIMENTO DIRETTORIO						RIFERIMENTO ELABORATO				Ordinatore:																
Codice	Commessa	Lotto Cod.	Sub- Prog. Cod. Appalto	Fase	Capitolo	Paragrafo	tipologia	WBS progressivo	PARTE D'OPERA	Tip.	Disciplina	Progressivo	Rev.	00																
1	19959	L	L	O	P	E	D	G	P	M	A	0	0	0	0	0	0	0	0	R	M	A	M	0	0	0	1	-	1	SCALA: -



#### PROJECT MANAGER:

Ing. Ilaria Lavander  
Ord. Ingg. Milano N. 29830

#### REDATTO:

-

#### SUPPORTO SPECIALISTICO:

#### VERIFICATO:

-

#### REVISIONE

n.	data
0	NOVEMBRE 2017
1	GENNAIO 2018
2	-
3	-
4	-

#### VISTO DEL COMMITTENTE



IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO  
Ing. Stefano Storoni

#### VISTO DEL CONCEDENTE



**Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti**  
DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI ED IL PERSONALE  
STRUTTURA DI VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI

## INDICE

<b>1. INTRODUZIONE.....</b>	<b>3</b>
<b>2. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO .....</b>	<b>4</b>
2.1. DESCRIZIONE DELL'AREA DI INTERVENTO.....	4
2.2. DESCRIZIONE GENERALE DEL PROGETTO STRADALE .....	4
<b>3. DEFINIZIONE DEL PIANO DI MONITORAGGIO .....</b>	<b>7</b>
3.1. ASPETTI GENERALI E REQUISITI DEL PIANO DI MONITORAGGIO.....	7
3.2. COMPONENTI AMBIENTALI .....	9
3.2.1. <i>COMPONENTE ATMOSFERA</i> .....	9
3.2.2. <i>COMPONENTE RUMORE</i> .....	11
3.2.3. <i>COMPONENTE VIBRAZIONI</i> .....	12
3.2.4. <i>COMPONENTE ACQUE SUPERFICIALI</i> .....	13
3.2.5. <i>COMPONENTE ACQUE SOTTERRANEE</i> .....	14
3.2.6. <i>COMPONENTE VEGETAZIONE</i> .....	16
3.2.7. <i>COMPONENTE FAUNA</i> .....	17
3.2.8. <i>COMPONENTE SUOLO</i> .....	17
3.3. METODICHE DI RILEVAMENTO .....	18
3.3.1. <i>ATMOSFERA</i> .....	18
3.3.2. <i>RUMORE</i> .....	23
3.3.3. <i>VIBRAZIONI</i> .....	29
3.3.4. <i>COMPONENTE ACQUE SUPERFICIALI</i> .....	35
3.3.5. <i>COMPONENTE ACQUE SOTTERRANEE</i> .....	42
3.3.6. <i>COMPONENTE VEGETAZIONE</i> .....	44
3.3.7. <i>COMPONENTE FAUNA</i> .....	46
3.3.8. <i>COMPONENTE SUOLO</i> .....	48
<b>4. ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO .....</b>	<b>52</b>
4.1. COMPONENTE ANTROPICA .....	52
4.1.1. <i>ATMOSFERA</i> .....	52
4.1.2. <i>RUMORE</i> .....	54
4.1.3. <i>VIBRAZIONI</i> .....	57
4.2. COMPONENTE IDRICA .....	59
4.2.1. <i>ACQUE SUPERFICIALI ED ECOSISTEMI FLUVIALI</i> .....	59

4.2.2. ACQUE SOTTERRANEE.....	65
4.3. SETTORE NATURALE.....	69
4.3.1. VEGETAZIONE .....	69
4.3.2. FAUNA .....	70
4.3.1. SUOLO .....	71
<b>5. ASPETTI ORGANIZZATIVI.....</b>	<b>73</b>
5.1. STRUTTURA OPERATIVA .....	73
5.2. DEFINIZIONI SOGLIE MONITORAGGIO AMBIENTALE .....	74
5.3. PROCEDURE DI PREVENZIONE DELLE CRITICITÀ .....	75
<b>6. SISTEMA INFORMATIVO .....</b>	<b>77</b>

## TAVOLE

- **Tav. 1:** Corografia generale scala 1:25.000
- **Tav. 2-3:** Ubicazione dei siti di monitoraggio scala 1:5.000

## 1. INTRODUZIONE

Il presente documento costituisce la relazione generale del **Piano di Monitoraggio Ambientale** relativo al progetto di ampliamento alla quarta corsia dell'autostrada A1 nel tratto **Milano sud (Tang. Ovest) – Lodi**, tra la progressiva 4+882 (in corrispondenza della Tangenziale Ovest di Milano - A50) fino alla progressiva 21+922 ad esclusione della barriera di Milano Sud (dalla progressiva. km 8+668 alla progressiva km 9+254), per uno sviluppo complessivo di 16.524 km.

Sia per il tratto iniziale tra la Tangenziale Ovest e la barriera di Milano sud che per il tratto successivo dalla barriera allo svincolo di Lodi si prevede l'ampliamento alla 4° corsia della sede stradale. Il tratto corrispondente alla barriera di Milano Sud non necessita di intervento in quanto la sezione stradale è di larghezza idonea per raccordarsi con gli interventi di ampliamento alla quarta corsia a monte e a valle.

Il presente Piano di Monitoraggio è stato predisposto contestualmente al progetto definitivo come prescritto dall'ARPA Lombardia (prot. n. **147075** del 02.11.2001) che, richiede l'integrazione del SIA con una proposta di Piano di Monitoraggio Ambientale; inoltre il Piano recepisce le prescrizioni del DM n.0000385 del 31.12.2013

Scopo fondamentale del Piano è quello di operare un'azione di controllo sul territorio al fine di valutare gli effetti della costruzione delle opere autostradali fino alla loro entrata in esercizio, nonché l'efficacia delle opere di mitigazione.

In dettaglio, il Piano Integrato di Monitoraggio Ambientale si prefigge i seguenti obiettivi:

- analizzare le condizioni ante operam al fine di comprendere le dinamiche ambientali esistenti;
- garantire il controllo di situazioni specifiche, affinché sia possibile adeguare la conduzione dei lavori a particolari esigenze ambientali e sociali;
- verificare le interferenze ambientali che si possono manifestare per effetto della realizzazione dell'opera, distinguendole dalle alterazioni indotte da altri fattori naturali o legati alle attività antropiche del territorio estranee ai lavori autostradali;
- segnalare il manifestarsi di eventuali emergenze in modo da evitare lo sviluppo di eventi gravemente compromettenti per la qualità ambientale della zona;
- verificare l'efficacia dei provvedimenti adottati per la mitigazione degli eventuali impatti indotti dai lavori autostradali;
- controllare la fase di entrata in esercizio delle opere.

Prerogativa fondamentale del Piano di Monitoraggio è inoltre quella di configurarsi come strumento flessibile in grado di adattarsi, durante la fase di corso d'opera, ad una eventuale riprogrammazione delle attività di monitoraggio, (frequenze di campionamento, parametri da misurare, siti da monitorare, ecc.) a seconda delle specifiche esigenze e necessità che si potranno determinare nel corso dell'avanzamento dei lavori autostradali.

## 2. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

### 2.1. Descrizione dell'area di intervento

Il territorio in cui si colloca il tratto di autostrada A1 oggetto di ampliamento alla quarta corsia, nel tratto compreso tra Milano Sud (Tangenziale Ovest) e lo svincolo di Lodi, è caratterizzato dalla presenza di numerosi centri urbani più o meno densi e compatti, organizzati in un territorio con caratteristiche agricole ancora ben marcate. Tale configurazione territoriale fa emergere una importante ricorrenza di zone di confine, o di "bordo", tra aree urbanizzate ed agricole.

L'intervento, esteso per circa 16,5 Km, interessa i comuni di San Giuliano Milanese, Melegnano, Cerro al Lambro e San Zenone al Lambro, in provincia di Milano, Tavazzano, Lodi Vecchio e Borgo San Giovanni, in provincia di Lodi.

L'intera tratta autostradale è ripartita rispettivamente per le due province in:

- 10.84 km in provincia di Milano (pari al 66% dello sviluppo totale)
- 5.62 km in provincia di Lodi (pari al 34% dello sviluppo totale)

### 2.2. Descrizione generale del progetto stradale

L'intervento si sviluppa dalla progressiva 4+882 in corrispondenza della Tangenziale Ovest di Milano - A50, fino alla progressiva 21+922 ad esclusione della Barriera di Milano Sud (dalla progressiva Km 8+668 alla progressiva Km 9+254), per uno sviluppo complessivo di 16,524 Km.

Le modifiche progettuali apportate sono state tali da utilizzare quanto più possibile l'attuale sede stradale e conservare le opere d'arte già predisposte all'ampliamento, al fine di ridurre l'impatto ambientale ed economico dell'intervento.

Sono stati inseriti i raccordi clotoidici in corrispondenza delle prime due curve (R=2400 e R=2500), mantenendo comunque l'asse di progetto molto prossimo all'asse esistente e pressochè invariata la posizione planimetrica dello spartitraffico.

In particolare nel tratto della variante di Lodi Vecchio, realizzata da TAV nel 2005 (dalla progr. km 17+716 alla progr. km 21+176), viene mantenuto il tracciato esistente: andamento planimetrico, pendenze trasversali, spartitraffico esistente. Il progetto per questo tratto prevede unicamente l'ampliamento della sezione trasversale da tre a quattro corsie.

Per le clotoidi sia del tratto della variante sia del tratto precedente non risulta rispettato il criterio ottico; l'adozione di curve di transizione che rispettino anche tale criterio implicherebbe uno spostamento dell'asse tale da modificare completamente il sedime esistente con l'inevitabile demolizione e rifacimento dei cavalcavia.

Nell'ambito dell'intervento, è inoltre previsto l'adeguamento delle seguenti rampe:

- interconnessione tangenziale ovest A50 ad inizio intervento (km 4+882)
- svincolo di Melegnano – Binasco (km 8+200)
- area di Servizio S.Zenone (km 15+100)
- svincolo di Lodi (km 21+922)

Opere d'arte maggiori

Nel seguito si riportano i sottovia stradali e i ponti:

PONTI	Progressiva	Dimensioni
<i>Ponte sul Fiume Lambro L=147,20 m</i>	11+719	L=147.70
<i>Ponte sul Cavo Lorini- Marocco L=8.00m in retto L=11,30 m</i>	13+256	L=11.30
<i>Ponte sul Cavo Sillaro 1 L=14.00m in retto L=18,00m</i>	18+423	L=18,30
<i>Roggia Barbavara L=9,00 m</i>	21+315	L=9.00
<i>Cavo Sillaro 2 L=9,00 m</i>	21+783	L=9.00

Tali opere risalgono agli anni '60 (epoca di costruzione della A1) in corrispondenza delle attuali corsie di marcia veloce e marcia normale e agli anni '90 (intervento di ampliamento alla terza corsia) le attuali corsie di marcia lenta, ad eccezione del Ponte sul cavo Sillaro I (prog. km 18+423) che è stato realizzato nell'ambito della variante di Lodi Vecchio con i lavori della Linea Alta Velocità Milano-Bologna.

SOTTOVIA	Progressiva	Dimensioni
<i>Strada poderale SANGALLO L=5.00 m</i>	12+035	L=5,00
<i>Strada vicinale CEREGALLO L=5,00 m</i>	12+657	L=5,00
<i>Strada provinciale n° 115 via PIAVE L=7,00 m</i>	18+559	L=7,00

Tali opere risalgono agli anni '60 (epoca di costruzione della A1) in corrispondenza delle attuali corsie di marcia veloce e marcia normale e agli anni '90 (intervento di ampliamento alla terza corsia) le attuali corsie di marcia lenta, ad eccezione del sottovia della strada provinciale n. 115 via Piave che è stato realizzato nell'ambito della variante di Lodi Vecchio con i lavori della Linea Alta Velocità Milano-Bologna.

Cantierizzazione

Si prevede un **campo base** CB01 situato in un'area pianeggiante a sud dell'autostrada A1 esistente in prossimità del cavalcavia sulla provinciale SP204 nel comune di San Zenone di Lambro. Ha una superficie complessiva di circa 38.000 mq

E' diviso in due parti da un fosso irriguo esistente che viene mantenuto protetto da una fascia di rispetto per la sua manutenzione.

L'intera superficie viene pavimentata con l'eccezione delle zone al di sotto delle dune che svolgono la funzione di stoccare il materiale vegetale derivante dallo scotico dell'area che al termine dei lavori dovrà essere ripristinata.

Si prevede un cantiere **operativo principale operativo** CO01, nel quale troveranno sede l'impianto di betonaggio e quello di produzione dei conglomerati bituminosi.

L'area di cantiere ha una superficie di circa 25.000 mq ed ha una forma molto regolare quasi rettangolare delimitata da fossi irrigui esistenti

L'impianto di betonaggio è costituito da un piazzale di scarico degli inerti (avente un entrata dedicata), un'area di stoccaggio degli inerti, un'area di miscelazione del calcestruzzo, insonorizzata, con silos per cementi e additivi, un'area per il carico delle betoniere (per le quali potranno essere previsti dei tunnel afonici se necessari) e una vasca per il lavaggio delle betoniere.

### 3. DEFINIZIONE DEL PIANO DI MONITORAGGIO

#### 3.1. Aspetti generali e requisiti del Piano di Monitoraggio

Il presente Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA) è stato redatto e strutturato innanzitutto sulla base delle indicazioni presenti nel parere dell'Arpa Lombardia (prot. 147075 del 02/11/2011), oltre che delle Linee Guida emanate dal Ministero dell'Ambiente; tiene conto inoltre delle informazioni presenti nello Studio di Impatto Ambientale (SIA) del progetto in esame, nell'ambito del quale è stata condotta un'analisi dettagliata di tutte le componenti ambientali potenzialmente impattate dai lavori di realizzazione dell'intervento in oggetto.

La selezione delle componenti è stata operata anche in ottemperanza delle indicazioni e delle prescrizioni del sopra richiamato parere, di seguito brevemente sintetizzate:

- **è richiesta la predisposizione di un piano di un monitoraggio ambientale** da redigere secondo le Linee Guida della Commissione Speciale VIA nelle fasi ante operam, corso d'opera e post operam;
- **è richiesto un programma di monitoraggio della componente atmosfera** che preveda rilievi delle polveri sottili (PM10);
- **è richiesto un programma di monitoraggio della componente rumore**, che preveda campagne di rilevamento del clima acustico con le modalità ed i criteri contenuti nel DM 16.03.1998 anche in prossimità dei cantieri mobili
- **è richiesto un programma di monitoraggio per i corsi d'acqua interessati direttamente o tramite affluenti dai lavori.**
- **è richiesto un programma di monitoraggio quali/quantitativo delle acque sotterranee** in fase ante operam, corso d'opera e post operam in corrispondenza di captazioni e piezometri ubicati nella fascia di influenza dei lavori.
- **è richiesto un programma di monitoraggio del suolo** accantonato in cumuli in seguito alle attività di rimozione dello strato superficiale di terreno in corrispondenza dei campi base e dei cantieri.

Inoltre è stato improntato il monitoraggio della componente fauna e della componente vegetazione nelle aree più sensibili indicate dallo Studio d'Impatto Ambientale.

Il Piano di Monitoraggio, che recepisce quindi le indicazioni riportate nel parere Arpa, è articolato sui settori ambientali individuati e oggetto di monitoraggio nelle fasi **ante operam**, **corso d'opera** e **post operam**.

L'esatta localizzazione dei punti di misura potrà subire variazioni durante la fase ante operam in base a richieste degli Enti di Controllo ed alla disponibilità dei proprietari delle aree in cui verranno eseguite le misure. Al termine della fase ante operam, al fine di definire i valori di tutela ambientale che esprimano effettivamente la compatibilità con le attività previste per la realizzazione del progetto autostradale, saranno stabilite le **soglie di azione** da attribuire ai principali indicatori ambientali individuati per le diverse componenti monitorate.

Di seguito si riportano alcune considerazioni sintetiche suddivise per settore ambientale e relative ai vari aspetti analizzati durante la stesura e la definizione del Piano di Monitoraggio Ambientale.



### Settore Antropico

Dato il non elevato grado di urbanizzazione della zona interessata dall'intervento, le componenti più strettamente legate alla sfera antropica, in particolare la **qualità dell'aria** e il **clima acustico**, non risultano particolarmente vulnerabili e sensibili. E' stata comunque definita e strutturata una rete di monitoraggio ambientale dedicata ai suddetti aspetti e suddivisa nelle seguenti componenti ambientali: Atmosfera e Rumore.

La componente **vibrazioni**, non rappresenta un elemento di criticità per la tipologia di opera in esame in quanto i punti ad elevata sensibilità sono distanti dal nuovo tracciato autostradale; tuttavia nel Piano sono state considerate le finalità e le metodiche di monitoraggio che potranno essere attivate su ricettori in caso di segnalazione durante la fase di corso d'opera.

### Settore Idrico

Gli interventi previsti in corrispondenza di ponti, viadotti e attraversamenti fluviali, con la realizzazione di opere in alveo, quali sistemazioni spondali, guadi provvisori e ampliamento di pile e spalle e la presenza di interventi di rimodellamento morfologico di alcune zone con significativi movimenti di materiale, richiedono una particolare attenzione al controllo e al monitoraggio dei corsi d'acqua, con particolare riferimento agli aspetti di qualità delle acque e degli ecosistemi fluviali. All'interno del Piano di Monitoraggio Ambientale è stata quindi prevista la componente ambientale legata a tali aspetti, denominata nel seguito Acque Superficiali ed Ecosistemi Fluviali.

Gli interventi in progetto comporteranno la presenza di acque di dilavamento nelle aree adibite a cantiere e una produzione di acque reflue generate dalle attività di cantiere. Tali acque potrebbero infiltrarsi nel terreno e modificare lo stato qualitativo delle acque sotterranee in prossimità dell'intervento; per questo motivo all'interno del PMA è stata inserita anche la componente Acque Sotterranee.

### Settore Naturale

L'area di indagine, per tutta la sua percorrenza, appartiene al distretto geo-botanico della bassa pianura alluvionale, caratterizzata dalla mancanza di rilievi e influenzata dalle trasformazioni antropiche, che hanno determinato la scomparsa pressoché totale della componente boscata. Si rilevano infatti per lo più cenosi artificiali derivate dalla trasformazione antropica, in considerazione del fatto che l'intero ambito territoriale attraversato risulta o urbanizzato e/o destinato alla coltivazione agricola intensiva, lasciando solamente limitatissime aree ad assetto naturaliforme. Per quanto riguarda la fauna presente nella zona di intervento, l'area non presenta condizioni ambientali di particolare pregio in grado di annoverare numerose specie. In generale può essere affermato che le rilevanti trasformazioni antropiche e la pratica agricola intensiva hanno notevolmente ridotto la potenziale presenza di specie faunistiche.

Gli impatti principali sulla componente floristico-vegetazionale sono da attribuire alla sottrazione di habitat dovuta alla costruzione del nuovo tracciato ed alle opere accessorie (cantieri e viabilità di servizio) ed ai cambiamenti ambientali stagionali indotti da alterazioni indirette come la modifica delle condizioni di umidità del suolo, l'inquinamento idrico ed atmosferico o a modifiche dell'esposizione alla luce. Relativamente alla fauna gli impatti maggiori sono da attribuire, come per la vegetazione, alla sottrazione di habitat, all'effetto barriera che l'infrastruttura e le opere accessorie possono determinare, dal disturbo indotto dalle lavorazioni e dall'inquinamento atmosferico ed idrico.

Per controllare le dinamiche vegetazionali e faunistiche si è quindi approntato un programma di rilievi idoneo alla verifica di tali fenomeni.

Relativamente alla componente suolo, in seguito ad alcune indagini eseguite si è evidenziato un totale rispetto dei limiti vigenti previsti in colonna B, Tabella 1, D.Lgs. 152/2006, Parte Quarta, Titolo V, Allegato 5, accettabili per le sostanze presenti nel suolo e sottosuolo di siti a destinazione d'uso industriale e commerciale, quali sono considerate le aree interessate dal tracciato autostradale.

In relazione ai valori di concentrazione limite indicati in Colonna A, accettabili per le sostanze presenti nel suolo e sottosuolo di siti a destinazione d'uso verde pubblico, verde privato e residenziale, sono stati riscontrati alcuni superamenti relativamente alla classe analitica dei metalli pesanti. Circa l'80% dei campioni di terreno presenta una concentrazione in Stagno leggermente superiore a 1 mg/kg, Concentrazione Soglia di Contaminazione (CSC) prevista per le aree residenziali o a verde pubblico/privato: il valor medio nei campioni esaminati è, infatti, pari a circa 2,41 mg/kg. Considerando l'entità e la tipologia di tale metallo pesante, la presenza di Stagno risulta essere imputabile alle caratteristiche chimiche tipiche del background naturale. Il limite previsto dalla normativa per lo Stagno risulta restrittivo, poiché non è stata tenuta nella dovuta considerazione la concentrazione di fondo naturale nelle matrici geoambientali: il limite di legge si riferisce, infatti, allo Stagno elementare e non alla componente tossica dei composti organo-stannici (ARPA Piemonte "Rapporto sullo stato dell'ambiente – Regione Piemonte" 2006). Concentrazioni in Piombo superiori ai succitati limiti previsti per aree residenziali e verde pubblico/privato sono stati riscontrati in un solo campione di suolo: l'origine di tale presenza è più probabilmente connessa al traffico veicolare.

Per controllare nel tempo le variazioni delle caratteristiche chimico-fisiche e di fertilità del suolo che possono essere causate dalle lavorazioni, è stato approntato un piano di monitoraggio che si sviluppa nella fase di ante operam, corso d'opera e post operam.

## **3.2. Componenti ambientali**

### **3.2.1. Componente atmosfera**

Le problematiche legate all'inquinamento atmosferico riguardano le situazioni di impatto che possono verificarsi sia durante la realizzazione dell'opera che nella fase di esercizio dell'infrastruttura stradale.

La diffusione di polveri che si verifica nell'ambiente esterno in conseguenza delle attività di cantiere, dell'apertura di cave e depositi, dei lavori di scavo, della movimentazione di materiali da costruzione e di risulta lungo la viabilità di cantiere e sulle sedi stradali ordinarie, rappresenta un problema molto sentito dalle comunità locali per due ordini di considerazioni:

- gli ambiti spaziali interessati dai fenomeni di dispersione e di sedimentazione del materiale particolato sono rappresentati da aree urbanizzate o coltivate, nelle quali è possibile l'insorgere di problemi sanitari o di danni materiali;
- la dispersione e sedimentazione di polveri ha effetti vistosi e immediatamente rilevabili dalla popolazione; si tratta infatti di fenomeni visibili anche a distanza (nubi di polveri), che hanno la possibilità di arrecare disturbi diretti agli abitanti (deposito di polvere sui balconi, sui prati, sulle piante da frutto, sulle aree coltivate, etc.).

Le campagne di monitoraggio ante operam e in fase di cantierizzazione hanno pertanto l'obiettivo primario di valutare gli incrementi dei livelli di concentrazione delle polveri aerodisperse in corrispondenza di particolari ricettori, al fine di individuare le possibili criticità e di indirizzare gli interventi di minimizzazione.

Il monitoraggio ante operam avrà lo scopo di fornire una base di riferimento aggiornata, per quanto riguarda le concentrazioni di fondo delle polveri nelle aree e nei punti in cui le attività di cantiere potranno determinare un significativo impatto.

Le fasi operative, che durante la realizzazione dell'intervento in progetto possono essere particolarmente critiche per l'emissione di polveri, sono le seguenti:

- operazioni di scotico delle aree di cantiere;
- formazione dei piazzali e della viabilità di cantiere;
- esercizio degli impianti di betonaggio;
- movimentazione dei materiali sulla viabilità ordinaria e di cantiere;
- attività dei mezzi d'opera nelle aree di deposito.

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

La caratterizzazione della qualità dell'aria viene effettuata mediante una serie di rilievi in punti di monitoraggio fisicamente coincidenti con i ricettori interessati dalle attività di cantiere.

Al fine di comporre un quadro conoscitivo dettagliato dei livelli di inquinamento atmosferico e delle sue cause negli ambiti territoriali interessati dal progetto di monitoraggio è fondamentale definire preliminarmente i criteri utilizzati per la scelta dei punti di misura e individuare i fattori la cui variazione potrebbe causare la necessità di modificare il piano ipotizzato.

Questo problema è particolarmente sentito nelle fasi di corso d'opera, quando è più facile che l'organizzazione dei cantieri e della viabilità annessa sia soggetta a modifiche determinate da esigenze di ottimizzazione delle tipologie e delle fasi di lavorazione.

I punti di monitoraggio destinati a completare il quadro di riferimento ante operam sono stati selezionati considerando:

- le caratteristiche di sensibilità del sistema ricettore prossimo ai tracciati autostradali;
- le caratteristiche di sensibilità del sistema ricettore prossimo ai cantieri principali e secondari;
- le caratteristiche di sensibilità del sistema ricettore prossimo alla viabilità di corso d'opera a servizio dei cantieri.

I punti di monitoraggio per il corso d'opera sono stati selezionati considerando:

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

Il monitoraggio in corso d'opera sarà effettuato sui medesimi punti selezionati in fase ante operam, per caratterizzare la qualità dell'aria nelle aree che saranno interessate dalle attività di cantiere, cave, depositi e viabilità di servizio.

I punti di monitoraggio per il post operam sono stati selezionati considerando le caratteristiche di sensibilità del sistema ricettore prossimo ai tracciati autostradali; il monitoraggio sarà ripetuto sui medesimi punti selezionati in fase ante operam, per caratterizzare la qualità dell'aria delle aree interessate dall'attuale esercizio.

La localizzazione precisa dei punti di monitoraggio riportata nelle tavole allegate potrà essere oggetto di integrazioni e modifiche in base alle specifiche esigenze che eventualmente dovessero emergere nelle singole fasi di attività (ante, corso e post operam) ed a seguito di sopralluoghi da parte degli Enti competenti.

### 3.2.2. Componente rumore

Il controllo del rumore nelle aree interessate dal progetto si configura, nella fase di monitoraggio ante operam, come strumento di conoscenza dello stato attuale dell'ambiente finalizzato alla verifica degli attuali livelli di qualità, al rispetto dei limiti normativi e al controllo delle situazioni di degrado, per poi assumere in corso d'opera e in esercizio il ruolo di strumento di controllo della dinamica degli indicatori di riferimento e dell'efficacia delle opere di mitigazione sia in termini di azioni preventive che di azioni correttive.

Il monitoraggio ante operam ha lo scopo di fornire una esaustiva ed aggiornata base di riferimento dei livelli e delle dinamiche degli indicatori di rumore in un insieme di aree e punti relativi al tracciato autostradale attuale, alle aree e viabilità di cantiere e al tracciato autostradale di progetto.

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

- aree attraversate dall' infrastruttura attuale già ora "sofferenti" (nuclei abitati);
- aree di massima interazione opera-ambiente, con particolare attenzione agli effetti sinergici determinati da sorgenti di rumore presenti sul territorio;
- principali centri abitati attraversati da mezzi di cantiere;
- presenza di ricettori particolarmente vulnerabili (scuole, ospedali, ecc.);
- aree attualmente silenziose per le quali può essere prevista una accentuata dinamica negativa degli indicatori.

Nelle fasi di realizzazione dell'opera si verificheranno le emissioni di rumore di tipo continuo (impianti fissi, lavorazioni continue), discontinuo (montaggi, traffico mezzi di trasporto, lavorazioni discontinue) e puntuale. Le principali emissioni dirette e indirette di rumore derivanti dalle attività del corso d'opera sono attribuibili alle fasi sotto indicate:

- costruzione del tracciato;
- esercizio dei cantieri industriali e dei campi base;
- costruzione o adeguamento della viabilità di cantiere;
- movimentazione dei materiali di approvvigionamento ai cantiere
- movimentazione dei materiali di risulta alle aree di deposito
- attività dei mezzi d'opera nelle aree di deposito
- esercizio delle aree di deposito.

La localizzazione precisa dei punti di monitoraggio riportata nelle tavole allegate potrà essere oggetto di integrazioni e modifiche in base alle specifiche esigenze che eventualmente dovessero emergere nelle singole fasi di attività (ante, corso e post operam)

ed a seguito di eventuali sopralluoghi e/o di richieste di Enti amministrativamente competenti.

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

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

Le metodiche di monitoraggio e la strumentazione impiegata considerano i riferimenti normativi nazionali e gli standard indicati in sede di unificazione nazionale (norme UNI) ed internazionale (Direttive CEE, norme ISO) e, in assenza di prescrizioni vincolanti, i riferimenti generalmente in uso nella pratica applicativa.

Le metodiche di monitoraggio sono inoltre definite in relazione alla variabilità del rumore da caratterizzare e alla attendibilità della stima richiesta nella singola postazione di misura.

### 3.2.3. Componente vibrazioni

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

Queste verifiche riguardano in generale gli effetti di "annoyance" sulla popolazione, gli effetti su edifici e beni storico-monumentali di particolare rilevanza e gli effetti di interferenza con attività produttive ad alta sensibilità.

Nel caso specifico il monitoraggio è limitato alle sole strutture residenziali e produttive in quanto si ritiene che l'entità delle vibrazioni prodotte sia dall'autostrada sia dai cantieri siano tali da non provocare danni ad eventuali infrastrutture (oledotti, acquedotti, ecc.) che interferiscono con l'opera oggetto del monitoraggio.

Il monitoraggio ante operam delle vibrazioni ha lo scopo primario di fornire una base di conoscenza dei livelli di vibrazione in un insieme di aree che saranno interessate dalle attività di costruzione dell'infrastruttura stradale.

Il progetto di monitoraggio individua i seguenti ambiti di intervento:

- caratterizzazione dei livelli di fondo ambientale nelle aree più significative, attualmente non interessate o debolmente interessate da sorgenti di vibrazioni, al fine del confronto ante operam/corso d'opera
- caratterizzazione dei livelli ante operam in corrispondenza di punti particolarmente sensibili o prossimi a sorgenti di emissione già operanti (rilevanze architettoniche, storico-culturali, ricettori prossimi a viadotti dotati di giunti, prossimi alla linea FS, prossimi a scavi di gallerie, etc.), al fine del confronto ante operam/corso d'opera.

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

Il monitoraggio delle vibrazioni in corso d'opera ha tre finalità:

- documentare la variazione dei livelli di vibrazione rispetto all'ante operam

- verificare il rispetto dei limiti normativi
- svolgere una azione preventiva e di controllo nei casi di superamento degli standard.

Nelle fasi di realizzazione, i cantieri mobili lungo i tracciati dell'autostrada ospitano generalmente le sorgenti di vibrazioni più significative. Infatti in tale fase le lavorazioni che arrecheranno maggiori disagi saranno legate all'infissione dei micropali e alla compattazione dei rilevati con rulli vibranti.

Anche i cantieri fissi principali e di lavoro sono aree con presenza di sorgenti di vibrazioni significative.

La movimentazione dei materiali di approvvigionamento o di risulta lungo la viabilità di cantiere comporta una emissione di vibrazioni che può risultare significativa solo se localizzata in corrispondenza di edifici residenziali ad elevata densità abitativa. Le piste di cantiere sono in corrispondenza dell'A1 o parallele a quest'ultima, quindi l'impatto vibrazionale legato alle viabilità può essere ritenuto trascurabile.

Le principali emissioni di vibrazioni derivanti dalle attività di cantiere sono attribuibili alle seguenti fasi:

- scavi;
- formazione dei rilevati (vibrocompattatori);
- scavo dei pali di fondazione (sistemi a scalpello o a percussione): pali di grande diametro e micropali.

Il progetto di monitoraggio identifica le aree problematiche e i punti di massima esposizione potenziale, fermo restando che le indagini in merito alle specifiche fasi di attività che verranno monitorate dovranno essere svolte preventivamente ai momenti di massimo utilizzo di macchine ed attrezzature, al fine di poter fornire elementi utili alla prevenzione dell'annoyance o del danno.

### 3.2.4. Componente acque superficiali

L'idrografia della zona interessata dall'intervento è quella tipica della media pianura padana lombarda: si tratta di un'area pianeggiante di origine alluvionale altamente sfruttata a scopo agricolo e solcata da numerosi cavi irrigui. Il reticolo idrografico naturale è costituito essenzialmente dal Fiume Lambro (unica interferenza appartenente al reticolo idrico principale) scavalcato in viadotto; tutte le altre aste interferenti sono rogge o canali di irrigazione artificiali, a volte anche di notevole larghezza, scavalcate con ponti, ponticelli o tombini. I corsi d'acqua principali, secondari e minori determinano interferenze con il tracciato autostradale in oggetto di rilevanza progressivamente decrescente passando dal Fiume Lambro, alle Rogge consorziali, ai più modesti fossati irrigui privati. L'interferenza più rilevante è senza dubbio quella relativa al ponte sul Lambro, per il rischio idraulico connesso ai regimi idrometrici di tale fiume, in relazione all'estensione del suo bacino imbrifero e alle criticità dei suoi numerosi affluenti di monte. Ben diversa è la situazione inerente ai restanti corsi d'acqua, le cui portate vengono per lo più regolate a scopo irriguo con paratoie, sostegni, partitori e altri manufatti dai rispettivi Consorzi. Tale regolazione si ripercuote poi anche sul reticolo minore dei fossati gestiti dai privati.

Il progetto prevede l'ampliamento e l'adeguamento di vari ponti e ponticelli; sono inoltre previsti vari interventi di sistemazione e regimazione idraulica. Durante le lavorazioni inoltre i corsi d'acqua e le aree perifluviali possono essere interessate dalla realizzazione di piste di cantiere e viabilità di servizio necessarie all'esecuzione degli interventi di progetto.

Il Piano di Monitoraggio Ambientale per il settore delle acque superficiali ha quindi lo scopo di definire un sistema di controllo quali-quantitativo del reticolo idrografico, al fine di valutare le potenziali alterazioni indotte dalle opere autostradali in fase di realizzazione e di esercizio.

La rete dei punti di controllo è stata definita sulla base del progetto autostradale, considerato nella sua globalità (tracciato e opere d'arte, aree di cantiere e campi base, viabilità di servizio, sistemazioni idrauliche e idrogeologiche, aree di deposito) e sulla base dell'inquadramento ambientale del progetto dal punto di vista del sistema idrografico, con particolare attenzione agli aspetti idrologico-idraulici e di qualità delle acque, tenendo conto degli effetti potenzialmente verificabili sul comparto idrico superficiale.

Le alterazioni potenzialmente attuabili sul sistema idrografico nel corso dei lavori sono riferibili a tre categorie di effetti:

- modificazione delle condizioni di deflusso (livelli, velocità, assetto dell'alveo), prodotte dall'inserimento di opere in alveo definitive o provvisorie;
- modificazione delle caratteristiche di qualità fisico-chimica dell'acqua provocate dalle attività costruttive, e/o dallo scarico di sostanze inquinanti derivanti dalle lavorazioni e dagli insediamenti civili di cantiere;
- modificazioni delle caratteristiche di qualità dell'ambiente fluviale complessivo, a seguito di alterazioni dell'habitat nei comparti idraulico, morfologico, chimico-fisico, biologico, vegetazionale (provocate da attività antropiche quali lavorazioni in alveo con mezzi meccanici, scarico di materiali in alveo ecc).

Inoltre le eventuali alterazioni e impatti possono avere rilevanza a scala locale, in prossimità di una lavorazione puntuale, o a scala più ampia, a causa della propagazione verso valle di eventuali contaminazioni, o semplicemente a causa della continuità territoriale del reticolo idrografico. I punti di controllo verranno quindi posizionati in modo da:

- monitorare i corpi idrici a monte e a valle dell'interferenza;
- monitorare gli effetti verso valle delle eventuali contaminazioni;

Il Piano di Monitoraggio riguarderà i corsi d'acqua della rete idrografica superficiale principale interagenti con il tracciato autostradale, secondo un'impostazione di indagini per campagne.

### **3.2.5. Componente acque sotterranee**

Dal punto di vista dell'idrogeologia, è possibile proporre la suddivisione (riportata nella tabella che segue) come sintesi della descrizione tradizionalmente adottata per la struttura idrogeologica della pianura lombarda.

Sottounità	Unità idrogeologica		Caratteri idrogeologici	Spessore	
				Alta pianura	Bassa pianura
Alluvioni e fluvioglaciale recente	Acquifero superficiale o primo acquifero	Acquifero tradizionale	Falde libere, di elevata trasmissività nella parte alta della pianura (Milano compresa)	In media 40 m	Circa 10 m
Fluvioglaciale antico o "Diluvium Medio"	Secondo acquifero		Falde semiconf. nell'alta pianura, confinate nella media e bassa pianura, trasmissività media	In media 80 m	In media 120 m
Fluvioglaciale antico o "Diluvium Antico"					
Ceppo Lombardo					
Acquifero sotto il Ceppo Lombardo					
Villafranchiano	Acquifero profondo o terzo acquifero	Falde confinate, trasmissività scarsa	Circa 150 m		

**Figura 1** Serie idrogeologica della pianura lombarda (Regione Lombardia, 2001)

Nella parte settentrionale della pianura lombarda la superficie di contatto fra i primi due acquiferi è molto estesa in quanto i livelli argilloso-limosi che separano gli acquiferi non hanno grande continuità laterale. A valle dei depositi glaciali la struttura geologica dell'alta pianura è caratterizzata da canali permeabili, profondamente scavati all'interno di sedimenti più antichi. Tali canali costituiscono acquiferi intercalati da diaframmi argilloso-limosi. La mancanza di continuità di questi ultimi favorisce l'interconnessione della prima e della seconda falda, tanto da poter considerare il sistema delle due falde come un unico complesso acquifero monostrato. Verso Sud i livelli argillosi impermeabili s'ispessiscono ed estendono sempre più tanto che nella media e bassa pianura è possibile individuare falde in pressione che formano il secondo acquifero. I carichi idraulici attribuibili alla prima e alla seconda falda si differenziano gradualmente dalla media alla bassa pianura, dove gli interscambi fra i due acquiferi sono più ridotti. Dal punto di vista idrogeologico emergono i seguenti elementi:

- la distinzione di tre acquiferi principali, che saranno indicati come "superficiale" o primo acquifero, "secondo acquifero" e "acquifero profondo" o terzo acquifero; i primi due acquiferi costituiscono nel loro insieme quello che normalmente è identificato come "acquifero tradizionale";
- la grande importanza delle irrigazioni e dei corsi d'acqua nell'alimentazione delle falde;
- il rilevante apporto di acque per drenanza dalla prima falda verso quella più profonda (falda profonda), per la quale costituisce un elemento decisivo nel determinarne il bilancio.

Localmente, soprattutto in coincidenza dei corsi d'acqua che svolgono un'azione drenante (come ad esempio il Ticino), si può avere una riduzione dell'alimentazione dalla prima alla seconda falda o, addirittura, un'inversione di tendenza con passaggio di acqua da quella più profonda a quella più superficiale (e la probabile depressurizzazione di quest'ultima). Nello schema della struttura idrogeologica rappresentato precedentemente sono riportate le condizioni descritte che danno luogo a tre acquiferi ben distinti e poggianti su un substrato roccioso terziario formato da depositi marini poco permeabili. Entro questi ultimi sono ancora reperibili acque sotterranee di cui però si hanno solo conoscenze limitate.



Nell'ambito del progetto definitivo di ampliamento della quarta corsia dell'autostrada A1 nel tratto Milano sud (Tang. Ovest) – Lodi, i maggiori impatti determinabili in fase di cantiere sull'ambiente idrico sono riconducibili a rischi di tipo ambientale per inquinamento delle acque sotterranee causati da sversamenti accidentali di sostanze inquinanti durante il transito di mezzi operativi, dal rilascio di acque reflue domestiche e di lavorazione e dall'approvvigionamento di acque ad uso cantiere dai corsi d'acqua e dalle falde superficiali. Tali rischi si concentrano in corrispondenza del Cantiere operativo per impianti di produzione conglomerati bituminosi (progr. 13+200, lato carreggiata Nord, Comune di San Zenone al Lambro) e dell'area adibita a Cantiere operativo, campo base e caratterizzazione terre (progr. 13+800, lato carreggiata Sud, Comune di San Zenone al Lambro).

Il Piano di Monitoraggio delle acque sotterranee, articolato in indagini su sorgenti, pozzi, piezometri e misure in corrispondenza delle gallerie è orientato ai seguenti aspetti:

- certificazione dello stato quali-quantitativo dei corpi idrici nella situazione precedente l'avvio dei lavori;
- controllo dei corpi idrici nella fase di cantiere.

I criteri per la definizione degli elementi della rete di monitoraggio sono basati sulla considerazione del rischio di interferenza tra opere in progetto e corpi idrici sotterranei in relazione a quanto emerso dagli studi idrogeologici e in base alla rilevanza socio-economica di ogni captazione.

### 3.2.6. Componente Vegetazione

La realizzazione dell'autostrada può provocare modifiche ed alterazioni delle caratteristiche della vegetazione dell'area.

Il monitoraggio della vegetazione, previsto nelle tre fasi ante operam, di corso d'opera e post operam, è mirato ad individuare l'eventuale presenza, e nel caso l'entità, dei seguenti potenziali fattori di impatto sulla vegetazione, individuati nella fase di Studio di Impatto Ambientale:

- alterazione della struttura della vegetazione e del patrimonio floristico;
- impatto sulla vegetazione per inquinamento e/o depauperamento dell'ambiente idrico;
- impatto sulla vegetazione per emissioni gassose in atmosfera;
- impatto sulla vegetazione per sollevamento di polveri;
- impatto sulla vegetazione per alterazioni prodotte dai mutamenti morfologici (scavi, riporti, depositi di inerti) e dall'introduzione di infrastrutture (viadotti, rilevati, ecc.);
- impatto sulla vegetazione per modifica della struttura e tessitura del suolo (ad es. fenomeni di costipazione del suolo).

La scelta delle aree di monitoraggio è stata effettuata considerando la tipologia dell'opera (tracciato, viabilità di servizio, cantieri, aree di deposito, aree estrattive), alla luce di quanto è emerso dal SIA, in quanto a caratteristiche vegetazionali e criticità.

Inoltre sono previsti dei siti di controllo lontani dai cantieri e da possibili fonti di alterazione per affinare l'interpretazione delle dinamiche vegetazionali delle formazioni oggetto delle attività di cantiere. Il numero e la tipologia dei siti di controllo sono correlati alle tipologie vegetazionali individuate ed alla concreta reperibilità di formazioni non disturbate.

### 3.2.7. Componente Fauna

Il Piano di Monitoraggio si pone come obiettivo la verifica degli impatti attesi in seguito alle opere di progetto (nuovo tratto autostradale, cantieri e viabilità di servizio connesse).

La proposta di monitoraggio si basa sull'analisi di gruppi zoologici, in modo da permettere una più attenta valutazione del grado di funzionalità ecologica degli habitat monitorati.

In generale il monitoraggio della fauna tenderà a verificare la diversa presenza delle specie in relazione a:

- la sottrazione di habitat e/o di fonti alimentari per la fauna nelle diverse aree interessate dall'opera;
- il possibile disturbo alla fauna da inquinamento acustico;
- l'impatto sulla fauna per inquinamento dell'ambiente idrico;
- l'impatto sulla fauna per alterazioni prodotte dai mutamenti morfologici (scavi, riporti, depositi di inerti);
- l'impatto sulla fauna per alterazioni prodotte dai mutamenti delle condizioni idrologiche ed idrografiche (es. intercettazione di fossi e scoline; modificazione della velocità dell'acqua per difese trasversali, pile di viadotti, ecc.);
- l'introduzione di infrastrutture (rilevati, ecc.) che determinano un effetto barriera nei confronti degli spostamenti della fauna terrestre.

Come principio generale per tutti gli indicatori faunistici, nella fase di posizionamento dei rilievi verrà adottato uno schema spaziale lungo transetti a distanza crescente dalle opere (strade e/o cantieri). Questa disposizione permetterà di valutare l'entità dell'estensione dell'impatto attraverso il confronto con la situazione ante operam, senza ricorrere al monitoraggio in aree di "controllo" posizionate lontano dalle opere e difficilmente paragonabili con le aree sperimentali. Tali aree, infatti, non possono di fatto essere individuate in maniera da avere come unica variabile differente il passaggio o meno del tracciato autostradale, in quanto il territorio attraversato presenta continue variazioni geomorfologiche e microclimatiche, anche a breve distanza, le quali non rendono attendibile il confronto con le aree di impatto.

### 3.2.8. Componente Suolo

La realizzazione di un'opera produce, sia nella fase di realizzazione che in quella di esercizio, un impatto più o meno significativo sulla qualità dei suoli; le attività in progetto comportano infatti il rischio di degradazione dei terreni sia nella fase di cantiere che nella fase di esercizio dell'opera.

Tra le principali cause di deterioramento del suolo si evidenziano gli spostamenti temporanei o permanenti di terre, il deterioramento delle qualità fisiche e biologiche della porzione superficiale del suolo per il passaggio ripetuto di mezzi pesanti e lo stazionamento di materiali nella fase di realizzazione dell'opera, l'inquinamento chimico causato in particolare da metalli pesanti e da oli minerali, la perdita di suolo e il rischio di alterazione del regime di umidità.

Il monitoraggio sarà volto quindi a verificare l'eventuale presenza e, nel caso in cui la presenza venga confermata, l'entità dei seguenti potenziali fattori di interferenza sulla componente ambientale individuati in fase di Studio di Impatto Ambientale:

- alterazione delle caratteristiche fisiche;

- alterazione delle caratteristiche chimiche;

Per definire la localizzazione dei siti di monitoraggio si sono prese in considerazione le seguenti tipologie di superfici connesse all'opera:

- cantieri;
- campi base.

### 3.3. Metodiche di rilevamento

#### 3.3.1. Atmosfera

Il Piano di monitoraggio utilizza una serie di metodiche standardizzate, in grado di garantire la rispondenza agli obiettivi specifici dell'indagine ed una adeguata ripetibilità, queste metodiche sono:

- Metodica A1: misura della qualità dell'aria per 30 giorni con mezzo mobile strumentato;
- Metodica A2: misura delle polveri sottili PM10 per 15 giorni in prossimità di aree di cantiere;

#### **METODICA A1- Rilievo qualità aria con mezzo mobile strumentato**

Tale metodica di monitoraggio ha come finalità la determinazione dell'inquinamento prodotto da traffico veicolare in prossimità dell'autostrada, dei cantieri e delle viabilità di cantiere.

Le campagne di misura della qualità dell'aria con mezzo mobile strumentato (Metodica A1) vengono definite attraverso delle procedure di misura che permettono di valutare il rispetto dei limiti legislativi e eventuali variazioni di concentrazioni conseguenti alla realizzazione del progetto.

Le attività caratterizzanti tale metodica di monitoraggio comprendono:

- Installazione ed allestimento del mezzo mobile
- Posizionamento dei sensori
- Calibrazione e taratura della strumentazione
- Messa in opera e test dei sistemi di acquisizione, memorizzazione, elaborazione, stampa e trasmissione dei dati
- Esecuzione delle campagne di misura dei parametri chimici e meteorologici
- Elaborazione dei dati

Dopo aver effettuato i sopralluoghi sui siti di misura si procederà all'allestimento ed installazione del mezzo mobile che dovrà disporre di un sistema di acquisizione e validazione dei dati e di un sistema di gestione e stampa/trasmissione dei dati raccolti.

I parametri chimici di cui verrà effettuata la misura sono: monossido di Carbonio (CO), ossidi di azoto (NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>), frazione respirabile delle particelle sospese (PM10, PM2.5), benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), ozono (O<sub>3</sub>), BaP (secondo le indicazioni del DMA del 25/11/94, del D. Lgs. 152 del 3.08.07 e del D. Lgs. 155 del 13.08.10).

Il BaP verrà determinato in tutti i periodi di monitoraggio previsti. Tale inquinante andrà analizzato su campioni aggregati che permettano di valutare la variabilità tra i giorni festivi e

feriali. Anche i metalli Cd e Ni, As, Pb andranno determinati su campioni aggregati (secondo le indicazioni del D. Lgs. 155 del 13.08.10).

Inoltre nel corso della misura degli inquinanti da traffico saranno rilevati anche i parametri meteorologici (velocità e direzione del vento, temperatura dell'aria, precipitazioni, radiazione solare globale, pressione atmosferica, umidità relativa).

I risultati delle misure saranno riportati nella relazione/bollettino di riferimento.

I parametri monitorati sono riportati nella Tabella 1, nella quale per ogni inquinante viene indicato il tempo di campionamento, l'unità di misura e le eventuali elaborazioni statistiche particolari da effettuare sui dati. Su tutti i parametri dovranno essere comunque svolte le elaborazioni statistiche classiche ossia, massimo, minimo e deviazione standard effettuate sui valori rilevati secondo il tempo di campionamento indicato in tabella.

Parametro	Campionamento	Unità di misura	Elaborazioni statistiche
CO	1h	mg/m <sup>3</sup>	Media su 8 ore / Media oraria
NO, NO <sub>2</sub>	1h	µg/m <sup>3</sup>	media su 1 h
NO <sub>x</sub>	1h	µg/m <sup>3</sup>	media su 1 h
PM10	24 h	µg/m <sup>3</sup>	media di periodo su 24 h <sup>(1)</sup>
PM2.5	24 h	µg/m <sup>3</sup>	media di periodo su 24 h <sup>(1)</sup>
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	1 h	µg/m <sup>3</sup>	media di periodo su 24 h <sup>(1)</sup>
O <sub>3</sub>	1 h	µg/m <sup>3</sup>	media di periodo su 1 h

<sup>(1)</sup> Verrà eseguita sulle misure acquisite

Tabella 1 - Inquinanti da monitorare

Nel caso in cui non si riesca ad acquisire la quantità di dati prevista con la campagna di misura (ad esempio in una campagna di 15 giorni per le PM10, dato che il tempo di campionamento è il giorno, dovranno essere acquisiti 15 dati) la stessa verrà prolungata di un periodo che permetta di raggiungere tale quantità. Le elaborazioni statistiche verranno effettuate su tali dati acquisiti anche se non conseguenti temporalmente.

Per quanto concerne i percentili k-esimi si procederà nel seguente modo:

dato un numero N di campionamenti, ordinati i valori della concentrazione in modo crescente, si definisce k-esimo percentile C<sub>k</sub> il valore di concentrazione che occupa il (k\*N/100)esimo posto nella sequenza. C<sub>k</sub> coincide con la concentrazione C<sub>i</sub> che soddisfa le seguenti due condizioni:

- La sommatoria delle frequenze associate ai valori di concentrazione minori o uguali a C<sub>i-1</sub> risulta minore di (k\*N/100)
- La sommatoria delle frequenze associate ai valori di concentrazione minori o uguali a C<sub>i</sub> risulta maggiore o uguale a (k\*N/100).

Per quanto riguarda il monitoraggio dei parametri chimici un giorno di rilevamento si intende completo se:

- ogni ora di rilevamento comprende almeno il 90% di dati primari validi
- nella giornata sono presenti almeno 22 ore di rilevamento valide (nel senso del punto precedente )
- le eventuali 2 ore di rilevamento mancanti non sono consecutive
- nella campagna non si verificano più di 2 giorni con 2 ore di rilevamento mancanti.

Contemporaneamente al rilevamento dei parametri di qualità dell'aria dovranno essere rilevati su base oraria i parametri meteorologici riportati nella Tabella 2, nella quale per ogni parametro viene indicata l'unità di misura.

<b>Parametro</b>	<b>Unità di misura</b>
Direzione del vento	gradi sessagesimali
Velocità del vento	m/s
Temperatura	°C
Pressione atmosferica	mBar
Umidità relativa	%
Radiazione solare globale	W/m2
Precipitazioni	mm

Tabella 2 - Parametri meteorologici da monitorare

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

Per quanto riguarda il monitoraggio dei parametri meteorologici un giorno di rilevamento si intende completo se:

- ogni ora di rilevamento comprende almeno il 75% di dati primari validi
- nella giornata sono presenti almeno 20 ore di rilevamento valide (nel senso del punto precedente )
- le eventuali 4 ore di rilevamento mancanti non sono consecutive
- nella campagna non si verificano più di 2 giorni con 4 ore di rilevamento mancanti.

Nel caso in cui non si riesca ad acquisire la quantità di dati prevista con la campagna di misura (come nel caso delle misure chimiche) la stessa verrà prolungata di un periodo tale da raggiungerla.

Qualora si verificassero ripetute precipitazioni si provvederà a prolungare la durata della campagna

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

- schede di presentazione delle misure effettuate
- un elaborato che riporti le seguenti informazioni:

- le conclusioni delle attività di monitoraggio (interpretazioni e valutazioni)
- risultati sintetici con l'ausilio di tabelle e grafici
- sintesi sulle metodiche adottate
- strumentazione utilizzata
- eventuali modifiche apportate alle attività di misura e motivazione.

Inoltre per ciascun punto di misura dovranno essere forniti:

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

### **Metodica A2 - Rilievo delle Polveri Sottili (PM10) con campionatore sequenziale**

Tale metodica di monitoraggio ha come finalità la determinazione delle polveri sottili prodotte in prossimità delle aree di cantiere.

Le campagne di misura delle polveri sottili PM10 per 15 giorni (metodica A2) vengono definite attraverso delle procedure di misura standardizzate che, in prossimità di sorgenti di emissione quali le attività di cantiere e/o viabilità di cantiere, permettono di monitorare il particolato disperso nei bassi strati dell'atmosfera.

L'ambito di riferimento di tali procedure è quello della verifica delle concentrazioni delle polveri sottili nell'aria al fine di valutare il rispetto degli standard di qualità indicati dal D.lgs. n. 155 del 13/08/2010 e dalle altre normative di settore.

La metodica di seguito descritta prevede la sostituzione automatica ogni 24 ore dei supporti di filtrazione per 15 giorni consecutivi. E' in genere auspicabile l'impiego di pompe di captazione dotate di sistemi automatici di campionamento e sostituzione sequenziale dei supporti senza l'ausilio dell'operatore. In questo caso, le operazioni di carico e scarico dei supporti, descritte nel seguito per il singolo supporto, saranno applicate ai 15 supporti necessari per l'intera campagna. La pompa dovrà inoltre essere dotata di sistema automatico di controllo della portata di campionamento, in modo da ripristinare automaticamente ogni variazione rispetto al valore impostato all'inizio della misurazione.

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

- Filtri a membrana: sono dei filtri in fibre di vetro o quarzo di diametro 47 mm circa:
- Supporto per filtrazione: il filtro è sostenuto durante tutto il periodo di tempo in cui è attraversato dall'aria aspirata da un apposito supporto costruito in materiale metallico resistente alla corrosione e con pareti interne levigate. Le dimensioni prescritte per il supporto sono indicate nel D.Lgs 155/10. Le due parti del supporto una volta montato il filtro, devono combaciare in modo da evitare qualunque trafileamento d'aria: a tal scopo le due parti risultano premute l'una contro l'altra per mezzo di un dispositivo di blocco tale da non deformare e da non danneggiare il filtro. Il filtro è sostenuto da un disco di materiale sinterizzato o altro mezzo idoneo che impedisca ogni possibile deformazione del filtro e che sia perfettamente resistente alla corrosione. Il diametro della superficie di filtrazione non deve essere inferiore a 36 mm.
- Pompa aspirante: l'aspirazione dei campioni d'aria viene svolta per mezzo di pompe meccaniche a funzionamento elettrico dotate di regolatori di portata.

- Misuratore volumetrico: la misurazione del campione d'aria prelevato viene eseguita mediante contatori volumetrici, con possibilità di totalizzazione.
- Bilancia analitica con sensibilità di 0.001 mg.
- Generatore elettrico: nei casi in cui l'energia elettrica necessaria per il funzionamento della pompa aspirante non possa essere prelevata dalla rete elettrica.
- Sistema di sostituzione dei filtri, indispensabile per rendere automatico il campionamento.

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

La taratura dei filtri viene svolta con le seguenti modalità:

- Si contrassegna sul margine ogni filtro avendo cura di non oltrepassare di 5 mm il bordo esterno.
- I filtri contrassegnati vengono condizionati prima di effettuare le pesate (precampionamento) a temperatura di 20 °C per un tempo di condizionamento non inferiore alle 48 ore ed umidità relativa pari al  $50 \pm 5\%$ .
- I filtri così condizionati vengono pesati con bilancia analitica di sensibilità 0.001 mg e conservati negli appositi contenitori etichettati.

La portata della pompa aspirante viene regolata per mezzo di flussimetro ai valori pari a 38,3 l/min. Il misuratore volumetrico è tarato dalla casa costruttrice nell'ambito delle portate di prelevamento in modo che l'errore di misura non superi il 2 %.

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

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

La sequenza delle operazioni svolte dagli operatori in corrispondenza del punto di misura sono:

- Sopralluogo all'area di monitoraggio, verifica delle sorgenti di emissione presenti all'interno dell'ambito spaziale di dispersione delle polveri, selezione della posizione di installazione più idonea, anche in relazione a possibili interferenze con le attività svolte dai residenti e all'obiettivo del monitoraggio (ante operam o corso d'opera).
- Installazione del cavalletto di supporto in corrispondenza del punto di misura georeferenziato in modo che lo stesso risulti in piano e, quando possibile, sufficientemente protetto in caso di pioggia.
- Installazione della linea di prelievo nel seguente ordine: supporto di filtrazione, tubo di mandata, cella di deumidificazione al gel di silice, tubo di mandata, pompa aspirante con regolatore di portata e regolatore volumetrico. Il supporto di filtrazione deve venire a trovarsi a circa 1.2÷2.0 m di altezza piano campagna.
- Si collocano i filtri tarati sugli appositi supporti di filtrazione utilizzando una pinzetta e si blocca quindi la ghiera di fissaggio.
- Allacciamento della pompa aspirante alla rete elettrica o, in caso di indisponibilità di utenze elettriche, al gruppo elettrogeno. In questo ultimo caso è necessario che il

gruppo elettrogeno operi sopravvento ad una distanza di non effetto rispetto alla pompa di prelievo (non inferiore a 25 m) e, quando possibile, deve essere disposto in posizione schermata.

- Accensione della pompa e regolazione della portata fino ad un valore pari a 38,3 l/min.
- Annotazione sulla scheda di campo dei dati di inizio esposizione della membrana (volume iniziale indicato dal contatore volumetrico, giorno, ora, minuti), della temperatura e pressione iniziale.
- Nel caso in cui in sede di verifica di funzionamento della pompa di captazione si verificasse la necessità di rigenerare il gel di silice è necessario procedere nel seguente modo: spegnere la pompa di captazione, staccare i tubi di mandata dell'aria provenienti dalla testa di captazione e dalla pompa, svitare il coperchio della unità di deumidificazione dell'aria, svuotare il gel di silice esausto (colore rosa) in apposito contenitore, riempire l'unità di deumidificazione con gel di silice rigenerato (colore blu), avvitare il coperchio, riposizionare i tubi di mandata e avviare la pompa di captazione. Il tempo complessivo di esecuzione di queste operazioni è di pochi minuti e non è pertanto necessario prolungare oltre le 24 ore il tempo di prelievo della pompa.
- Nel caso in cui in sede di verifica di funzionamento della pompa aspirante si verificasse una riduzione dei valori di portata al di sotto di 38,3 l/min, si deve procedere a regolare di nuovo la portata al valore iniziale o, qualora ciò non fosse tecnicamente possibile, a effettuare il prelievo in due o al massimo tre periodi consecutivi.
- Annotazione sulla scheda di campo dei dati di fine esposizione della membrana (volume finale indicato dal contatore volumetrico, giorno, ora, minuti), della temperatura e pressione finale e delle eventuali anomalie riscontrate.
- Correlazione dei dati rilevati e campo anemologico.

Termine delle operazioni di misura e consegna della membrana al laboratorio chimico certificato per le determinazioni analitiche. Inoltre ad ogni gruppo di filtri utilizzato per il campionamento sarà associato un filtro di bianco da collocare a campo per registrare l'effetto di isteresi.

### 3.3.2. Rumore

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

Le metodiche di monitoraggio utilizzate sono le seguenti:

Metodica R2 Misure di 24 ore, postazioni semi-fisse parzialmente assistite da operatore, per rilievi attività di cantiere.

Metodica R3 Misure di 7 giorni, postazioni fisse non assistite da operatore, per rilievi di traffico veicolare.

Metodica R4 Misure di breve periodo in ambiente abitativo per la verifica del limite differenziale

Metodica R4bis Misure di breve periodo in ambiente abitativo per la verifica degli interventi di mitigazione diretti sui ricettori.

In linea di massima per la scelta delle tecniche di monitoraggio sono stati utilizzati i criteri illustrati nel seguito.



Per le postazioni ante operam, riferite alla caratterizzazione delle aree interessate dal futuro esercizio, sono state ipotizzate misure con metodica tipo R3

Per le postazioni ante operam, riferite alla caratterizzazione delle aree dei cantieri principali e secondari, dei fronti di avanzamento per l'ampliamento di quelli attuali, delle cave e depositi, sono state ipotizzate misure con metodiche tipo R2, R4 presso i ricettori più significativi, per consentire la verifica del livello assoluto e differenziale.

Per le postazioni corso d'opera è stata ipotizzata la ripetizione delle misure negli stessi punti e con le stesse metodiche previste per le postazioni ante operam delle aree dei cantieri principali e secondari.

Per le postazioni post operam è stata ipotizzata l'esecuzione di misure settimanali (metodica R3) per le postazioni interessate dal futuro esercizio. Inoltre in tale fase sono previste delle misure con metodica R4bis per la verifica degli interventi di mitigazione diretti sui ricettori (finestre silenti, etc.) come prescritto dall'art. 6 del DPR n. 142 del 2004.

Per la scelta del periodo di monitoraggio valgono le prescrizioni della buona pratica ingegneristica, unitamente alle raccomandazioni contenute nelle norme UNI ed ISO di settore e nel Decreto sulle modalità di misura del rumore.

La caratterizzazione acustica di un ambiente o di una sorgente richiede la definizione di una serie di indicatori fisici (Leq, SEL, Lmax, Ln, composizione spettrale...) per mezzo dei quali "etichettare" il fenomeno osservato.

Tale caratterizzazione, ottenuta con strumentazione conforme alle prescrizioni contenute nelle direttive comunitarie/leggi nazionali o fornite in sede di regolamentazione tecnica delle misure del rumore, deve riguardare le condizioni di esercizio o di funzionamento in cui può normalmente operare la sorgente o il mix di sorgenti di emissione presenti nell'area.

Considerando la necessità di confrontarsi con il DPCM 14.11.1997 deve essere assunto come indicatore primario il livello equivalente continuo diurno e notturno e, come indicatori secondari, una serie di descrittori del clima acustico in grado di permettere una migliore interpretazione dei fenomeni osservati.

Le stazioni di monitoraggio devono permettere l'acquisizione del decorso storico dei parametri generali di interesse acustico necessari per l'interpretazione e la validazione dei dati: livello massimo, livello equivalente, distribuzione dei livelli statistici, livello minimo. Inoltre, se esistono elementi indiziali sulla presenza di componenti tonali o impulsive, come nel caso di rumori emessi da macchine o attività di cantiere, è necessario acquisire in tempo reale il decorso storico degli indicatori e la distribuzione spettrale in terzi di ottava.

### **R2 – misure di 24 ore con postazione semi-fissa**

La metodica di monitoraggio ha come finalità la determinazione dei livelli di rumorosità prodotti dalle attività di cantiere.

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

- livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata A Laeq,1min
- il livello massimo con costanti di tempo impulse, fast, slow (LAI<sub>max</sub>, LAF<sub>max</sub>, LAS<sub>max</sub>)
- i livelli statistici L1, L5, L10, L50, L90, L99.

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

Si provvederà inoltre ad ogni rilievo al riconoscimento della presenza delle seguenti componenti:

#### Riconoscimento di componenti impulsive

Il rumore presenta Componenti Impulsive (CI) quando sono verificate le condizioni seguenti:

- ripetitività di n eventi impulsivi ( $n \geq 10$ /ora di giorno e  $n \geq 2$ /ora di notte);
- differenza tra LA<sub>Imax</sub> e LAS<sub>max</sub> superiore a 6 dB;
- durata dell'evento a -10 dB dal valore LAF<sub>max</sub> inferiore a 1 s.

La ripetitività deve essere dimostrata mediante registrazione grafica del livello di pressione sonora ponderato A fast effettuata durante il tempo di misura TM.

#### Riconoscimento di componenti tonali

Al fine di individuare la presenza di Componenti Tonalì (CT) nel rumore, si effettua un'analisi spettrale per bande normalizzate di 1/3 di ottava. Si considerano esclusivamente le CT aventi carattere stazionario nel tempo ed in frequenza. Utilizzando filtri paralleli, il livello dello spettro stazionario è evidenziato dal livello minimo in ciascuna banda. Per individuare componenti tonali alla frequenza di incrocio di due filtri di 1/3 di ottava devono essere utilizzati filtri a maggior potere selettivo, quali quelli FFT o di 1/n di ottava ( $n \geq 6$ ).

L'analisi deve essere svolta nell'intervallo di frequenza compreso tra 20 Hz e 20 KHz. Si è in presenza di una CT se il livello minimo di una banda supera i livelli minimi delle bande adiacenti per almeno 5 dB.

Qualora le componenti tonali si manifestino alle basse frequenze (CB), ovvero nel dominio di frequenza 20÷200 Hz, se ne deve dare indicazione nel rapporto di misura.

Contestualmente alle operazioni di misura devono essere annotati su apposita scheda i dati relativi al ricettore (codice, toponomastica, indirizzo, classe di zonizzazione acustica), la descrizione del ricettore stesso, la tipologia di sorgente in esame, la strumentazione adottata, l'indicazione per ogni rilievo del codice identificativo, dei riferimenti temporali, di eventuali note. Contestualmente all'esecuzione delle misure sono da rilevarsi gli eventuali flussi di traffico sulla viabilità stradale ed i parametri meteorologici.

Ciascuna scheda deve riportare il nominativo e la firma leggibile del tecnico competente responsabile delle misure.

#### Operazioni di analisi

Terminate le operazioni di monitoraggio si procede all'analisi delle misure ed alla valutazione dei risultati. Entrambe le attività sono effettuate in laboratorio.

Il segnale, filtrato ed integrato, è registrato all'interno del fonometro come record di un file di misura. Attraverso l'utilizzazione di apposito software, installato su computer, tramite cavo seriale RS-232, il record di misura è trasferito da fonometro a computer per essere ulteriormente analizzato (eventuali mascheramenti, documentazione di componenti tonali e/o impulsive...) ed essere rappresentato in forma grafica.

Vengono redatte apposite schede di sintesi. Queste, similmente alle schede compilate in campo, oltre a riportare la descrizione del ricettore e delle operazioni di misura, contengono anche i risultati delle analisi dei rilievi. Esse sono corredate dagli output grafici di documentazione delle misure.

Qualora si registri la presenza di componenti tonali è necessario integrare le schede con la documentazione dello spettro minimo del livello di pressione sonora in bande di 1/3 di ottava o in bande a maggior potere selettivo nel dominio di frequenza 20Hz ÷ 20KHz (in forma grafica e/o tabellare).

In presenza di componenti impulsive è necessario integrare le schede con la documentazione del livello di pressione sonora ponderato A fast effettuata durante il tempo di misura TM.

### **R3 – misure di 7 giorni con postazione fissa**

Questa metodica di monitoraggio ha come finalità la determinazione dei livelli di rumorosità prodotti dal traffico veicolare.

La tecnica di monitoraggio consiste nella misura in continuo del rumore per 7 giorni consecutivi. Il rilievo è effettuato con costante di tempo fast, rete di ponderazione A e documentazione grafica del livello di pressione sonora ogni minuto. I parametri acustici rilevati sono i seguenti:

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

Contestualmente alle operazioni di misura devono essere annotati su apposita scheda i dati relativi al ricettore (codice, toponomastica, indirizzo, classe di zonizzazione acustica), la descrizione del ricettore stesso, la tipologia di sorgente in esame, la strumentazione adottata, l'indicazione per ogni rilievo del codice identificativo, dei riferimenti temporali, di eventuali note. Contestualmente all'esecuzione delle misure sono da rilevarsi gli eventuali flussi di traffico sulla viabilità stradale ed i parametri meteorologici.

Ciascuna scheda deve riportare il nominativo e la firma leggibile del tecnico competente responsabile delle misure.

Si precisa che le misure saranno eseguite in conformità a quanto previsto dal DM 16-3-98, e che pertanto, qualora nell' intervallo settimanale alcune misurazioni non risultassero utilizzabili (causa fattori meteorologici ecc.), le stesse saranno prolungate fino all'acquisizione di dati relativi a 7 giornate "valide"

### **Operazioni di analisi**

Terminate le operazioni di monitoraggio si procede all'analisi delle misure ed alla valutazione dei risultati. Entrambe le attività sono effettuate in laboratorio.

Attraverso l'utilizzazione di apposito software, installato su computer, tramite cavo seriale RS-232, il record di misura è trasferito da fonometro a computer per essere ulteriormente analizzato (eventuali mascheramenti) ed essere rappresentato in forma grafica.

### **R4 – verifica del limite differenziale in ambiente abitativo**

La metodica di monitoraggio ha come finalità la determinazione del livello differenziale di rumore (LD), ottenuto come differenza aritmetica tra il livello di rumore ambientale LA (livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato A prodotto da tutte le sorgenti di rumore) ed il livello di rumore residuo LR (livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato A rilevato escludendo la sorgente sonora disturbante). La verifica è da compiersi in ambiente abitativo all'interno nel periodo di riferimento diurno (6÷22h) e notturno (22÷6h).

I rilievi in periodo notturno verranno eseguiti solo in presenza di lavorazioni presso le aree di cantiere. I rilevamenti devono essere compiuti sia a finestre aperte che chiuse. La verifica deve essere eseguita in assenza di precipitazioni atmosferiche, di nebbia e/o neve; la velocità del vento deve essere non superiore a 5 m/s.

#### Misurazione del rumore ambientale a finestre aperte

La misura deve essere effettuata a finestre completamente aperte. Il parametro acustico da determinarsi è livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata A LA,FA in presenza della sorgente sonora disturbante. Il tempo di misura TM deve essere non inferiore a 5 minuti. Il rilievo deve essere effettuato con costante di tempo fast, rete di ponderazione A. La verifica deve essere compiuta all'interno del periodo di riferimento diurno e notturno. Se il livello misurato è inferiore a 50 dB(A) il disturbo è da ritenersi accettabile.

#### Misurazione del rumore ambientale a finestre chiuse

La misura deve essere effettuata a finestre completamente chiuse. Il parametro acustico da determinarsi è livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata A LA,FC in presenza della sorgente sonora disturbante. Il tempo di misura TM deve essere non inferiore a 5 minuti. Il rilievo deve essere effettuato con costante di tempo fast, rete di ponderazione A. La verifica deve essere compiuta all'interno del periodo di riferimento diurno e notturno. Se il livello misurato è inferiore a 35 dB(A) il disturbo è da ritenersi accettabile.

#### Misurazione del rumore residuo a finestre aperte

La misura deve essere effettuata a finestre completamente aperte. Il parametro acustico da determinarsi è livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata A LR,FA in assenza della sorgente sonora disturbante. Il tempo di misura TM deve essere non inferiore a 5 minuti. Il rilievo deve essere effettuato con costante di tempo fast e ponderazione A.

#### Misurazione del rumore residuo a finestre chiuse

La misura deve essere effettuata a finestre completamente chiuse. Il parametro acustico da determinarsi è livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata A LR,FC in assenza della sorgente sonora disturbante. Il tempo di misura TM deve essere non inferiore a 5 minuti. Il rilievo deve essere effettuato con costante di tempo fast e ponderazione A.

Si provvederà inoltre ad ogni rilievo al riconoscimento della presenza delle seguenti componenti:

#### Riconoscimento di componenti impulsive

Il rumore presenta Componenti Impulsive (CI) quando sono verificate le condizioni seguenti:

- ripetitività di n eventi impulsivi ( $n \geq 10$ /ora di giorno e  $n \geq 2$ /ora di notte);
- differenza tra LA<sub>lmax</sub> e LA<sub>Smax</sub> superiore a 6 dB;
- durata dell'evento a -10 dB dal valore LA<sub>Fmax</sub> inferiore a 1 s.

La ripetitività deve essere dimostrata mediante registrazione grafica del livello di pressione sonora ponderato A fast effettuata durante il tempo di misura TM.

#### Riconoscimento di componenti tonali

Al fine di individuare la presenza di Componenti Tonalì (CT) nel rumore, si effettua un'analisi spettrale per bande normalizzate di 1/3 di ottava. Si considerano esclusivamente le CT aventi carattere stazionario nel tempo ed in frequenza. Utilizzando filtri paralleli, il livello dello spettro stazionario è evidenziato dal livello minimo in ciascuna banda. Per

individuare componenti tonali alla frequenza di incrocio di due filtri di 1/3 di ottava devono essere utilizzati filtri a maggior potere selettivo, quali quelli FFT o di 1/n di ottava ( $n \geq 6$ ).

L'analisi deve essere svolta nell'intervallo di frequenza compreso tra 20 Hz e 20 KHz. Si è in presenza di una CT se il livello minimo di una banda supera i livelli minimi delle bande adiacenti per almeno 5 dB.

Qualora le componenti tonali si manifestino alle basse frequenze (CB), ovvero nel dominio di frequenza 20÷200 Hz, se ne deve dare indicazione nel rapporto di misura.

Contestualmente alle operazioni di misura devono essere annotati su apposita scheda i dati relativi al ricettore (codice, toponomastica, indirizzo, classe di zonizzazione acustica), la descrizione del ricettore stesso, la tipologia di sorgente in esame, la strumentazione adottata, l'indicazione per ogni rilievo del codice identificativo, dei riferimenti temporali, di eventuali note. Contestualmente all'esecuzione delle misure sono da rilevarsi gli eventuali flussi di traffico sulla viabilità stradale ed i parametri meteorologici.

Ciascuna scheda deve riportare il nominativo e la firma leggibile del tecnico competente responsabile delle misure.

#### Operazioni di analisi

Terminate le operazioni di monitoraggio si procede all'analisi delle misure ed alla valutazione dei risultati. Entrambe le attività sono effettuate in laboratorio.

Il segnale, filtrato ed integrato, è registrato all'interno del fonometro come record di un file di misura. Attraverso l'utilizzazione di apposito software, installato su computer, tramite cavo seriale RS-232, il record di misura è trasferito da fonometro a computer per essere ulteriormente analizzato (eventuali mascheramenti, documentazione di componenti tonali e/o impulsive...) ed essere rappresentato in forma grafica.

Vengono redatte apposite schede di sintesi. Queste, similmente alle schede compilate in campo, oltre a riportare la descrizione del ricettore e delle operazioni di misura, contengono anche i risultati delle analisi dei rilievi. Esse sono corredate dagli output grafici di documentazione delle misure.

Qualora si registri la presenza di componenti tonali è necessario integrare le schede con la documentazione dello spettro minimo del livello di pressione sonora in bande di 1/3 di ottava o in bande a maggior potere selettivo nel dominio di frequenza 20Hz ÷ 20KHz (in forma grafica e/o tabellare).

In presenza di componenti impulsive è necessario integrare le schede con la documentazione del livello di pressione sonora ponderato A fast effettuata durante il tempo di misura TM.

#### **R4 bis – verifica degli interventi diretti sul ricettore in ambiente abitativo**

La metodica di monitoraggio ha come finalità la verifica degli interventi di mitigazione diretti sui ricettori. La misura è da compiersi in ambiente abitativo all'interno del periodo di riferimento diurno (6÷22h) e/o notturno (22÷6h). I rilevamenti devono essere compiuti solo a finestre a chiuse. La verifica deve essere eseguita in assenza di precipitazioni atmosferiche, di nebbia e/o neve; la velocità del vento deve essere non superiore a 5 m/s.

#### Misurazione del rumore ambientale a finestre chiuse

La misura deve essere effettuata a finestre completamente chiuse. Il parametro acustico da determinarsi è livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata A LA,FC in presenza della sorgente sonora disturbante. Il tempo di misura TM deve essere non inferiore a 20 minuti. Il rilievo deve essere effettuato con costante di tempo fast, rete di ponderazione A.

I parametri acustici rilevati sono i seguenti:

- livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata A Laeq,1s
- il livello massimo con costanti di tempo impulse, fast, slow (LAI<sub>max</sub>, LAF<sub>max</sub>, LAS<sub>max</sub>)
- i livelli statistici L1, L10, L50, L90, L99.

Contestualmente alle operazioni di misura devono essere annotati su apposita scheda i dati relativi al ricettore (codice, toponomastica, indirizzo, classe di zonizzazione acustica), la descrizione del ricettore stesso, la tipologia di sorgente in esame, la strumentazione adottata, l'indicazione per ogni rilievo del codice identificativo, dei riferimenti temporali, di eventuali note. Contestualmente all'esecuzione delle misure sono da rilevarsi gli eventuali flussi di traffico sulla viabilità stradale ed i parametri meteorologici.

Ciascuna scheda deve riportare il nominativo e la firma leggibile del tecnico competente responsabile delle misure.

#### Operazioni di analisi

Terminate le operazioni di monitoraggio si procede all'analisi delle misure ed alla valutazione dei risultati. Entrambe le attività sono effettuate in laboratorio.

Attraverso l'utilizzazione di apposito software, installato su computer, tramite cavo seriale RS-232, il record di misura è trasferito da fonometro a computer per essere ulteriormente analizzato (eventuali mascheramenti) ed essere rappresentato in forma grafica.

### **3.3.3. Vibrazioni**

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

Le metodiche di monitoraggio utilizzate sono le seguenti.

- Metodica V1 Misure di breve periodo finalizzate al disturbo;
- Metodica V2 Misure di breve periodo finalizzate al danno.

In linea di massima per la scelta delle tecniche di monitoraggio sono stati utilizzati i criteri illustrati nel seguito.

#### **V1 – valutazione del disturbo negli edifici**

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

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

Le operazioni di monitoraggio avvengono esclusivamente in edifici sedi di attività umana. I rilievi vibrometrici sono da effettuarsi nei locali abitati in corrispondenza dei quali il fenomeno vibratorio è presumibilmente maggiore. E' prevista almeno una verifica in un locale del primo e dell'ultimo solaio abitati dell'edificio prescelto. Essa deve essere effettuata sul pavimento in corrispondenza della posizione prevalente del soggetto esposto. Qualora questa non sia individuabile, i rilievi sono effettuati a centro ambiente. Gli assi di

monitoraggio sono l'asse verticale Z, perpendicolare al pavimento, e l'asse orizzontale X-Y, perpendicolare alla parete del locale più vicina alla sorgente eccitante.

#### Misurazione delle vibrazioni residue

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

#### Misurazione delle vibrazioni oggetto dell'indagine

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

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

Qualora si verifichi la presenza di fenomeni di tipo impulsivo è da adottarsi esclusivamente la metodologia di misura di tipo indiretto con registrazione del segnale con DAT e successiva analisi in laboratorio. Nei restanti casi sono ammesse sia la metodologia diretta sia quella indiretta. In tutti i casi le misure sono da eseguirsi in concomitanza con il fenomeno vibratorio e devono avere una durata tale da caratterizzarlo, comunque non inferiore a 60 secondi. Adottando la metodologia diretta i rilievi dovranno essere effettuati in LINEARE, filtri di 1/3 di ottava, costante di integrazione SLOW e scansione temporale di 1 secondo.

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

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

#### Operazioni di analisi (vibrazioni stazionarie o transitorie)

Terminate le operazioni di monitoraggio si procede all'analisi delle misure ed alla valutazione dei risultati. Entrambe le attività sono effettuate in laboratorio.

Qualora la misura sia stata effettuata in modo diretto, il segnale è presente all'interno dell'analizzatore come record di un file di misura. Nel caso in cui la misura sia stata effettuata in modo indiretto, il segnale, registrato in campo analogicamente su cassetta DAT, deve essere trasferito all'analizzatore per essere filtrato. L'operazione avviene in laboratorio tramite l'ausilio di due appositi cavi mini-jack/BNC collegati ai due canali di uscita del registratore DAT ai due canali di ingresso dell'analizzatore.

Al termine dell'acquisizione il segnale è registrato all'interno dell'analizzatore come record di un file di misura.

Nel caso di monitoraggio indiretto, le operazioni di analisi sono precedute dalla verifica della calibrazione della strumentazione.

Attraverso l'utilizzazione del software NOISEWORK, installato su computer, tramite cavo seriale RS-232, il record di misura è trasferito da analizzatore a computer e salvato come file NOISEWORK, con estensione \*.NW, per essere analizzato in un secondo tempo.

L'analisi consiste nelle seguenti fasi :

#### Mascheramento

Visualizzazione del parametro "accelerazione vs time", identificazione dell'evento (solo nel caso di vibrazioni transitorie) e mascheramento degli istanti esterni al dominio temporale in cui si verifica la vibrazione.

#### Ponderazione in frequenza e calcolo dell'accelerazione complessiva

Filtraggio del segnale mediante filtri di ponderazione conformi alla norma UNI 9614, tali da circoscrivere l'analisi all'interno del dominio di frequenza 1÷80 Hz. A riguardo, a titolo cautelativo, è preferibile optare per i filtri di ponderazione previsti per la postura non nota o variabile (assi combinati). Determinazione del livello di accelerazione complessiva ponderata in frequenza (livello equivalente per le vibrazioni transitorie).

#### Verifica delle vibrazioni residue

Confronto tra il livello di accelerazione complessiva ponderata in frequenza ed il livello di accelerazione residua. Eventuale calcolo del livello di accelerazione complessiva corretta ai sensi della norma UNI 9614 e verifica della significatività della misura. La misura non è da ritenersi significativa se la differenza tra il livello complessivo ponderato delle vibrazioni misurate e quelle residue è inferiore a 6 dB.

#### Valutazione del disturbo

Confronto tra il livello di accelerazione complessiva ponderata in frequenza (eventualmente corretta) ed i livelli di accelerazione limite riportati nei Prospetti II e III in Appendice alla norma UNI 9614. Formulazione di un giudizio sulla tollerabilità del disturbo sulla base della differenza tra tali livelli nonché sulla durata e la frequenza del fenomeno.

#### Operazioni di analisi (vibrazioni impulsive)

Terminate le operazioni di monitoraggio si procede all'analisi delle misure ed alla valutazione dei risultati. Entrambe le attività sono effettuate in laboratorio.

Il segnale, registrato in campo analogicamente su cassetta DAT, è trasferito all'analizzatore per essere filtrato. Questo avviene in laboratorio tramite l'ausilio di due appositi cavi mini-jack/BNC collegati ai due canali di uscita del registratore DAT ai due canali di ingresso dell'analizzatore. Le operazioni di analisi sono precedute dalla verifica della calibrazione della strumentazione.

La sequenza delle operazioni di analisi da seguire è la seguente:

#### Filtraggio FFT

Il segnale viene analizzato in lineare con filtri FFT (Fast Fourier Transform) nel dominio delle frequenze 1÷10.000 Hz. La risoluzione in frequenza RF è funzione della frequenza massima di analisi (B = 2.5÷10 KHz), del numero di righe selezionato (N = 100÷800) e del fattore di zoom (ZF = 1÷512). Essa è ricavabile dalla seguente espressione:

$$RF = B / (ZF \cdot N) \quad [Hz]$$

La scelta del tempo di integrazione (averaging time) è condizionata dalla variabilità temporale del fenomeno osservato e dal dominio di frequenza esaminato. Tale parametro



deve comunque essere inferiore all'intervallo temporale che rappresenta un significativo cambiamento delle caratteristiche spettrali.

Al fine di restringere l'analisi in un dominio di frequenza e di tempo congruo ai sensi della norma UNI 9614, è consigliabile adottare i seguenti parametri di analisi:

- Frequenza massima (Base-band) :  $B = 2.5 \text{ KHz}$
- Numero di righe :  $N = 400$
- Fattori di ingrandimento (Zoom Factor) :  $ZF = 2 \div 16$
- Finestra temporale : Hanning

L'analizzatore deve consentire di visualizzare e registrare lo spettro massimo di accelerazione occorso durante la misura (modalità MX SPEC) come record di un file di misura. Attraverso l'utilizzazione del software NOISEWORK, installato su computer, tramite cavo seriale RS-232, il record di misura è quindi trasferito da analizzatore a PC e salvato come file NOISEWORK, con estensione \*.NW, per essere analizzato in un secondo tempo.

#### Ponderazione in frequenza e calcolo dell'accelerazione complessiva

Filtraggio del segnale mediante i filtri di ponderazione indicati dalla norma UNI 9614 tali da circoscrivere l'analisi all'interno del dominio di frequenza  $1 \div 80 \text{ Hz}$ . A riguardo, a titolo cautelativo, è preferibile optare per i filtri di ponderazione previsti per la postura non nota o variabile (assi combinati). Determinazione del livello di accelerazione di picco ponderata in frequenza.

#### Valutazione del disturbo

Determinazione del valore efficace di accelerazione (corrispondente al valore di accelerazione di picco FFT, essendo l'analizzatore calibrato in r.m.s.). Quantificazione del numero N di impulsi giornalieri e determinazione del valore limite ai sensi della norma UNI 9614 (Punto A.3 e Prospetto V dell'appendice della norma). Confronto tra il valore di accelerazione efficace complessiva ponderata in frequenza ed il valore di accelerazione limite. Formulazione di un giudizio sulla tollerabilità del disturbo sulla base della differenza tra tali livelli nonché sulla durata e la frequenza del fenomeno.

#### V2 – valutazione del danno agli edifici

La metodica di monitoraggio ha come finalità dell'indagine la determinazione della velocità di picco secondo la norma UNI 9916 nel dominio di frequenza  $1 \div 100 \text{ Hz}$ ; tale parametro è ricavato per integrazione semplice dell'accelerazione di picco lineare nel dominio suddetto. Solo per sorgenti vibrazionali come le esplosioni il dominio di frequenze viene esteso fino a  $300 \text{ Hz}$

La tecnica di monitoraggio consente di misurare le vibrazioni indotte negli edifici da sorgenti di eccitazione allo scopo di permetterne la valutazione degli effetti con riferimento alla risposta strutturale ed integrità architettonica degli edifici stessi. La valutazione, effettuata ai sensi della norma UNI 9916, è necessaria ogniqualvolta si è in presenza di livelli di vibrazione superiori alla soglia di disturbo umano (vedere procedure V1). Le suddette procedure non si applicano per la valutazione degli effetti di disturbo sull'uomo.

Le operazioni di monitoraggio avvengono in corrispondenza di edifici. I rilievi vibrometrici sono da effettuarsi presso le zone degli edifici nelle quali il fenomeno vibratorio è presumibilmente maggiore. E' prevista almeno una verifica alla base ed all'ultimo solaio delle costruzioni. Nel caso di assenza di fondazioni la verifica deve essere effettuata alla base del muro di sostegno esterno. Gli assi di monitoraggio sono l'asse verticale Z,

perpendicolare al terreno, e l'asse orizzontale X-Y, perpendicolare alla parete dell'edificio prossima alla sorgente di vibrazione.

#### Misurazione delle vibrazioni residue

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

#### Misurazione delle vibrazioni oggetto dell'indagine

I rilievi sono effettuati in modo tale da minimizzare il disturbo dovuto alle vibrazioni non afferenti all'indagine in corso. L'operatore deve distare dal trasduttore ad una distanza tale da minimizzare il disturbo e dovrà essere in grado di seguire costantemente l'andamento del segnale sull'analizzatore o sul DAT.

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

Qualora si verifichi la presenza di fenomeni di tipo impulsivo è da adottarsi esclusivamente la metodologia di misura di tipo indiretto con registrazione del segnale con DAT e successiva analisi in laboratorio. Nei restanti casi sono ammesse sia la metodologia diretta sia quella indiretta. In tutti i casi le misure sono da eseguirsi in concomitanza con il fenomeno vibratorio e devono avere una durata tale da caratterizzarlo. Adottando la metodologia diretta il segnale viene filtrato linearmente con filtri FFT (Fast Fourier Transform) nel dominio delle frequenze 1÷10.000 Hz. La risoluzione in frequenza RF è funzione della frequenza massima di analisi ( $B = 2.5 \div 10$  KHz), del numero di righe selezionato ( $N = 100 \div 800$ ) e del fattore di zoom ( $ZF = 1 \div 512$ ). Essa è ricavabile dalla seguente espressione:

$$RF = B / (ZF \cdot N) \quad [Hz]$$

La scelta del tempo di integrazione (averaging time) è condizionata dalla variabilità temporale del fenomeno osservato nonché del dominio di frequenza considerato. Tale parametro deve comunque essere inferiore all'intervallo temporale che rappresenta un significativo cambiamento delle caratteristiche spettrali.

Al fine di restringere l'analisi in un dominio di frequenza e di tempo congruo ai sensi della norma UNI 9916, è consigliabile adottare i seguenti parametri di analisi:

- Frequenza massima (Base-band) :  $B = 2.5$  KHz
- Numero di righe :  $N = 400$
- Fattori di ingrandimento (Zoom Factor) :  $ZF = 2 \div 16$
- Finestra temporale : Hanning

L'analizzatore deve consentire di visualizzare e registrare lo spettro massimo di accelerazione occorso durante la misura (modalità MX SPEC) come record di un file di misura. Attraverso l'utilizzazione del software NOISEWORK, installato su computer.

Contestualmente alle operazioni di misura devono essere annotati su apposita scheda i dati relativi al ricettore (codice, toponomastica, indirizzo, classificazione UNI 9916), la descrizione delle due postazioni individuate al primo e all'ultimo solaio, l'indicazione per ogni rilievo del codice identificativo, dei riferimenti temporali, dell'asse di misura e di

eventuali note. Tale scheda deve essere possibilmente simile a quella utilizzata per la presentazione finale delle analisi dei dati.

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

### Operazioni di analisi

Terminate le operazioni di monitoraggio si procede all'analisi delle misure ed alla valutazione dei risultati. Entrambe le attività sono effettuate in laboratorio.

Qualora la misura sia stata effettuata in modo diretto, il segnale è presente all'interno dell'analizzatore come record di un file di misura. Nel caso in cui la misura sia stata effettuata in modo indiretto, il segnale, registrato in campo analogicamente su cassetta DAT, deve essere trasferito all'analizzatore per essere filtrato. L'operazione avviene in laboratorio tramite l'ausilio di due appositi cavi mini-jack/BNC collegati ai due canali di uscita del registratore DAT ai due canali di ingresso dell'analizzatore.

Al termine dell'acquisizione il segnale è registrato all'interno dell'analizzatore come record di un file di misura.

Nel caso di monitoraggio indiretto, le operazioni di analisi sono precedute dalla verifica della calibrazione della strumentazione. La calibrazione è da ritenersi accettabile se il livello di accelerazione misurato è pari a  $143 \pm 0,3$  dB (errore di  $\pm 3\%$ ). In caso contrario, agendo sull'analizzatore, si procede ad una taratura reiterata sino al raggiungimento della condizione suddetta.

Attraverso l'utilizzazione del software NOISEWORK, installato su computer, tramite cavo seriale RS-232, il record di misura è trasferito da analizzatore a computer e salvato come file NOISEWORK, con estensione \*.NW, per essere analizzato in un secondo tempo.

L'analisi consiste nelle seguenti fasi:

#### Filtraggio

Filtraggio del segnale mediante filtri passa alto e passa basso conformi alla norma UNI 9916 tali da circoscrivere l'analisi all'interno del dominio di frequenza  $1 \div 100$  Hz. Integrazione semplice del valore di accelerazione di picco al fine di ricavarne la relativa velocità.

#### Verifica delle vibrazioni residue

Confronto tra il valore di velocità dovuto alla sorgente in esame ed il valore di velocità residua. Eventuale correzione del valore di velocità e verifica della significatività della misura. La misura non è da ritenersi significativa se la differenza tra il valore delle vibrazioni misurate è inferiore al doppio del valore delle vibrazioni residue.

#### Valutazione del rischio

In base alla categoria del ricettore (Norma DIN 4150/3, categorie 1,2,3) ed alla postazione di misura (fondazioni, pavimento), confronto tra il valore della velocità di picco ed i limiti riportati nel Prospetto IV dell'Appendice B della norma UNI 9916. Formulazione di un giudizio sull'entità di rischio in base alla differenza tra tali livelli e sulla frequenza del fenomeno.

### 3.3.4. Componente acque superficiali

La valutazione dei potenziali effetti indotti sul comparto idrico superficiale dalla costruzione dell'ampliamento autostradale, avverrà attraverso l'analisi e il confronto dei dati di monitoraggio raccolti prima, durante e dopo la realizzazione dell'opera, con riferimento al quadro evolutivo dei fenomeni naturali aggiornato nel corso delle indagini. Verrà fatto riferimento agli indicatori specifici descritti nel seguito, la cui interpretazione sarà comunque sempre riferita al quadro di qualità ambientale complessivo.

Nella fase di monitoraggio ante operam verrà effettuato un numero di campagne di misura tali da fornire una caratterizzazione significativa dello stato quali-quantitativo dei corsi d'acqua potenzialmente interessati dalle lavorazioni, con le relative fluttuazioni stagionali. Nella fase di corso d'opera le campagne di misura verranno eseguite con la stessa frequenza prevista per la fase precedente, in modo da poter evidenziare eventuali modifiche ed alterazioni. Le specifiche relative all'esecuzione delle indagini, con il dettaglio delle frequenze e della distribuzione di metodiche e analisi, verranno descritte in modo dettagliato ed esaustivo nei paragrafi seguenti.

Le attività di monitoraggio prevedono controlli mirati all'accertamento dello stato quali-quantitativo delle risorse idriche superficiali. Tali controlli consistono in indagini del seguente tipo:

- Indagini quantitative: misure di portata, livelli idrometrici e misure di trasporto solido in sospensione;
- Indagini qualitative: specifici parametri chimico-fisici, chimici e batteriologici;
- Indagini qualitative: caratterizzazione fisica, chimica e granulometrica dei sedimenti fluviali;

#### Indagini quantitative

Il monitoraggio quantitativo è mirato alla contestualizzazione dei valori provenienti dalle analisi qualitative chimiche, fisiche e batteriologiche; verranno rilevati i seguenti parametri:

- Portata

E' il parametro che quantifica l'entità dei deflussi, fornendo un dato che può essere messo in relazione sia al quadro di riferimento del regime idrologico del corso d'acqua, sia ai parametri chimico-fisici di qualità dell'acqua per valutare l'entità dei carichi di inquinanti che defluiscono nella sezione di controllo (dato essenziale per la stima di bilanci di inquinanti nella rete idrografica).

Nelle campagne di misura la rilevazione della portata verrà eseguita effettuando misure correntometriche. Tali misure potranno essere eseguite sia utilizzando mulinelli, provvisti di un set di eliche, idonee per misure in qualsiasi condizione di velocità, sia con strumentazione doppler (correntometro doppler). Secondo il principio di Doppler quando una sorgente sonora si muove rispetto ad un ricevente fermo, avviene uno spostamento della frequenza sonora fra trasmettente e ricevente. Il correntometro usa il principio Doppler, misurando lo spostamento di frequenza del suono riflesso dalle particelle della sostanza in sospensione. Quando necessario le sezioni di misura verranno predisposte al rilievo eseguendo la pulizia del fondo e delle sponde, regolarizzando il più possibile le condizioni di flusso, attrezzando le sponde o i manufatti esistenti per applicare i dispositivi di supporto e di calata. Sulla stessa sezione fluviale, nel caso di misure ripetute in periodi diversi, verranno per quanto possibile mantenute metodiche e condizioni di misura analoghe, per favorire la confrontabilità dei dati.

Il calcolo della portata e dell'errore relativo viene eseguito applicando il principio "velocità x area" con il metodo della doppia integrazione conforme alle indicazioni della Norma ISO sotto riportata.

\* ISO 748-1997 Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts - Méthodes d'exploration du champ des vitesses.

Si elencano di seguito i passi seguiti per l'elaborazione.

- Calcolo dei valori puntuali di velocità a partire dai dati di misura, in base alle curve di taratura dei mulinelli.
- Calcolo delle coordinate batimetriche della sezione e della posizione dei punti di misura delle velocità.
- Integrazione dei profili di velocità e calcolo delle velocità medie sulle verticali di misura.
- Definizione della curva delle portate specifiche (velocità medie x altezze).
- Integrazione della curva precedente e calcolo delle portate parziali relative alle singole verticali e della portata complessiva.
- Calcolo dei parametri caratteristici della misura (dati geometrici, velocità media e max., ecc.).
- Confronto dei dati della misura con i valori di riferimento indicati dalla Normativa ISO ed esecuzione di test di controllo della qualità della misura.

#### Indagini qualitative

Le procedure di campionamento ed analisi da applicare per il monitoraggio dei parametri chimico-fisici e batteriologici faranno integralmente riferimento alla normativa tecnica sotto indicata.

Norme IRSA-CNR

Norme UNICHIM-UNI

Norme ISO

ISO 5667-1/1980 (Guidance on the design of sampling programmes);

ISO 5667-2/1991 (Guidance on sampling techniques);

ISO 5667-3/1985 (Guidance on the preservation and handling of samples);

ISO 5667-10/1992 (Guidance on sampling of waste waters);

ISO/TC 147 (Water quality);

ISO STANDARDS COMPENDIUM-ENVIRONMENT/WATER QUALITY.

#### Parametri chimico-fisici

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

- Temperatura
- pH
- Conducibilità elettrica
- Ossigeno disciolto
- Torbidità

Nelle acque superficiali il pH è caratterizzato da variazioni giornaliere e stagionali, ma anche dal rilascio di scarichi di sostanze acide e/o basiche; la conducibilità elettrica specifica esprime il contenuto di sali disciolti ed è strettamente correlata al grado di mineralizzazione e quindi della solubilità delle rocce a contatto con le acque; brusche variazioni di conducibilità possono evidenziare la presenza di inquinamenti. La concentrazione dell'ossigeno disciolto dipende da diversi fattori naturali, tra i quali la pressione parziale in atmosfera, la temperatura, la salinità, l'azione fotosintetica, le condizioni cinetiche di deflusso. Brusche variazioni di ossigeno disciolto possono essere correlate a scarichi civili, industriali e agricoli. Una carenza di ossigeno indica la presenza di quantità di sostanza organica o di sostanze inorganiche riducenti. La solubilità dell'ossigeno è in funzione della temperatura e della pressione barometrica; pertanto, i risultati analitici devono essere riferiti al valore di saturazione caratteristico delle condizioni effettive registrate al momento del prelievo. La presenza di organismi fotosintetici: (alghe, periphyton e macrofite acquatiche) influenza il valore di saturazione di ossigeno, comportando potenziali condizioni di ipersaturazione nelle ore diurne e di debito di ossigeno in quelle notturne. I solidi in sospensione totali sono indicativi, eventualmente in associazione con la torbidità rilevata strumentalmente e con la misura del trasporto solido in sospensione, di potenziali alterazioni riconducibili ad attività dirette di cantiere o a interventi in grado di alterare il regime delle velocità di flusso in alveo o l'erosibilità del suolo (sistemazioni idrauliche, aree di cantiere, di cava o discarica; sistemazioni idrogeologiche, dissesti ecc.). L'entità e la durata di concentrazioni acute di solidi in sospensione ha ripercussioni sulla qualità degli habitat per macroinvertebrati e fauna ittica.

#### Parametri chimici e microbiologici acque

Le analisi chimiche e microbiologiche daranno indicazione delle eventuali interferenze tra le lavorazioni in atto ed il chimismo e la carica batteriologica di "bianco" dei corsi d'acqua. Verranno analizzati parametri tipicamente legati ai fenomeni di inquinamento da traffico veicolare, fra cui i metalli pesanti e parametri maggiormente legati ad eventuali impatti con le lavorazioni, come attività di macchine operatrici di cantiere, sversamenti e scarichi accidentali, lavaggio di cisterne e automezzi, getti e opere in calcestruzzo, dilavamento di piazzali, presenza di campi e cantieri. Verranno rilevati i seguenti parametri:

- Solidi Sospesi Totali
- Cloruri
- Solfati
- Calcio
- C.O.D.
- Tensioattivi anionici
- Tensioattivi non ionici
- Alluminio
- Cadmio
- Cromo totale
- Ferro
- Nichel
- Piombo
- Zinco
- Idrocarburi totali
- Escherichia coli
- Azoto Ammoniacale
- Azoto nitrico
- Azoto nitroso
- Fosforo Totale
- BOD5

Il C.O.D. esprime la quantità di ossigeno consumata per l'ossidazione chimica delle sostanze organiche e inorganiche presenti nell'acqua; elevati valori di COD possono essere indice della presenza di scarichi domestici, zootecnici e industriali. I cloruri sono sempre presenti nelle acque in quanto possono avere origine minerale. Valori elevati possono essere collegati a scarichi civili, industriali e allo spandimento di fertilizzanti clorurati e all'impiego di sali antigelo sulle piattaforme stradali. Possono inoltre derivare da processi di depurazione anche nei cantieri, dove viene utilizzato l'acido cloridrico (HCl) come correttore di pH, oppure derivano dal processo di potabilizzazione per aggiunta di ipoclorito di sodio NaClO, utilizzato per ossidare le sostanze presenti nell'acqua, liberando ossigeno, Cromo, Nichel, Zinco, sono metalli potenzialmente riferibili al traffico veicolare; cadmio e mercurio sono indicativi della classe di qualità dei corsi d'acqua correlabile alle possibilità di vita dei pesci. La presenza di alcuni metalli può essere inoltre correlata alle lavorazioni, in quanto presenti nel calcestruzzo (cromo) o tramite vernici, zincature e cromature. La presenza di oli e idrocarburi è riconducibile all'attività di macchine operatrici di cantiere, a sversamenti accidentali, al lavaggio di cisterne e automezzi e al traffico veicolare. La presenza di nitrati, nitriti, ammoniaca e BOD5 è direttamente riferibile ad inquinamento di tipo antropico e domestico (scarichi civili, presenza di campi cantiere).

#### Parametri biologici e fisiografici – ambientali

Per quanto riguarda i parametri biologici, le popolazioni ittiche e di macroinvertebrati bentonici sono condizionate dagli ambienti fisici che le ospitano, le cui variazioni in termini morfologico-idraulici e fisico-chimici producono alterazioni nelle caratteristiche della distribuzione tipologica e quantitativa delle specie e, conseguentemente, modificazioni degli indicatori biologici. Le lavorazioni autostradali possono inoltre provocare modifiche ed alterazioni alla vegetazione perfluviale e alle caratteristiche morfologiche e conseguente perdita o diminuzione della salute ecologica dei corsi d'acqua. Tramite la determinazione di questi parametri si avrà quindi la possibilità di valutare lo stato ecologico dei corsi d'acqua e l'effetto di alterazioni ed inquinamenti delle acque sulle popolazioni di microrganismi. Vengono determinati i seguenti indici:

- Metodo Multi-habitat proporzionale (M.H.P.)
- Indice Diatomico
- Indice di Funzionalità Fluviale (I.F.F.)
- Indagine Ittiologica

Il nuovo Metodo MHP (Multi-habitat proporzionale), si basa su un approccio multihabitat, che prevede una raccolta dei macroinvertebrati in corsi d'acqua in linea con le richieste della legge europea 2000/60/EC. Tale raccolta, che deve essere effettuata con un retino Surber (un particolare tipo di retino che consente che permette di raccogliere gli organismi presenti in un'area delimitata da una cornice metallica rettangolare e quindi di dimensioni note) per habitat con profondità inferiori a 0.5m oppure con un retino immanicato nel caso di habitat caratterizzati da profondità maggiori di 0,5m, deve essere proporzionale all'estensione relativa dei diversi habitat osservati in un sito fluviale. La presenza degli habitat nel sito di campionamento oggetto d'indagine deve essere stimata prima di procedere al campionamento stesso. I macroinvertebrati bentonici sono caratterizzati da una limitata mobilità, da un lungo ciclo vitale, dalla presenza di gruppi con differente sensibilità alle cause di alterazione e da molteplici ruoli nella catena trofica. Inoltre la relativa facilità di campionamento e di identificazione di questi organismi, e la loro ampia diffusione nei corsi d'acqua, rendono i macroinvertebrati bentonici particolarmente adatti all'impiego nel biomonitoraggio e nella valutazione della qualità dei fiumi. La maggior parte delle popolazioni di invertebrati bentonici é soggetta a cicli vitali stagionali; pertanto, per poter correttamente definire la composizione tassonomica di un sito, le abbondanze degli individui e la diversità, le stagioni di campionamento devono essere chiaramente stabilite

(si ricorda tuttavia che la stagione di campionamento più adatta è soprattutto legata al tipo fluviale in esame). Va evitato il campionamento in una o più delle seguenti situazioni: durante o subito dopo eventi di piena; - durante o subito dopo periodi di secca estrema; per impedimenti a causa di fattori ambientali nella stima dell'estensione relativa degli habitat (ad esempio in caso di elevata torbidità). In quest'ultimo caso, se il campionamento viene effettuato egualmente, è possibile segnalare sulla Scheda che il campionamento è avvenuto in condizioni non ottimali per la corretta quantificazione della presenza dei diversi microhabitat. Il sito campionato deve essere rappresentativo di un tratto più ampio del fiume in esame cioè, se possibile, dell'intero corpo idrico come previsto dalla Direttiva 2000/60.

La procedura di campionamento richiede un'analisi della struttura in habitat del sito e pertanto, dopo aver selezionato la sezione migliore procedendo con il riconoscimento e la descrizione dei microhabitat, si procede al campionamento. Questo deve essere iniziato dal punto più a valle dell'area oggetto d'indagine proseguendo verso monte, in modo da non disturbare gli habitat prima del campionamento. Il "Protocollo di campionamento dei macroinvertebrati bentonici dei corsi d'acqua guadabili" (predisposto dall'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici in stretta collaborazione con il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare) definisce le tecniche di campionamento da adottare anche in base al tipo di habitat e di substrato.

Una volta raccolto il campione si procede in campo all'identificazione dei taxa. In genere il campione può essere smistato in toto sul campo. Gli individui raccolti tramite rete vengono trasferiti in vaschette e quindi si procede allo smistamento e alla stima delle abbondanze dei diversi taxa. In generale si richiede il conteggio preciso degli organismi fino alla soglia dei dieci individui. Per i taxa il cui numero di individui superi tale soglia si ritiene praticabile fornire direttamente un'indicazione della stima mediante conteggio approssimativo, anziché limitarsi a valutare solo la classe di abbondanza. Per gli organismi che richiedono controlli o approfondimenti tassonomici, sarà necessaria una verifica in laboratorio.

In generale il metodo MHP garantisce un'efficienza di cattura superiore al metodo IBE (Indice Biotico Esteso), permettendo così il riconoscimento di un maggior numero di taxa e una miglior definizione della struttura della comunità degli invertebrati bentonici.

La valutazione dell'Indice Diatomico è basata sulla sensibilità delle Diatomee alla concentrazione di nutrienti, alla sostanza organica e al grado di mineralizzazione del corpo idrico, con particolare riferimento ai cloruri.

Le Diatomee sono alghe unicellulari, talora riunite in colonie, aventi dimensioni variabili tra pochi  $\mu\text{m}$  ad oltre 0,5 mm. Questi organismi popolano sia le acque dolci sia quelle salate, ma con generi e specie differenti a seconda delle caratteristiche geografiche, idrologiche e chimico-fisiche del corpo idrico che le ospita. Si tratta di eccellenti bioindicatori in quanto:

- sono presenti tutto l'anno;
- sono molto sensibili alle variazioni dei parametri fisici e chimici del mezzo che le ospita;
- sono completamente immerse in acqua, fino al substrato, e quindi facili da campionare;
- sono ben conosciute dal punto di vista sistematico ed ecologico;
- possiedono un breve tempo di resilienza.

Le Diatomee che vengono prese in considerazione in questo metodo sono quelle bentoniche, quasi le sole che popolano le acque correnti, e possono essere suddivise, in base all'habitat in:

- epilittiche: formanti sottili rivestimenti brunastri su rocce immerse;



- epifitiche: trovano il proprio spazio vitale sulle o tra le macrofite acquatiche;
- epipelitiche: vivono adagiate sul limo di fondo dell'alveo fluviale dove le acque fluiscono lentamente.

I periodi maggiormente indicati per il campionamento sono quelli in cui si ha il massimo sviluppo delle diatomee in termini di copertura e biodiversità, ovvero in condizioni di elevata luminosità e moderata temperatura dell'acqua. Queste condizioni si verificano quando il corso d'acqua è in morbida ed in magra. Dal momento che forti temporali e piene possono indurre rimaneggiamenti bentonici, è necessario attendere almeno 10 gg dall'evento prima di campionare per consentire la ricolonizzazione completa dei substrati litici.

Una volta individuato il punto di campionamento, si definisce un transetto lungo il quale eseguire il campionamento su sassi e ciottoli aventi le seguenti caratteristiche: completa immersione, irradiazione solare diretta, soggetti alla corrente del corso d'acqua ma che non abbiano subito recenti rotolamenti (i quali determinano la perdita di gran parte della comunità diatomica).

Nel monitoraggio fluviale si utilizzano infatti prevalentemente, in quanto più utili allo scopo, le Diatomee epilittiche, che vengono agevolmente prelevate raschiando il substrato con una lama oppure utilizzando un semplice spazzolino a setole dure.

Il campionamento va realizzato evitando eventuali immissioni puntiformi o particolari microambienti che si formino nei pressi delle sponde (morte o pozze di ristagno).

Indicativamente, la superficie da grattare, su almeno 4-5 supporti litici diversi, va da un minimo di 100 cm<sup>2</sup> ad un massimo di circa 500 m<sup>2</sup>. Se non sono presenti substrati naturali, il prelievo può essere effettuato su supporti artificiali duri (pile di ponti, fondi di chiatte, sponde cementificate...) che siano in posto da alcune settimane.

Per l'applicazione di questo indice, in laboratorio, è necessaria l'identificazione a livello di specie, effettuabile solo dopo l'eliminazione della sostanza organica mediante incenerimento ed osservazione al microscopio ottico a mille ingrandimenti dei preparati, dopo applicazione di una speciale resina ad alto indice di rifrazione. Vengono contati almeno 400 individui procedendo per strisciate orizzontali avendo cura di non sovrapporre i campi. Vanno presi in considerazione frustuli interi o rotti (purché riconoscibili) e singole valve. Una volta realizzata la lista delle specie, si procede alla stima della loro abbondanza. Una volta eseguito il conteggio si procede al calcolo dell'indice.

Vengono contati almeno 400 individui procedendo per strisciate orizzontali avendo cura di non sovrapporre i campi. Vanno presi in considerazione frustuli interi o rotti (purché riconoscibili) e singole valve. Una volta realizzata la lista delle specie, si procede alla stima della loro abbondanza. Una volta eseguito il conteggio si procede al calcolo dell'indice.

L'Indice di Funzionalità Fluviale (I.F.F. – APAT 2007) è un metodo di valutazione dello stato di salute ecologica degli ambienti fluviali, basato sull'analisi speditiva dei parametri morfologici, strutturali e biotici dell'ecosistema preso in considerazione. E' un metodo di indagine ambientale per il controllo e il monitoraggio ecologico degli ambienti fluviali a scopo di tutela degli stessi. Il periodo di rilevamento più idoneo per un'applicazione corretta è quello compreso tra il regime idraulico di morbida e quello di magra, e comunque in un periodo di attività vegetativa. L'indice consiste in una scheda di 14 domande suddivise nei seguenti gruppi funzionali: condizioni vegetazionali delle rive e del territorio circostante, ampiezza relativa dell'alveo bagnato e struttura fisica e morfologica delle rive, individuazione delle tipologie che favoriscono la diversità ambientale e la capacità di autodepurazione di un corso d'acqua, caratteristiche biologiche attraverso analisi della comunità macrobentica e macrofita e della conformazione del detrito). Il valore di IFF finale permette di valutare lo stato complessivo dell'ambiente fluviale e la funzionalità del corso

d'acqua (9 classi da ottimo a pessimo). Il tratto fluviale analizzato sarà sufficientemente esteso per individuare eventuali alterazioni e modifiche indotte dalle lavorazioni autostradali ed interesserà, per ogni corso d'acqua, sia il tratto a monte che a valle dell'interferenza autostradale.

Entrambi i parametri (M.H.P. e I.F.F.) forniscono risposte sugli effetti di condizionamento ambientale a medio-lungo termine e consentono di eseguire estrapolazioni per ricercare le caratteristiche ottimali di riferimento per l'ambiente fluviale nel suo complesso.

Infine, per costituire la base conoscitiva di riferimento per le indagini sulla fauna ittica è prevista nelle varie fasi l'esecuzione di una campagna di indagini con rilievi qualitativi sistematici lungo l'asta principale del Lambro con la finalità di caratterizzare la composizione e distribuzione dei popolamenti ittici.

La caratterizzazione dell'ittiofauna verrà effettuata nei periodi di magra individuati per l'esecuzione delle campagne di misura, scegliendo opportunamente i periodi in modo da studiare anche fasi biologiche particolari (in particolare fasi riproduttive). In questo modo sarà possibile verificare l'entità di fenomeni migratori pre-riproduttivi, e gli eventuali condizionamenti agli spostamenti verso le aree riproduttive causati da fenomeni di origine antropica. Tutti i campionamenti verranno condotti con il sistema della pesca elettrica. Questa tecnica consente di pescare efficacemente in un ampio tratto di fiume ed in tempi brevi senza nuocere al pesce che può essere rilasciato subito dopo le operazioni di riconoscimento sistematico e di misurazione. I limiti della pesca elettrica vanno tuttavia ricercati nella sua non efficacia in presenza di grandi volumi di acqua e nella difficoltà a catturare le specie e gli individui di piccole dimensioni. In questi casi sarà previsto l'utilizzo contemporaneo di elettrostorditori e reti a maglie di differente misura. Per le indagini con elettropesca verranno utilizzati elettrostorditori a zaino o barellabili, a corrente continua, pulsata e non, ed a voltaggio modulabile (300 \* 600 V), in funzione della tipologia ambientale e delle specie potenzialmente presenti, al fine di catturare anche gli individui di taglia minore, su cui l'effetto della corrente è inferiore. I campionamenti saranno di tipo quantitativo, con almeno 2 passaggi con elettrostorditore ed utilizzo del "removal method", in tutte le situazioni in cui sia possibile fornire dati quantitativi attendibili, ovvero dove sia consentita un'efficace pesca elettrica su tratti significativi, possibilmente sull'intera larghezza del corso d'acqua. In questi casi, attraverso l'elaborazione dei parametri raccolti in campo, verranno forniti i valori di biomassa e densità relativi alle singole specie ed i grafici relativi alla struttura di popolazione. Dove non sarà possibile effettuare valutazioni di tipo quantitativo verranno comunque date indicazioni di densità per metro lineare di corso d'acqua. I campionamenti saranno condotti su tratti rappresentativi non inferiori ai 100 m. lineari, considerando tutti i microhabitat presenti. L'indagine prevederà la determinazione dal punto di vista sistematico dei pesci catturati, la pesatura e misurazione di ciascun individuo, e la sua successiva reimmissione in acqua. Per ogni stazione di campionamento verrà compilata una scheda, su cui sono state annotate le specie ittiche rinvenute ed i dati biometrici relativi agli esemplari campionati, quali lunghezza (standard), peso e sesso, nonché valutazioni soggettive sullo stato generale dell'ittiofauna.

### Monitoraggio in continuo

Il PMA prevede, nella fase di corso d'opera, l'utilizzo di due strumentazioni in continuo per il monitoraggio dei fossi che fungono da recapito delle acque di scarico dei cantieri CB01 e CO01. Tale installazione è subordinata alla autorizzazione del proprietario del fondo ed alle caratteristiche idrologiche del corpo idrico ricettore, che deve garantire un deflusso idrico permanente ed un livello idrometrico sufficiente al corretto funzionamento della stazione in continuo.

- Stazioni idrometriche e di qualità dell'acqua

Si tratta di stazioni finalizzate al controllo in continuo di punti particolarmente critici nel corso dei lavori. Saranno pertanto installate prevalentemente a valle delle aree di cantiere a maggior rischio di interazione con i corsi d'acqua e mantenute per il solo periodo dei lavori o di esecuzione delle attività a rischio.

Queste stazioni sono state studiate con il criterio di rendere le opere civili di supporto e protezione degli impianti strumentali minime e facilmente adattabili alle caratteristiche dei siti di installazione.

L'impianto strumentale è inoltre semplificato e flessibile, essendo costituito da sonde di parametri chimico-fisici (singole o multiparametriche) e campionatori automatici.

Saranno sempre installati i sensori-base:

- H – livello idrometrico;
- T – temperatura dell'acqua;
- pH – concentrazione ioni idrogeno;
- COND – conducibilità elettrica specifica.
- Ossigeno Disciolto
- • Torbidità;

Un software specifico è preposto all'acquisizione locale dei dati ed alla teletrasmissione.

In abbinamento alla registrazione dei dati e alla loro teletrasmissione verrà predisposto un sistema di allertamento in tempo reale, in grado di segnalare il valore critico di uno o più parametri mediante l'invio di un messaggio di allarme tramite SMS all'unità di acquisizione centrale e a numeri di telefoni cellulari.

I valori delle soglie che in caso di superamento determinano la teletrasmissione del segnale verranno impostati sulla base delle osservazioni dirette riscontrate in condizioni naturali nel corso delle operazioni di monitoraggio ante operam ed in funzione dei limiti legislativi di riferimento.

Ad integrazione dei dati rilevati tramite stazioni in continuo e campagne, si farà riferimento ai dati meteo-climatici registrati mediante apposite centraline previste per il monitoraggio della componente atmosfera.

Per la strumentazione idrometrica si potrà fare riferimento alla normativa ISO in materia:

ISO 1100/1-1982	Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts – Partie 1: Établissements et exploitation d'une station de jaugeage.
ISO 1100/2-1982	Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts – Partie 2: Détermination de la relation hauteur-débit.
ISO 4373-1979	Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts. Appareils e mesure de niveau de l'eau.
ISO 6418-1985	Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts. Compteurs ultrasoniques (acoustiques) de vitesse.
ISO 6419/1-1984	Systèmes de transmission de données hydrométriques. Partie 1 : Généralités.

### 3.3.5. Componente acque sotterranee

La valutazione dei potenziali effetti indotti sul comparto idrico sotterraneo dalla costruzione e dall'esercizio dell'autostrada avverrà attraverso l'analisi e il confronto dei dati di

monitoraggio raccolti prima, durante e dopo la realizzazione dell'opera, con riferimento al quadro evolutivo dei fenomeni naturali aggiornato nel corso delle indagini. Nella fase di monitoraggio in ante operam verrà effettuato un numero di campagne di misura tali da fornire una caratterizzazione significativa dello stato quali-quantitativo degli acquiferi potenzialmente interessati dalle lavorazioni, con le relative fluttuazioni stagionali. Nella fase di corso d'opera le campagne di misura verranno eseguite con la stessa frequenza prevista per la fase precedente, in modo da poter evidenziare eventuali modifiche ed alterazioni. Le specifiche relative all'esecuzione delle indagini, con il dettaglio delle frequenze e della distribuzione di metodiche e analisi, verranno descritte in modo dettagliato ed esaustivo nei paragrafi seguenti.

Le attività di monitoraggio prevedranno controlli mirati all'accertamento dello stato quali-quantitativo delle risorse idriche sotterranee. I parametri che verranno monitorati saranno indicativi di quelle che, potenzialmente, potrebbero essere le tipologie più probabili di alterazione e di inquinamento derivanti dalla realizzazione delle opere autostradali.

Tali controlli consisteranno in indagini del seguente tipo:

- Indagini quantitative;
- Indagini qualitative: specifici parametri fisici e chimico-batteriologici.

#### Indagini quantitative

Verranno rilevati i seguenti parametri:

- Livello piezometrico su pozzi e piezometri;

Il monitoraggio quantitativo è mirato alla valutazione di massima degli andamenti stagionali della falda e delle modalità di deflusso delle acque sotterranee, al fine di individuare eventuali interferenze che le opere possono operare sul deflusso di falda. Il conseguimento di tali finalità richiede la disponibilità di dati sufficienti a definire le curve di ricarica e di esaurimento della falda.

Al momento dell'avvio del monitoraggio ante operam verranno aggiornati i dati relativi ai pozzi e piezometri esistenti e la redazione di schede sintetiche descrittive dei dati caratteristici di tutti i punti monitorati.

#### Indagini qualitative

Le procedure di campionamento ed analisi da applicare per il monitoraggio dei parametri chimico-fisici e batteriologici faranno integralmente riferimento alla normativa tecnica sotto indicata.

Norme IRSA-CNR

Norme UNICHIM-UNI

Norme ISO

ISO 5667-1/1980 (Guidance on the design of sampling programmes);

ISO 5667-2/1991 (Guidance on sampling techniques);

ISO 5667-3/1985 (Guidance on the preservation and handling of samples);

ISO 5667-10/1992 (Guidance on sampling of waste waters);

ISO/TC 147 (Water quality);

ISO STANDARDS COMPENDIUM-ENVIRONMENT/WATER QUALITY.

#### Indagini qualitative – parametri chimico-fisici

Verranno rilevati i seguenti parametri:

- Temperatura
- pH
- Conducibilità

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

#### Indagini qualitative – parametri chimici e microbiologici

Verranno rilevati i seguenti parametri:

- Bicarbonato
- Calcio
- Sodio
- Cloruri
- Solfati
- Magnesio
- Potassio
- Idrocarburi totali
- BTEX
- Arsenico
- Cadmio
- Cromo totale
- Cromo VI
- Manganese
- Mercurio
- Nichel
- Piombo
- Rame
- Zinco

La determinazione di specifici parametri chimici, oltre a fornire una caratterizzazione di massima della circolazione idrica sotterranea, è finalizzata alla valutazione delle eventuali problematiche di interferenza qualitativa tra acquifero ed opere in sottterraneo (dilavamento di acque di cantiere) o eventuali sversamenti accidentali collegati all'attività dei cantieri e dei campi cantiere (idrocarburi totali, escherichia coli...). Le opere sono potenzialmente in grado di determinare l'alterazione dal punto di vista qualitativo per contatto tra acque sotterranee e materiali di rivestimento. Le alterazioni qualitative che possono determinarsi dal contatto tra acque sotterranee e materiali di rivestimento sono numerose e possono verificarsi nel caso di circuiti idrogeologici brevi e superficiali.

### **3.3.6. Componente Vegetazione**

La scelta degli indicatori atti a monitorare le variazioni dello stato ambientale sulla componente vegetazione ha preso in considerazione i seguenti parametri:

- rappresentatività: l'indicatore deve essere correlabile con i fenomeni che si vogliono controllare (per quanto possibile con componenti biotiche soggette all'influenza di numerose variabili di tipo antropico ed ecologico);
- accessibilità: deve essere facilmente misurabile, campionabile facilmente ed avere una soglia di rilevabilità analitica accessibile con tecniche standard;
- affidabilità: deve avere valori minimi di errori sistematici;
- operatività: deve essere direttamente e facilmente utilizzabile per quantificare azioni di intervento;
- economicità: i costi di rilevamento e di elaborazione devono risultare il più possibile contenuti.

Il potenziale impatto determinato sulla vegetazione dalle fasi di costruzione ed esercizio dell'adeguamento autostradale e l'efficacia delle opere di recupero e ripristino ambientale rispetto agli obiettivi prefissati, verranno determinati tramite le seguenti metodologie di monitoraggio:

#### Rilievi fitosociologici

Un rilievo fitosociologico consiste essenzialmente nel descrivere la vegetazione in base alle specie vegetali che la compongono, precisando la composizione e la struttura del popolamento vegetale anche attraverso la definizione dei rapporti quantitativi tra le singole specie.

Il rilievo deve essere eseguito sul «popolamento elementare», cioè su tratti di vegetazione omogenea che costituiscono un campione rappresentativo di una determinata fascia vegetazionale.

La superficie da monitorare viene determinata per incremento successivo di area: partendo da una piccola superficie si annotano tutte le specie rinvenute, per poi raddoppiare varie volte l'area considerata fino a quando si hanno incrementi di nuove specie bassissimi o si ha un incremento molto elevato che indica un mutamento di condizioni ecologiche e quindi la presenza di un popolamento vegetale differente

Normalmente, mentre per la vegetazione erbacea sono sufficienti superfici di 50-100 m<sup>2</sup>, per la vegetazione arbustiva o arborea è opportuno effettuare rilevamenti su 200-400 m<sup>2</sup> di superficie minima.

I rilievi fitosociologici eseguiti con il metodo Braun-Blanquet prevedono la raccolta di dati riguardanti non solo la composizione floristica, ma anche l'orografia ed il substrato della stazione, al fine di meglio definire i parametri ecologici che influenzano la composizione e la struttura del popolamento.

Completato l'elenco floristico ad ogni specie vengono assegnati alcuni indici, normalmente espressi mediante scale di valori convenzionali, quali l'abbondanza (numero di individui di ogni specie che entra nella costituzione del popolamento vegetale del territorio preso in esame), la dominanza (estensione, areale o volumetrica, occupata dagli individui della stessa specie in rapporto alla superficie o al volume occupato dall'insieme del popolamento analizzato) e l'associabilità tra gli individui.

La stima dell'abbondanza-dominanza viene eseguita usando la scala di Braun-Blanquet che prevede i seguenti valori:

<b>5:</b> COPERTURA MAGGIORE DEL 75%
<b>4:</b> COPERTURA DAL 50 AL 75%
<b>3:</b> COPERTURA DAL 25 AL 50%
<b>2:</b> COPERTURA DAL 5 AL 25%
<b>1:</b> COPERTURA DALL'1 AL 5%
<b>+</b> : SPORADICA, CON COPERTURA TRASCURABILE
<b>R:</b> RARA, UNO O POCHI INDIVIDUI ISOLATI

In seguito all'esecuzione del rilievo fitosociologico, verranno calcolati i seguenti indicatori:

- Ricchezza floristica;
- Flora antropogena;
- Indice di diversità di specie secondo Shannon;
- Indice di Equiripartizione o di Evenness;
- Indice di Coerenza corologica.

### 3.3.7. Componente Fauna

Il piano di monitoraggio si pone come obiettivo la verifica degli impatti attesi in seguito alle opere di progetto (nuovo tratto autostradale, cantieri e viabilità di servizio connesse).

Si ritiene che tale verifica possa essere condotta in modo esauriente prendendo in considerazione sottoaree di dimensioni tali da poter essere monitorate per più indicatori faunistici nel corso della stagione fenologica delle diverse specie.

I criteri generali cui si è fatto riferimento per la scelta degli indicatori sono :

- rappresentatività: l'indicatore deve essere correlabile con i fenomeni che si vogliono controllare (per quanto possibile con componenti biotiche soggette all'influenza di numerose variabili di tipo antropico ed ecologico);
- accessibilità: deve essere facilmente misurabile, campionabile ed avere una soglia di rilevanza analitica accessibile con tecniche standard;
- sensibilità: l'indicatore deve riprodurre fedelmente i mutamenti in atto.
- affidabilità: deve avere valori minimi di errori sistematici;
- operatività: deve essere direttamente e facilmente utilizzabile per quantificare azioni di intervento.

Come principio generale, per tutti gli indicatori faunistici, i rilievi verranno condotti adottando uno schema spaziale lungo transetti a distanza crescente dalle opere (strade e/o cantieri).

### INDICATORI FAUNISTICI

Il monitoraggio si basa sull'analisi dei gruppi zoologici che nello Studio di Impatto Ambientale sono indicati come maggiormente esposti al disturbo causato dalle lavorazioni.

Di seguito si elencano i gruppi proposti per il monitoraggio:

Uccelli: i rilievi saranno finalizzati alla definizione qualitativa della comunità presente e all'osservazione dei cambiamenti del popolamento ornitico nel tempo. I metodi di raccolta dati prevedono l'osservazione diretta o indiretta (canti, richiami) senza uso di trappole lesive.

In particolare per rilevare eventuali variazioni nella struttura e densità delle popolazioni ornitiche, in relazione alle fasi di costruzione ed esercizio dell'infrastruttura, è stato scelto un metodo di censimento relativo e precisamente il metodo delle stazioni di ascolto (Blondel et al., 1970).

Tale metodo si basa sul rilevamento speditivo degli uccelli da un prefissato numero di punti di osservazione e di ascolto adeguatamente distribuiti all'interno dell'area di studio.

In ogni punto, per una durata di ascolto standardizzata definita in 10 minuti, dovrà essere effettuata la registrazione su un'apposita scheda di ciascuna specie ornitica vista o sentita cantare, prendendo nota quando possibile del sesso, dell'età (giovani o adulti) e delle principali attività in corso. Segnali di nidificazione come nidi, canti di allarme, individui in lotta o che portano cibo o materiale per il nido sono particolarmente utili.

Prima di iniziare il conteggio sarà necessario aspettare qualche minuto per minimizzare il disturbo arrecato agli uccelli dall'arrivo dell'osservatore.

La metodologia prevede l'annotazione della posizione approssimativa degli uccelli, registrando gli individui in differenti bande di distanza (ad es. prima banda fino a 50 m e seconda banda oltre i 50 m).

Ogni rilevamento andrà associato ad una descrizione delle caratteristiche dell'ambiente circostante il punto di ascolto quali la presenza di alberi, arbusti, costruzioni, siepi ecc.

I rilevamenti vanno iniziati poco dopo l'alba, momento in cui si ha la più intensa attività canora del maggior numero di specie e devono terminare per mezzogiorno, quando si inizia ad osservare un decremento nei canti. È consigliato effettuare alcuni rilevamenti serali o notturni (per i rapaci notturni).

I conteggi non devono essere effettuati in condizioni meteorologiche sfavorevoli: vento forte, pioggia, freddo intenso.

La distribuzione dei punti di ascolto deve essere effettuata in maniera sistematica all'interno delle aree omogenee, in modo da coprire con una griglia tutta l'area della stazione di monitoraggio, suddivisa in unità ambientali omogenee definite in base a rilievi sul campo.

Per evitare di conteggiare gli individui più di una volta, i punti di ascolto saranno posti ad una distanza minima tra loro di 200 m. Saranno necessari circa 20 punti per ciascuna stazione di studio, che potranno essere marcati con paletti o strisce per consentirne il ritrovamento alle visite successive.

Le indagini verranno condotte come indicato di seguito:

- durante la stagione riproduttiva dovranno essere effettuate alcune visite in modo da assicurare il rilievo sia delle specie che nidificano all'inizio della stagione riproduttiva sia di quelle che nidificano a stagione già inoltrata e in modo da tenere conto delle variazioni stagionali nella rilevabilità delle singole specie;



- durante l'inverno dovranno essere effettuate circa due uscite in modo da rilevare le specie svernanti.

Particolare attenzione dovrà essere prestata al censimento di eventuali rapaci nidificanti sulle pareti rocciose, segnalando per ciascuna specie il numero di individui, di coppie, di nidi e il successo riproduttivo.

In seguito ai rilievi saranno calcolati i seguenti indici:

- Ricchezza specifica;
- Valore di frequenza percentuale;
- Indice di somiglianza (Soerensen);
- Rapporto tra Non Passeriformi e Passeriformi;
- Valore ornitico;

Anfibi: i rilievi saranno finalizzati alla definizione qualitativa della comunità presente, con raccolta dati quantitativi su alcune specie di interesse a livello e all'evoluzione dei popolamenti durante le interferenze dovute alle lavorazioni.

Il censimento avverrà attraverso ricerca nei siti riproduttivi in modo da rilevare le specie di Anfibi Anuri (rospi, rane) e Urodeli (salamandre, tritoni) presenti nel territorio senza ricorrere a metodi che possono risultare cruenti per gli animali (cattura con trappole ecc.).

La metodologia prevede la ricerca sistematica degli animali nei siti riproduttivi (stagni, corsi d'acqua, pozze temporanee, fossi ecc.). Le specie vengono rilevate tramite osservazioni e conteggi diretti degli individui adulti, delle larve e delle ovature.

L'indagine deve essere compiuta nel periodo riproduttivo, che si estende a seconda della specie nei mesi che vanno da febbraio a giugno, sia durante il giorno sia durante la notte. Poiché l'attività riproduttiva viene interrotta se le condizioni meteorologiche sono sfavorevoli, è consigliabile quando possibile svolgere i rilievi conseguentemente a un evento di precipitazioni o durante periodi ad elevata umidità.

Il numero di animali fornisce una stima dell'abbondanza relativa, utile nel comparare nel tempo i cambiamenti che possono avvenire nelle popolazioni in conseguenza a fattori di impatto.

In seguito ai rilievi saranno calcolati i seguenti indici:

- Ricchezza specifica;
- Valore di frequenza percentuale;
- Indice di somiglianza (Soerensen);
- Sex ratio;
- N° ovature;

### **3.3.8. Componente Suolo**

Per monitorare nel tempo lo stato di qualità ambientale del suolo, nel presente piano si considerano alcuni indicatori (variabili elementari) e indici (variabili aggregate) determinati in funzione dei dati rilevati mediante le metodiche di monitoraggio previste.

I criteri generali cui si è fatto riferimento per la scelta degli indicatori e degli indici sono :

- rappresentatività: l'indicatore/indice deve essere correlabile con i fenomeni che si vogliono controllare (per quanto possibile con componenti biotiche soggette all'influenza di numerose variabili di tipo antropico ed ecologico);
- accessibilità: deve essere facilmente misurabile, campionabile facilmente ed avere una soglia di rilevabilità analitica accessibile con tecniche standard;
- affidabilità: deve avere valori minimi di errori sistematici;
- operatività: deve essere direttamente e facilmente utilizzabile per quantificare azioni di intervento;
- economicità: i costi di rilevamento e di elaborazione devono risultare il più possibile contenuti.

Il potenziale impatto determinato sul suolo dalle fasi di costruzione ed esercizio dell'adeguamento autostradale è determinato tramite le seguenti metodologie di monitoraggio:

#### E4: Profili pedologici e E5: trivellazioni

Lo studio dei suoli prevede l'apertura di buche (profili pedologici) secondo le specifiche tecniche di seguito illustrate:

*Profondità e larghezza del profilo:* la profondità standard di scavo è 1,5 m, o fino alla roccia non scavabile con mezzi meccanici e/o piccone; la larghezza standard è 1,5 m. Quando la profondità degli orizzonti diagnostici utili alla classificazione è maggiore di 1,5 m (previo accertamento preliminare con trivella) lo scavo può essere approfondito, purché all'approfondimento corrisponda un ulteriore allargamento del fronte del profilo (0,5 m di larghezza/0,25 m di profondità).

*Disposizione del metro nel profilo:* il metro va posto a sinistra e può essere sia rigido che flessibile, ma deve avere comunque una suddivisione ben visibile in decimetri (colori alternati, segno dei decimetri ben evidente).

Il rilevatore ha la facoltà di porre in corrispondenza di discontinuità o limiti considerati significativi dei markers appositi, da porsi sempre a destra del profilo, in cui deve essere riportato il valore di profondità.

*Disposizione della lavagnetta:* la lavagnetta va disposta lateralmente, sopra il metro. Le osservazioni vanno numerate progressivamente nell'ambito delle sigle relative al tipo di osservazione e non saranno ammesse sigle come bis, ter etc. Ogni osservazione ha un codice univoco.

Il profilo deve presentare una parete verticale ben illuminata su cui effettuare per ciascun orizzonte le osservazioni ed il prelievo di campioni di suolo.

Sono inoltre previste trivellazioni a mano, ubicate in modo da rappresentare la variabilità geomorfologica dell'area in esame.

Le trivellazioni sono eseguite il più possibile verticali e alla profondità corrispondente all'intera lunghezza della trivella (1,5 metri minimo), se non si incontrano roccia, pietre o ghiaia che rendano impossibile un ulteriore approfondimento della trivella. In questi casi la trivellazione si arresterà allo strato impenetrabile annotandone la profondità. La trivella consigliata è quella di tipo elicoidale.

I caratteri pedologici rilevati e descritti in campagna vengono riportati su una apposita scheda per la descrizione delle osservazioni pedologiche che sarà suddivisa in tre parti:

- caratteri stazionali (località, pendenza, esposizione, coordinate, morfologia, uso del suolo, ecc...);
- caratteri del suolo (profondità utile, limitazioni radici, drenaggio, temperatura del suolo);
- caratteri degli orizzonti humiferi, minerali e organici (profondità dell'orizzonte, limite inferiore, colore, struttura, ecc...):

Nello specifico si è fatto riferimento alle “*Linee guida per l'attività pedologica*” dell'Istituto per le Piante da Legno e l'Ambiente di Torino del gennaio 2002.

#### E6+E24: Analisi di laboratorio

Sui campioni prelevati dagli orizzonti del terreno (nelle fasi ante operam e post operam ) e dai cumuli di scotico accantonati (nella fase di corso d'opera) sono effettuate analisi di laboratorio volte a definire le caratteristiche dei suoli e valutarne la modificazione a seguito degli interventi effettuati in connessione alla realizzazione dell'opera. Nello specifico sono previste analisi pedologiche (chimiche e fisiche) ed analisi degli elementi inorganici, aromatici e idrocarburici (chimiche).

##### *Prelevamento del campione*

Nelle fasi ante operam e post operam il prelievo di campioni per le analisi pedologiche avviene prelevando un campione per ogni orizzonte di ciascun profilo realizzato.

Nella fase di corso d'opera, quando il suolo è accantonato in cumuli, verrà prelevato un campione ogni 1000 m<sup>3</sup> di terreno.

Il prelievo di campioni per le analisi degli elementi inorganici e idrocarburici avviene prelevando 6 campioni/ha secondo le specifiche indicate dal D.M. 13/09/99, considerando che su ognuno dei campioni sono realizzate le analisi stabilite in tutte e 3 le fasi di monitoraggio.

##### *E6: Analisi pedologiche*

Le analisi pedologiche consistono in analisi chimiche e fisiche.

Le *analisi delle caratteristiche chimiche*, effettuate secondo le metodologie definite dal D.M. 13/09/1999, consistono nella determinazione dei seguenti parametri/elementi:

- pH;
- capacità di scambio cationico;
- carbonio organico;
- conduttività elettrica ;
- azoto totale;
- rapporto C/N;
- fosforo assimilabile;
- potassio, calcio, magnesio, sodio scambiabili.

Le *analisi delle caratteristiche fisiche*, effettuate secondo le metodologie previste in “Soil Survey Manual” (Soil Survey Staff S.C.S - U.S.D.A., 1993), in “Soil Taxonomy” (Soil Survey Staff N.R.C.S. – U.S.D.A. 1999) e “Guida alla descrizione dei suoli” (G. Sanesi, C.N.R., 1977) consistono nella determinazione dei seguenti parametri:

- contenuto di scheletro in percentuale sul volume;
- tessitura (definita secondo il triangolo tessiturale USDA).

*E24: Analisi degli elementi inorganici, aromatici e idrocarburici*

Le analisi degli elementi in oggetto, determinati in relazione al tipo di intervento monitorato, consistono in analisi chimiche dei seguenti elementi:

- piombo;
- nichel;
- cromo totale;
- benzene;
- idrocarburi pesanti C>12;
- zinco;
- manganese;
- arsenico;
- rame;
- mercurio.

## 4. ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO

Per quanto riguarda la durata delle fasi operative si è fatto riferimento a quanto riportato nella tabella seguente.

Ante Operam	Corso d'Opera	Post Operam
12 mesi	24 mesi	12 mesi

Tabella 3 – Durata delle varie fasi di monitoraggio

La durata dell'intera attività di **monitoraggio**, comprensiva anche delle fasi ante e post operam, risulta quindi pari a **48 mesi**.

Nei paragrafi seguenti vengono riportati il dettaglio delle attività di monitoraggio previste, delle misure e le relative frequenze riferite alle diverse metodiche di rilievo selezionate per ciascuna componente ambientale individuata sulla base delle analisi e delle valutazioni riportate nel Capitolo 3.

### 4.1. Componente Antropica

Dato il non elevato grado di urbanizzazione della zona interessata dall'intervento, le componenti più strettamente legate alla sfera antropica, in particolare la **qualità dell'aria** e il **clima acustico**, non risultano particolarmente vulnerabili e sensibili. E' stata comunque definita e strutturata una rete di monitoraggio ambientale dedicata ai suddetti aspetti e suddivisa nelle seguenti componenti ambientali: Atmosfera e Rumore.

La componente **vibrazioni**, non rappresenta un elemento di criticità per la tipologia di opera in esame in quanto i punti ad elevata sensibilità sono distanti dal nuovo tracciato autostradale; tuttavia nel Piano sono state considerate le finalità e le metodiche di monitoraggio che potranno essere attivate su ricettori in caso di segnalazione durante la fase di corso d'opera.

#### 4.1.1. Atmosfera

Le misure di ante, corso e post operam verranno svolte in corrispondenza dei punti localizzati nella tavola allegata ed elencati nella tabella n. 4, con le metodiche di riferimento e con frequenza trimestrale per le metodiche A1 ed A2.

Le campagne di monitoraggio ante operam in prossimità delle aree di cantiere devono essere svolte preventivamente alla installazione dei cantieri e allo svolgimento di attività dalle quali possano derivare emissioni significative di polveri, al fine di rilevare le condizioni indisturbate.

Anche per quanto riguarda le misure ante operam finalizzate alla definizione degli impatti prodotti dall'infrastruttura autostradale il monitoraggio dovrà essere svolto prima dell'inizio dei lavori. Il Mezzo Mobile andrà ubicato nel comune di Cerro al Lambro, dove come evidenziato nel SIA, si attendono concentrazioni rilevanti sia di polveri sottili che di ossidi di azoto. Inoltre come richiesto nel decreto n. 385 del Ministero dell'Ambiente sono stati inseriti n. 2 nuovi siti in prossimità dei centri abitati e delle aree critiche. L'esatta ubicazione dei punti di rilievo andrà concordata con ARPA Lombardia

Il monitoraggio di corso d'opera in corrispondenza dei ricettori interferiti dalle attività dei cantieri sarà avviato a seguito dell'inizio dei lavori ed in presenza di condizioni di normale attività, cioè fintanto che la postazione sarà soggetta ad impatto determinato dalle attività di cantiere.

Nel presente Piano si è optato per la scelta della metodica A2 per valutare l'impatto determinato dai cantieri dove le Polveri Sottili (PM10) possono essere ritenute il principale ed unico inquinante derivante dalle normali attività di cantiere.

L'entità del traffico indotto dalle lavorazioni prevede in tale tratta, un numero esiguo di veicoli per giorno, quindi l'impatto risulta trascurabile.

Il monitoraggio ante operam, in corso d'opera e post operam, finalizzato alla valutazione dell'impatto da traffico autostradale, avverrà con metodica A1 (mezzo mobile) con rilevamento in continuo dei dati e secondo le modalità da concordare con ARPA.

La campagna di monitoraggio post operam deve essere programmata all'interno del primo anno di esercizio dell'opera in progetto.

#### Ubicazione delle stazioni di misura

Le misure verranno svolte in corrispondenza dei punti localizzati nelle planimetrie in scala 1:5000 allegata e nella Tabella 4.

L'ubicazione delle sezioni di monitoraggio è individuata da un codice assegnato con le modalità precisate nell'esempio che segue.

Esempio di codice completo:       **A1-ML-BR-A1-01**

**A1** = A1 – Autostrada MI-NA

**ML** = Tratta Milano Sud - Lodi

**SG** = codice del comune di appartenenza;

SG = San Giuliano Milanese;

ME = Melegnano;

CL = Cerro al Lambro;

SZ = San Zenone al Lambro;

TA = Tavazzano;

LV = Lodi Vecchio;

BG = Borgo San Giovanni;

**A1** = Metodica di Monitoraggio

A1 = Misura della qualità dell'aria per 30 giorni con mezzo mobile strumentato (ante operam, post operam);

A2 = Misura delle polveri sottili (PM10) per 15 giorni con campionatore sequenziale (ante operam, corso d'opera);

**01** = numero progressivo del punto di monitoraggio.

IDENTIFICAZIONE DEL RICETTORE		N° APPLICAZIONE METODICHE DI MONITORAGGIO						NOTE
Codice	Descrizione	Ante Operam		Corso d'Opera		Post Operam		
		A1	A2	A1	A2	A1	A2	
A1-ML-CL-A1-01	Esercizio	4	-	-	-	4	-	
A1-ML-SZ-A2-02	Cantiere	-	4	-	8	-	-	Si ipotizza un corso d'opera di 24 mesi. Ogni 3 mesi in Corso d'Opera.
A1-ML-SZ-A1-03	Esercizio	4	-	-	-	4	-	
A1-ML-LV-A1-04	Esercizio	4	-	-	-	4	-	
<b>TOTALE</b>		<b>12</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>-</b>	

Tabella 4 - Piano delle misure da effettuare – ATMOSFERA

#### 4.1.2. Rumore

##### Fasi del monitoraggio

Le campagne di monitoraggio ante operam in prossimità delle aree interessate dal futuro esercizio, dai cantieri principali e secondari, dai fronti di avanzamento, verranno svolte preventivamente alla installazione dei cantieri stessi e allo svolgimento di attività rumorose quali bonifica bellica, decespugliamenti, sbancamenti, al fine di acquisire lo stato ambientale in condizioni indisturbate.

In particolare, i rilievi fonometrici di corso d'opera sono finalizzati ad individuare l'impatto dei cantieri, dei fronti di avanzamento lavori individuando i ricettori più vicini alla sorgente di rumore ed esposti a livelli rilevanti come indicato nello Studio di Impatto Ambientale. Per quanto l'entità dei transiti stimata non sia del tutto trascurabile in confronto al traffico che interessa la viabilità esistente gli impatti acustici aggiuntivi saranno ridotti, in quanto gli incrementi di emissioni acustiche saranno inferiori a 1 dBA. Quindi l'impatto del traffico di cantiere sulla componente rumore sarà di fatto poco significativo.

Per la fase post operam sono stati individuati diverse tipologie di ricettori su cui eseguire i rilievi fonometrici:

- recettori con rispetto dei limiti senza interventi di mitigazione (metodica R3);
- recettori con rispetto dei limiti mediante interventi di mitigazione (metodica R3);
- recettori con limiti non rispettati anche in presenza di mitigazioni, gli infissi presenti consentono il rispetto dei limiti interni (metodiche R3 e R4bis);

A partire da questi dati sperimentali verranno eseguite nuove stime previsionali mediante adeguato modello di simulazione acustica su tutti i ricettori individuati, al fine di verificare la correttezza di quanto previsto ed in particolare l'efficacia delle opere di mitigazione e degli interventi di insonorizzazione degli edifici preventivati nello studio acustico preliminare. Verranno inoltre individuati nella fase post operam alcuni punti di misura adatti a verificare l'emissività della sorgente (siti indisturbati e prospicienti l'autostrada).

Per l'aggiornamento degli studi acustici, in primo luogo si procederà a una verifica del sistema dei ricettori presenti lungo le tratte in ampliamento, allo scopo di individuare

eventuali variazioni significative (nuove edificazioni, demolizioni, cambi di destinazione d'uso).

Contemporaneamente saranno acquisite e inserite nei modelli digitali del terreno dei modelli acustici eventuali variazioni significative apportate ai progetti stradali in sede di esecuzione dei lavori (modifiche rilevanti di muri, trincee, ecc.). Saranno quindi svolte le simulazioni acustiche per tutti i ricettori presenti nell'area di studio.

Le misure verranno eseguite nella fase di ante operam in corrispondenza dei punti localizzati nelle tavole allegate e indicate nella tabella 5 con le modalità indicate nelle metodiche di riferimento.

Le attività di monitoraggio di corso d'opera che riguardano la caratterizzazione delle aree interessate dai cantieri principali e di lavoro, dai cantieri mobili, saranno verificate con i responsabili degli stessi cantieri per individuare le attività "tipo" e le relative macchine e attrezzature impiegate.

Le misure sono previste in corrispondenza dei punti localizzati nelle tavole allegate e indicati in tabella 8. Per ciò che riguarda le postazioni (cantieri principali e secondari,) le misure verranno ripetute, in condizioni standard, ogni 3 mesi.

La campagna di monitoraggio post operam è stata programmata nel primo anno di esercizio dell'opera in progetto. In particolare come richiesto dagli Enti entro tre mesi dall'entrata in esercizio della quarta corsia verranno effettuate le rilevazioni fonometriche finalizzate a valutare il rispetto dei limiti e l'efficacia degli interventi di mitigazione acustica, valutando eventuali ulteriori interventi di mitigazione

Le misure verranno eseguite una volta e in corrispondenza dei punti localizzati nelle tavole allegate e indicati nella tabella 5.

#### Ubicazione delle stazioni di misura

La planimetria in scala 1:5000 allegata, riporta l'ubicazione delle sezioni di monitoraggio, ciascuna individuata da un codice assegnato con le modalità precisate nell'esempio che segue.

Esempio di codice completo:       **A1-ML-ME-R3-01**

**A1** = A1 – Autostrada MI-NA

**ML** = Tratta Milano Sud - Lodi

**SG** = codice del comune di appartenenza;

SG = San Giuliano Milanese;

ME = Melegnano;

CL = Cerro al Lambro;

SZ = San Zenone al Lambro;

TA = Tavazzano;

LV = Lodi Vecchio;

BG = Borgo San Giovanni;

**R1** = Metodica di Monitoraggio

Metodica R2 Misure di 24 ore, postazioni semi-fisse parzialmente assistite da operatore, per rilievi attività di cantiere(ante operam, corso d'opera).

Metodica R3 Misure di 7 giorni, postazioni fisse non assistite da operatore, per rilievi di traffico veicolare (ante operam, post operam).



Metodica R4 Misure di breve periodo in ambiente abitativo per la verifica del limite differenziale (ante operam, corso d'opera)

Metodica R4bis Misure di breve periodo in ambiente abitativo per la verifica degli interventi di mitigazione diretti sui ricettori. (post operam).

01 = numero progressivo del punto di monitoraggio.

IDENTIFICAZIONE DEL RICETTORE			N° APPLICAZIONE METODICHE DI MONITORAGGIO							Note
			Ante Operam			Corso d'Opera		Post Operam		
Codice	Studio acustico n. ricettore	Descrizione	R2	R3	R4	R2	R4	R3	R4bis	
A1-ML-ME-R3-01	11	Esercizio		1				1		Interno fascia di pertinenza autostradale
A1-ML-ME-R4b-01	11	Esercizio							1	Interno fascia di pertinenza autostradale
A1-ML-CL-R3-02	15	Esercizio		1				1		Interno fascia di pertinenza autostradale
A1-ML-CL-R3-03	35	Esercizio		1				1		Interno fascia di pertinenza autostradale
A1-ML-CL-R3-04	185	Esercizio		1				1		Fuori fascia di pertinenza autostradale
A1-ML-CL-R2-05	58	Fronte avanzamento	1			8				Ogni 3 mesi per un corso d'opera di 24 mesi
A1-ML-SZ-R3-06	129	Esercizio		1				1		Interno fascia di pertinenza autostradale
A1-ML-SZ-R2-07	45	Fronte avanzamento	1			8				Ogni 3 mesi per un corso d'opera di 24 mesi
A1-ML-SZ-R3-08	113	Esercizio		1				1		Fuori fascia di pertinenza autostradale
A1-ML-SZ-R2-09	82	Cantiere principale	1			8				Ogni 3 mesi per un corso d'opera di 24 mesi
A1-ML-SZ-R4-09	82	Cantiere principale			1		8			Ogni 3 mesi per un corso d'opera di 24 mesi
A1-ML-LV-R3-10	2	Esercizio		1				1		Interno fascia di pertinenza autostradale
A1-ML-LV-R2-11	52	Fronte avanzamento	1			8				Ogni 3 mesi per un corso d'opera di 24 mesi
A1-ML-LV-R3-12	42	Esercizio		1				1		Fuori fascia di pertinenza autostradale
A1-ML-LV-R3-13	25	Esercizio		1				1		Interno fascia di pertinenza autostradale
A1-ML-BG-R3-14	107	Esercizio		1				1		Interno fascia di pertinenza autostradale
A1-ML-BG-R2-15	149	Fronte avanzamento	1			8				Ogni 3 mesi per un corso d'opera di 24 mesi
<b>TOTALE</b>			<b>5</b>	<b>10</b>	<b>1</b>	<b>40</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>1</b>	

Tabella 5 - Piano delle misure da effettuare – RUMORE

I ricettori nelle fasce di pertinenza sono così suddivisi:

- rispetto limiti senza mitigazioni: A1-ML-CL-R3-03 - A1-ML-LV-R3-13
- rispetto limiti con mitigazioni: A1-ML-CL-R3-02 - A1-ML-SZ-R3-06- A1-ML-LV-R3-10- A1-ML-BG-R3-14
- interventi diretti sui ricettori: A1-ML-ME-R3-01

Inoltre vengono monitorati tre ricettori fuori fascia di pertinenza

#### **4.1.3. Vibrazioni**

La componente vibrazioni, non rappresenta un elemento di criticità per la tipologia di opera in esame in quanto i punti ad elevata sensibilità sono distanti dal tracciato autostradale; tuttavia nel Piano vengono monitorati alcuni ricettori

##### Fasi del monitoraggio

Le campagne di monitoraggio ante operam in prossimità delle aree di cantiere, della viabilità di servizio di futura realizzazione o esistente, devono essere svolte preventivamente alla installazione dei cantieri e allo svolgimento di attività dalle quali possono derivare emissioni significative di vibrazione, al fine di acquisire lo stato ambientale in condizioni indisturbate.

Le misure verranno eseguite in corrispondenza dei punti localizzati nelle tavole allegate e indicati in tabella 6, una sola volta prima dell'inizio dei lavori, con le modalità indicate per le metodiche di riferimento V1.

Le attività di monitoraggio di corso d'opera che riguardano la caratterizzazione delle sorgenti di vibrazione presenti nei cantieri fissi e sui fronti di avanzamento saranno verificate con i responsabili degli stessi cantieri.

Le attività di monitoraggio in corrispondenza dei ricettori impattati dal traffico di servizio saranno avviate quando i cantieri sono in esercizio e in condizioni di normale attività; è quindi importante che vi sia una stretta collaborazione con i responsabili di cantiere al fine di definire la programmazione esecutiva delle misure. In particolare, i rilievi vibrometrici di corso d'opera sono finalizzati ad individuare l'impatto dei cantieri, dei fronti di avanzamento lavori e delle viabilità di servizio individuando i ricettori più vicini alla sorgente di vibrazione (entro una fascia di 50 m dall'infrastruttura). Nello studio di impatto ambientale si evidenzia che le attività non determinano impatti nonostante ciò, come richiesto dalla Regione, sono stati individuati i ricettori entro i 50 m dall'infrastruttura

Le misure verranno eseguite in corrispondenza dei punti localizzati nelle tavole allegate e riportati in tabella 6.

Le misure verranno ripetute indicativamente ogni 3 mesi e comunque sempre nei periodi in cui è previsto l'utilizzo delle seguenti attrezzature:

- rullo vibrante per compattazione di sottofondi e la realizzazione di rilevati;
- attrezzature a percussione per la realizzazione di pali, micropali, ecc.;
- martelli pneumatici per il disgrego di massi o la demolizione di strutture.

##### Monitoraggio post operam

Le vibrazioni dovute al traffico autoveicolare non determinano, se lo strato d'usura della pavimentazione stradale è priva di discontinuità, problemi di disturbo sugli edifici prossimi

alla sede stradale. Nonostante ciò è stato individuato n. 1 ricettore su cui fare un monitoraggio post operam

La campagna di monitoraggio post operam deve essere programmata all'interno del primo anno di esercizio dell'opera in progetto.

Le tavole in scala 1:5000 allegate alla presente Relazione riportano l'ubicazione delle sezioni di monitoraggio, ciascuna individuata da un codice assegnato con le modalità precisate nell'esempio che segue.

Esempio di codice completo: **A1-ML-ME-V1-01**

**A1** = A1 – Autostrada MI-NA

**ML** = Tratta Milano Sud - Lodi

**SG** = codice del comune di appartenenza;

SG = San Giuliano Milanese;

ME = Melegnano;

CL = Cerro al Lambro;

SZ = San Zenone al Lambro;

TA = Tavazzano;

LV = Lodi Vecchio;

BG = Borgo San Giovanni;

**V1** = Metodica di Monitoraggio

V1 = Misura di breve periodo finalizzate al disturbo (ante operam, corso d'operam, post operam);

V2 = Misura di breve periodo finalizzate al danno (corso d'opera);

**01** = numero progressivo del punto di monitoraggio.

IDENTIFICAZIONE RICETTORE		IDENTIFICAZIONE RICETTORE						NOTE
Codice	Codice	Ante Operam		Corso d'Opera		Post Operam		
		V1	V2	V1	V2	V1	V2	
A1-ML-ME-V1-01	Fronte Avanzamento	1	-	8	-	1	-	Si ipotizza un corso d'opera di 24 mesi. Ogni 3 mesi in corso d'opera.
A1-ML-ME-V2-01	Fronte Avanzamento	-	-	-	8	-	-	Si ipotizza un corso d'opera di 24 mesi. Ogni 3 mesi in corso d'opera.
A1-ML-CL-V1-02	Fronte Avanzamento	1	-	8	-	-	-	Si ipotizza un corso d'opera di 24 mesi. Ogni 3 mesi in corso d'opera.
A1-ML-CL-V2-02	Fronte Avanzamento	-	-	-	8	-	-	Si ipotizza un corso d'opera di 24 mesi. Ogni 3 mesi in corso d'opera.
A1-ML-CL-V1-03	Fronte Avanzamento	1	-	8	-	1	-	Si ipotizza un corso d'opera di 24 mesi. Ogni 3 mesi in corso d'opera.
A1-ML-CL-V2-03	Fronte Avanzamento	-	-	-	8	-	-	Si ipotizza un corso d'opera di 24 mesi. Ogni 3 mesi in corso d'opera.
<b>TOTALE</b>	<b>TOTALE</b>	<b>3</b>	<b>-</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	

Tabella 6 – Piano delle misure da effettuare– VIBRAZIONI

## 4.2. Componente Idrica

Gli interventi previsti in corrispondenza di ponti, viadotti e attraversamenti fluviali, con la realizzazione di opere in alveo, quali sistemazioni spondali, guadi provvisori, richiedono una particolare attenzione al controllo e al monitoraggio dei corsi d'acqua, con particolare attenzione agli aspetti di qualità delle acque e degli ecosistemi fluviali. All'interno del Piano di Monitoraggio Ambientale è stata quindi prevista la componente ambientale legata a tali aspetti, denominata nel seguito Acque Superficiali ed Ecosistemi Fluviali.

Gli interventi in progetto comporteranno la presenza di acque di dilavamento nelle aree adibite a cantiere e una produzione di acque reflue generate dalle attività di cantiere. Tali acque potrebbero infiltrarsi nel terreno e modificare lo stato qualitativo delle acque sotterranee in prossimità dell'intervento; per questo motivo all'interno del PMA è stata inserita anche la componente Acque Sotterranee.

### 4.2.1. Acque Superficiali ed Ecosistemi Fluviali

L'idrografia della zona interessata dall'intervento è quella tipica della media pianura padana lombarda: si tratta di un'area pianeggiante di origine alluvionale altamente sfruttata a scopo agricolo e solcata da numerosi cavi irrigui. Il reticolo idrografico naturale è costituito essenzialmente dal Fiume Lambro (unica interferenza appartenente al reticolo idrico principale) scavalcato in viadotto; tutte le altre aste interferenti sono rogge o canali di irrigazione artificiali, a volte anche di notevole larghezza, scavalcate con ponti, ponticelli o tombini. Le sezioni di controllo relative alla componente "Acque Superficiali" sono state posizionate sui corsi d'acqua significativi in prossimità delle aree di cantiere ed in prossimità delle lavorazioni principali che potrebbero alterare le caratteristiche qualitative degli stessi corsi d'acqua.

Di seguito vengono sinteticamente descritte le zone interessate da interventi e lavorazioni potenzialmente interferenti con le acque superficiali e che saranno oggetto di monitoraggio ambientale; partendo dall'inizio degli interventi si incontrano:

"Fiume Lambro": Il Fiume Lambro ha origine in comune di Magreglio (CO), nella zona compresa fra i due rami del Lago di Como. Dopo un tratto che termina nel Lago di Pusiano, lascia i territori montani per iniziare la discesa verso la pianura densamente urbanizzata ed industrializzata della Brianza, confluendo, infine, nel Po tra Orio Litta (LO) e Chignolo Po (PV). Nei suoi 120 km di corso (breve, se paragonato ai due grandi fiumi che lo fiancheggiano, Ticino e Adda), il Lambro presenta i caratteri tipici di fiume prealpino, ossia direzione regolare, portata modesta, variabilità e stagionalità delle portate dovuta anche all'assenza di ghiacciai nel bacino di alimentazione. I due affluenti naturali principali del Lambro sono il Seveso e il Lambro Meridionale, che è il proseguimento del Fiume Olona. La superficie del bacino imbrifero sotteso alla sezione di confluenza con il Fiume Po è di 2217 km<sup>2</sup>. La valle attuale del fiume è limitata, sia in sinistra che in destra orografica, da terrazzi fluviali principali che demarcano il passaggio al livello fondamentale della pianura. I terrazzi decorrono lungo tutto il corso del fiume e presentano dislivelli compresi tra 3 e 8 m. In generale si osserva la diminuzione dell'altezza delle scarpate procedendo da Nord a Sud. L'andamento dei terrazzi è piuttosto articolato e presenta numerosi incisioni riconducibili all'azione di un corso d'acqua meandriforme durante l'Olocene. La continuità dei terrazzi è stata anche modificata dall'azione antropica in corrispondenza dei centri abitati o delle aree in cui è stata o è in atto la coltivazione di cave "in arretramento di terrazzo". La marcata tendenza erosiva del Lambro è testimoniata dalla presenza di almeno tre ordini di terrazzi di erosione la cui scarsa continuità, per quanto detto sopra, ne

impedisce l'immediata individuazione. La continuità e l'evidenza di questi elementi morfologici diminuiscono ulteriormente verso Sud coerentemente con la diminuzione dell'energia di trasporto propria del corso d'acqua e le conseguenti minore erosione e maggiore deposizione. Il corso d'acqua ha un andamento planimetrico di tipo meandriforme e la sua configurazione denota uno stadio di maturazione avanzato con l'alveo incassato nei terrazzamenti e con una traccia ben definita. I fenomeni di dissesto nell'ambito della dinamica del corso d'acqua corrispondono essenzialmente ad erosioni spondali e scalzamenti delle opere di difesa. Il Fiume Lambro è attraversato dall'autostrada in corrispondenza della progressiva 11+798.00 km; l'Ente di competenza è l'Autorità di Bacino del Fiume Po. Il ponte sul corso d'acqua verrà realizzato in modo simmetrico (a monte e a valle), rispondendo ai requisiti idraulici previsti dalle normative vigenti (PAI) e senza incrementare l'attuale grado di rischio. Per monitorare gli effetti verso valle delle eventuali interferenze con le lavorazioni autostradali sul fiume Lambro si prevedono due sezioni di controllo ubicate rispettivamente una a monte ed una a valle dell'autostrada A1.

“Cavo Lorini-Marocco”: Questo canale ha origine dal Canale Addetta del Consorzio Muzza, con un manufatto di presa e regolazione dotato di scaricatore di emergenza nell'Addetta stessa. In regime irriguo estivo, la sua portata è fissata in 8,00 mc/sec, che possono salire a 10,00 mc/sec in caso di massima piena. Una volta sottopassato il ponte Autostrada, quasi in fregio alla carreggiata sud, è presente un importante nodo idraulico, costituito da un sostegno a n°2 paratoie con sfioratore centrale per la derivazione di un cavo irriguo in riva sinistra. Quest'ultimo è regolato da n° 2 paratoie alloggiate in piccolo fabbricato coperto. A valle di tale fabbricato, e prima del sostegno, è stato installato un sifone di sfioro per regolare ulteriormente la portata nel canale principale. Proseguendo poi a valle con una tratta rettilinea di circa 500 m, il canale stesso sovrappassa il Fiume Lambro per attuare l'irrigazione dei terreni a sud di Cerro al Lambro. Per monitorare gli effetti verso valle delle eventuali interferenze con le lavorazioni autostradali sul Cavo Lorini-Marocco si prevedono due sezioni di controllo ubicate rispettivamente una a monte ed una a valle dell'autostrada A1.

“Rogge del Consorzio Muzza-Bassa Lodigiana”: La funzione della Roggia Barbavara è promiscua, di irrigazione e di scolo, mentre il Cavo Sillaro ha funzione solamente di scolo. Durante il semestre estivo, che inizia ai primi di Aprile, il Consorzio regola un deflusso “nominale”, tale da assicurare le esigenze irrigue degli utenti, come segue:

Roggia Barbavara                      2500,00 l/sec

La portata nominale irrigua indicata, determina un invaso di sicurezza del rispettivo alveo, in modo da assicurare franchi sufficienti a recepire eventuali apporti imbriferi anche di forte intensità. I Cavi Sillaro sono invece “colatori”, cioè recepiscono le sole colaticce di monte, che possono presentare portate variabili, ma comunque ampiamente nei limiti degli alvei, non presentandosi mai in condizioni di invaso irriguo. Per monitorare gli effetti verso valle delle eventuali interferenze con le lavorazioni autostradali si prevedono sezioni di controllo a monte e a valle degli interventi.

Le tavole in scala 1:5000 allegate riportano l'ubicazione delle sezioni di monitoraggio, ciascuna individuata da un codice assegnato con le modalità precisate nell'esempio che segue.

Codice completo:    **A1-ML-SG-SU-LA-01**

**A1** = A1 – Autostrada A1 Milano Napoli

**ML** = Tratta in esame Milano Sud - Lodi

**SG** = codice del comune di appartenenza;

SG = San Giuliano Milanese;

ME = Melegnano;

CL = Cerro al Lambro;

SZ = San Zenone al Lambro;

TA = Tavazzano;

LV = Lodi Vecchio;

BG = Borgo San Giovanni;

**SU** = componente ambientale (SU: Acque superficiali);

**LA** = individuazione punto di misura: "Fiume Lambro"

LA = Fiume Lambro

MA = Cavo Lorini-Marocco;

SI = Cavo Sillaro;

BA = Roggia Barbavara;

**01** = numero progressivo del punto di monitoraggio all'interno del tratto.

La tabella seguente riporta l'elenco delle stazioni di misura, con relativa codifica e comune.

Stazione	Denominazione	Comune
A1-ML-CL-SU-LA-01	Fiume Lambro monte	Cerro al Lambro
A1-ML-CL-SU-LA-02	Fiume Lambro valle	Cerro al Lambro
A1-ML-SZ-SU-MA-03	Cavo Lorini-Marocco monte	San Zenone al Lambro
A1-ML-SZ-SU-MA-04	Cavo Lorini-Marocco valle	San Zenone al Lambro
A1-ML-SZ-SU-OS-05	Roggia Ospedalino est	San Zenone al Lambro
A1-ML-SZ-SU-OS-06	Roggia Ospedalino ovest	San Zenone al Lambro
A1-ML-LV-SU-TR-07	Roggia Triulza est	Lodi vecchio
A1-ML-LV-SU-TR-08	Roggia Triulza ovest	Lodi vecchio
A1-ML-LV-SU-SI-09	Cavo Sillaro pK 18 est	Lodi vecchio
A1-ML-LV-SU-SI-10	Cavo Sillaro pK 18 ovest	Lodi vecchio
A1-ML-LV-SU-BZ-11	Roggia Balzarina est	Lodi vecchio
A1-ML-LV-SU-BZ-12	Roggia Balzarina ovest	Lodi vecchio
A1-ML-LV-SU-BA-13	Roggia Barbavara est	Lodi vecchio
A1-ML-BG-SU-BA-14	Roggia Barbavara ovest	Borgo San Giovanni
A1-ML-BG-SU-SI-15	Cavo Sillaro pK 21 est	Borgo San Giovanni
A1-ML-BG-SU-SI-16	Cavo Sillaro pK 21 ovest	Borgo San Giovanni

Tabella 7 – Elenco stazioni di monitoraggio

I parametri di misura comprendono un set standard (A1+A2) contenente le indagini quantitative e i parametri chimico fisici, un set contenente parametri chimici specialistici (A3), un set riguardante i parametri microbiologici (A4), un set relativo all'Indice Diatomico (A5), un set relativo al Multi-habitat proporzionale (A6), un set relativo all'Indice Funzionalità

Fluviale (A7) e un set relativo all'Indice Ittiologico (A8). In tabella 7 si riporta il dettaglio dei parametri contenuti nei vari set:

<b>CODICE SET FUNZIONALE</b>	<b>CODICE E DEFINIZIONE PARAMETRI DI MONITORAGGIO</b>
A1	Q – Misura correntometrica della portata Parametri Idrologico – Idraulici
A2	T – Temperatura acqua PH – Concentrazione ioni idrogeno COND – Conducibilità elettrica specifica O.D. – Ossigeno Disciolto Torbidità - NTU
A3	SST – Solidi Sospesi Totali Cloruri Solfati Calcio C.O.D. Tensioattivi anionici Tensioattivi non ionici Alluminio Cadmio Cromo totale Ferro Nichel Piombo Zinco Idrocarburi totali
A4	Escherichia Coli Azoto Ammoniacale Azoto Nitrico Azoto Totale Fosforo Totale BOD5
A5	ID - ICMi
A6	M.H.P. –
A7	I.F.F. – Indice di Funzionalità Fluviale
A8	Indice Ittiologico (Ittiofauna)

Tabella 8 - Parametri di monitoraggio

#### SET A1 – A2

Tali parametri, la cui misura verrà rilevata su tutte le sezioni in occasione di ogni campagna, potranno fornire una caratterizzazione quantitativa e una indicazione generale sullo stato di qualità delle acque dei corsi d'acqua in relazione alle problematiche di interferenza con le opere autostradali in costruzione.

#### SET A3 - A4

I parametri dei set A3, A4 daranno indicazione delle eventuali interferenze tra le lavorazioni in atto ed il chimismo e la carica batteriologica di “bianco” dei corsi d'acqua.

#### SET A5

La valutazione dell'indice diatomeo è basata sulla sensibilità delle Diatomee alla concentrazione di nutrienti, alla sostanza organica e al grado di mineralizzazione del corpo idrico, con particolare riferimento ai cloruri. Le Diatomee sono alghe unicellulari, talora

riunite in colonie, aventi dimensioni variabili tra pochi  $\mu\text{m}$  ad oltre 0,5 mm. Questi organismi popolano sia le acque dolci sia quelle salate, ma con generi e specie differenti a seconda delle caratteristiche geografiche, idrologiche e chimico-fisiche del corpo idrico che le ospita. Le Diatomee che vengono prese in considerazione in questo metodo sono quelle bentoniche, quasi le sole che popolano le acque correnti. Si tratta di eccellenti bioindicatori

I periodi maggiormente indicati per il campionamento sono quelli in cui si ha il massimo sviluppo delle diatomee in termini di copertura e biodiversità, ovvero in condizioni di elevata luminosità e moderata temperatura dell'acqua. Queste condizioni si verificano quando il corso d'acqua è in morbida ed in magra. Dal momento che forti temporali e piene possono indurre rimaneggiamenti bentonici, è necessario attendere almeno 10 gg dall'evento prima di campionare per consentire la ricolonizzazione completa dei substrati litici.

Per l'applicazione di questo indice, in laboratorio, è necessaria l'identificazione a livello di specie, effettuabile solo dopo l'eliminazione della sostanza organica mediante incenerimento ed osservazione al microscopio ottico a mille ingrandimenti dei preparati, dopo applicazione di una speciale resina ad alto indice di rifrazione. Vengono contati almeno 400 individui procedendo per strisciate orizzontali avendo cura di non sovrapporre i campi. Vanno presi in considerazione frustuli interi o rotti (purché riconoscibili) e singole valve. Una volta realizzata la lista delle specie, si procede alla stima della loro abbondanza. Una volta eseguito il conteggio si procede al calcolo dell'indice.

L'indice diatamico verrà applicato su corsi d'acqua naturali o artificiali, con elevate caratteristiche di naturalità, che presentano un regime idrologico permanente, risultando poco significativo per corsi d'acqua minori che presentano un regime idrologico fortemente influenzato dalla stagionalità con lunghi periodi di secca.

#### SET A6

In questo set di parametri rientra la determinazione del Multi-habitat proporzionale (MHP), basato su un approccio multihabitat, che prevede una raccolta dei macroinvertebrati in corsi d'acqua in linea con le richieste della legge europea 2000/60/EC. Tale rilievo, oltre a permettere una valutazione delle caratteristiche complessive dei bacini idrografici e dell'impatto dell'attività antropica, fornisce un giudizio sintetico sulla qualità, e relative evoluzioni, dell'ambiente fluviale interessato dalle lavorazioni autostradali.

Il metodo MHP verrà applicato su corsi d'acqua naturali o artificiali, con elevate caratteristiche di naturalità, che presentano un regime idrologico permanente, risultando poco significativo per corsi d'acqua minori che presentano un regime idrologico fortemente influenzato dalla stagionalità con lunghi periodi di secca.

#### SET A7

Il set A7 prevede la determinazione dell'Indice di Funzionalità Fluviale (I.F.F. – APAT 2007); si tratta di una metodologia di rilevamento che permette di valutare la funzionalità ecologica degli ecosistemi fluviali; oltre all'ambiente acquatico l'indice prende in considerazione l'ambiente terrestre che insiste sul corso d'acqua e che ne condiziona la stabilità e la funzionalità trofica, rivalutando in particolare la funzione della zona riparia come ecotono di separazione tra l'ecosistema propriamente acquatico e l'ecosistema terrestre. La determinazione dell'indice consiste in una scheda di 14 domande suddivise nei seguenti gruppi funzionali: condizioni vegetazionali delle rive e del territorio circostante, ampiezza relativa dell'alveo bagnato e struttura fisica e morfologica delle rive, individuazione delle tipologie che favoriscono la diversità ambientale e la capacità di autodepurazione di un corso d'acqua, caratteristiche biologiche attraverso analisi della comunità macrobentica e macrofita e della conformazione del detrito. Il valore di IFF finale



permette di valutare lo stato complessivo dell'ambiente fluviale e la funzionalità del corso d'acqua (9 classi da ottimo a pessimo). Il periodo di rilevamento più idoneo per un'applicazione corretta è quello compreso tra il regime idrologico di morbida e quello di magra, e comunque in un periodo di attività vegetativa. Il tratto fluviale analizzato sarà sufficientemente esteso per individuare eventuali alterazioni e modifiche indotte dalle lavorazioni autostradali ed interesserà, per ogni corso d'acqua, sia il tratto a monte che a valle dell'interferenza autostradale.

### SET A8

Il set A8 prevede la determinazione dell'Indice Ittiologico; tale esame viene realizzato attraverso l'uso della pesca elettrica. Questa tecnica consente di pescare efficacemente in un ampio tratto di fiume ed in tempi brevi senza nuocere al pesce che può essere rilasciato subito dopo le operazioni di riconoscimento sistematico e di misurazione. Le popolazioni ittiche sono condizionate dagli ambienti fisici che le ospitano, le cui variazioni in termini morfologico-idraulici e fisico-chimici producono alterazioni nelle caratteristiche della distribuzione tipologica e quantitativa delle specie e, conseguentemente, modificazioni degli indicatori biologici.

Si riporta di seguito una tabella contenente il dettaglio dei set funzionali previsti per ogni corso d'acqua.

Stazione	Denominazione	Set di Misure
A1-ML-CL-SU-LA-01	Fiume Lambro monte	A2+A3+A4+A5+A6 <sup>#</sup> +A7*+A8 <sup>#</sup>
A1-ML-CL-SU-LA-02	Fiume Lambro valle	A2+A3+A4+A5+A6 <sup>#</sup> +A7*+A8 <sup>#</sup>
A1-ML-SZ-SU-MA-03	Cavo Lorini-Marocco monte	A1+A2+A3 +A4+A5+A7
A1-ML-SZ-SU-MA-04	Cavo Lorini-Marocco valle	A1+A2+A3 +A4+A5+A7
A1-ML-SZ-SU-OS-05	Roggia Ospedalino est	A1+A2+A3 +A4
A1-ML-SZ-SU-OS-06	Roggia Ospedalino ovest	A1+A2+A3 +A4
A1-ML-LV-SU-TR-07	Roggia Triulza est	A1+A2+A3 +A4
A1-ML-LV-SU-TR-08	Roggia Triulza ovest	A1+A2+A3 +A4
A1-ML-LV-SU-SI-09	Cavo Sillaro pK 18 est	A1+A2+A3+A4+A5+A6 <sup>#</sup> +A7*+A8 <sup>#</sup>
A1-ML-LV-SU-SI-10	Cavo Sillaro pK 18 ovest	A1+A2+A3+ A4+A5+A6 <sup>#</sup> +A7*+A8 <sup>#</sup>
A1-ML-LV-SU-BZ-11	Roggia Balzarina est	A1+A2+A3 +A4
A1-ML-LV-SU-BZ-12	Roggia Balzarina est	A1+A2+A3 +A4
A1-ML-LV-SU-BA-13	Roggia Barbavara est	A1+A2+A3+A4+A5+A6 <sup>#</sup> +A7*
A1-ML-BG-SU-BA-14	Roggia Barbavara ovest	A1+A2+A3+A4+A5+A6 <sup>#</sup> +A7*
A1-ML-BG-SU-SI-15	Cavo Sillaro pK 21 est	A1+A2+A3+A4
A1-ML-BG-SU-SI-16	Cavo Sillaro pK 21 ovest	A1+A2+A3+A4

\* il set A7 è riferito al corso d'acqua e non alla singola sezione

# I set A6 e A8 verranno eseguiti in condizione di corso d'acqua guadabile

Tabella 9 – Indagini suddivise per set di parametri funzionali

Per il fiume Lambro, come richiesto nella prescrizione f.3 della Regione Lombardia, verrà effettuato in fase ante operam un prelievo di sedimenti sulle sponde con misura degli idrocarburi, al fine di verificare la potenziale rimessa in circolo di elementi inquinanti dovuti ad uno sversamento di idrocarburi avvenuto nel 2010. L'esatta individuazione dei siti di prelievo verrà definita in accordo con l'ente di controllo in fase AO.

Nella fase di monitoraggio ante operam verrà effettuato un numero di campagne di misura tali da fornire una caratterizzazione significativa dello stato quali-quantitativo dei corsi

d'acqua potenzialmente interessati dalle lavorazioni, con le relative fluttuazioni stagionali. Nella fase di corso d'opera, le campagne di misura verranno eseguite, ove necessario, con la frequenza maggiore rispetto alla fase precedente, in modo da poter evidenziare eventuali modifiche ed alterazioni, con particolare riferimento alle sezioni ove non è presente il monitoraggio in continuo.

Set di misura	Ante Operam	Corso d'opera	Post Operam
A1, A2	Trimestrale	Trimestrale	Trimestrale
A3, A4	Trimestrale	Trimestrale	Trimestrale
A5	Semestrale	Semestrale	Semestrale
A6*	Trimestrale	Trimestrale	Trimestrale
A7	Annuale	-	Annuale
A8*	Semestrale	Semestrale	Semestrale

Tabella 10 – Frequenza di misura per i vari set di parametri funzionali –  
\*SET eseguibili solo in caso di guadabilità del corso d'acqua

Si riporta di seguito il dettaglio delle sezioni e le caratteristiche della strumentazione in continuo. Come già indicato al paragrafo 3.3.4, l'installazione della strumentazione in continuo è subordinata alla autorizzazione del proprietario del fondo ed alle caratteristiche idrologiche del corpo idrico ricettore, che deve garantire un deflusso idrico permanente ed un livello idrometrico sufficiente al corretto funzionamento della stazione in continuo. La localizzazione delle stazioni in continuo (Tavole allegate) è stata individuata nei corpi idrici ricettori a valle degli scarichi previsti nei due aree di cantiere CB01 e CO01.

Stazione	Denominazione	Strumentazione in continuo
A1-ML-SZ-SU-CO-21	Corpo idrico ricettore scarichi idrici provenienti dal Campo Operativo	Livello idrometrico (H), pH, temperatura, conducibilità elettrica, ossigeno disciolto, torbidità
A1-ML-SZ-SU-CB-22	Corpo idrico ricettore scarichi idrici provenienti dal Campo Base	Livello idrometrico (H), pH, temperatura, conducibilità elettrica, ossigeno disciolto, torbidità

Tabella 11 – Strumentazione in continuo

#### 4.2.2. Acque Sotterranee

Per le acque sotterranee il monitoraggio ambientale assume l'obiettivo specifico di verificare le condizioni idrologiche e la qualità delle acque di falda al fine di evidenziare le eventuali significative variazioni quantitative e qualitative, determinate dalla realizzazione dell'infrastruttura in progetto, sugli equilibri idrogeologici delle aree attraversate dall'infrastruttura stessa.

A tal fine è stato quindi necessario esaminare le tipologie di opere previste nel progetto stradale in esame, l'ubicazione e le caratteristiche delle aree di cantiere ed i loro potenziali impatti sulla componente ambientale considerata.

L'eventualità di contaminazione delle falde idriche ad opera di ipotetici inquinanti va riferita, essenzialmente, all'ipotesi di sversamento accidentale di sostanze inquinanti, al raggiungimento della falda in occasione di lavorazioni profonde.

Il rischio maggiore per le acque sotterranee si riferisce, come già accennato, alle lavorazioni profonde e a tutte le operazioni di consolidamento dei terreni per mezzo di immissione di sostanze nel terreno e di scavi profondi.

L'ubicazione dei siti di monitoraggio per la componente in oggetto è stata individuata seguendo le indicazioni appena descritte; in particolare:

- Aree di cantiere (CB01 e CO01): si prevede l'istallazione di una coppia di piezometri per area di cantiere, ubicati secondo la logica monte – valle idrogeologica al fine di monitorare eventuali criticità sulla matrice in oggetto.
- Aree ove si prevedono lavorazioni quali scavi e rinterri: tali aree sono localizzate essenzialmente ove sono previste le opere d'arte maggiori (ponti e sottovia ad impalcato).

Relativamente al pozzo pubblico potabile PP38 sito in Cerro al Lambro, si è ritenuto opportuno stralciarlo dal PMA in quanto, a valle della verifica inerente la stratigrafia, si è desunto che lo strumento installato è caratterizzato da un tubo cieco fino a 85 m da p.c. e, di conseguenza, i valori eventualmente monitorati non sarebbero confrontabili con le falde più superficiali monitorate per la finalità del progetto di ampliamento alla 4 corsia e potenzialmente interessate dalle lavorazioni previste. Nell'intorno territoriale compreso tra le pk 10+0000 e 11+700 non sono previste, infatti, lavorazioni profonde in grado di interferire con il secondo acquifero, posto mediamente ad una profondità pari a circa 80 m da p.c.. Eventuali interferenze con la falda superficiale saranno monitorate mediante lo strumento PZ04.

In particolare i parametri caratterizzanti l'acquifero da monitorare sono quelli fisici (livello piezometrico) oltre a quelli chimici.

La planimetria in scala 1:5000 allegata riporta l'ubicazione dei punti di monitoraggio, ciascuno individuato da un codice, assegnato con le modalità precisate nell'esempio che segue.

Codice completo: **A1-ML-SG-SO-PP-01**

**A1** = A1 – Autostrada A1 Milano Napoli

**ML** = Tratta in esame Milano Sud - Lodi

**SG** = codice del comune di appartenenza;

SG = San Giuliano Milanese;

ME = Melegnano;

CL = Cerro al Lambro;

SZ = San Zenone al Lambro;

TA = Tavazzano;

LV = Lodi Vecchio;

BG = Borgo San Giovanni;

**SO** = componente ambientale (SO: Acque sotterranee);

**PP** = Tipologia punto di misura (PP pozzo privato)

PP = Pozzo privato;

PZ = Piezometro

**01** = numero progressivo del punto di monitoraggio

La tabella riporta l'elenco delle stazioni di misura, con relativa codifica e comune.

Stazione	Denominazione	Comune	Pk
A1-ML-SG-SO-PZ-01	Località C.na Montone	San Giuliano Milanese	5+700
A1-ML-SG-SO-PZ-02	Casello Melegnano	San Giuliano Milanese	7+700
A1-ML-SG-SO-PZ-03	Tra pk 9+254 e pk 10+700	San Giuliano Milanese	9+900
A1-ML-CL-SO-PZ-04	Tra pk 10+000 e pk 11+700	Cerro al Lambro	11+000
A1-ML-CL-SO-PZ-05	Ponte Lambro	Cerro al Lambro	11+800
A1-ML-CL-SO-PZ-06	Località Ceregallo	Cerro al Lambro	12+700
A1-ML-SZ-SO-PZ-07	Cantiere CO01 (valle)	San Zenone al Lambro	13+100
A1-ML-SZ-SO-PZ-08	Cantiere CO01 (monte)	San Zenone al Lambro	13+400
A1-ML-SZ-SO-PZ-09	Cantiere CB01 (monte)	San Zenone al Lambro	13+700
A1-ML-SZ-SO-PZ-10	Cantiere CB01 (valle)	San Zenone al Lambro	14+200
A1-ML-SZ-SO-PZ-11	Località C.na Gallinazza – Tra pk 15+400 e pk 17+500	San Zenone al Lambro	16+400
A1-ML-LV-SO-PZ-12	Ponte Sillaro 1 -	Lodi Vecchio	18+400
A1-ML-BG-SO-PZ-13	Roggia Barbavara –	Borgo San Giovanni	21+400
A1-ML-BG-SO-PZ-14	Ponte Sillaro 2 –	Borgo San Giovanni	21+800

Tabella 12 – Elenco stazioni di monitoraggio

I parametri di misura comprendono un set standard (B1+B2) da rilevare su tutti i punti in occasione di ogni campagna e due set di parametri specifici addizionali (B3 e B4) finalizzato alla valutazione delle eventuali problematiche di interferenza qualitativa tra acquifero ed opere in sotterraneo.

CODICE SET FUNZIONALE	CODICE E DEFINIZIONE PARAMETRI DI MONITORAGGIO
B1	LP – livello piezometrico
B2	T – Temperatura acqua PH – Concentrazione ioni idrogeno COND – Conducibilità elettrica specifica
B3	Bicarbonato Calcio Sodio Magnesio Potassio Solfati Cloruri Idrocarburi totali BTEX Arsenico

CODICE SET FUNZIONALE	CODICE E DEFINIZIONE PARAMETRI DI MONITORAGGIO
	Cadmio Cromo totale Cromo VI Manganese Mercurio Nichel Piombo Rame Zinco

Tabella 13 - Parametri di monitoraggio

**SET B1 – B2**

Tali parametri, la cui misura verrà rilevata su tutti i punti di misura in occasione di ogni campagna, potranno fornire una caratterizzazione quantitativa e una indicazione generale sullo stato di qualità delle acque di falda in relazione alle problematiche di interferenza con le opere autostradali in costruzione.

**SET B3**

Il set B3 è finalizzato ad una caratterizzazione geochimica delle acque di falda e ed alla valutazione delle eventuali problematiche di interferenza qualitativa tra acquifero ed opere in sottterraneo (contatto con i materiali di rivestimento, dilavamento conglomerato cementizio...); fornirà inoltre una caratterizzazione di massima della circolazione idrica sotterranea.

Stazione	Denominazione	Set di misure
A1-ML-SG-SO-PZ-01	Località C.na Montone	B1 (LP)+B2+B3
A1-ML-SG-SO-PZ-02	Casello Melegnano	B1 (LP)+B2+B3
A1-ML-SG-SO-PZ-03	Tra pk 9+254 e pk 10+700	B1 (LP)+B2+B3
A1-ML-CL-SO-PZ-04	Tra pk 10+000 e pk 11+700	B1 (LP)+B2+B3
A1-ML-CL-SO-PZ-05	Ponte Lambro	B1 (LP)+B2+B3
A1-ML-CL-SO-PZ-06	Località Ceregallo	B1 (LP)+B2+B3
A1-ML-SZ-SO-PZ-07	Cantiere CO01 (valle)	B1 (LP)+B2+B3
A1-ML-SZ-SO-PZ-08	Cantiere CO01 (monte)	B1 (LP)+B2+B3
A1-ML-SZ-SO-PZ-09	Cantiere CB01 (monte)	B1 (LP)+B2+B3
A1-ML-SZ-SO-PZ-10	Cantiere CB01 (valle)	B1 (LP)+B2+B3
A1-ML-SZ-SO-PZ-11	Località C.na Gallinazza	B1 (LP)+B2+B3
A1-ML-LV-SO-PZ-12	Ponte Sillaro 1	B1 (LP)+B2+B3
A1-ML-BG-SO-PZ-13	Roggia Barbavara	B1 (LP)+B2+B3
A1-ML-BG-SO-PZ-14	Ponte Sillaro 2	B1 (LP)+B2+B3

\* Le misure su tale sito verranno effettuate a seguito dell'autorizzazione del proprietario

Tabella 14 – Indagini suddivise per set di parametri funzionali

Si riportano di seguito le frequenze delle indagini suddivise per set e per fase di monitoraggio; le cadenze di monitoraggio sono state individuate sulla base di valutazioni di carattere generale sulla tipologia delle indagini pianificate e sulla variabilità media dei parametri oggetto di indagine osservata nell'ambito di analoghe esperienze di monitoraggio. Tali frequenze sono sufficienti ad una caratterizzazione di massima degli andamenti stagionali sia in fase Ante Operam che in fase di Corso d'Opera; resta inteso che in funzione degli avanzamenti delle lavorazioni le cadenze di indagine potranno essere variate per adattarsi alle particolari condizioni locali.

Set di misura	Ante Operam	Corso d'opera	Post Operam
B1, B2	mensile	mensile	Mensile
B3	trimestrale	trimestrale	trimestrale

Tabella 15 – Frequenza di misura per i vari set di parametri funzionali

### 4.3. Settore naturale

#### 4.3.1. Vegetazione

Le misure di ante, corso e post operam verranno svolte in corrispondenza dei punti localizzati nella Tavola allegata ed elencati nella tabella sotto riportata.

Il numero dei rilievi previsto per ogni anno di monitoraggio dovrà essere svolto nel corso dell'anno solare; ogni anno di monitoraggio ha inizio con il mese di gennaio e termina con il mese di dicembre. All'interno dell'anno i rilievi dovranno essere eseguiti nei periodi più idonei in relazione alla metodica di monitoraggio.

Per ottenere una serie completa di dati significativi e confrontabili, il monitoraggio della fase di corso d'opera deve avere inizio non appena cominciano quelle lavorazioni che possono influenzare anche indirettamente con i popolamenti vegetali.

#### Ubicazione delle stazioni di misura

Le misure verranno svolte in corrispondenza dei punti localizzati nelle planimetrie allegate e nella Tabella 14.

L'ubicazione dei siti di monitoraggio è individuata da un codice assegnato con le modalità precisate nell'esempio che segue.

Codice completo: **A1- ML- CL - NA- E2- 01**

**A1** = A1 – Autostrada A1 Milano Napoli

**ML** = Tratta in esame Milano Sud - Lodi

**SG** = Codice del comune di appartenenza;

SG = San Giuliano Milanese;

ME = Melegnano;

CL = Cerro al Lambro;

SZ = San Zenone al Lambro;

TA = Tavazzano;

LV = Lodi Vecchio;

BG = Borgo San Giovanni;

**NA** = Naturale

**E2** = Metodica di monitoraggio

E2 = Rilievo Fitosociologico

**01** = Numero progressivo del punto di monitoraggio.

IDENTIFICAZIONE DEL RICETTORE		N° APPLICAZIONE METODICHE DI MONITORAGGIO			NOTE
		Ante Operam	Corso d'Opera	Post Operam	
Codice	Denominazione	E2	E2	E2	
A1-ML-CL-NA-E2-01	FIUME LAMBRO	3	6	3	Si ipotizza un corso d'opera di 24 mesi
A1-ML-CL-NA-E2-02	SITO CONTROLLO	3	6	3	Si ipotizza un corso d'opera di 24 mesi
<b>TOTALE</b>		<b>6</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	

Tabella 16- Piano delle misure da effettuare – Vegetazione

#### 4.3.2. Fauna

Le misure di ante, corso e post operam verranno svolte in corrispondenza dei punti localizzati nella Tavola allegata ed elencati nella tabella sotto riportata.

Il numero dei rilievi previsto per ogni anno di monitoraggio dovrà essere svolto nel corso dell'anno solare; ogni anno di monitoraggio ha inizio con il mese di gennaio e termina con il mese di dicembre. All'interno dell'anno i rilievi dovranno essere eseguiti nei periodi più idonei in relazione alla metodica di monitoraggio.

Per ottenere una serie completa di dati significativi e confrontabili, il monitoraggio della fase di corso d'opera deve avere inizio non appena cominciano quelle lavorazioni che possono influenzare anche indirettamente con i popolamenti animali.

#### Ubicazione delle stazioni di misura

Le misure verranno svolte in corrispondenza dei punti localizzati nelle planimetrie allegata e nella Tabella 15.

L'ubicazione dei siti di monitoraggio è individuata da un codice assegnato con le modalità precisate nell'esempio che segue.

Codice completo: **A1- ML- CL - NA- FN- 01**

**A1** = A1 – Autostrada A1 Milano Napoli

**ML** = Tratta in esame Milano Sud - Lodi

**SG** = Codice del comune di appartenenza;

SG = San Giuliano Milanese;

ME = Melegnano;

CL = Cerro al Lambro;

SZ = San Zenone al Lambro;

TA = Tavazzano;

LV = Lodi Vecchio;

BG = Borgo San Giovanni;

**NA** = Naturale

**FN** = Metodica di monitoraggio

FA = Censimento Avifauna

FN = Censimento Anfibi

01 = Numero progressivo del punto di monitoraggio.

IDENTIFICAZIONE DEL RICETTORE		N° APPLICAZIONE METODICHE DI MONITORAGGIO						NOTE
		Ante Operam		Corso d'Opera		Post Operam		
Codice	Denominazione	FA	FN	FA	FN	FA	FN	
A1-ML-CL-NA-FA-01	FIUME LAMBRO	5		10		5		Si ipotizza un corso d'opera di 24 mesi
A1-ML-CL-NA-FN-01	FIUME LAMBRO		4		8		4	Si ipotizza un corso d'opera di 24 mesi
<b>TOTALE</b>		<b>5</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	

Tabella 17 - Piano delle misure da effettuare – Fauna

#### 4.3.1. Suolo

Le misure di ante, corso e post operam verranno svolte in corrispondenza dei punti localizzati nella Tavola allegata ed elencati nella tabella sotto riportata.

##### Ubicazione delle stazioni di misura

Le misure verranno svolte in corrispondenza dei punti localizzati nelle planimetrie in scala 1:5000 allegata e nella Tabella 16.

L'ubicazione dei siti di monitoraggio è individuata da un codice assegnato con le modalità precisate nell'esempio che segue.

Codice completo: **A1- ML- CL - SL- CP- 01**

**A1** = A1 – Autostrada A1 Milano Napoli

**ML** = Tratta in esame Milano Sud - Lodi

**SG** = Codice del comune di appartenenza;

SG = San Giuliano Milanese;

ME = Melegnano;

CL = Cerro al Lambro;

SZ = San Zenone al Lambro;

TA = Tavazzano;

LV = Lodi Vecchio;

BG = Borgo San Giovanni;

**SL** = Componente Suolo

**CP** = Area di monitoraggio (cantiere, Campo Base)

CP = Cantiere Principale

CB = Campo Base

01 = Numero progressivo del sito di monitoraggio.



IDENTIFICAZIONE DEL RICETTORE		N° APPLICAZIONE METODICHE DI MONITORAGGIO ANNUALI										NOTE
		Ante Operam				Corso d'Opera		Post Operam				
Codice	Denominazione	E4	E5	E6	E24	E6	E24	E4	E5	E6	E24	
A1-ML-SZ-SL-CB-01	Campo Base CB01	1	3	5	23	38	46	1	3	5	23	Si ipotizza un corso d'opera di 24 mesi
A1-ML-SZ-SL-CP-02	Cantiere Principale CO01	1	3	5	15	26	30	1	3	5	15	Si ipotizza un corso d'opera di 24 mesi
<b>TOTALE</b>		<b>2</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>38</b>	<b>64</b>	<b>76</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>38</b>	

Tabella 18 - Piano delle misure da effettuare – Suolo

## 5. ASPETTI ORGANIZZATIVI

Per il coordinamento e l'esecuzione delle attività di monitoraggio risulta necessario un tipo di organizzazione ben strutturata e impostata secondo i seguenti criteri:

- organicità delle risorse e uniformità delle procedure operative tra i vari settori di indagine;
- efficienza tecnica conseguente all'impiego di risorse di livello adeguato per tutte le componenti del sistema operativo (personale qualificato, strumentazione, supporti informatici) e alla stretta integrazione tra attività di campo e gestione dei dati nei diversi ambiti tematici del monitoraggio;
- oggettivazione di tutte le fasi di attività, attraverso l'esplicitazione e la visibilità esterna delle risorse professionali e strumentali impiegate, delle procedure di validazione e di trattamento informatico dei dati, delle modalità di diffusione delle informazioni;
- gestione unitaria di tutte le funzioni connesse con l'attività di monitoraggio: dalle operazioni di misura e trattamento dati, ai rapporti con enti esterni di controllo e di interscambio di informazioni, alla consulenza specialistica relativa ad interventi ed azioni preventive o mitigative degli impatti sull'ecosistema, alla gestione di situazioni di emergenza.

Il raggiungimento di tali obiettivi è possibile attraverso una organizzazione in grado di coprire tutte le competenze necessarie alle diverse fasi dell'attività e alle diverse componenti ambientali considerate.

Di seguito si riportano sinteticamente alcune indicazioni relative alla struttura funzionale del sistema.

### 5.1. Struttura operativa

La struttura operativa dedicata all'esecuzione del monitoraggio si baserà su una organizzazione finalizzata alla garanzia dei risultati nell'esecuzione delle misure ed alla possibilità di gestire, analizzare ed accorpare i singoli rilievi in modo da monitorare la qualità dell'ambiente nelle tre fasi ante, corso e post operam; l'intero sistema dovrà pertanto essere strutturato in modo da risultare operativo durante tutte le fasi di realizzazione dell'opera fino ai primi 12 mesi dalla sua entrata in esercizio.

L'attiva collaborazione con la Direzione Lavori ed in particolare con i tecnici dedicati alle problematiche ambientali presso la D.LL. stessa, consentirà di gestire le eventuali situazioni di emergenza che si dovessero presentare nel corso delle lavorazioni, minimizzando gli impatti e mitigando quelli residui.

Per quanto riguarda le attività operative, queste possono essere sintetizzate in tre momenti salienti:

- Esecuzione di misure – affidata alle squadre di campo e, in parte, a laboratori di analisi chimiche, in grado di garantire la qualità e l'attendibilità delle singole misurazioni;
- Organizzazione dei dati – affidata ad un gruppo di lavoro interdisciplinare, formato da tecnici specializzati nelle diverse componenti ambientali e territoriali, in grado di gestire la mole dei dati provenienti dalle campagne di misura e gestire la complessa banca dati risultante;
- Analisi e commento dei risultati – sviluppato dallo stesso gruppo di lavoro interdisciplinare, ma verificato da esperti nelle singole componenti ambientali e

territoriali in grado di garantire l'esperienza e la conoscenza scientifica necessaria alla comprensione dei fenomeni in atto e di rappresentare un valido supporto specialistico nei rapporti con gli Enti di Controllo.

Uno strumento operativo essenziale di tale organizzazione è costituito dal Sistema Informativo del Monitoraggio (SIM), attraverso il quale vengono unificati gli standard di input e output delle informazioni e vengono messi in relazione i dati acquisiti nei diversi settori di monitoraggio. L'adozione di un sistema GIS ad esso collegato consente, inoltre, di rappresentare geograficamente i punti di misura sperimentali e le successive elaborazioni.

Lo sviluppo del monitoraggio prevede infatti un controllo dei singoli dati strumentali e sperimentali attraverso procedure interne alle singole componenti in modo che, al momento dell'inserimento nel SIM, essi possano rappresentare e descrivere l'effettivo livello dell'indicatore misurato e fornire una base attendibile per le successive elaborazioni.

Nel corso dell'esecuzione del monitoraggio ambientale è prevista la redazione di Rapporti Periodici contenenti i seguenti argomenti:

- descrizione delle attività svolte;
- descrizione dei risultati del monitoraggio per ogni componente;
- descrizione e commento dei risultati del monitoraggio e dei fenomeni correlati alle attività di costruzione dell'infrastruttura
- indicazioni di eventuali modifiche per alcune attività previste nel Piano in funzione delle mutate condizioni costruttive o ambientali
- descrizione dei fenomeni e degli eventi anomali ed indicazioni su interventi di minimizzazione o mitigazione.

Periodicamente, con frequenza da definire, saranno forniti i dati grezzi rilevati e relazioni tecniche riepilogative delle attività di monitoraggio, contenenti anche le elaborazioni e l'analisi dei dati, con le valutazioni circa le tendenze evolutive dei diversi parametri ambientali.

## **5.2. Definizioni soglie monitoraggio ambientale**

Al fine di tutelare l'ambiente eventualmente impattato dalle lavorazioni dei cantieri autostradali, oltre ai controlli ordinari, l'attività di monitoraggio ambientale comprende anche la gestione delle criticità ambientali; nell'ambito delle procedure per la gestione di tali criticità svolge quindi un ruolo di primaria importanza la definizione di soglie di attenzione ed attivazione che consentano l'attivazione di procedure di emergenza prima del superamento dei limiti di legge.

Alla luce dell'esperienza maturata per i lavori della Variante di Valico e della terza corsia Barberino di Mugello - Firenze Sud e al contributo fornito su questo tema dall'Osservatorio Ambientale, dai Supporti Tecnici (ARPAT e ARPA) e dal prof. S. Malcevschi (Università di Pavia), viene illustrata nel presente documento una proposta per la definizione di soglie di intervento in caso di "eventi anomali" causati dalle attività di cantiere.

In generale nella gestione delle anomalie e delle criticità è necessaria un'accurata valutazione dei dati acquisiti nella fase ante operam e delle eventuali cause esterne alle lavorazioni autostradali. Specifiche valutazioni devono essere effettuate nelle situazioni in cui si registrano valori di ante operam già prossimi ai valori di soglia o addirittura superiori, al fine di individuare le giuste procedure ed i criteri che consentano di coniugare gli obiettivi di tutela ambientale con la realizzazione delle opere secondo i tempi e le modalità previste.

Si riportano sinteticamente i criteri proposti sulle soglie di azione per il monitoraggio ambientale, nel quale sono individuati tre approcci metodologici per la definizione dei valori di soglia.

#### Definizione delle soglie tramite il criterio C1

Le soglie vengono definite partendo dai riferimenti normativi presenti anche se non strettamente cogenti, si veda ad esempio il settore idrico, dove partendo dalla classificazione delle acque a specifica destinazione d'uso (acque destinate alla vita dei pesci, produzione di acqua potabile, ex 152/99 – sostituita dal 152/06) o in base agli obiettivi di qualità ambientale (ex 152/99, 2000/60/CE e nuovo 152/06) si perveniva alla definizione dei valori di soglia per numerosi parametri.

#### Definizione delle soglie tramite criteri C2 e C3

Nella proposta di soglie vengono individuati alcuni criteri statistici per definire le soglie di azione; il primo criterio (C2) individua una soglia di azione in funzione dei dati di ante operam (soglia di attenzione = media dell'ante operam più 2 volte la deviazione standard, soglia di attenzione così calcolata è pari al 75% del valore di attivazione); il secondo (C3) si basa sul concetto di peggioramento progressivo utilizzando cioè i dati delle ultime cinque campagne di misure (soglia di attenzione = media degli ultimi 5 valori più due volte il valore della deviazione standard; la soglia di attenzione risulta pari al 75% del valore di attivazione).

Pertanto al termine della fase ante operam, al fine di definire i valori di tutela ambientale che esprimano effettivamente la compatibilità con le attività previste per la realizzazione del progetto autostradale, saranno stabilite le **soglie di azione** da attribuire ai principali indicatori ambientali individuati per le diverse componenti monitorate.

### **5.3. Procedure di prevenzione delle criticità**

Un elemento essenziale dell'attività di monitoraggio è costituito dalla gestione delle eventuali emergenze ambientali che si dovessero verificare nell'ambito dei lavori autostradali; le procedure qui proposte dovranno naturalmente essere oggetto di confronto e di definizione di maggior dettaglio con gli Enti di controllo interessati.

In linea generale la gestione delle emergenze ambientali è basata sul confronto tra i dati rilevati dal monitoraggio, gli eventuali limiti normativi esistenti o i livelli di soglia stabiliti e concordati con l'Ente di Controllo dopo il periodo ante operam, e sulla successiva definizione degli interventi necessari in caso di superamento dei limiti stessi.

Il confronto dei parametri con i limiti normativi non si applica in ogni caso a tutti i parametri ambientali monitorati, ma soltanto ad un numero ridotto di questi, costituito da quei parametri che presentano un preciso significato come indicatori di qualità/criticità.

Nell'ottica del controllo dei limiti imposti dalla normativa non sono invece considerati i parametri facenti parte delle due seguenti categorie:

- descrittori delle condizioni al contorno, su cui non ci possono essere interventi da parte dei soggetti gestori (in pratica i parametri meteo-climatici);
- descrittori di caratteristiche delle variabili ambientali effettivamente utilizzate come indicatori di qualità/criticità, che aiutano ad interpretare i risultati ma non offrono di per sé specifici orientamenti valutativi.

Al verificarsi del superamento del valore preso a riferimento per la variabile ambientale considerata, il Gestore del monitoraggio provvederà ad informare gli Enti di controllo - individuati come referenti del monitoraggio ambientale - dell'anomalia riscontrata.

Successivamente lo staff tecnico del monitoraggio, con il supporto degli esperti nei settori interessati, effettuerà i necessari sopralluoghi ed una prima analisi, in base alla quale si potranno riscontrare le seguenti condizioni:

- assenza di anomalia (per esempio nel caso in cui si riscontri un'avaria strumentale o si verifichi il carattere naturale dei fenomeni in corso);
- presenza di uno stato di criticità ambientale di origine antropica la cui causa sia inequivocabilmente esterna all'ambito dei lavori (per esempio un fenomeno di inquinamento di corsi d'acqua dovuto a scarichi prodotti da altre attività);
- presenza di uno stato di criticità ambientale di origine antropica la cui causa non sia immediatamente identificabile o sia attribuibile all'ambito dei lavori.

Nei primi due casi non si darà luogo ad azioni particolari, ma si darà ugualmente evidenza del fenomeno producendo la necessaria documentazione interpretativa che verrà trasmessa agli Enti di controllo.

Nel terzo caso il Gestore del monitoraggio, con il supporto di tutto lo staff tecnico e attraverso il confronto con la Direzione lavori, procede all'analisi del fenomeno registrato e successivamente alla trasmissione di una nota informativa tecnica, avendo cura di evidenziare quali provvedimenti immediati siano stati intrapresi e/o che si prevede di attuare, ivi compresa l'eventuale sospensione dell'attività causa dell'anomalia, per evitare il raggiungimento dei valori limite o il perdurare di una situazione critica.

## 6. SISTEMA INFORMATIVO

Come sopra specificato, per rispondere alle esigenze legate alla gestione delle misure eseguite nell'ambito del Monitoraggio Ambientale si prevede la realizzazione di un Sistema Informativo di Gestione del Monitoraggio Ambientale (SIGMA), che costituisce uno degli elementi fondanti l'intero sistema predisposto per l'esecuzione del monitoraggio.

Il monitoraggio ambientale comporta lo svolgimento di attività sul campo in un dato intervallo di tempo, e quindi una conseguente attività di registrazione, elaborazione e diffusione dei dati rilevati. Tutti i dati provenienti dalle attività di monitoraggio confluiranno in questo sistema di gestione informatizzato.

Per poter gestire dati rilevanti sia da un punto di vista quantitativo che qualitativo, è di fondamentale importanza l'architettura del sistema informativo che prende in carico le informazioni; infatti il SIGMA deve tener conto della diversità di dati che sono raccolti a seconda degli indicatori, raggruppati nelle varie componenti ambientali e territoriali:

- **ATMOSFERA**
  - Sensori remoti con acquisizione in automatico e trasmissione in continuo attraverso la rete
  - Misure strumentali con operatore
- **RUMORE**
  - Misure strumentali con operatore
- **VIBRAZIONI**
  - Misure strumentali con operatore
- **ACQUE SUPERFICIALI**
  - Campagne di misura e rilievo in situ
- **ACQUE SOTTERRANEE**
  - Campagne di misura e rilievo in situ
- **FAUNA**
  - Campagne di misura e rilievo in situ
- **VEGETAZIONE**
  - Campagne di misura e rilievo in situ
- **SUOLO**
  - Campagne di misura e rilievo in situ

L'esecuzione dei rilievi, quale attività di routine, può avvenire per mezzo di campagne periodiche di misura o stazioni fisse strumentali con registrazione in continuo; a ciò si aggiungono le attività di acquisizione dati con accertamenti mirati per la gestione delle criticità e con sopralluoghi in situ per seguire da vicino l'andamento dei lavori o specifiche problematiche.

In particolare il Sistema Informativo di Gestione del Monitoraggio Ambientale servirà ad automatizzare i processi di caricamento e validazione dei dati, a preservare in forma

strutturata i dati rilevati, ad estrarre i dati per analisi specialistiche e a supportare la produzione di elaborati che rispettino gli standard Spea e quelli richiesti dalla Committenza e dagli Enti di Controllo.

Il sistema sarà integralmente on-line e basato su tecnologie web; i principali vantaggi di tale scelta sono: informazioni e funzionalità disponibili sempre ed ovunque (basta avere una connessione internet); accessibili da qualsiasi dispositivo (pc, mac, tablet, smartphone, ecc.); nessun software da installare in locale per la consultazione dei dati (è sufficiente disporre di un comune browser, ormai disponibile gratuitamente su tutti i sistemi operativi).

Il SIGMA consentirà quindi la gestione dei dati attraverso una stretta integrazione fra elementi cartografici, dati alfanumerici descrittivi delle aree di monitoraggio e dati quali - quantitativi provenienti dalle misurazioni periodiche, nonché il confronto di tutti i parametri appartenenti ad un determinato ambito di monitoraggio nel corso del tempo; la peculiarità del sistema sarà quella di essere in grado di ospitare in forma organizzata, senza limitazione alcuna, qualsiasi tipologia di informazione numerica, alfanumerica, grafica o documentale proveniente da attività di monitoraggio del territorio.

Il sistema sarà composto da “motori” di gestione indipendenti, controllati da un modulo principale; queste componenti, denominate “motori”, saranno configurabili dagli utenti (amministratori di sistema) e garantiranno una capacità di adattamento a potenziali nuove esigenze.

I motori saranno dedicati a:

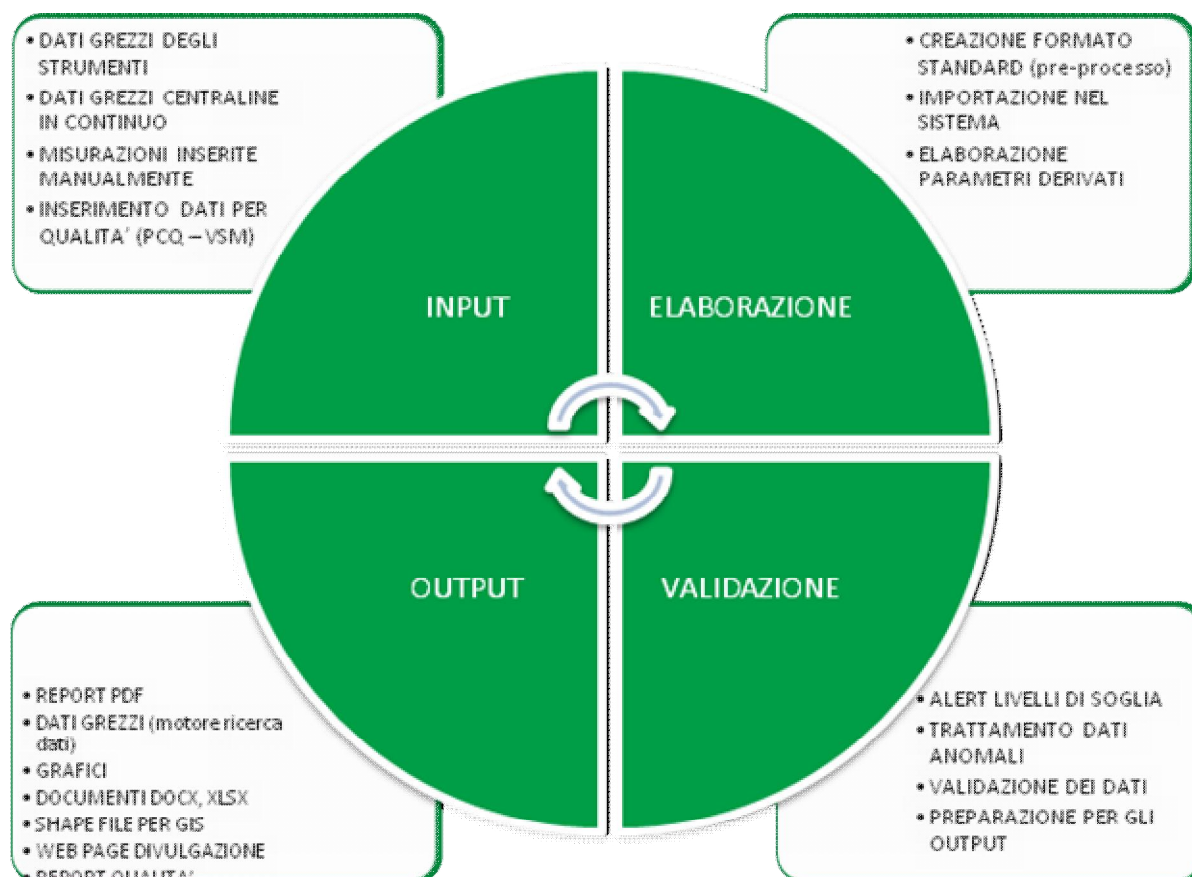
- interfacciamento con l'utente
- importazione dati e pre-elaborazione
- elaborazione/validazione dati
- ricerca e visualizzazione dati
- esportazione dei dati

Diversi livelli di accesso al sistema permetteranno all'utente connesso di accedere alle sole parti di competenza e alle sole funzioni ad esso assegnate (inserimento, validazione, estrazione, ecc.).

Gli utenti amministratori saranno invece in grado di configurare e gestire tutte le componenti del sistema, dalla gestione dei siti di misura alla configurazione dei parametri misurati, dalla grafica degli output all'adozione di una nuova strumentazione, ecc.

Il SIGMA si baserà su quattro componenti funzionali:

1. **INPUT:** funzionalità di importazione automatizzata o semi-automatizzata dei dati provenienti dagli strumenti e inserimento manuale dei dati (reperti di laboratorio, censimenti, ecc).
2. **ELABORAZIONE:** funzionalità (automatizzate e/o manuali) che operano sui dati importati/inseriti consentendo di ricavare dati derivati o aggregati.
3. **VALIDAZIONE:** funzionalità di validazione (automatica e/o manuale) dei dati rispetto a soglie/limiti predefiniti.
4. **OUTPUT:** funzionalità (automatizzate e/o manuali) per ricercare ed estrarre i dati in funzione delle specifiche esigenze e per esportare gli stessi in diversi formati, anche tramite report





I dati potranno essere inseriti nel sistema manualmente dagli utenti abilitati oppure automaticamente. Tramite il sistema sarà possibile associare ogni singolo strumento ad uno degli algoritmi di decodifica predefiniti per la sua successiva importazione automatica.

Una volta importati i dati, SIGMA è in grado di riconoscere automaticamente (grazie ad opportune configurazioni) se l'inserimento effettuato richiede il calcolo di parametri derivati o aggregati (es. indici) che devono diventare essi stessi nuovi parametri da immagazzinare nella base dati.

Il processo di validazione dei dati è basato su due diversi criteri: i valori soglia e la "approvazione" del dato.

I valori soglia sono dei limiti numerici predefiniti a livello di parametro oltrepassati i quali i dati inseriti saranno segnalati agli operatori tramite un sistema di allarme (invio immediato di e-mail/ SMS). I dati che superano i livelli di soglia sono isolati in attesa di un controllo manuale.

I valori soglia di ogni singolo parametro possono essere anche collegati allo spazio (es. sito di misura) e/o al tempo (periodo).

L'"approvazione" del dato è un processo manuale tramite il quale viene confermata la congruità del dato. I dati importati nel sistema non sono disponibili per i successivi trattamenti fino a quando non vengono certificati dagli operatori incaricati.

SIGMA consente la libera interrogazione della base dati attraverso un motore di interrogazione. I dati estratti tramite le query vengono visualizzati a video e possono essere esportati in formati standard per successivi trattamenti o elaborazioni.