

**REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA
ASSESSORATO AI LAVORI PUBBLICI - SERVIZIO VIABILITÀ**

**PROGETTO PRELIMINARE DELLA NUOVA STRADA
TIPO B (4 CORSIE) SASSARI – OLBIA
(SVINCOLO S.S. 131 BIVIO PLOAGHE – S.S. 597 – S.S. 199)**

**STUDIO D'IMPATTO AMBIENTALE
AI SENSI DEL D. LGS. 152/06 COSÌ COME MODIFICATO IN BASE AL D.LGS 4/2008**

VOL. 14

**QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE
PIANO DI MONITORAGGIO**

RELAZIONE TECNICA

N° PROGETTO: B279.A.001			N° ALLEGATO:		
0	08/08/2008	EMISSIONE	TANCA	TANCA	TROMBINO
1	21/11/2008	REVISIONE	TANCA	TANCA	TROMBINO
2					
3					
4					
<i>revisione</i>	<i>data</i>	<i>descrizione</i>	<i>redatto</i>	<i>controllato</i>	<i>approvato</i>

INDICE

1. PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ATMOSFERA E CLIMA.....	V
1.1	PREMESSA E FINALITÀ DEL LAVORO..... V
1.2	RIFERIMENTI NORMATIVI VI
1.3	DOCUMENTAZIONE DI BASE PER LA REDAZIONE DEL PMA IX
1.4	FINALITÀ DEL MONITORAGGIO E PARAMETRI OGGETTO DI RILEVAMENTO IX
1.5	SPECIFICHE TECNICHE XI
1.5.1	<i>Svolgimento del monitoraggio tipo..... XI</i>
1.5.2	<i>Strumentazione di misura XII</i>
1.5.3	<i>Documentazione prodotta..... XII</i>
1.6	CRITERI DI SCELTA DEI PUNTI DI MONITORAGGIO..... XIII
1.6.1	<i>Criteri di localizzazione..... XIII</i>
1.6.2	<i>Localizzazione dei punti di monitoraggio..... XV</i>
1.6.3	<i>Articolazione temporale degli accertamenti..... XVIII</i>
2. PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ACQUE SUPERFICIALI.....	20
2.1	RIFERIMENTI NORMATIVI 21
2.1.1	<i>Leggi di tutela ambientale generale 21</i>
2.1.2	<i>Linee guida 22</i>
2.1.3	<i>Analisi di laboratorio delle acque, parametri descrittivi: 22</i>
2.1.4	<i>Standard per gli accertamenti: 22</i>
2.2	DATI DI BASE PER LA REDAZIONE DEL PMA..... 22
2.3	ACCERTAMENTI PROGRAMMATI..... 23
2.3.1	<i>Criteri per la selezione di punti di monitoraggio 23</i>
2.3.2	<i>Criteri per la scelta dei parametri da monitorare 24</i>
2.3.3	<i>Monitoraggio ante operam (MAO)..... 25</i>
2.3.3.1	<i>Finalità 25</i>
2.3.3.2	<i>Parametri da determinare nel MAO 26</i>
2.3.3.3	<i>Frequenza delle operazioni di MAO 27</i>
2.3.4	<i>Monitoraggio in Corso d’Opera (MCO) 28</i>
2.3.4.1	<i>Finalità 28</i>
2.3.4.2	<i>Parametri da determinare nel MCO..... 28</i>
2.3.4.3	<i>Frequenza delle operazioni di MCO..... 28</i>
2.3.5	<i>Monitoraggio Post Operam (MPO)..... 28</i>
2.3.5.1	<i>Finalità 28</i>
2.3.5.2	<i>Parametri da determinare nel MPO 29</i>
2.3.5.3	<i>Frequenza delle operazioni di MPO 29</i>
2.4	SPECIFICHE TECNICHE PER L’ESECUZIONE DEGLI ACCERTAMENTI..... 29
2.4.1	<i>Prelievo campioni per analisi chimico-fisiche e batteriologiche di laboratorio 29</i>
2.4.2	<i>Metodologia di esecuzione delle analisi..... 30</i>
2.4.2.1	<i>Analisi chimico fisiche..... 30</i>
2.4.2.2	<i>Analisi Batteriologiche..... 32</i>
3. PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ACQUE SOTTERRANEE	33
3.1	RIFERIMENTI NORMATIVI 34
3.1.1	<i>Leggi di tutela ambientale riguardanti anche le acque sotterranee 34</i>
3.1.2	<i>Analisi di laboratorio delle acque sotterranee, parametri descrittivi e loro limiti..... 34</i>
3.1.3	<i>Campionamento acque 34</i>
3.1.4	<i>Letteratura scientifica..... 34</i>
3.1.5	<i>Trivellazione pozzi..... 35</i>
3.2	DATI DI BASE PER LA REDAZIONE DEL PMA..... 35
3.2.1	<i>Qualità delle acque sotterranee..... 36</i>
3.3	ACCERTAMENTI PROGRAMMATI..... 36
3.3.1	<i>Criteri per la selezione dei punti di monitoraggio..... 36</i>
3.3.2	<i>Criteri per la scelta dei parametri da monitorare 37</i>
3.3.3	<i>Monitoraggio Ante Operam (MAO) 38</i>

3.3.3.1	Finalità	38
3.3.3.2	Parametri da determinare nel MAO	38
3.3.3.3	Frequenza delle operazioni di MAO	40
3.3.4	<i>Monitoraggio in Corso d’Opera</i>	40
3.3.4.1	Finalità	40
3.3.4.2	Parametri da determinare nel MCO.....	41
3.3.4.3	Frequenza delle operazioni di MCO.....	41
3.3.5	<i>Monitoraggio Post Operam (MPO)</i>	41
3.3.5.1	Finalità	41
3.3.5.2	Parametri da determinare nel MPO.....	41
3.3.5.3	Frequenza delle operazioni di MPO	41
3.4	SPECIFICHE TECNICHE PER L’ESECUZIONE DEGLI ACCERTAMENTI	42
3.4.1	<i>Nuove stazioni e nuovi piezometri</i>	42
3.4.1.1	Modalità esecutive	42
3.4.1.2	Caratterizzazione dei terreni in cassetta	42
3.4.1.3	Dati sulle perforazioni.....	43
3.4.2	<i>Rilevamento ed acquisizione delle informazioni</i>	43
3.4.2.1	Misure piezometriche – Linee guida	43
3.4.2.2	Prelievo di campioni d’acqua – Linee guida	44
3.4.2.3	Analisi chimico-fisico-batteriologiche	47
3.4.3	<i>Modalità di accettazione e collaudo</i>	48
3.4.3.1	Realizzazione di pozzi e piezometri	48
3.4.3.2	Esecuzione di misure piezometriche	48
3.4.3.3	Campionamento ed analisi chimiche.....	49
3.4.4	<i>Modalità di campionamento ed analisi delle acque</i>	49
3.4.4.1	Metodologie di misura e campionamento	50
3.4.4.2	Prelievo campioni acque sotterranee per analisi chimico-fisiche e batteriologiche di laboratorio	50
3.4.4.3	Metodologia di esecuzione delle analisi	51
4.	PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – SUOLO	54
4.1	PREMESSA.....	54
4.1.1	<i>Accertamenti ante operam</i>	55
4.1.2	<i>Accertamenti in corso d’opera</i>	55
4.1.3	<i>Accertamenti post operam</i>	55
4.2	INDICAZIONI NORMATIVE PER IL MONITORAGGIO.....	55
4.3	RISCHI DI DEGRADAZIONE CHIMICO-FISICA DEL SUOLO - INTERVENTI PER PIANIFICARE MITIGAZIONE E RIPRISTINO	55
4.3.1	<i>I rischi</i>	55
4.3.2	<i>Gli interventi</i>	56
4.4	DESCRIZIONE DEI CANTIERI.....	57
4.5	DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DI MISURAZIONE	57
4.5.1	<i>Parametri pedologici (in situ)</i>	58
4.5.2	<i>Parametri chimico-fisici: in situ e/o in laboratorio</i>	59
4.6	DEFINIZIONE DELLE PROCEDURE DI MISURAZIONE	62
4.6.1	<i>Trivellate pedologiche</i>	62
4.6.2	<i>Scavi pedologici</i>	63
4.6.3	<i>Profili pedologici (trivellate e scavi)</i>	63
4.6.4	<i>Analisi di laboratorio</i>	63
4.7	STATO ATTUALE DELL’AMBIENTE PER LA MATRICE PEDOLOGICA	65
4.7.1	<i>I suoli</i>	65
4.7.2	<i>L’uso del suolo</i>	66
4.7.2.1	Tronco 1	66
4.7.2.2	Tronco 2	66
4.7.2.3	Tronco 3	66
4.8	CRITERI PER LA SCELTA ED INDICAZIONE DELLE AREE DI MONITORAGGIO	66
4.9	ARTICOLAZIONE TEMPORALE DEGLI ACCERTAMENTI.....	67
4.10	DOCUMENTI DI SINTESI DEL MONITORAGGIO.....	68
5.	PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – FLORA E FAUNA	69
5.1	PREMESSA ED OBIETTIVI DEL PMA.....	69

5.2	RIFERIMENTI SCIENTIFICI E NORMATIVI	70
5.2.1	<i>Comunità vegetali</i>	70
5.2.2	<i>Flora</i>	70
5.2.3	<i>Fauna</i>	71
5.2.3.1	Analisi quali-quantitativa delle comunità ornitiche significative e stabili degli ecosistemi	71
5.2.4	<i>Fauna mobile terrestre</i>	72
5.2.5	<i>I.B.E. (Indice Biotico Estesio)</i>	72
5.3	DOCUMENTAZIONE DI BASE PER LA REDAZIONE DEL PMA	73
5.4	CARATTERISTICHE DELL' AREA DI INDAGINE.....	73
5.4.1	<i>Principali caratteri della fauna</i>	74
5.5	ACCERTAMENTI PROGRAMMATI.....	76
5.5.1	<i>Finalità del monitoraggio e parametri oggetto del rilevamento</i>	76
5.5.2	<i>Articolazione temporale degli accertamenti</i>	77
5.6	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DELLE INDAGINI	77
5.6.1	<i>Aspetti generali</i>	77
5.6.2	<i>Tipologie e caratteristiche delle indagini</i>	79
5.6.2.1	Indagine tipo "A": Singoli individui vegetali di pregio	79
5.6.2.2	Indagine tipo "B": Numero di nuovi individui vegetali	80
5.6.2.3	Indagine tipo "C": Fauna mobile terrestre	80
5.6.2.4	Indagine tipo "D" Analisi quali-quantitativa dell'avifauna nidificante	81
5.6.2.5	Indagine tipo "E": Analisi quali-quantitativa dell'avifauna migratrice non nidificante.....	82
5.6.2.6	Indagine tipo "F": Analisi quali-quantitativa della presenza della Gallina Prataiola.....	82
5.6.2.7	Indagine tipo "G": Analisi quali-quantitativa della presenza dell'Occhione.	82
5.7	SCELTA DELLE AREE DA SOTTOPORRE A MONITORAGGIO.....	82
5.7.1	<i>Aspetti generali</i>	82
5.7.2	<i>Localizzazione delle aree di indagine</i>	83
5.7.2.1	Metodologia	83
5.7.2.2	Descrizione delle aree di indagine.....	85
5.7.3	<i>Criteri per la definizione dei livelli di criticità ambientale</i>	90
5.7.4	<i>Caratteristiche degli elaborati di output</i>	90
5.7.4.1	Relazione generale dell'attività di monitoraggio.....	90
6.	PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – RUMORE	92
6.1	INTRODUZIONE E OBIETTIVI	92
6.2	RIFERIMENTI TECNICI E NORMATIVI.....	94
6.2.1	<i>Normative</i>	94
6.3	DOCUMENTAZIONE DI BASE PER LA REDAZIONE DEL PMA.....	95
6.4	CLIMA ACUSTICO ATTUALE.....	96
6.5	ACCERTAMENTI PROGRAMMATI.....	97
6.6	PARAMETRI ACUSTICI	98
6.7	PARAMETRI METEOROLOGICI	99
6.8	PARAMETRI DI INQUADRAMENTO TERRITORIALE	99
6.9	ARTICOLAZIONE TEMPORALE DEGLI ACCERTAMENTI.....	100
6.10	MISURAZIONI FONOMETRICHE NELLA FASE ANTE-OPERAM.....	102
6.10.1	<i>Fronte avanzamento cantieri. Tipologia di misura: LF</i>	103
6.10.2	<i>Aree di cantiere. Tipologia di misurazione: LC</i>	104
6.10.3	<i>Viabilità dei mezzi di cantiere. Tipologia di misura: LM</i>	104
6.11	MISURAZIONI FONOMETRICHE NELLA FASE POST-OPERAM.....	105
6.12	METODOLOGIA DI RILEVAMENTO E DI ACQUISIZIONE DELLE INFORMAZIONI.....	105
6.12.1	<i>Svolgimento del monitoraggio tipo</i>	106
6.12.2	<i>Strumentazione di misura</i>	108
6.13	SCELTA DEI PUNTI DA SOTTOPORRE A MONITORAGGIO.....	109
6.13.1	<i>Criteri di criticità ambientale</i>	109
6.13.2	<i>Criteri di selezione dei punti di monitoraggio</i>	110
6.13.3	<i>Ubicazione dei punti di monitoraggio</i>	111

1. PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ATMOSFERA E CLIMA

1.1 PREMESSA E FINALITÀ DEL LAVORO

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

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

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

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

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

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

1.2 RIFERIMENTI NORMATIVI

La normativa italiana in materia di qualità dell'aria e monitoraggio degli inquinanti dell'aria, si basa sui seguenti documenti legislativi:

DPCM del 28/3/1983

“Limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni e di esposizione relativa agli inquinanti dell'aria nell'ambiente esterno”.

Il decreto fissa i limiti massimi di concentrazione e di esposizione relativi ad inquinanti dell'aria nell'ambiente esterno ed i relativi metodi di prelievo ed analisi per la tutela igienico sanitaria delle persone o comunità esposte. Alle Regioni è affidato il compito di controllare il rispetto dei limiti indicati. Resta ancora il riferimento legislativo fondamentale per la qualità dell'aria in ambiente esterno.

D.P.R. 203 del 24-5-1988

“Attuazione delle direttive CEE 80/779, 82/884, 84/360 e 85/203 concernenti norme in materia di qualità dell'aria, relativamente a specifici agenti inquinanti, e di inquinamento prodotto dagli impianti industriali, ai sensi dell'art. 15 della L. 183 del 16-4-1987”.

In questo decreto sono riportate modifiche, integrazioni e sostituzioni a quelle specifiche già dettate con il D.P.C.M. 28/3/83, introducendo il concetto di valori guida di qualità dell'aria oltre che a modificare i valori limite del biossido di azoto e del biossido di zolfo.

D.M. del 20-5-1991

“Criteri per la raccolta dei dati inerenti la qualità dell'aria”.

In particolare si indica la polvere sedimentabile costituita da materiale particolato avente granulometria molto elevata che sedimenta sotto l'azione del campo di gravità. Il D.M. non stabilisce limiti.”

DM del 12-11-1992

“Criteri generali per la prevenzione dell'inquinamento atmosferico nelle grandi zone urbane e disposizioni per il miglioramento della qualità dell'aria”.

Abrogato dalla Corte Costituzionale, ha introdotto i livelli di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici ed i criteri generali per la definizione dei piani d'intervento operativo, da mettere in atto per prevenire episodi acuti d'inquinamento atmosferico e per

rientrare in tempi brevi nei limiti della norma nel caso che i limiti di attenzione o di allarme siano superati, anche al fine di prevenire il superamento dei limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni e delle esposizioni fissati dal decreto del presidente del Consiglio dei Ministri 28 marzo 1983 e dal decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n°203 precedentemente citati.

D.M. del 15-4-1994 (Ministero Ambiente di concerto con Sanità)

“Norme tecniche in materia di livelli e di stati di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane, ai sensi degli articoli 3 e 4 del D.P.R. 203 del 24-5-1988 e dell’articolo 9 del D.M. del 20-5-1991”.

In particolare si modificano i livelli di attenzione e di allarme per l’ozono.

D.M. del 25-11-1994 (Ministero Ambiente di concerto con Sanità)

“Aggiornamento delle norme tecniche in materia di limiti di concentrazione e di livelli di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane e disposizioni per le misure di alcuni inquinanti di cui al D.M. del 15-4-1994”.

Fissa gli obiettivi di qualità dell’aria per la frazione delle particelle sospese PM10, del benzene e degli idrocarburi policiclici aromatici in atmosfera. Ristabilisce i livelli di attenzione e di allarme per gli inquinanti di cui al D.P.C.M. del 28-3-1983. Si applica, in fase sperimentale, alle aree urbane con popolazione superiore a 150.000 abitanti, precisamente: Torino, Genova, Brescia, Milano, Padova, Venezia, Verona, Trieste, Bologna, Parma, Firenze, Livorno, Roma, Napoli, Bari, Foggia, Taranto, Reggio Calabria, Catania, Messina, Palermo, Siracusa, Cagliari. Negli allegati V, VI e VII indica i metodi di riferimento per il PM10, il benzene e gli IPA.”

D.M. del 16-5-1996

“Attivazione di un sistema di sorveglianza di inquinamento da ozono”.

Interamente dedicato al parametro ozono. Tale decreto è destinato ad essere abrogato successivamente al recepimento da parte del governo italiano della Direttiva 2002-3-CE.

D.Lgs. n° 351 del 4-8-1999

“Attuazione della direttiva 96/62/CE in materia di valutazione e di gestione della qualità dell’aria ambiente”.

Dà attuazione alla Direttiva Madre 96/62/CE e introduce importanti novità quali l’estensione del numero di inquinanti da sottoporre a monitoraggio e la definizione di valori limite più restrittivi rispetto ai precedenti, sia per gli inquinanti convenzionali (biossido di zolfo, biossido di azoto, polveri totali sospese, ozono, monossido di carbonio e Piombo) sia per i non convenzionali (polveri fini PM10, benzene, Idrocarburi Policiclici Aromatici, ma anche metalli pesanti quali Cadmio, Arsenico, Nichel, Mercurio). Il D.Lgs 351-99 stabilisce il nuovo contesto all’interno del quale si effettuerà la valutazione e la gestione della qualità dell’aria, secondo criteri armonizzati in tutto il territorio dell’Unione Europea, demanda a decreti attuativi successivi la definizione dei parametri tecnico-operativi specifici per ciascuno degli inquinanti ed introduce (tra le altre) le definizioni di valutazione, valore limite, margine di tolleranza, soglia di valutazione inferiore e superiore.

D.M. n° 60/2002

Recepisce le disposizioni delle Direttive 99/30/CE e 00/69/CE e stabilisce, per biossido di zolfo, biossido di azoto, ossido di azoto, polveri PM10, Piombo, monossido di carbonio e benzene, i nuovi valori limite con i rispettivi margini di tolleranza rispetto ai quali

effettuare la valutazione preliminare della qualità dell'aria e la conseguente zonizzazione e le soglie d'allarme per SO₂ ed NO₂. Il decreto fissa anche le soglie di valutazione inferiore e superiore da considerare per stabilire in quali zone è obbligatorio il monitoraggio con rete fissa, ai sensi del D.Lgs. 351/99.

Ai sensi dell'art. 38, accanto ai nuovi valori limite introdotti dal DM 60/02 rimangono in vigore alcuni dei limiti introdotti dal DPCM 28-3-83, dal DPR 203-88, dal DM 25-11-94 e dal DM 16-5-96.

Tra questi si ricorda:

- Benzo(a)pirene: rimane pure in vigore l'obiettivo di qualità degli IPA fissato dal DM 25-11-94;
- Piombo, CO, particelle totali sospese, SO₂ e NO₂: fino alla data di entrata in vigore dei valori limite "puri" (quelli non aumentati del margine di tolleranza) restano in vigore anche i valori limite di cui all'allegato I, tabella A del DPCM 28-3-83 e, come modificata dall'art. 20 del DPR 203-88, per SO₂ e NO₂.

Quindi, con l'entrata in vigore del DM 60/02, i livelli di attenzione e allarme previsti dal DM 25-11-94 vengono abrogati per NO₂, CO, SO₂ e PTS. Per quest'ultimo inquinante non è prevista l'introduzione di nuovi valori limite; nella fase transitoria (28 aprile 2002 – 31 dicembre 2004) restano in vigore esclusivamente i valori limite per le PTS, individuati dal DPCM 28/03/83, Allegato I, Tab. A.

L'entrata in vigore del DM 60/02 comporta l'abrogazione delle disposizioni relative a SO₂, NO₂, particelle PM₁₀, piombo, monossido di carbonio e benzene contenute nei decreti: DM 15-04-94, DM 25-11-94, DM 20-05-91 "Criteri per la raccolta dei dati inerenti la qualità dell'aria". Fino alla data alla quale devono essere raggiunti i valori limite introdotti dal DM 60-02, restano in vigore i valori limite fissati dal DPCM 28-03-83, come modificati dall'art. 20 del DPR 203-88. Successivamente a tali date saranno abrogate tutte le disposizioni relative a SO₂, NO₂, polveri, piombo, monossido di carbonio e benzene contenute nel DPCM 28-03-83 e nel DPR 203-88 limitatamente agli artt. 20,21,22,23 ed agli allegati I, II, III, IV.

D.Lgs. n° 183 del 21-05-2004

"Attuazione della direttiva 2002/3/CE relativa all'ozono nell'aria"

Stabilisce, per l'inquinante ozono, i valori bersaglio, gli obiettivi a lungo termine, la soglia di allarme e la soglia di informazione, al fine di prevenire o ridurre gli effetti nocivi sulla salute umana e sull'ambiente; i metodi ed i criteri per la valutazione delle concentrazioni di ozono e per la valutazione delle concentrazioni dei precursori dell'ozono nell'aria; le misure volte a consentire l'informazione del pubblico in merito alle concentrazioni di ozono; le misure volte a mantenere la qualità dell'aria laddove la stessa risulta buona in relazione all'ozono, e le misure dirette a consentirne il miglioramento negli altri casi; le modalità di cooperazione con gli altri Stati membri dell'Unione europea ai fini della riduzione dei livelli di ozono.

D.Lgs 3/08/2007 n.152

"Attuazione della direttiva 2004/107/CE concernente l'arsenico, il cadmio, il mercurio, il nichel e gli idrocarburi policiclici aromatici nell'aria ambiente".

Nell'allegato 1 si riportano i valori obiettivo per l'arsenico, il cadmio, il nichel e il benzo(a)pirene e nell'allegato 2 le soglie di valutazione superiore e inferiore per arsenico, cadmio, nichel e benzo(a)pirene

1.3 DOCUMENTAZIONE DI BASE PER LA REDAZIONE DEL PMA

La documentazione utilizzata è essenzialmente costituita da:

1. Elaborati dello Studio di Impatto Ambientale (S.I.A.)
2. Elaborati di progetto
3. Relazione sulla cantierizzazione

Lo Studio di Impatto Ambientale, nell'analisi della componente Atmosfera, esprime le seguenti conclusioni riguardo l'ambito territoriale interessato:

- le concentrazioni previste non assumono carattere di criticità per gli inquinanti esaminati in corrispondenza dei recettori e i valori riscontrati nelle situazioni meteorologiche più frequenti risultano al di sotto dei limiti normativi;

Lo Studio di Impatto Ambientale non contiene un'analisi dello stato attuale della componente atmosfera, supportata da indagini di campo; si rende quindi necessaria la fase di monitoraggio *ante operam*, nei mesi immediatamente precedenti all'apertura dei cantieri, allo scopo di definire e caratterizzare la componente prima dell'inizio dei lavori.

Gli elaborati di progetto e la “Relazione sulla cantierizzazione” (Allegata al S.I.A. – Vol. 13) consentono di analizzare l'ubicazione e le lavorazioni previste nelle aree di cantiere, la tempistica della fase di realizzazione dell'opera e quindi di monitorare l'impatto prodotto dai cantieri e dal transito dei mezzi di cantiere lungo la viabilità esistente.

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

- aree di cantiere fisso (cantiere base), la cui permanenza corrisponde al tempo di realizzazione del lotto;
- aree di lavorazione (cantieri operativi) localizzati lungo il tracciato, finalizzati alla realizzazione di un particolare gruppo di opere di competenza, utilizzati per deposito materiali (ove previsto) e con finalità di supportare il fronte di avanzamento dei lavori;

Per omogeneità di organizzazione del monitoraggio si è fatto riferimento al censimento dei recettori effettuato nell'ambito dello Studio d'Impatto Ambientale (vedi Vol. 9 – Appendice 1).

1.4 FINALITÀ DEL MONITORAGGIO E PARAMETRI OGGETTO DI RILEVAMENTO

Il monitoraggio sarà svolto nelle fasi:

- *ante-operam*, allo scopo di definire e caratterizzare lo stato attuale della componente

atmosfera prima dell'inizio dei lavori;

- in corso d'opera, allo scopo di controllare gli impatti previsti durante le lavorazioni di cantiere;
- *post-operam* allo scopo di controllare lo stato della componente durante l'esercizio del tracciato stradale.

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

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

Biossido di zolfo SO₂ (rif. DM 60/2002)		
Soglia di allarme	Valore limite orario per la protezione della salute umana	Valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana
500 µg/m ³ misurato per 3 ore consecutive	350 µg/m ³ da non superare più di 24 volte/anno civile	125 µg/m ³ da non superare più di 3 volte/anno civile

Biossido di azoto NO₂ (rif. DM 60/2002)		
Soglia di allarme	Valore limite orario per la protezione della salute umana	Valore limite annuale per la protezione della salute umana
400 µg/m ³ misurato per 3 ore consecutive	200 µg/m ³ da non superare più di 18 volte/anno civile	40 µg/m ³

Particolato PM₁₀ (rif. DM 60/2002)		
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana
FASE I (1° Gennaio 2005)	40 µg/m ³	50 µg/m ³ da non superare più di 35 volte/anno civile
FASE II (1° Gennaio 2010)	20 µg/m ³	50 µg/m ³ da non superare più di 7 volte/anno civile

Monossido di carbonio CO (rif. DM 60/2002)	
Valore limite per la protezione della salute umana	
µg/m ³ Media massima giornaliera su 8 ore	

Benzene C6H6 (rif. DM 60/2002)
Valore limite per la protezione della salute umana
5 µg/m ³

Ozono O3 (rif. D.Lgs. 183/2004)	
Livello di attenzione	Livello di allarme
180 µg/m ³	240 µg/m ³

Polveri Totali Sospese PTS (**) (rif. DM 25-11-94)	
Livello di attenzione	Livello di allarme
150 µg/m ³	300 µg/m ³

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

IPA (rif. DM 25-11-94)	
Obiettivo di qualità	
1 ng/m ³	

1.5 SPECIFICHE TECNICHE

1.5.1 Svolgimento del monitoraggio tipo

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

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

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

La metodica di monitoraggio si compone delle seguenti fasi.

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

1.5.2 Strumentazione di misura

La strumentazione utilizzata si compone di laboratori mobili o fissi dotati di adeguato sistema di condizionamento per garantire una continua ed ottimale distribuzione della temperatura al suo interno; questo permette agli analizzatori di lavorare sempre in condizioni controllate e standard.

Le stazioni di rilevamento sono organizzate in tre blocchi principali:

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

1.5.3 Documentazione prodotta

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

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

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

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

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

1.6 CRITERI DI SCELTA DEI PUNTI DI MONITORAGGIO

I punti di monitoraggio sono stati definiti considerando come principali bersagli dell'inquinamento atmosferico recettori significativamente rappresentativi delle condizioni associabili ai nuclei insediativi disposti in prossimità dello stesso

Con la precisa finalità, inoltre, di monitorare le principali cause di inquinamento, riassumibili nelle seguenti:

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

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

1.6.1 Criteri di localizzazione

L'individuazione delle aree d'indagine è stata effettuata sulla base dei risultati dello studio di impatto ambientale e del progetto, attraverso la caratterizzazione degli ambiti territoriali prossimi ai cantieri ed al tracciato stradale, in funzione delle caratteristiche morfologiche e vegetazionali del territorio, della condizione anemometrica prevalente.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

E' prevista l'esecuzione delle seguenti tipologie di misura in base alla tipologia della zona di rilevamento:

Tipologia Recettori	Inquinanti Monitorati
LC Recettori prossimi alle aree di cantiere	Polveri PM10; Polveri PM2,5; Polveri Totali Sospese; IPA; Monossido di carbonio; Ossidi di azoto; Biossido di zolfo; Ozono.
LF Recettori prossimi al fronte di avanzamento dei lavori	Polveri Totali Sospese; Polveri PM10; Polveri PM2,5; IPA
LM Recettori prossimi alla viabilità interessata dai mezzi di cantiere	Polveri totali Sospese; Polveri PM10; Polveri PM2,5; IPA; Monossido di carbonio; Ossidi di azoto; Biossido di zolfo; Ozono.
TV Recettori o centri abitati prossimi alla strada in esercizio	Polveri totali Sospese; Polveri PM10; Polveri PM2,5; IPA; Monossido di carbonio; Ossidi di azoto; Biossido di zolfo; Ozono; Benzene.
MT Misure per il rilevamento dei parametri meteorologici	Velocità del vento; Direzione del vento; Umidità relativa; Temperatura; Precipitazione; Pressione; Radiazione solare globale.

1.6.2 Localizzazione dei punti di monitoraggio

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

Nel documento quadro di riferimento ambientale “aria e clima” e nel vol. 13 relazione sulla cantierizzazione – sicurezza e funzionalità dell’opera, si riportano le analisi modellistiche dalle quali si evidenziano i ricettori interessati da valori massimi di concentrazione (vedi tabelle e mappe). Da tale analisi è stato possibile quindi localizzare i ricettori interessati, identificati con un codice (ID), da valori di concentrazione più elevati riportati nella tabella seguente (per l’ubicazione dei ricettori si rimanda alle appendici 2, 3, 4 del Vol. 5).

Nome Punto	Localizzazione
PMA-ATMO-01	Strada interessata dalla viabilità del tronco I- POST -scen. Prev. (ID-15)
PMA-ATMO-02	Strada interessata dalla viabilità del tronco I- POST -WC. (ID-43)
PMA-ATMO-03	Strada interessata dalla viabilità del tronco I- ANTE scen. Prev. (ID-21)
PMA-ATMO-04	Strada interessata dalla viabilità del tronco I- ANTE WC. (ID-41)
PMA-ATMO-05	Strada interessata dalla viabilità del tronco II- POST scen. Prev (ID-25)
PMA-ATMO-06	Strada interessata dalla viabilità del tronco II-POST WC (ID-23)
PMA-ATMO-07	Strada interessata dalla viabilità del tronco II- ANTE scen. Prev (ID-50)
PMA-ATMO-08	Strada interessata dalla viabilità del tronco II-ANTE WC (ID-53)
PMA-ATMO-09	Strada interessata dalla viabilità del tronco III- POST scen. Prev (ID-11)
PMA-ATMO-10	Strada interessata dalla viabilità del tronco III-POST WC (ID-42)
PMA-ATMO-11	Strada interessata dalla viabilità del tronco III- ANTE scen. Prev (ID-10)
PMA-ATMO-12	Strada interessata dalla viabilità del tronco III-ANTE WC (ID-71)
PMA-ATMO-13	Strada interessata dalla viabilità del cantiere 3 (ID-36)
PMA-ATMO-14	Strada interessata dalla viabilità del cantiere 3 (ID-14)
PMA-ATMO-15	Strada interessata dalla viabilità del cantiere 5 (ID-48)
PMA-ATMO-16	Strada interessata dalla viabilità del cantiere 5 (ID-67)
PMA-ATMO-17	Strada interessata dalla viabilità del cantiere 7 (ID-43)
PMA-ATMO-18	Strada interessata dalla viabilità del cantiere 7 (ID-85)

Localizzazione punti di monitoraggio

Nella tabella successiva sono indicate per ogni recettore le tipologie di misure previste.

Codice Punto Monitoraggio	Misure TV		Misure LF		Misure LC		Misure LM		Misure MT
	Recettori o centri abitati prossimi alla strada in esercizio		Recettori prossimi al fronte di avanzamento dei lavori		Recettori prossimi alle aree di cantiere		Recettori prossimi alla viabilità interessata dai mezzi di cantiere		
	A.O.	P.O.	A.O.	C.O.	A.O.	C.O.	A.O.	C.O.	
PMA-ATMO-01	X	X	-	-	-	-			Sempre
PMA-ATMO-02	X	X							Sempre
PMA-ATMO-03	X	X							Sempre
PMA-ATMO-04	X	X							Sempre
PMA-ATMO-05	X	X							Sempre
PMA-ATMO-06	X	X							Sempre
PMA-ATMO-07	X	X							Sempre
PMA-ATMO-08	X	X							Sempre
PMA-ATMO-09	X	X							Sempre
PMA-ATMO-10	X	X							Sempre
PMA-ATMO-11	X	X							Sempre
PMA-ATMO-12	X	X							Sempre
PMA-ATMO-13							X	X	Sempre
PMA-ATMO-14							X	X	Sempre
PMA-ATMO-15							X	X	Sempre
PMA-ATMO-16							X	X	Sempre
PMA-ATMO-17							X	X	Sempre
PMA-ATMO-18							X	X	Sempre

Misure previste nei punti di monitoraggio

NB: i ricettori da utilizzare in relazione alle aree di cantiere (LF ed LC) saranno definiti in sede di progettazione definitiva e/o cantierizzazione

1.6.3 Articolazione temporale degli accertamenti

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

- fase *ante operam*: due volte nell'anno precedente l'inizio lavori (una nel periodo estivo ed una nel periodo invernale);
- in corso d'opera: due volte l'anno per tutta la durata dei lavori, con le misure svolte negli analoghi periodi, estivi ed invernali, in cui sono state svolte le rilevazioni ante-operam;
- *post opera*: con cadenza trimestrale nei sei mesi successivi all'entrata in esercizio dell'infrastruttura.

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

Fase	N. punti	Frequenza	Giorni
A.O	26	2 volte	364
C.O	26	semestrale	--
P.O.	7	2 volte	98

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

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

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

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

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

2. PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ACQUE SUPERFICIALI

Il progetto di monitoraggio ambientale ha come obiettivo quello di individuare le eventuali variazioni che la realizzazione della Nuova Strada SS-Olbia potrebbe apportare alle caratteristiche delle acque superficiali presenti nel territorio interessato dall'opera.

I corsi d'acqua più significativi nell'area interessata dall'intervento sono il Rio Enas, il Rio Palasole, il Rio Sa Piana, il Rio Sos Cannalcos, il Rio Badu e Monte, il Rio Badu Ladu, il Rio Adu Alvures, il Rio Mannu, il Rio Pentuma, il Rio Cuzi, il Rio Mannu di Ozieri ed il Rio Badu Ruju.

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

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

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

Il monitoraggio si articola in tre fasi:

1. Monitoraggio Ante Operam (MAO); ha lo scopo di fornire una descrizione dello stato della risorsa prima dell'intervento;
2. Monitoraggio in Corso d'Opera (MCO); il cui obiettivo è la verifica che le eventuali modificazioni allo stato dell'ambiente idrico siano temporanee e non superino determinate soglie;
3. Monitoraggio Post Operam (MPO); ha il fine di documentare la situazione ambientale che si verifica durante l'esercizio dell'opera per verificare che gli impatti ambientali siano coerenti rispetto alle previsioni dello studio d'impatto

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

In base alle considerazioni fatte e attraverso l'analisi del percorso e delle aree interessate scaturisce la scelta dei punti da monitorare.

In particolare il monitoraggio del sistema idrico superficiale si occuperà di valutare le potenziali modifiche indotte dalle attività di costruzione nelle sottoelencate situazioni:

1. in corrispondenza degli attraversamenti dei principali corsi d'acqua;
2. in corrispondenza delle aree fisse di cantiere situate in prossimità di corsi d'acqua.

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

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

Il monitoraggio consentirà, così, di :

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

2.1 RIFERIMENTI NORMATIVI

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

2.1.1 Leggi di tutela ambientale generale

- Legge 18 Maggio 1989 n.183 “Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo”;
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 4 Marzo 1996, “Disposizioni in materia di risorse idriche”;
- Testo aggiornato del Decreto Legislativo 11 maggio 1999, n.152 "Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento dei nitrati provenienti da fonti agricole", a seguito delle disposizioni correttive ed integrative di cui al Decreto Legislativo 18 agosto 2000 n.258;
- Decreto Ministeriale 25 ottobre 1999, n.471 “Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica e il ripristino ambientale dei siti inquinati, ai sensi dell'articolo 17 del Decreto Legislativo 5 febbraio 1997, n.22, e successive modificazioni e integrazioni”.

2.1.2 Linee guida

- Commissione Speciale di Valutazione di Impatto Ambientale, “Linee guida per il progetto di monitoraggio ambientale (PMA) delle opere di cui alla Legge Obiettivo (Legge 21.12.2001, n.443)”, Rev. 1 del 4 Settembre 2003.
- Piano stralcio per l’Assetto Idrogeologico (PAI), Regione Autonoma della Sardegna (Aggiornato con delibera G.R. n. 54/33 del 30.12.2004).
- Piano di Tutela delle Acque – Piano stralcio di settore del Piano di Bacino

2.1.3 Analisi di laboratorio delle acque, parametri descrittivi:

- Deliberazione Comitato Interministeriale 4 febbraio 1977 "Criteri generali e metodologie per il rilevamento delle caratteristiche qualitative dei corpi idrici e per la formazione del catasto degli scarichi";
- DPR 236 del 1988 e successive modifiche ed integrazioni sulla Qualità delle acque destinate al consumo umano contenente in allegato 1 "Requisiti di qualità - elenco parametri", ed in allegato 2 "metodi analitici di riferimento";

2.1.4 Standard per gli accertamenti:

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

2.2 DATI DI BASE PER LA REDAZIONE DEL PMA

Il progetto di monitoraggio ambientale ha avuto come basi di partenza una serie di elaborati grafici e relazioni tecniche generali derivanti dalla Progettazione Preliminare e dallo Studio di Impatto Ambientale del tratto stradale oggetto del presente piano di monitoraggio.

Gli elaborati utilizzati per la redazione del presente progetto sono il quadro di riferimento progettuale e ambientale dello Studio di Impatto Ambientale. È stato inoltre preso in considerazione lo Studio Idrologico del progetto preliminare.

Da tali elaborati e dalle Carte allegate si è potuto ricavare che il tracciato stradale in oggetto interessa nel suo sviluppo diversi bacini idrografici di interesse regionale, tutti appartenenti alle due Unità Idrografiche Omogenee individuate dal Piano di Tutela delle Acque: quella del Coghinas e quella del Padrongianos.

Gli attraversamenti previsti sono uniformemente distribuiti lungo tutto il tracciato ed in particolare in prossimità del lago Coghinas; in generale sono corpi idrici che incidono pianure caratterizzate da una morfologia al più collinare; l’unica vallata segnata e profonda

è quella su cui scorre il Rio San Michele, su cui insiste l'opera d'arte maggiore di tutto il progetto.

In tali casi i possibili fattori d'impatto saranno dovuti al transito dei mezzi di cantiere ed ai movimenti terra. Conseguentemente si potranno determinare alterazioni della qualità delle acque dei colatori, dovute prevalentemente ad un aumento della torbidità.

Gli impatti maggiori nei confronti dei corsi d'acqua saranno dovuti alle operazioni previste in alveo per la realizzazione delle pile o per il posizionamento degli scatolari. Nel primo caso si dovrà provvedere a limitare l'intrusione dei mezzi d'opera in alveo, e soprattutto si dovrà aver cura di non lasciare materiali e mezzi per lunghi periodi nell'alveo.

Lo Studio di Impatto Ambientale prevede delle misure di mitigazione per il rischio di contaminazione delle acque superficiali e sotterranee. Tali misure prevedono la realizzazione di vasche di raccolta delle acque, opportunamente dimensionate e distribuite lungo tutto il percorso.

2.3 ACCERTAMENTI PROGRAMMATI

2.3.1 Criteri per la selezione di punti di monitoraggio

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

- dimensioni e tipologia delle opere che interessano sia il corso d'acqua che le zone limitrofe scolanti nel medesimo;
- importanza del corpo idrico interessato; sono state considerate le dimensioni della sezione, le caratteristiche idrologico-idrauliche e la presenza di vincoli ambientali;
- localizzazione delle aree logistiche fisse (cantieri) in prossimità di corpi idrici ricettori.

Per l'individuazione dei punti da monitorare è stato tenuto conto delle indicazioni fornite dallo Studio di Impatto Ambientale.

I corsi d'acqua indicati sono i maggiori presenti sul territorio e interessati dalla realizzazione dell'opera, e in particolare sono:

- Rio Enas
- Rio Palasole
- Rio Sa Piana
- Rio Sos Cannalcos
- Rio San Michele
- Rio Badu e Monte
- Rio Badu Ladu
- Rio Adu Alvures
- Rio Mannu
- Rio Pentuma
- Rio Cuzi
- Rio Mannu di Ozieri
- Rio Badu Ruju

Andranno verificate nella fase *ante operam* le possibilità reali di monitoraggio legate alle condizioni idrografiche dello stesso (presenza d'acqua durante l'anno).

I siti individuati con i criteri sopra esposti saranno tenuti sotto controllo attraverso il rilevamento di parametri quali - quantitativi da ottenere in opportune sezioni di rilievo e misura.

Le campagne di misura saranno programmate nell'arco delle diverse fasi temporali relative alla realizzazione dell'infrastruttura stradale.

Data la tipologia del tracciato e le scelte tecniche adottate, i cantieri si trovano sempre in posizione baricentrica rispetto alla parte di tracciato da asservire e non in corrispondenza delle opere d'arte maggiori come ponti e viadotti. Questa situazione non permette quindi di identificare univocamente i punti di monitoraggio in corrispondenza delle aree di cantiere anche se, in alcuni casi (Area di cantiere 7), i cantieri sono ubicati a ridosso di importanti corsi d'acqua (Rio Enas).

Per tutte le tre fasi si prevedono punti di monitoraggio sia a monte che a valle dell'area di cantiere.

Qualora, sulla base di considerazioni oggettive, si riscontrasse nella fase di indagine *Ante Operam* la scarsa rappresentatività di alcuni dei siti di indagine preliminarmente individuati, potranno essere apportati, in accordo con gli enti competenti, opportuni correttivi alle successive fasi di indagine relativi alla localizzazione geografica dei punti di indagine ed alla natura delle verifiche da effettuarsi.

2.3.2 Criteri per la scelta dei parametri da monitorare

Per l'identificazione dei parametri da sottoporre alle attività di monitoraggio si è fatto riferimento alle indicazioni del Piano di Tutela delle Acque che esplica la sua azione nel coordinare le misure ed interventi per gli "obiettivi di qualità ambientale" e per gli "obiettivi di qualità per specifica destinazione".

L'obiettivo di qualità ambientale è definito in funzione della capacità dei corpi idrici di mantenere i processi naturali di autodepurazione e di supportare comunità animali e vegetali ampie e ben diversificate.

L'obiettivo di qualità per specifica destinazione individua lo stato dei corpi idrici idonei per una particolare utilizzazione da parte dell'uomo, alla vita dei pesci e dei molluschi.

Sono acque a specifica destinazione funzionale:

1. le acque dolci superficiali, destinate alla produzione di acqua potabile;
2. le acque destinate alla balneazione;
3. le acque dolci che richiedono protezione e miglioramento per essere idonee alla vita dei pesci;
4. le acque destinate alla vita dei molluschi.

Ai sensi del D.Lgs. 152/99 il monitoraggio si articola in una fase conoscitiva iniziale, della durata di 2 anni, che ha come scopo la prima classificazione dello stato di qualità ambientale dei corpi idrici ed in una fase a regime in cui viene effettuato un monitoraggio volto a verificare il raggiungimento ovvero il mantenimento dell'obiettivo di qualità "buono" di cui all'articolo 4.

Per adempiere agli obblighi di legge la Regione ha realizzato ex novo una rete di controllo per la definizione dello stato ambientale dei corpi idrici monitorati. Al fine pertanto di attivare il monitoraggio delle acque è stata predisposta la Delibera di Giunta Regionale n. 36/47 del 23/10/2001, per l'espletamento delle attività di monitoraggio delle acque a cura dei P.M.P. deputati alle analisi fino all'operatività dell'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Sardegna (ARPAS), con supporto logistico, per il monitoraggio marino-costiero del Corpo Forestale di Vigilanza Ambientale (C.F.V.A.).

Per ogni punto di controllo la frequenza di campionamento è fissata in funzione dell'uso preminente cui è destinato il corpo idrico nel tratto indagato. Si va da un minimo di due controlli annuali nei laghi per la definizione dello stato di qualità ambientale ad un

massimo di dodici per quelli destinati alla produzione di acqua potabile e nei corsi d'acqua per la definizione dello stato di qualità ambientale.

I parametri analizzati sono stabiliti in base alla normativa vigente: DPR 515/82 per le acque destinate alla produzione di acqua potabile, D. Lgs. 130/92 per le acque dolci destinate alla vita dei pesci, DPR 470/82 per le acque di balneazione. I decreti 515/82 e 130/92 sono stati abrogati dal Decreto Legislativo 152/99 anche se in sostanza ciò che veniva prescritto da essi non subisce variazioni per effetto della nuova norma. I campionamenti e le analisi vengono effettuati dai PMP territorialmente competenti e periodicamente i dati ottenuti vengono trasmessi al Centro di Documentazione dei bacini idrografici.

La rete di monitoraggio nel suo complesso è soggetta a modifiche e integrazioni a seguito di approfondimenti e nuove conoscenze che si acquisiscono anche sulla base dei dati rilevati dai controlli. L'attuale rete è stata modificata rispetto a quella prevista in prima istanza nel documento tecnico allegato alla delibera di Giunta Regionale di cui sopra pervenendo, attraverso revisione ed adeguamento, alla rete attuale.

In considerazione delle disposizioni del suddetto Piano di Tutela delle acque e dei parametri che il programma di monitoraggio regionale valuta, il presente Piano valuterà gli stessi parametri in maniera tale da poter confrontare i rilievi fatti con quelli ad oggi disponibili.

2.3.3 Monitoraggio ante operam (MAO)

2.3.3.1 Finalità

Il Monitoraggio *Ante Operam* (MAO) dell'Ambiente Idrico Superficiale ha lo scopo di definire le condizioni esistenti e le caratteristiche dei corsi d'acqua in condizioni esenti da disturbi, ovvero in assenza dei disturbi provocati dall'opera in progetto.

Il MAO ha anche lo scopo di definire gli interventi possibili per ristabilire condizioni di disequilibrio che dovessero verificarsi in *Corso d'Opera*, garantendo un quadro di base delle conoscenze delle particolarità del fiume tale da evitare soluzioni non compatibili con il particolare ambiente idrico.

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

Si prevede, dunque, che la durata complessiva del MAO sia pari a 3 mesi (o meno nel caso in cui le opere fossero appaltate prima dell'avvio del MAO, circostanza molto probabile dato il carattere di estrema urgenza in cui si sta operando).

Stanti le premesse fornite, si opererà mediante analisi fisico-chimico-batteriologiche su sezioni appositamente scelte in relazione all'opera in progetto. Si sono effettuate scelte ponderate dei parametri da determinare e delle frequenze di monitoraggio al fine di rappresentare al meglio la situazione ambientale.

In questa logica si è scelto pertanto di realizzare 2 volte (1 volta all'inizio del MAO ed 1 volta al termine) un'analisi di tipo chimico-batteriologico estesa su un elevato numero di parametri al fine di ottenere una descrizione della qualità dell'acqua quanto più definita con speciale riguardo delle sostanze inquinanti più probabili.

Con una frequenza inferiore (ogni 45 giorni), invece, si determineranno parametri prevalentemente di tipo aspecifico in modo da meglio seguire le variazioni temporali della qualità dell'acqua ed avere utili indicazioni sull'eventuale verificarsi di eventi anomali.

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

Le operazioni *Ante Operam*, come già anticipato, serviranno anche a verificare la corretta scelta dei punti di monitoraggio. Dato il carattere torrentizio (ovvero portata non costante durante l'anno e possibile assenza di acqua) di alcuni dei corsi d'acqua presenti, in seguito alle misure eseguite è prevista la cernita di quali corsi monitorare oltre che in base allo stato fisico anche in base alle loro condizioni chimico-fisico-batterologiche.

2.3.3.2 Parametri da determinare nel MAO

I parametri che si prevede di indagare nel monitoraggio ante operam sono i seguenti:

Analisi chimico-batterologiche:

- pH,
- durezza totale,
- alcalinità,
- cloruri,
- solfati,
- azoto ammoniacale,
- nitriti,
- nitrati,
- conducibilità elettrica specifica,
- fosforo totale,
- ferro,
- ossidabilità al permanganato,
- calcio,
- magnesio,
- rame,
- cadmio,
- piombo,
- cromo,
- composti organoalogenati,
- idrocarburi policiclici aromatici,
- carica batterica a 36° e a 22°,
- coliformi totali,
- coliformi fecali,
- streptococchi fecali
- Test di biotossicità
- Test Microtox basato sull'emissione di luminescenza da parte del batterio *Vibrio fischeri*
- Test con *Daphnia magna*

Misure idrologiche e di carattere chimico-fisico

- portata (da eseguirsi con mulinello idrometrico o con metodo volumetrico o con metodo del galleggiante),
- temperatura dell'acqua,
- temperatura dell'aria,
- conducibilità elettrica
- pH
- Ossigeno disciolto
- potenziale redox

Sarà inoltre effettuata la determinazione dell'Indice Biotico Esteso (IBE) in tutti i punti di monitoraggio.

2.3.3.3 Frequenza delle operazioni di MAO

Nella tabella seguente sono indicati tutti i punti di monitoraggio codificati in modo analogo ai punti dei monitoraggi delle altre componenti ambientali.

Per quanto riguarda la frequenza delle operazioni, per ciascun punto di monitoraggio è previsto:

- Determinazioni speditive chimico-fisiche: ogni 45 giorni
- Mat. In sosp., colore, COD, tensioattivi anionici: ogni 45 giorni
- Determinazioni di laboratorio, chimiche e batteriologiche: 2 volte
- Determinazione I.B.E. : 1 volta

L'ubicazione dei punti è rappresentata nelle tavole allegate (Planimetria dei punti di monitoraggio ambientale – Tav. da 1 a 4).

tabella 1 - Monitoraggio Ante Operam – Punti di indagine

Sezione monitoraggio	Corso d'acqua	Posizione
PMA_AISU_01	Rio Badu Ruju	A valle del ponte Rio Badu Ruju
PMA_AISU_02	Rio Badu Ruju	A monte del ponte Rio Badu Ruju
PMA_AISU_03	Rio Mannu	A valle del viadotto Rio Mannu
PMA_AISU_04	Rio Mannu	A monte del viadotto Rio Mannu
PMA_AISU_05	Rio Cuzi	A valle del ponte Rio Cuzi
PMA_AISU_06	Rio Cuzi	A monte del ponte Rio Cuzi
PMA_AISU_07	Rio Pentuma	A valle del ponte Rio Pentuma
PMA_AISU_08	Rio Pentuma	A monte del ponte Rio Pentuma
PMA_AISU_09	Rio Mannu	A valle del viadotto Rio Mannu
PMA_AISU_10	Rio Mannu	A monte del viadotto Rio Mannu
PMA_AISU_11	Rio Adu Alvures	A valle del ponte Rio Adu Alvures
PMA_AISU_12	Rio Adu Alvures	A monte del ponte Rio Adu Alvures
PMA_AISU_13	Rio Badu Ladu	A valle del ponte Rio Badu Ladu
PMA_AISU_14	Rio Badu Ladu	A monte del ponte Rio Badu Ladu
PMA_AISU_15	Rio Badu e Monte	A valle del viadotto Rio Badu e Monte
PMA_AISU_16	Rio Badu e Monte	A monte del viadotto Rio Badu e Monte
PMA_AISU_17	Rio San Michele	A valle del viadotto Rio San Michele
PMA_AISU_18	Rio San Michele	A monte del viadotto Rio San Michele
PMA_AISU_19	Rio Sos Cannalcos	A valle del Viadotto Rio Sos Cannalcos
PMA_AISU_20	Rio Sos Cannalcos	A monte del viadotto Rio Sos Cannalcos
PMA_AISU_21	Rio Sa Piana	A valle del viadotto Rio Sa Piana
PMA_AISU_22	Rio Sa Piana	A monte del viadotto Rio Sa Piana
PMA_AISU_23	Rio Palasole	A valle del viadotto Rio Palasole
PMA_AISU_24	Rio Palasole	A monte del viadotto Rio Palasole
PMA_AISU_25	Rio Enas	A valle del viadotto Rio Enas
PMA_AISU_26	Rio Enas	A monte del viadotto Rio Enas

2.3.4 Monitoraggio in Corso d’Opera (MCO)

2.3.4.1 Finalità

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

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

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

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

Il Monitoraggio in *Corso d’Opera* avrà una durata pari al tempo di realizzazione delle opere o di permanenza delle aree di cantiere.

2.3.4.2 Parametri da determinare nel MCO

Anche nel MCO i parametri previsti da monitorare sono esattamente gli stessi del MAO.

2.3.4.3 Frequenza delle operazioni di MCO

Durante le lavorazioni correnti, saranno effettuate misure e determinazioni di campagna bimestrali e campionamenti per analisi chimiche e batteriologiche bimestrali; la determinazione dell’indice I.B.E. sarà effettuata quadrimestralmente.

La tabella a cui fare riferimento è la stessa in cui sono indicati tutti i punti di monitoraggio ante operam.

Per l’ubicazione delle sezioni bisogna fare riferimento alle tavole di individuazione dei punti di monitoraggio (Planimetria dei punti di monitoraggio ambientale – Tav. da 1 a 4).

Riassumendo le tempistiche previste per il monitoraggio abbiamo che:

- Determinazioni speditive chimico-fisiche: ogni 2 mesi
- Determinazioni di laboratorio, chimiche e batteriologiche: ogni 2 mesi
- Determinazione I.B.E. : ogni 4 mesi

2.3.5 Monitoraggio Post Operam (MPO)

2.3.5.1 Finalità

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

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

Le sezioni sottoposte a monitoraggio coincidono con quelle relative al monitoraggio in *Corso d'Opera*.

2.3.5.2 Parametri da determinare nel MPO

Anche in questo caso per garantire la confrontabilità dei valori le tipologie di indagini previste sono le stesse effettuate ante operam e in corso d'opera.

2.3.5.3 Frequenza delle operazioni di MPO

La tabella a cui fare riferimento è la stessa in cui sono indicati tutti i punti di monitoraggio ante operam. Per l'ubicazione delle sezioni bisogna fare riferimento alle tavole di individuazione dei punti di monitoraggio per la componente Ambiente Idrico Superficiale. Per quanto riguarda la frequenza delle operazioni, per ciascun punto di monitoraggio è previsto:

- Determinazioni speditive chimico-fisiche: ogni 45 giorni
- Mat. In sosp., colore, COD, tensioattivi anionici: ogni 45 giorni
- Determinazioni di laboratorio, chimiche e batteriologiche: 2 volte
- Determinazione I.B.E. : 1 volta

2.4 SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEGLI ACCERTAMENTI

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

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

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

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

Dovranno essere riempiti i seguenti contenitori:

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

Per ogni prelievo dovrà essere redatto un verbale di campionamento, utilizzando una apposita ed idonea scheda, che verrà trasmesso in copia al laboratorio di analisi.

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

Per ogni campagna di misure dovrà essere redatto un verbale, utilizzando un'ideale scheda, che verrà trasmesso in copia al laboratorio di analisi.

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

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

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

2.4.2 Metodologia di esecuzione delle analisi

2.4.2.1 Analisi chimico fisiche

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

Parametro	Metodo	Limite di rilevabilità	Principio del metodo
Ph	APAT IRSA CNR 2060/03		Potenziometria
Conducibilità elettrica specifica	D.M. 13/09/99 IV.1		Conduttimetria
Ossidabilità al peranganato		0,05 mg/l O ₂	Titrimetria
Idrocarburi policiclici aromatici	EPA 8270D/98	Variabile a seconda dei singoli parametri	Gascromatografia con rivelatore a spettrometria di massa
Carica batterica a 36° e 22°	Metodo All.III DPR 236/88	0 col/100cc	Culture di colonie batteriche su agar e conta diretta
alcalinità	IRSAQ100 n°2010met. B	0,02 meq/l	Titolazione con indicatore
Colore	IRSA Q100 n° 2020	-	Comparazione visiva
Materiali in sospensione	IRSA Q100 n°2050	1 mg/l	Determinazione gravimetrica del residuo da filtrazione su membrana di porosità 0,35 nm
COD	IRSA Q100 n°5110	5 mg/l	Determinazione per retrotitolazione delle sostanze ossidabili in una soluzione bollente di dicromato di potassio e acido solforico
BOD5	DIN 38 309 parte. 52r	1 mg/l	Determinazione tramite respirometro dell'ossigeno consumato
Azoto totale	IRSA N°3090	1 mg/l	Determinazione per mineralizzazione e distillazione
Ammoniacca	IRSA Q100 n°3010	0,3 mg/l	Determinazione colorimetrica del complesso che si forma per reazione con il reattivo di Nessler
Nitriti	IRSA Q100 n°3030	0,025 mg/l	Determinazione colorimetrica del composto che si forma per reazione con solfanilammide e N-(1-naftil)-etilendiammina
Nitrati	IRSA Q100 n°3020 A1	0,5 mg/l	Determinazione colorimetrica del composto ottenuto per reazione tra nitrati e salicilato di sodio
Fosforo totale	IRSAQ100 n°3090	0,06 mg/l	Determinazione colorimetrica degli

Parametro	Metodo	Limite di rilevabilità	Principio del metodo
			ortofosfati ottenuti dalla trasformazione per mineralizzazione acida di tutti i composti del fosforo.
Idrocarburi totali	Std.methods n°5520C&F18th edition.	0,5mg/l	Determinazione all'infrarosso delle sostanze estratte con triclorotrifluoroetano e non trattate da gel di silice
Durezza totale	IRSAQ100 n°2030	1 mg/l di CaCO ₃	Titolazione complessometrica con acido etilendiamino tetraacetico.
Cloruri	IRSAQ100 n°3070 B	5 mg/l	Titolazione dello ione cloruro con soluzione di nitrato mercurico.
Solfati	IRSAQ100 n°3130B	5 mg/l	Determinazione spettrofotometrica della torbidità della sospensione generatasi dalla reazione con solfato di bario.
Ferro	Std.methods n°3113 18th	3µg/l	Determinazione con spettrometria di assorbimento atomico con atomizzazione in fornello di grafite
Rame	Std.methods n° 3113 18 th edition.	2µg/l	Determinazione con spettrometria di assorbimento atomico con atomizzazione in fornello di grafite
Cromo	Std.methods n°3113 18 th edition.	10µg/l	Determinazione con spettrometria di assorbimento atomico con atomizzazione in fornello di grafite
Cadmio	Std.methods n° 3113 18 th edition.	1µg/l	Determinazione con spettrometria di assorbimento atomico con atomizzazione in fornello di grafite
Piombo	Std.methods n° 3113 18 th edition.	5µg/l	Determinazione con spettrometria di assorbimento atomico con atomizzazione in fornello di grafite
Nichel	Std.methods n°3113 18 th edition.	3µg/l	Determinazione con spettrometria di assorbimento atomico con atomizzazione in fornello di grafite
Zinco	Std.methods n°3113 18 th edition.	2µg/l	Determinazione con spettrometria di assorbimento atomico con atomizzazione in fornello di grafite
Tensioattivi anionici	IRSAQ100 n°5150	0,025 mg/l	Determinazione colorimetrica del sale di colore blu formato per reazione con blu di metilene ed estratto in cloroformio
Tensioattivi non ionici	UNICHIM n°980/2 1993	0,03 mg/l	A seguito di una fase di estrazione concentrazione e purificazione, l'anaiita viene determinato per misura spettrofotometrica del complesso che si forma per reazione con il potassio picrato, estratto in 1,2 dicloroetano.
Fenoli	Std.methods n°6320B 18 th edition.	0.02 mg/l	Estrazione con cloruro di metilene e determinazione in FID/GC
Solventi organoalogenati totali	EPA 8260B/93	0,08 µg/l	GC/MS
Tetracloroetilene	EPA 8260B/93	0,08µg/l	GC/MS
Tricloroetano	EPA 8260B/93	0,08µg/l	GC/MS
Tricloroetilene	EPA 8260B/93	0,08µg/l	GC/MS
Cloroformio	EPA 8260B/93	0,08µg/l	GC/MS
Erbicidi totali Terbutilazina	EPA 8270C/93	0,008µg/l	GC/MS

Parametro	Metodo	Limite di rilevabilità	Principio del metodo
Metolachlor	EPA 8270C/93	0,008µg/l	GC/MS
Alachlor	EPA 8270C/93	0,008µg/l	GC/MS
Atrazina	EPA 8270C/93	0,008µg/l	GC/MS
Sodio	EPA6010B/96	0,15µg/l	ICP/AES
Calcio	EPA6010B/96	0,05µg/l.	ICP/AES
Magnesio	EPA6010B/96	0,1µg/l	ICP/AES
Indice SAR	SISS-8.2/85	-	calcolo
Arsenico	EPA6020/93	0,11µg/l	ICP/MS

2.4.2.2 Analisi Batteriologiche

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

Parametro	Metodo	Limite di rilevabilità	Principio del metodo
Coliformi totali	IRSAQ100 7010 B/93	0 col/100cc	Colture di colonie batteriche su terreni specifici e conta diretta
Conformi fecali	IRSAQ100 7020 B/93	0 col/100cc	Colture di colonie batteriche su terreni specifici e conta diretta
Streptococchi fecali	IRSAQ100 7030 B/93	0 col/100cc	Colture di colonie batteriche su terreni specifici e conta diretta
Salmonelle	ISTI SAN 86/20	0 col/100cc	Colture di colonie batteriche su terreni specifici e valutazione qualitativa
Escherichia coli	IRSAQ100 7030	0 col/100cc	Metodo con membrane filtranti

3. PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – ACQUE SOTTERRANEE

Il Progetto di Monitoraggio dell’Ambiente Idrico Sottterraneo ha lo scopo di evidenziare le eventuali significative variazioni quantitative e qualitative, determinate dalla realizzazione della nuova infrastruttura (SS-Olbia) sugli equilibri idrogeologici delle aree attraversate dall’infrastruttura.

Per fare questo è stato quindi necessario esaminare le tipologie delle opere previste nel progetto del tracciato stradale, l’ubicazione e le caratteristiche delle aree di cantiere ed i loro potenziali impatti sulla componente ambientale considerata, nelle aree critiche segnalate dallo Studio di Impatto Ambientale.

L’eventualità di contaminazione delle falde idriche ad opera di ipotetici inquinanti va riferita, essenzialmente, all’ipotesi di sversamento accidentale di sostanze nocive o al contributo delle acque di dilavamento della piattaforma stradale, con particolare riferimento a quelle di prima pioggia, dotate di maggiori concentrazioni dei potenziali agenti contaminanti. In secondo luogo va tenuto conto di teoriche azioni di inquinamento diffuso, ricollegabili ad attività di cantiere (lavorazioni particolari, scarichi di insediamenti temporanei) o all’apporto nel sottosuolo di sostanze necessarie al miglioramento delle proprietà geotecniche dei terreni.

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

L’azione di monitoraggio comporta la costruzione di una rete di rilevamento dati composta da stazioni (piezometri) realizzate ex-novo, con caratteristiche tecnico-costruttive ben precise secondo lo scopo, e l’utilizzo dei dati delle stazioni (ove possibile) esistenti e gestite da Enti pubblici.

Alla fine delle osservazioni la strumentazione costruita ex-novo potrà andare ad arricchire la rete di monitoraggio esistente della Regione Autonoma della Sardegna.

Il presente studio si è avvalso, pertanto, di tutte le informazioni in materia che sono state raccolte e descritte negli elaborati e nelle relazioni facenti parte del Progetto Preliminare e dello Studio di Impatto Ambientale.

3.1 RIFERIMENTI NORMATIVI

3.1.1 Leggi di tutela ambientale riguardanti anche le acque sotterranee

- Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), Regione Autonoma della Sardegna (Aggiornato con delibera G.R. n. 54/33 del 30.12.2004).
- Piano di Tutela delle Acque – Piano stralcio di settore del Piano di Bacino.
- Legge 18 Maggio 1989 n° 183 Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo.
- Direttiva CEE n° 676 del 12 dicembre 1991 concernente Protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati di origine agricola.
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 4 Marzo 1996 Disposizioni in materia di risorse idriche.
- Decreto Legislativo 11 maggio 1999, n. 152 "Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento dei nitrati provenienti da fonti agricole".
- DECRETO MINISTERIALE 25 ottobre 1999, n. 471. "Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica e il ripristino ambientale dei siti inquinati, ai sensi dell'articolo 17 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22, e successive modificazioni e integrazioni".

3.1.2 Analisi di laboratorio delle acque sotterranee, parametri descrittivi e loro limiti

- Deliberazione Comitato Interministeriale 4 febbraio 1977 "Criteri generali e metodologie per il rilevamento delle caratteristiche qualitative dei corpi idrici e per la formazione dei catasti degli scarichi"
- DPR 236 del 1988 e successive modifiche ed integrazioni sulla Qualità delle acque destinate al consumo umano contenente in allegato 1 "Requisiti di qualità – elenco parametri, ed in allegato 2 "metodi analitici di riferimento"

3.1.3 Campionamento acque

- UNI EN 25667-1 Guida alla definizione di programmi di campionamento (1996)
- UNI EN 25667-2 Guida alle tecniche di campionamento (1996)

3.1.4 Letteratura scientifica

- P. Bullo, A. Dal Prà "Lo sfruttamento ad uso acquedottistico delle acque sotterranee dell'alta pianura veneta" in Geologica Romana n° 30 (1994)
- Associazione Geotecnica Italiana (1977) "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche"
- G. Chiesa (1994) "Pozzi di Rilevazione" - I Quaderni delle acque sotterranee . n° 1 editrice Geo-Graph . Milano

- G. Chiesa "Metodi di indagine e di rilevazione per l'inquinamento" - I quaderni delle acque sotterranee
- G.Chiesa "Inquinamento delle acque sotterranee, metodi di indagine e di studio per la bonifica e la gestione delle acque inquinate" Hoepli editore 1992
- GNDCI - V.Francani e G.P.Beretta " Protezione e recupero delle acque sotterranee"
- National Water Well Association (1986) "RCRA - Groundwater monitoring technical enforcement guidance document - NWWA/EPA series - Dublin . Ohio
- U.S. EPA (1975) "Manual of water well construction practices" - Report N.EPA - 570/9-75-001 - Washington D.C.
- U.S. EPA Office of Water "National Recommended Water Quality Criteria"
- U.S. EPA Office of Water - Monitoring Water Quality- "National Water Quality Inventory" 1996, report to Congress
- U.S. EPA Office of Water - Monitoring Water Quality Inventory "Environmental Indicators of Water Quality Of United States"

3.1.5 Trivellazione pozzi

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

3.2 DATI DI BASE PER LA REDAZIONE DEL PMA

Il progetto di monitoraggio ambientale ha avuto come essenziali basi di partenza una serie di elaborati derivanti dalla Progettazione Preliminare e dallo Studio di Impatto Ambientale della strada in oggetto.

Dal quadro di riferimento ambientale del SIA si deduce che nell'area in esame sono presenti due principali Unità Idrografiche Omogenee (Coghinas e Padrongianu) su cui insistono, per il Coghinas l'Acquifero Detritico-Alluvionale Plio-Quaternario della Piana di Chilivani-Oschiri, e per il Padrongiano l'Acquifero Detritico-Alluvionale Plio-Quaternario di Olbia, entrambi delimitati dal più volte citato Piano di Tutela delle Acque. Dalla perimetrazione si evince che il tracciato in progetto insiste per diversi chilometri su entrambi gli acquiferi, che costituiscono, di fatto, due "complessi idrogeologici".

Per complesso idrogeologico si intende pertanto l'insieme di una o più unità litologiche che presentano caratteristiche idrodinamiche abbastanza omogenee, alla scala di analisi adottata, e che permettono, al loro interno, un comportamento generalmente uniforme delle acque sotterranee in esse contenute.

Più in particolare il tracciato stradale in esame interagisce quindi con alcuni acquiferi nella tratta che parte da Sassari per arrivare sino ad Oschiri. Facendo riferimento alla cartografia regionale ed al censimento pozzi eseguito, nella zona posta nei pressi del Lago del Coghinas si individua un acquifero detritico alluvionale plio-quaternario; tale acquifero

dato il tipo di struttura idrogeologica sarà relativamente superficiale e conseguentemente dovrà essere investigato in dettaglio.

Un altro acquifero che coincide parzialmente con il tracciato è quello delle vulcaniti Oligo-Mioceniche riconducibili alle formazioni vulcaniche delle rioliti e delle riolaciti. Anche queste formazioni, per tale settore, sono affioranti, ma si ipotizza un livello freatico relativamente profondo e comunque con improbabili interazioni con le opere previste; ciò anche perché la strada si pone marginalmente a tale acquifero.

Un ulteriore acquifero è quello ospitato dai sedimenti detritico – carbonatici Oligo-Miocenici, ma che non essendo affioranti avranno un livello freatico sicuramente non superficiale e quindi non particolarmente rilevante ai fini del progetto in esame.

3.2.1 Qualità delle acque sotterranee

Solamente le falde dell'acquifero detritico alluvionale plio-quadernario saranno direttamente interessate dall'intervento essendo tipo superficiale.

Pertanto, si può prevedere uno stato qualitativo talvolta sensibilmente alterato delle stesse, in relazione alle attività ed agli scambi idrici che avvengono in superficie.

Peraltro, i depositi alluvionali affioranti, caratterizzati generalmente da alta permeabilità, favoriranno l'infiltrazione delle acque superficiali.

Si potranno pertanto prevedere delle concentrazioni di nutrienti, quali fosforo ed azoto, e di fertilizzanti, soprattutto in coincidenza delle aree in cui si concentrano le principali attività antropiche, essenzialmente rappresentate da colture intensive e seminativi.

Gli impatti elementari sono mitigabili attraverso l'adozione di opportune soluzioni progettuali.

Sarà necessario indagare soprattutto in corrispondenza di quelle opere d'arte per le quali verranno adottate fondazioni profonde, che potranno interagire parzialmente con il regime di deflusso delle falde più superficiali.

3.3 ACCERTAMENTI PROGRAMMATI

3.3.1 Criteri per la selezione dei punti di monitoraggio

Per la scelta e la definizione dei punti di monitoraggio bisogna tenere conto di tutti i pozzi esistenti e che ricadono nel raggio di 200 m dal tracciato dell'opera in esame, censiti puntualmente e riportati negli appositi elaborati grafici.

Oltre a questi andranno individuate quelle lavorazioni particolarmente rischiose dal punto di vista della preservazione delle acque sotterranee, come le opere d'arte con fondazioni profonde e le zone di cantiere.

Andranno quindi realizzati altri punti di monitoraggio, attraverso la creazione di pozzi nelle zone individuate come vulnerabili.

In particolare verranno creati dei nuovi pozzi parallelamente all'asse dei viadotti ad una distanza di 50 m a valle rispetto al flusso delle acque sotterranee. Questo posizionamento permetterà di valutare direttamente gli eventuali abbassamenti di falda dovuti al drenaggio dovuto alle lavorazioni.

Particolare attenzione andrà posta in prossimità del viadotto San Michele, essendo l'opera d'arte di maggiori dimensioni.

Non si rileva la presenza di punti di prelievo d'acqua destinata al consumo umano lungo il tracciato.

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

3.3.2 Criteri per la scelta dei parametri da monitorare

I criteri adottati sono quelli individuati dal Piano di Tutela delle Acque, che individua anche due stazioni di monitoraggio in corrispondenza dei due acquiferi detritico alluvionale Plio Quaternario della Piana di Chilivani-Oschiri e di Olbia.

All'interno del Piano per ogni acquifero significativo è stato definito lo stato chimico, secondo quanto indicato nell'allegato 1 del D. Lgs. 152/99 e s.m.i., tenendo conto che i dati analizzati sono riferiti ad un unico campionamento e che il numero dei punti d'acqua per acquifero è inadeguato per una classificazione esaustiva del corpo idrico sotterraneo. Inoltre, per alcuni acquiferi e per certi parametri di base, l'attribuzione alla classe 4 – “Impatto antropico rilevante con caratteristiche idrochimiche scadenti” o alla classe 0 – “Impatto antropico nullo o trascurabile ma con particolari facies idrochimiche naturali in concentrazioni al di sopra del valore della classe 3”, e cioè l'attribuzione di concentrazioni elevate di determinate sostanze a cause antropiche o naturali, è controversa, in particolare quando si è in presenza non di un'unica motivazione ma di concause.

Il piano sulla base dei rilievi effettuati procede alla classificazione chimica degli acquiferi regionali, tra cui quelli in oggetto, sulla base Tabella 20 dell'Allegato 1 del D.Lgs. 152/99 – “Classificazione chimica in base ai parametri di base” qui di seguito riportata:

Tabella 7-23: Classificazione chimica in base ai parametri di base

Parametro	Unità misura	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 0 (*)
C: E.S.	µS/cm (20°C)	> 400	< 2500	< 2500	>2500	>2500
Cloruri	mg/l	< 25	< 250	< 250	>250	>250
Manganese	µg/l	< 20	< 50	< 50	>50	>50
Ferro	µg/l	<50	<200	< 200	>200	>200
Nitrati	mg/l di NO ₃	< 5	< 25	< 50	> 50	
Solfati	mg/l di SO ₄	< 25	< 250	< 250	>250	>250
Ione ammonio	mg/l di NH ₄	< 0,05	< 0,5	< 0,5	>0,5	>0,5

(*) Se la presenza di tali sostanze è di origine naturale, sarà automaticamente attribuita la classe 0.

Tabella 7-24: Classificazione chimica dei corpi idrici sotterranei

Classe	Descrizione
Classe 1	Impatto antropico nullo o trascurabile con pregiate caratteristiche idrochimiche.
Classe 2	Impatto antropico ridotto e sostenibile sul lungo periodo e con buone caratteristiche idrochimiche.
Classe 3	Impatto antropico significativo e con caratteristiche idrochimiche generalmente buone, ma con alcuni segnali di compromissione.
Classe 4	Impatto antropico rilevante con caratteristiche idrochimiche scadenti.
Classe 0 (*)	Impatto antropico nullo o trascurabile ma con particolari facies idrochimiche naturali in

Tale classificazione inquadra gli acquiferi di nostro interesse nella classe 4.

3.3.3 Monitoraggio Ante Operam (MAO)

3.3.3.1 Finalità

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

- Acquisizione presso gli enti locali deputati al controllo delle acque sotterranee di tutti i dati disponibili che possono essere utili ai fini del progetto di monitoraggio;
- Coordinamento delle attività delle singole stazioni di misura sulla base del programma temporale dei lavori per i singoli interventi;
- Ottimizzazione temporale delle attività di misura e prelievo sulla base del programma temporale dei lavori per le opere ricadenti nelle singole aree di monitoraggio;
- Misura dei livelli piezometrici nei punti di misura (piezometri) e ove possibile definizione delle direzioni di flusso medio;
- Definizione delle caratteristiche fisico-chimico e batteriologiche delle acque sotterranee tramite il prelievo e l'analisi di campioni d'acqua dai piezometri di ciascun area;
- Censimento, già effettuato, di tutti i pozzi presenti nel raggio di 200 metri dal perimetro dell'area di monitoraggio, od eventualmente presenti in essa, con rilievo delle caratteristiche costruttive e individuazione degli usi della risorsa;
- Censimento di tutti gli scarichi sul suolo (civili abitazioni non allacciate al sistema fognario, aziende agricole che effettuano fertirrigazione) presenti a monte (rispetto al flusso presumibile medio areale di falda) situati a distanza di 200 metri dal perimetro dell'area sottoposta a monitoraggio;
- Ricostruzione di dettaglio della situazione idrogeologica locale effettuata sulla base dei dati delle perforazioni necessarie alla realizzazione delle stazioni di misura (piezometri);

3.3.3.2 Parametri da determinare nel MAO

Le misure che andranno effettuate sono di diverso tipo e in alcuni casi si differenziano a seconda della tipologia del oggetto da monitorare (pozzo o sorgente).

Parametri idrologici

Pozzi

- Misura del livello statico
- Prova di portata a gradini e sua interpretazione alla luce della teoria dell'equilibrio (metodo Dupuit Thiem)
- Prova a portata costante
- Prova di risalita e interpretazione della prova secondo l'approccio Jacob
- Determinazione della trasmissività tramite la portata specifica

Sorgenti

- Misura di portata
- Curva di esaurimento

Negli stessi punti in cui si eseguono i prelievi dei campioni d'acqua andranno anche eseguite le misure di carattere idrologico chimico-fisico:

- temperatura dell'acqua
- temperatura dell'aria
- potenziale redox

e chimico-batteriologiche:

- pH
- durezza totale
- alcalinità
- cloruri
- solfati
- azoto ammoniacale
- nitriti
- nitrati
- conducibilità elettrica specifica
- fosforo totale
- ferro
- ossidabilità al permanganato
- calcio
- magnesio
- rame
- cadmio
- piombo
- cromo
- composti organoalogenati
- idrocarburi policiclici aromatici
- carica batterica a 36° e a 22°
- coliformi totali
- coliformi fecali
- streptococchi fecali

I parametri seguenti sono quelli non previsti in genere ma aggiunti per le motivazioni già esposte precedentemente:

- Residuo fisso
- T.O.C
- Sodio
- Potassio
- Tetracloroetilene
- Manganese

- Arsenico
- Idrocarburi totali
- Solventi Clorurati
- Solventi aromatici
- Fenoli
- Tensioattivi anionici
- Tensioattivi non ionici
- Tricloroetano
- Tricloroetilene

3.3.3.3 Frequenza delle operazioni di MAO

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

Tali campagne saranno finalizzate alla caratterizzazione qualitativa e quantitativa degli acquiferi, quale situazione di riferimento per individuare le eventuali modificazioni significative causate dall'intervento costruttivo; per tale fase si prevede una durata di 4 mesi (o anche meno in considerazione del carattere d'urgenza dell'opera da realizzarsi).

Le misurazioni saranno effettuate ogni 2 mesi.

Nella tabella seguente sono indicati i punti di monitoraggio rappresentati nella cartografia allegata (Planimetria dei punti di monitoraggio ambientale – Tav. da 1 a 4).

tabella 1 – Monitoraggio Ante Operam

Codice	Localizzazione
PMA_AIST_01	Nell'area di Cantiere C1
PMA_AIST_02	Nell'area di Cantiere C2
PMA_AIST_03	Nell'area di Cantiere C3
PMA_AIST_04	Nell'area di Cantiere C4
PMA_AIST_05	Nell'area di Cantiere C5
PMA_AIST_06	Nell'area di Cantiere C6
PMA_AIST_07	Nell'area di Cantiere C7
PMA_AIST_08	50 m a SUD-OVEST del viadotto San Michele

3.3.4 Monitoraggio in Corso d'Opera

3.3.4.1 Finalità

In corso d'opera la durata degli accertamenti è variabile a seconda delle opere:

- Opere di attraversamento;
- Fasce di trattamento colonnare.

In questa fase si prevede:

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

3.3.4.2 Parametri da determinare nel MCO

Anche nel monitoraggio in corso d'opera i parametri da monitorare previsti sono gli stessi dell'Ante Operam, cui si rimanda per una puntuale elencazione.

3.3.4.3 Frequenza delle operazioni di MCO

Le attività di monitoraggio proseguiranno per l'intera durata dei lavori, fino allo smantellamento delle aree logistiche fisse, mentre lungo la linea saranno monitorate le aree delle fondazioni profonde con prelievi e misurazioni più fitte qualora si dovessero verificare eventi accidentali potenzialmente dannosi per le falde acquifere; infatti, in qualsiasi momento potrà essere previsto un incremento delle attività di monitoraggio, fino alla completa esclusione di possibili danni.

Va sottolineato che lo svolgimento di tali campagne di misure, per la parte qualitativa, sarà riferito alla durata delle operazioni per le quali si prevede interferenza con la componente ambientale considerata, e cioè quello relativo al completamento delle opere di fondazione. Si prevede una frequenza bimestrale di letture piezometriche per tutte le aree (prolungandole oltre la realizzazione della singola opera), mentre per le misure qualitative, si fissa una frequenza bimestrale e semestrale per tutti i parametri di tipo fisico chimico.

Per i piezometri collocati in corrispondenza degli attraversamenti di corsi d'acqua, e in corrispondenza di opere puntuali, si prevede di effettuare campagne di misure qualitative la cui durata sarà correlata alle attività di costruzione.

I punti di monitoraggio sono ovviamente gli stessi del Monitoraggio ante operam al fine di garantire il confronto degli stessi.

3.3.5 Monitoraggio Post Operam (MPO)

3.3.5.1 Finalità

In quest'ultima fase sono programmati:

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

3.3.5.2 Parametri da determinare nel MPO

Anche nel monitoraggio Post Operam i parametri da monitorare previsti sono evidentemente gli stessi delle altre due fasi.

3.3.5.3 Frequenza delle operazioni di MPO

Le attività di monitoraggio si estenderanno anche in tale fase temporale, anche se come precedentemente detto, le interferenze con la componente ambientale, si ridurranno notevolmente dopo gli interventi previsti. Un periodo pari a mesi 6 dopo la fine della fase di corso d'opera, potrà essere ritenuto sufficiente al completamento delle attività di monitoraggio delle acque sotterranee, per tutte le aree sottoposte ad attività di

monitoraggio: in questa fase, le misure programmate di tipo qualitativo, potranno essere realizzate con cadenza sempre bimestrale.

I punti di monitoraggio sono ancora una volta gli stessi delle fasi precedenti.

3.4 SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEGLI ACCERTAMENTI

Le specifiche tecniche di seguito riportate sono così articolate:

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

3.4.1 Nuove stazioni e nuovi piezometri

3.4.1.1 Modalità esecutive

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

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

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

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

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

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

I tubi da utilizzare hanno le seguenti caratteristiche:

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

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

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

3.4.1.2 Caratterizzazione dei terreni in cassetta

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

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

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

3.4.1.3 Dati sulle perforazioni

Per ogni sondaggio saranno raccolte le seguenti informazioni:

- Data inizio e termine della perforazione
- Stratigrafia del sondaggio
- Ubicazione topografica
- Metodo utilizzato
- Attrezzatura impiegata
- Diametro della perforazione
- Diametro del rivestimento
- Fluido di circolazione
- Quota testa foro metri s.l.m.
- Nominativo dei compilatore e responsabile
- Descrizione dei terreni attraversati
- Spessori dei terreni

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

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

3.4.2 Rilevamento ed acquisizione delle informazioni

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

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

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

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

3.4.2.1 Misure piezometriche – Linee guida

Queste misure saranno eseguite utilizzando una sonda piezometrica a punta elettrica, munita di avvisatore acustico ed ottico; non sono ammesse altre metodiche di misurazione. La strumentazione utilizzata deve fornire una lettura della profondità con errore massimo del centimetro.

La procedura di misurazione comprende le seguenti operazioni:

1. Verifica del codice numerico di identificazione della stazione di misura (piezometro);
2. Verifica dell'integrità della chiusura del pozzetto di protezione di bocca foro;
3. Apertura del pozzetto e rimozione del tappo avvitato sull'estremità del tubo;

4. Effettuazione di tre misure piezometriche ad intervalli di 5 minuti primi onde calcolare il valore medio del livello piezometrico;
5. Annotazione su apposita modulistica delle misure (in quota relativa ed assoluta), e di ogni altro elemento utile in fase di elaborazione ed interpretazione dei dati (data e ora della misura, situazione meteorologica);
6. Riposizionamento del tappo avvitato sull'estremità del tubo e chiusura del pozzetto di protezione.

3.4.2.2 Prelievo di campioni d'acqua – Linee guida

Generalità

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

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

- Attendibilità
- Controllabilità
- Ripetibilità.

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

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

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

Operazioni preliminari

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

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

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

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

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

Nel caso dei piezometri costruiti per il monitoraggio, occorre una particolare attenzione alle operazioni di chiarificazione. La natura dei terreni attraversata (limi e sabbie fini) obbliga di eseguire spurghi molto lunghi, anche alcune ore. Si informa che anche in seguito ad operazioni di spurgo eseguite con attenzione e con tempi superiori alle due ore, il campione d'acqua non risulta limpido, e presenta inoltre caratteristiche di torbidità e presenza di sedimento particellare.

Attrezzatura

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

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

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

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

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

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

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

- Campionatore a doppia valvola: si tratta di un tubo munito superiormente di una forcella alla quale va collegato il cavo di manovra, e di due valvole a sfera una superiore ed una inferiore. Una volta calato alla quota di prelievo, le valvole si chiudono per effetto della pressione idrostatica, riducendo la possibilità di flussi idrici all'interno durante la fase di recupero. Nel caso che le condizioni lo permettano potrà essere utilizzato un campionatore a valvola singola.
- Campionatore a siringa: concettualmente simile ad una grossa siringa per uso medico o veterinario, ha un funzionamento inverso. Infatti essa permette di prelevare campioni d'acqua a quote predeterminate riempiendo un contenitore di materiale inerte, grazie alla depressione in esso creata, da un pistone o una valvola a sfera, attraverso una pompa a mano azionata dall'esterno e collegata al contenitore tramite un tubetto flessibile. L'acqua una volta dentro non può più uscire durante

l'estrazione grazie alla presenza di un ago collegato all'ugello di entrata. Una volta estratta essa può essere portata direttamente in laboratorio.

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

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

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

Modalità di prelievo dei campioni

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Conservazione e trasporto dei campioni

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

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

3.4.2.3 Analisi chimico-fisico-batteriologiche

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

tabella 2 – Parametri chimico-fisico-batteriologici

a) Caratteri fisici
Misure di livello statico
Misure di temperatura acqua/aria Ta, conducibilità elettrica EC, pH, ossigeno disciolto
Potenziale Redox
b) Caratteri Chimici
Determinazione in laboratorio dei seguenti parametri:
ossidabilità al permanganato
Durezza totale
Residuo fisso
T.O.C
Calcio
Magnesio
Sodio
Potassio
Cloruri
Solfati
Azoto ammoniacale
nitriti
nitriti
Fosforo totale
Ferro
Rame
Cadmio
Composti organoalogenati totali
Tetracloroetilene
Cromo
Piombo
Manganese
Arsenico
Idrocarburi totali
Idrocarburi policiclici aromatici
Solventi Clorurati
Solventi aromatici
Fenoli
Tensioattivi anionici
Tensioattivi non ionici
Alcalinità
Tricloroetano
Tricloroetilene
c) Caratteri chimico-batteriologici

Streptococchi fecali
Conteggio colonie su agar 36°C
Conteggio colonie su agar 22°C
Coliformi fecali
Coliformi totali

Si sottolinea comunque che nella fase di ante operam, prima cioè di ogni attività realizzativa e di accantieramento, tali analisi saranno eseguite con frequenza mensile su tutte le aree per 6 mesi.

Tale attività ante operam si rende necessaria per "fotografare" la situazione iniziale esistente dei corpi idrici sotterranei in prossimità degli interventi in fondazione.

Le determinazioni da eseguirsi nelle singole analisi potranno essere diversificate in funzione degli esiti delle prime campagne di analisi.

3.4.3 Modalità di accettazione e collaudo

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

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

3.4.3.1 Realizzazione di pozzi e piezometri

Sopralluogo in situ (visita accettazione e collaudo) e confronto fra documentazione progettuale, specifiche tecniche e resoconti delle lavorazioni (rapporti di cantiere), che consentiranno di verificare la corretta esecuzione ed utilizzabilità delle opere ai fini del Progetto di Monitoraggio Ambientale, verificando in particolare i seguenti fattori:

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

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

3.4.3.2 Esecuzione di misure piezometriche

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

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

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

3.4.3.3 Campionamento ed analisi chimiche

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

3.4.4 Modalità di campionamento ed analisi delle acque

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

3.4.4.1 Metodologie di misura e campionamento

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

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

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

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

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

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

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

Campionamento

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

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

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

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

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

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

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

Per la raccolta del campione si utilizzerà una scheda ed un verbale di campionamento idonei allo scopo.

Etichettatura dei contenitori

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

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

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

3.4.4.3 Metodologia di esecuzione delle analisi

Analisi chimico fisiche

Si riportano di seguito nella tabella 5 le metodologie d'analisi che dovranno essere utilizzate per le determinazioni di ciascun parametro chimico-fisico. Sono riportati contestualmente i limiti di rivelabilità che è possibile conseguire con l'adozione delle rispettive metodiche

tabella 3 – Metodologie di analisi

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

Parametro	Metodo	Limite di rilevabilità	Principio del metodo
Sodio	U.S. EPA Method 300.7	0,2 mg/l	Determinazione per cromatografia ionica
Potassio	U.S. EPA Method 300.7	0,2 mg/l	Determinazione per cromatografia ionica
Cloruri	ASTM D4327-88	0,1 mg/l	Determinazione per cromatografia ionica
Solfati	ASTM D4327-88	0,2 mg/l	Determinazione per cromatografia ionica
Azoto ammoniacale	IRSAQ100 n°4010	0,4 mg/l	Determinazione colorimetrica del complesso che si forma per reazione con il reattivo di Nessler
Nitriti	ASTM D4327-88	0,2 mg/l	Determinazione per cromatografia ionica
Nitrati	ASTM D4327-88	0,2 mg/l	Determinazione per cromatografia ionica
Fosforo totale	IRSAQ100 n°4090	0,06 mg/l	Determinazione colorimetrica degli ortofosfati ottenuti dalla trasformazione per mineralizzazione acida di tutti i composti del fosforo.
Ferro	Std.methods n°3113 18 th edition.	4 mg/l	Determinazione con spettrometria di assorbimento atomico con atomizzazione in fornello di grafite
Rame	Std.methods n° 3113 18 th edition.	2 □g/l	Determinazione con spettrometria di assorbimento atomico con atomizzazione in fornello di grafite
Cadmio	Std.methods n°3113 18 th edition.	1 mg/l	Determinazione con spettrometria di assorbimento atomico con atomizzazione in fornello di grafite
Cromo	Std.methods n°3113 18 th edition.	10 mg/l	Determinazione con spettrometria di assorbimento atomico con atomizzazione in fornello di grafite
Piombo	Std.methods n°3113 18 th edition.	5 mg/l	Determinazione con spettrometria di assorbimento atomico con atomizzazione in fornello di grafite
Manganese	Std.methods n°3113 18 th edition.	2 mg/l	Determinazione con spettrometria di assorbimento atomico con atomizzazione in fornello di grafite
Tensioattivi anionici	IRSAQ100 n°5150	0,025 mg/l	Determinazione colorimetrica del sale di colore blu formato per reazione con blu di metilene ed estratto in cloroformio.
Tensioattivi non ionici	UNICHIM n°980/2 1993	0,03 mg/l	A seguito di una fase di estrazione concentrazione e purificazione, il valore viene determinato per misura spettrofotometrica del complesso che si forma per reazione con il potassio picrato, estratto in 1,2 dicloretano.
Alcalinità	IRSAQ100 n°2010met. B	0,02 meq/l	Titolazione con indicatore
Solventi organoalogenati totali	EPA 8260B/94	0,08 mg/L	GC/MS
Tetracloroetilene	EPA 8260B/94	0,08 mg/L	GC/MS
Tricloroetano	EPA 8260B/94	0,08 mg/L	GC/MS
Tricloroetilene	EPA 8260B/94	0,08 mg/L	GC/MS
Cloroformio	EPA 8260B/94	0,08 mg/L	GC/MS
Coliformi totali	Metodo MF Ali.Ili DPR 236/88	0 col/100cc	Culture di colonie batteriche su terreni specifici e conta diretta

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

4. PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – SUOLO

4.1 PREMESSA

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

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

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

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

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

Le attività di monitoraggio riguardano tre distinte fasi:

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

4.1.1 Accertamenti ante operam

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

4.1.2 Accertamenti in corso d'opera

Il monitoraggio in corso d'opera sarà mirato fondamentalmente al controllo di eventuali sversamenti accidentali di sostanze inquinanti e del corretto svolgimento delle attività di rimozione e deposizione della matrice pedologica.

4.1.3 Accertamenti post operam

Il monitoraggio *post operam* sarà mirato fondamentalmente al controllo delle sostanze inquinanti dovute al traffico ordinario, una volta che l'infrastruttura verrà messa a regime.

4.2 INDICAZIONI NORMATIVE PER IL MONITORAGGIO

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

- D.M. 01/08/1997 – Approvazione dei metodi ufficiali di analisi fisica dei suoli;
- D.M. 13/09/1999 – Approvazione dei Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo (G.U. n. SD.O. 185 del 21/10/1999);
- D.M. 25/03/2002 – Rettifiche al Decreto 13/09/1999 (G.U. n. 84 del 10/04/2002).

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

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

4.3.1 I rischi

La qualità del suolo si manifesta principalmente attraverso due aspetti:

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

Secondo l'OCSE i principali processi di degradazione ambientale sono generalmente riconducibili all'erosione del suolo, alla sua sommersione, all'acidificazione, alla salinizzazione, alla sodicizzazione, al compattamento, alla formazione di croste superficiali e di strati compatti lungo il profilo, alla perdita di sostanza organica, al deterioramento della struttura, alla desertificazione, all'accumulo di sostanze tossiche, alla perdita di elementi nutritivi.

I due terzi dei suoli dell'Italia presentano preoccupanti problemi di degradazione, in virtù di una gestione territoriale non sempre corretta. Tali fenomeni di degradazione ambientale

si sono più accentuati in quelle aree ove è stata più forte l'attività antropica, la quale non sempre è avvenuta in maniera compatibile con i criteri fondamentali della conservazione del suolo, anche se l'area su cui insiste la nuova infrastruttura non può ritenersi ricompresa tra quelle ad intensa attività antropica.

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

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

1. perdita di materiale naturale
2. contaminazione dei suoli dovuta ad incidenti
3. impermeabilizzazione dei terreni.

La perdita del materiale risulta rilevante, in considerazione dell'entità dell'intervento in progetto. Il tracciato si sviluppa per lo più in rilevato senza nessuna galleria naturale che, come noto, implica la perdita di grosse quantità di materiale. In sede di monitoraggio bisognerà fare attenzione al controllo del mantenimento delle caratteristiche strutturali dei suoli nelle aree di cantiere, spesso utilizzate anche come siti di deposito temporaneo.

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

L'ultimo problema, l'impermeabilizzazione dei suoli, è più legato alle caratteristiche strutturali intrinseche dell'opera che ad episodi specifici. La copertura del terreno con asfalto, il passaggio di mezzi pesanti, l'asportazione del materiale causano asfissia, compattazione o impoverimento del suolo stesso. Da ciò può derivare un'impermeabilizzazione dei terreni difficilmente reversibile. Oltretutto i suoli su cui si va ad agire sono già tendenzialmente argillosi e ciò potrebbe favorire il processo. Ciononostante, il problema è ridotto grazie alla fitta rete idrica superficiale e sotterranea ed alla vegetazione presente in loco, nonché alle mitigazioni ambientali nella loro totalità. I sondaggi garantiranno un controllo continuo dello stato dell'arte, anche se il progetto della SS-Olbia segue già un tracciato coerente con il criterio di cautela.

4.3.2 Gli interventi

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

Per quanto riguarda la perdita di materiale asportato, bisogna considerare che tutti i terreni utilizzati in sostituzione di questa porzione inerte avranno sicuramente migliori

caratteristiche prestazionali, essendo stati scelti appositamente. La porzione eliminata, d'altro canto, sarà stoccata in apposite aree senza creare impatti particolari sul territorio. Dunque, la scelta oculata delle zone di cava e discarica è considerata di per sé un ottimo metodo per mitigare il problema della perdita del materiale naturale.

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

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

Nel caso dovessero concretizzarsi emergenze impreviste, verrà attivato comunque l'iter procedurale e le metodologie previste nel DM 471/99.

L'impermeabilizzazione dei suoli è un rischio difficilmente mitigabile, per evitare il quale ci si avvarrà del miglior utilizzo del sistema di canali, garantendo un buon funzionamento del sistema idraulico del territorio. Ad ogni modo, l'area circostante il tracciato è tuttora naturale e ciò, insieme alle mitigazioni ambientali, favorirà un buon mantenimento delle caratteristiche originarie della struttura pedologica.

4.4 DESCRIZIONE DEI CANTIERI

Le aree su cui si effettueranno i monitoraggi sono le 7 aree di cantiere.

Per lo sviluppo delle attività lavorative, infatti, si prevede l'allestimento di 7 aree di cantiere lungo il tracciato, in posizione baricentrica rispetto alle porzioni di tracciato che andranno a servire. Le funzioni logistico/operative per lo sviluppo di tutte le attività saranno svolte dalle aree di cantiere che accoglieranno inoltre i baraccamenti di servizio per le maestranze e la direzione lavori; le attività operative finalizzate allo sviluppo delle opere lungo il tracciato verranno anch'esse svolte, secondo i vari tratti di competenza, dalle aree di cantiere ubicate lungo il tracciato stesso. I diversi cantieri saranno inoltre finalizzati all'accumulo provvisorio dei materiali di risulta provenienti dagli scavi ed al trattamento dei materiali stessi preventivamente all'impiego previsto per la formazione dei rilevati od all'accumulo temporaneo in attesa di allocazione definitiva nei siti di deposito.

Le aree di cantiere saranno descritte dal punto di vista pedologico successivamente alle indagini *ante operam* con una relazione, in modo da lasciare traccia della situazione di partenza del profilo dei suoli.

4.5 DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DI MISURAZIONE

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

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

4.5.1 Parametri podologici (in situ)

Esposizione

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

Pendenza

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

Uso del suolo

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

Microrilievo

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

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

Pietrosità superficiale

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

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

Rocciosità Affiorante

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

Fenditure Superficiali

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

Vegetazione

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

Stato Erosivo

Presenza di fenomeni di erosione o deposizione di parti di suolo

Permeabilità

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

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

Classe di drenaggio

Si individueranno le seguenti class di drenaggio:

Classe	Descrizione
Rapido	Acqua rimossa molto rapidamente
Moderatamente rapido	Acqua rimossa rapidamente
Buono	Acqua rimossa prontamente
Mediocre	Acqua rimossa lentamente in alcuni periodi
Lento	Acqua rimossa lentamente
Molto lento	Acqua rimossa molto lentamente (suoli periodicamente bagnati)
Impedito	Acqua rimossa molto lentamente (suoli bagnati per lunghi periodi)

Substrato pedogenetico

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

4.5.2 Parametri chimico-fisici: in situ e/o in laboratorio**Colore**

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

Porosità

Vuoti di diametro superiore a 60 micron.

Struttura

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

Umidità

Condizioni di umidità dell'orizzonte al momento del rilevamento:

Codice	Descrizione
1	Asciutto
2	Poco umido
3	Umido

4	Molto umido
5	Bagnato

Scheletro

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

Tessitura

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

Azoto totale e fosforo assimilabile

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

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

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

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

pH

Indica il grado di acidità e di alcalinità del suolo.

In base al pH i terreni possono essere distinti in:

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

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

Capacità di scambio cationico (CSC)

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

C.S.C. (meq/100 gr)	GIUDIZIO AGRONOMICO
< 5	Livello molto basso
5 - 10	Livello basso
10 - 20	Livello medio
20 - 40	Livello alto
> 40	Livello molto alto

Carbonio organico

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

Effetti indiretti:

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

Effetti diretti:

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

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

Calcare attivo

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

Sono distinte le seguenti classi di contenuto:

Classi	Calcare attivo (%)
Assente	< 0,5%

Basso o moderato	0,5-10%
Alto o molto alto	>10%

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

Metalli pesanti

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

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

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

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

Valori di concentrazione di alcuni metalli pesanti accertati in suoli coltivati e naturali

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

4.6 DEFINIZIONE DELLE PROCEDURE DI MISURAZIONE

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

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

4.6.1 Trivellate pedologiche

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

La trivellata seguirà le seguenti fasi:

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

Le trivellazioni saranno ubicate in modo da rappresentare la variabilità geomorfologica dell'area in esame.

4.6.2 Scavi pedologici

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

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

4.6.3 Profili pedologici (trivellate e scavi)

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

4.6.4 Analisi di laboratorio

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

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

Preparazione del campione e RILEVAZIONE GRANULOMETRICA

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

- la più piccola pesata prevista dai metodi di analisi sia rappresentativa del suolo in esame,
- non vengano apportate modificazioni di composizione tali da alterare sensibilmente le varie solubilità nei differenti reattivi estraenti;
- possa essere valutata la quantità di particelle con diametro inferiore a 2 mm.

Le percentuali di sabbia, limo e argilla presenti nella terra fine saranno definite seguendo i triangoli tessiturali della Soil Taxonomy.

Carbonio organico

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

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

pH

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

Capacità di scambio cationico

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

Calcere Attivo

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

Azoto Totale

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

- gli analizzatori disponibili in commercio funzionano essenzialmente sulla base del metodo Dumas (1831). Il metodo analitico originale è fondato sulla completa ed istantanea ossidazione del campione per "flash combustion", con conseguente conversione di tutte le sostanze organiche ed inorganiche in prodotti gassosi. I gas di combustione vengono fatti passare, in corrente di elio, su strato di opportuno catalizzatore, per completare il processo di ossidazione, e, quindi, su strato di rame, per allontanare l'eccesso di ossigeno e per ridurre gli ossidi di azoto ad azoto molecolare (N₂). Successivamente, la miscela gassosa viene separata per gascromatografia e CO₂, N₂, H₂O e SO₂ vengono rilevati da un detector a conducibilità termica;
- secondo la distillazione di Kjeldahl, l'azoto ammoniacale viene distillato in ambiente alcalino e assorbito in soluzione a titolo noto di acido solforico. L'eccesso di acido solforico viene titolato con soluzione a titolo noto di sodio idrossido.

Fosforo Assimilabile

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

Per i suoli acidi e per quelli caratterizzati dalla presenza di calcio carbonato si utilizza il Metodo Olsen. La presenza nella soluzione di sodio bicarbonato di ioni carbonato e ossidrilici abbassa l'attività di Ca_2^+ e di Al_3^+ con conseguente incremento della solubilità del fosforo (P).

Nel suoli calcarei, l'aumentata solubilità del calcio fosfato deriva dalla diminuzione della concentrazione del calcio dovuta all'elevata presenza di ioni carbonato ed alla conseguente precipitazione di CaCO_3 . Nei suoli acidi o neutri, la solubilità dei fosfati di alluminio e di ferro viene incrementata dall'aumento della concentrazione degli ioni ossidrilici che induce diminuzione della concentrazione di Al_3^+ con formazione di ioni alluminato, e di Fe_3^+ , con precipitazione di ossidi. Deve essere tenuto presente, altresì, che, a pH elevato, l'aumento delle cariche negative e/o la diminuzione dei siti di adsorbimento sulle superfici degli ossidi di alluminio e di ferro può portare al desorbimento del fosforo fissato.

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

Conducibilità Elettrica

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

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

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

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

4.7 STATO ATTUALE DELL'AMBIENTE PER LA MATRICE PEDOLOGICA

4.7.1 I suoli

Non esistendo studi empirici di settore sulla zona di interesse, si considereranno le informazioni reperite in letteratura regionale, nazionale ed internazionale. Successivamente, il monitoraggio *ante operam*, potrà dare un'idea più precisa, sito per sito. Per la caratterizzazione pedologica attuale si rimanda alle carte pedologiche facenti parte integrante del presente Studio di Impatto Ambientale.

L'area in oggetto è a clima mediterraneo da sub-continentale a continentale, caratterizzato da precipitazioni da medie a molto basse in primavera, autunno ed inverno, da un lungo periodo secco e torrido in estate ed inverni freddi. Il pedoclima tipico può essere caratterizzato da diversi regimi di umidità e temperatura:

- xerico (suolo umido d'inverno e secco per lunghi periodi d'estate); xerico secco (la siccità del suolo si prolunga per almeno tutta l'estate); localmente ustico (disponibilità idrica molto limitata, ma presente per qualche tempo durante il periodo di maggiore evapotraspirazione);
- termico (temperature tra 15 e 22 °C); localmente mesico (temperature tra 8 e 14,9 °C).

I principali processi di degradazione del suolo sono attribuiti all'erosione da parte dell'acqua per la zone collinare, alla competizione tra uso agricolo e non agricolo del suolo

per la zona di pianura. Sono molto comuni fenomeni di erosione superficiale e di movimenti di masse, che contribuiscono a ridurre il già scarso contenuto in sostanza organica di alcuni suoli agricoli.

4.7.2 L'uso del suolo

4.7.2.1 Tronco 1

Dalla prog. 0 alla 5+800 il tracciato si alterna con una sequenza di aree agroforestali (244 Corine Land Cover) e di aree prevalentemente occupate da coltura agraria con presenza di spazi naturali importanti (243 CLC), mentre dalla 5+800 alla 7+300 le alternative A e C intersecano due aree censite come seminativi in aree non irrigue (211) e aree di pascolo naturale (321), e la alternativa B interseca, oltre alle due aree precedenti (211 e 321), un'area a vegetazione sclerofilla (323).

Dalla prog. 7+300 fino circa alla 9+500 (a seconda della alternativa di tracciato considerata) il tracciato si intesta nuovamente su aree prevalentemente occupate da coltura agraria con presenza di spazi naturali importanti (243), per poi attestarsi su seminativi in aree non irrigue (211) sino alla prog. 29+200.

Conclude il Tronco 1, alla prog. 33+300, una rapida alternanza di aree 243, di aree a vegetazione sclerofilla (323) e aree agroforestali (244).

4.7.2.2 Tronco 2

Il Tronco 2 parte con un tratto di circa 2,5 km intestato su aree agroforestali (244) per poi proseguire sino circa alla prog. 14+000 su seminativi non irrigui (211) a parte qualche piccola sovrapposizione su aree agroforestali (244) di modestissima entità.

Il Tronco 2 termina con gli ultimi cinque chilometri intestati su aree agroforestali (244).

4.7.2.3 Tronco 3

I primi otto chilometri e mezzo sono sovrapposti interamente su aree agroforestali (244) cui segue un chilometro circa di boschi di latifoglie (311) particolarmente pregevoli.

Dalla prog. 9+400 alla prog. 10+600 e dalla 11+700 alla 14+300 le tre alternative si intestano su sistemi colturali e particellari complessi (242) con un chilometro circa (dalla prog. 10+500 alla 11+500) sovrapposto su aree agroforestali (244).

Dalla prog. 14+300 alla 17+100 tutti i tre tracciatiproposti sono sovrapposti su aree prevalentemente occupate da coltura agraria con presenza di spazi naturali importanti (243) mentre la parte finale del tracciato sino alla prog. 22+000 (circa 5 km) insiste su seminativi in aree non irrigue (311).

4.8 CRITERI PER LA SCELTA ED INDICAZIONE DELLE AREE DI MONITORAGGIO

La selezione delle aree di indagine è stata impostata con la finalità di testimoniare la situazione e l'evoluzione della qualità dei suoli, scegliendo in particolare le aree di rimozione e deposizione del terreno (cantieri). Il suolo sarà estratto principalmente in corrispondenza della piattaforma stradale ed in minima parte presso i viadotti.

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

dei materiali. Per questo, sono stati selezionati tutti i cantieri come siti d'indagine, essendo le aree fondamentali per tali attività.

La aree di monitoraggio (Tab.1) sono quindi facilmente identificabili:

- ante operam: saranno effettuate 2 trivellate per ogni cantiere per un totale di 14, ed il numero totale dei profili pedologici previsti è di 12;
- in corso d'opera: i siti e le trivellate saranno gli stessi della fase ante operam (2 scavi per i 7 cantieri) ed i profili pedologici saranno sempre 12;
- post operam: sono stati selezionati solo due fra i punti di campionamento, ritenuti particolarmente sensibili per la loro posizione rispetto al tracciato: il Cantiere 7, in prossimità dell'attraversamento del Rio Palasole (PMA_PEDO_12), ed il Cantiere 3, in prossimità del viadotto sul Rio Mannu (PMA_PEDO_05). Si avranno sempre 2 scavi per ognuno per un totale di due profili pedologici.

tabella 1 – Indicazione dei punti di campionamento

Cantiere	Identificativo	Posizione risp. al tracciato	N. scavi	Fase post operam
C1	PMA_PEDO_01	TR1 – km 6+000	2	NO
	PMA_PEDO_02		2	NO
C2	PMA_PEDO_03	TR1 – km 15+700	2	NO
C3	PMA_PEDO_04	TR1 – km 23+500	2	NO
	PMA_PEDO_05		2	SI
C4	PMA_PEDO_06	TR2 – km 4+700	2	NO
	PMA_PEDO_07		2	NO
C5	PMA_PEDO_08	TR2 – km 16+200	2	NO
C6	PMA_PEDO_09	TR3 – km 5+500	2	NO
	PMA_PEDO_10		2	NO
C7	PMA_PEDO_11	TR3 – km 15+200	2	NO
	PMA_PEDO_12		2	SI

Per tutti i cantieri, il primo punto di monitoraggio sarà posizionato nell'area di stoccaggio materiali e l'altro nella zona di deposito temporanea, utilizzata per l'accumulo del materiale di risulta ritenuto idoneo alla formazione dei rilevati senza trattamento, per accumulo del materiale da trattare preventivamente alla formazione dei rilevati, per accumulo del materiale inidoneo da trasferire successivamente a deposito definitivo.

I punti di monitoraggio posizionati nelle aree di deposito temporaneo materiali verranno anche utilizzati per le indagini sulle acque sotterranee e dunque gli scavi saranno utilizzati per posizionare i piezometri, con le modalità indicate nel piano di monitoraggio delle acque sotterranee.

Le stazioni di monitoraggio scelte sono indicate nella Planimetria Generale dei punti di monitoraggio (Planimetria dei punti di monitoraggio ambientale – Tav. da 1 a 4).

4.9 ARTICOLAZIONE TEMPORALE DEGLI ACCERTAMENTI

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

Le indagini in corso d'opera presso i cantieri verranno realizzate ogni 2 mesi per tutta la durata della realizzazione dell'opera. Nel caso dovessero verificarsi eventi eccezionali (sversamenti accidentali o altri tipi di incidenti connessi alla matrice pedologica), si potranno prevedere indagini suppletive estemporanee, selezionando anche solo una parte dei parametri da indagare, a seconda del tipo di problema da monitorare e affrontare. L'ultimo monitoraggio dovrà necessariamente coincidere con il momento di chiusura

definitiva dei lavori, in modo da poter attivare il funzionamento dell'infrastruttura senza problemi insoliti.

Il monitoraggio post operam sarà realizzato una sola volta un anno dopo la messa in esercizio dell'opera.

4.10 DOCUMENTI DI SINTESI DEL MONITORAGGIO

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

Sarà redatta una relazione iniziale per quel che concerne il monitoraggio *ante operam*, una intermedia al termine della costruzione dell'opera comprendente tutte le fasi di indagine in cui, oltre ai dati intrinseci della matrice pedologica, dovranno essere descritti geomorfologia e aspetti superficiali per ogni cantiere/campo base, per tutte le indagini effettuate, ed una finale in concomitanza con il monitoraggio *post operam*. In tal modo si avrà anche un'indicazione dei cambiamenti in itinere. Inoltre, nel corso dello svolgimento di tutta l'azione di monitoraggio si devono prevedere dei report costanti dopo ogni campagna, che siano riassuntivi dei dati raccolti e che evidenzino eventuali valori anomali, in modo da tenere sotto controllo possibili situazioni di criticità.

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

5. PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – FLORA E FAUNA

5.1 PREMESSA ED OBIETTIVI DEL PMA

Il presente documento definisce gli obiettivi e i criteri metodologici per il progetto di monitoraggio ambientale (PMA) relativo agli ambiti vegetazionali, floristici e faunistici che direttamente o indirettamente risultano interessati dai lavori di realizzazione della Nuova Strada Sassari Olbia.

Nella redazione del presente PMA si è tenuto conto delle indicazioni contenute nelle “Linee guida per il progetto di monitoraggio ambientale (PMA)” predisposte dalla Commissione Speciale di VIA del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio.

La redazione del Piano di Monitoraggio è finalizzata alla verifica della variazione della qualità naturalistica ed ecologica nelle aree direttamente o indirettamente interessate dall’Opera.

Per gli ambiti vegetazionali e floro-faunistici, i principi base del monitoraggio consistono:

- nel caratterizzare lo stato della componente (e di tutti i ricettori prescelti) nella fase ante operam con specifico riferimento alla copertura del suolo e allo stato della vegetazione naturale e semi-naturale;
- nel verificare la corretta attuazione delle azioni di salvaguardia e protezione delle componenti;
- nel controllare, nelle fasi di costruzione e post operam, l’evoluzione della vegetazione e degli habitat presenti e predisporre, ove necessario, adeguati interventi correttivi;
- nell’accertamento della corretta applicazione delle misure di mitigazione e compensazione ambientale indicate nel SIA, al fine di intervenire per risolvere eventuali impatti residui;
- nella verifica dello stato evolutivo della vegetazione di nuovo impianto nelle aree soggette a ripristino vegetazionale;

- verificare l'efficacia degli interventi di mitigazione realizzati per diminuire l'impatto sulla componente faunistica.

In particolare gli accertamenti non devono essere finalizzati esclusivamente agli aspetti botanici ma, come si vedrà più dettagliatamente in seguito, devono riguardare anche i contesti naturalistici ed ecosistemici (in particolare habitat faunistici) entro cui la vegetazione si sviluppa.

5.2 RIFERIMENTI SCIENTIFICI E NORMATIVI

Di seguito vengono riportati i riferimenti scientifici riguardanti le modalità e le tecniche che saranno utilizzate nel corso delle operazioni di monitoraggio. Vengono inoltre indicati i riferimenti normativi relativi alle aree di interesse naturalistico e quelli riguardanti le specie rare o di pregio.

5.2.1 Comunità vegetali

I rilevamenti fitosociologici saranno eseguiti secondo il metodo di Braun Blanquet (Braun-Blanquet J. 1964; Pignatti S. 1959; Pirola A., 1970; Westhoff V. E Van Der Maarel E. 1978; Giacomini V., Fenaroli L. 1958) e permetteranno (ove il rilievo sia effettuabile rispettando tutti i criteri previsti dal metodo stesso) l'attribuzione delle porzioni vegetazionali rilevate a fitocenosi note e ad una loro classificazione gerarchica di naturalità, e quindi ad un loro eventuale scostamento da tali categorie durante le fasi successive.

5.2.2 Flora

Al fine di fornire una misura confrontabile del livello di antropizzazione della flora nelle aree di interesse sarà utilizzato un indice di naturalità, basato sul rapporto tra le percentuali dei corotipi multizonali (definiti secondo S. Pignatti, 1982 appartenenti alla categoria corologica delle specie ad ampia distribuzione, codice 9) a quelli eurimediterranei (appartenenti, sempre secondo Pignatti alla omonima categoria corologica).

Tale rapporto è stato messo a punto da Menichetti, Petrella e Pignatti nel 1989. In fase di *ante operam* la presenza delle specie sinantropiche permette di valutare il livello di antropizzazione dell'area e costituisce un riferimento per il confronto nelle fasi successive. Il rapporto "specie sinantropiche/totale specie censite" rappresenta, infatti, uno degli indici utilizzabili per il confronto dei risultati delle fasi di monitoraggio ed un modo per evidenziare le variazioni nell'ambiente naturale connesse con la realizzazione dell'infrastruttura.

Per quanto concerne la sinantropia, si sottolinea che tale attributo non è standardizzato in maniera esaustiva in alcun testo; pertanto si includeranno nella categoria "sinantropiche" quelle specie che:

1. appartengono alla categoria corologica delle specie ad ampia distribuzione (cod. 9). La categoria corologica rappresenta anche il carattere preso in considerazione nel calcolo del citato indice di sintesi (Menichetti, Petrella, Pignatti, 1989);
2. sono tipiche di un habitat ruderale; rientrano in questo gruppo le entità che si rinvenivano comunemente ai bordi delle strade o presso i ruderi, le avventizie naturalizzate, le specie sfuggite a coltura ed inselvatichite, alcune infestanti di campi ed incolti.

Tutte le specie con tali caratteristiche saranno contrassegnate, nelle schede di indagine, con "**Sin**". Nelle schede di rilevamento le specie vegetali rare o molto rare in Italia saranno

contrassegnate dalle sigle **R** ed **RR** rispettivamente, quelle rare o molto rare nelle regioni interessate con **r** ed **rr**.

Per quanto riguarda la nomenclatura scientifica utilizzata e la verifica della corretta determinazione delle specie nelle indagini floristiche, il testo di riferimento è: S. Pignatti, 1982, *Flora d'Italia*, Edagricole.

Un ulteriore riferimento per la flora è costituito dalle Liste Rosse (Conti et al., 1992,1997) elaborate dalla Società Botanica Italiana e dal WWF con il contributo del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio. Saranno contrassegnate con **LR**.

5.2.3 **Fauna**

5.2.3.1 Analisi quali-quantitativa delle comunità ornitiche significative e stabili degli ecosistemi

Le comunità ornitiche si prestano bene a rappresentare e descrivere la situazione qualitativa ambientale e le sue variazioni nel tempo; infatti questo gruppo faunistico risponde velocemente agli eventuali cambiamenti degli habitat, grazie alla sua elevata mobilità e sensibilità.

La metodologia scelta per effettuare i rilievi è inoltre particolarmente idonea ad essere applicata in ambienti uniformi ed omogenei, come sono le unità agroecosistemiche, e lungo ambienti che si sviluppano linearmente come le fasce ripariali dei corsi d'acqua.

Lo studio sull'avifauna sarà condotto sulla comunità delle specie nidificanti campione attraverso Transect Method; tale metodologia è ampiamente sperimentata e di uso consolidato (Merikallio, 1946; Jarvinen & Vaisanen, 1976).

I parametri e gli indici che saranno considerati ed elaborati sono i seguenti:

S = ricchezza di specie, numero totale di specie nel biotopo; questo valore è direttamente collegato all'estensione del biotopo campionato ed al grado di maturità e complessità, anche fisionomico-vegetazionale dello stesso (Mac Arthur e Mac Arthur, 1961)

H = indice di diversità calcolato attraverso l'indice Shannon & Wiener (1963) in cui:

$$H = - p_i * \sum \ln p_i$$

dove p_i è la frequenza (Fr) dell'iesima specie ed \ln il logaritmo naturale; questo indice dà una misura della probabilità di incontrare nel corso del campionamento individui diversi; in pratica ad H maggiori corrispondono biotopi più complessi, con un numero maggiore di specie e con abbondanze ben ripartite;

J = indice di equiripartizione di Lloyd & Ghelardi (1964) in cui $J = H/H_{max}$, dove $H_{max} = \ln S$; l'indice misura il grado di ripartizione delle frequenze delle diverse specie nella comunità o in altri termini il grado di lontananza da una equiripartizione (una comunità costituita da specie con eguale numero di individui); tale indice varia tra 0 e 1;

% non-Passeriformi = percentuale delle specie non appartenenti all'ordine dei Passeriformi; il numero di non-Passeriformi è direttamente correlato, almeno negli ambienti boschivi, al grado di maturità della successione ecologica (Ferry e Frochot, 1970);

d = dominanza; sono state ritenute dominanti quelle specie che compaiono nella comunità con una frequenza relativa uguale o maggiore di 0,05 (Turcek, 1956; Oelke, 1980); le specie dominanti diminuiscono con l'aumentare del grado di complessità e di maturità dei biotopi.

Abbondanza: numero di individui/15' = numero di individui osservati di una determinata specie nell'unità di tempo di 15'; numero di individui/1000 m = numero di individui osservati di una determinata specie in 1000 metri di transetto.

5.2.4 Fauna mobile terrestre

Nell'indagine relativa alla Fauna mobile terrestre, la corretta attribuzione dei reperti sarà verificata con la consultazione di manuali, atlanti e guide scientifiche e lavori scientifici, quali:

- S. Debrot, G. Fivaz, C. Mermod e J.M. Weber, 1982, Atlas des poils the mammiferes d'Europe. Neuchatei Institute de Zoologie.
- M.G Day, 1966, "Identification of hair and theather remains in the gut and faices ofstoats and weasels". Journal of zoology, London, 148: 201-217.
- Lang A., 1989. Tracce di animali (impronte, escrementi, pasti, borre, tane e nidi). Zanichelli ed.
- Brown R.W., Lawrence M.J., Pope J., 1996. Le tracce degli animali. Arnoldo Mondadori ed.
- Corbet, Ovenden, 1985. Guida ai mammiferi d'Europa. Franco Muzzio Editore.
- Stokes D., 1986. A guide to animal tracking and behaviour Stokes nature guides.
- Arnold, Burton, 1985. Guida dei rettili e degli anfibi d'Europa. Franco Muzzio Editore.

Saranno inoltre evidenziate le specie animali presenti nelle Liste Rosse.

Nell'area di progetto è presente un Sito d'Interesse Comunitario: Campo di Ozieri e Pianure comprese tra Tula ed Oschiri.

Il primo tratto del tracciato attraversa per quasi tutta la sua estensione il citato SIC.

Il perimetro attuale dell'area SIC individuata viene quindi direttamente interferito dal tracciato in progetto.

Le aree SIC sono state identificate secondo i criteri stabiliti dalla Direttiva Habitat che individua gli habitat e le specie vegetali e animali, esclusi gli uccelli, di interesse prioritario e che esigono forme di tutela.

5.2.5 I.B.E. (Indice Biotico Estes)

L'indagine relativa all'indice biotico è stata già presa in considerazione e pianificata nella componente delle acque superficiali. La sua considerazione in questa parte di Piano di Monitoraggio è finalizzata alla valutazione ecologica degli ecosistemi fluviali. Per qualsiasi considerazione sulla variazione della qualità di questi ecosistemi si utilizzeranno i dati derivati dal monitoraggio delle acque superficiali per i principali corsi d'acque interessati dall'opera.

Per la metodica di questa analisi si fa riferimento alla normativa vigente secondo il D. Lgs. 152/1999 e successive modifiche ed integrazioni.

Bibliografia

- Bulgarini F., Calvario E., Fraticelli, Petreffo F. e 5. Sarrocco (Eds), 1998. Libro Rosso degli Animali d'Italia. Vertebrati. WWF Italia, Roma.
- Conti F., Manzi A., Pedrotti F. - Liste rosse regionali delle piante d'Italia Camerino, 1997. Società Botanica Italiana, WWF con il contributo del Ministero dell'ambiente. Corbet,
- Jarvinen o. & Vaisanen RA. 1976. Finnish Line Transect Censuses. Ornis Fennica, 53:115-118.
- Llyod M., Ghelardi R.J., 1964. A tabe for calculating the equitability component ofspecie diversity, Animal Ecology, 33: 217-225.

- Mac Arthur R.H., Mac Arthur J.W. 1961. On bird species diversity. Ecology 42: 594-598.
- Merikallio E., 1946. Uber regionale Verarbeitung und Anzahl der Landvogel in Sud und mittei Finnland, besonders in deren ostuchen Teilen, im Lickte von quantitativen Untersuchungen. Ann.Zool.Soc.9'Vanano1', 12:1 - 143, 12:1 - 120.
- Oelke H. 1980. The bird structure of the central european spruce forest biome - as regarded for breeding bird censuses. Proc. VI mt. Conf Bird Census Work Gottingen: 201-209.
- Pignatti S.1959 - Fitogeografia. In: Cappelletti, Trattato di Botanica. Utet.
- Pignatti S. - Flora d'Italia, Vol. 1-111, Edagricole, Bologna.
- Pirola A. 1970 - Elementi di fitosociologia. Clueb Ed.
- Shannon C.E. & Wiener W., 1963. Mathematical theory of communication. University of Illinois Press, Urbana.
- Turcek F.J. 1956. Zur Frage der Dominanze in Vogelpopulationen, Waldhygiene 8: 249-257.
- Westhoff V. E Van Der Maarel E. 1978-The Braun Blanquet approach. In Whithaker: Handbook of vegetation science, Part V. W.Junk publisher, The Hague.

5.3 DOCUMENTAZIONE DI BASE PER LA REDAZIONE DEL PMA

La documentazione che è stata utilizzata ai fini della redazione del PMA per le componenti in esame è costituita da:

1. Elaborati di progetto:

- planimetrie del tracciato (1:10.000) e delle opere di cantierizzazione.
- riprese aeree: mosaico fotografico (scala 1:5.000)
- tipologici interventi di mitigazione ambientale (1:100)

2. Elaborati del presente S.I.A. elaborato per il progetto preliminare del marzo 2008 ed in particolare:

- Relazione dei Quadri di Riferimento Programmatico, Progettuale ed Ambientale;
- Carta uso del suolo (1:10000)
- Carta della vegetazione e della flora (1:10.000)
- Carta degli ecosistemi (1:10.000)
- Carta della fauna in area SIC

5.4 CARATTERISTICHE DELL'AREA DI INDAGINE

Gli ecosistemi naturali presenti nel territorio sono caratterizzati da continui mutamenti dettati dalla componente biotica, in cui alcune specie vegetali ed animali si affermano mentre altre scompaiono. Le variate condizioni di mercato che, negli anni, hanno interessato il settore agricolo e zootecnico hanno avuto un ruolo determinante nella determinazione dei vari ecosistemi agricoli.

È nozione diffusa che la Sardegna sia una regione tipicamente pastorale dove le attività zootecniche, componente principale delle risorse rurali dell'isola, hanno la loro predominanza e la loro ragione d'essere nella grande disponibilità di pascoli naturali, su cui il bestiame viene condotto allo stato brado.

Queste condizioni, seppur valide in gran parte del territorio in oggetto, hanno avuto una evoluzione nelle aree di bonifica delle terre pianeggianti, in cui l'estensione della pratica

irrigua ha reso più produttive ed adattabili, per l'intero arco dell'anno, le aree più idonee alle coltivazioni agrarie. In esse si sono specializzate diverse colture irrigue ad alta produttività che richiedono, nella normale tecnica colturale, l'impiego di consistenti dosi di insetticidi ed erbicidi (mais da foraggio). Contestualmente in altre aree si sono affermate produzioni ad alta specializzazione come i vigneti della Gallura che hanno, in tali ambienti, modificato profondamente gli ecosistemi naturali.

La necessità di mantenere e rispettare le qualità ed i requisiti dettati dai protocolli di qualità delle produzioni di origine hanno indotto l'uso sempre maggiore di prodotti chimici (anticrittogamici ed antiparassitari).

La sottrazione di ampie superfici alle attività zootecniche ha profondamente mutato gli ecosistemi di ampi tratti del territorio.

Si è effettuato un rilievo di dettaglio delle specie di flora e fauna tradotto nelle check list vegetazionali e faunistiche del Quadro di riferimento ambientale – flora e fauna a cui si rimanda per un maggiore approfondimento.

5.4.1 Principali caratteri della fauna

Per quanto riguarda le classi *Anfibia*, *Reptilia* e *Mammalia*, anche se in modo discontinuo e con densità maggiore nelle zone a più alta naturalità, si possono considerare presenti in tutta l'estensione del percorso; discorso a parte va fatto per la classe *Aves*.

Analizzando il percorso da Ploaghe verso Olbia, la prima area omogenea (denominata **Ecosistema 1**) risulta vegetata a prato pascolo con una copertura arborea di *Quercus suber*, *Quercus pubescens*, *Pirus amygdaliformis*, consociati a macchia mediterranea mista dominata da *oleo-lentiscetum* (*Olea oleaster* e *Pistacia lentiscus*), va da "Funtana baiolis" fino alla località "Funtana 'e Pedru". In questa area, che per la discontinuità della copertura vegetale non è da considerarsi di elevato interesse naturalistico, vi sono insediamenti rurali sparsi e una cava di sabbia (inizio del percorso). Le specie di interesse naturalistico europeo (inserite nell'allegato I della direttiva 49/709/CEE "Uccelli") soggette a disturbo sono il Falco di palude, il Falco pecchiaiolo (migratori non nidificanti), la Pernice sarda (*Alectoris barbara*), il Succiacapre (*Caprimulgus europaeus*), la Tottavilla (*Lullula arborea*), il Calandro (*Anthus campestris*), la Magnanina sarda (*Sylvia sarda*), la Magnanina (*Sylvia undata*), l'Averla capirossa (*Lanius senator*) e l'Averla piccola (*Lanius collurio*).

Il successivo tratto di percorso (**Ecosistema 2**) è caratterizzato da habitat con caratteristiche più definite in cui il prato pascolo è caratterizzato da estensioni di *Quercus suber* più elevate, già vicine all'habitat di dehesa, cioè prato pascolo permanente con copertura arborea di *Quercus* ssp. Sempreverde, habitat inserito in Allegato I della Direttiva Habitat 92/43/CEE; tale ecosistema arriva sino al chilometro 16, in località "S'Acchileddu". Sono presenti le stesse specie dell'Ecosistema 1: Pernice sarda (*Alectoris barbara*), Succiacapre (*Caprimulgus europaeus*), Calandra (*Melanocorypha calandra*), Calandrella (*Calandrella brachydactyla*), Tottavilla (*Lullula arborea*), Calandro (*Anthus campestris*), Averla capirossa (*Lanius senator*) e Averla piccola (*Lanius collurio*).

Le colture intensive irrigue ed estensive della Piana di Chilivani delimitano la terza area omogenea (**Ecosistema 3**) caratterizzata dalla presenza nel versante sud del percorso, del Sito di Interesse Comunitario della Piana di Ozieri – Tula - Oschiri, in cui la strada statale ora esistente entra esattamente all'altezza della Cantoniera di Sant'Antioco. Questo Ecosistema risulta rilevante per la presenza in tutti i periodi dell'anno della Gallina prataiola (*Tetrax tetrax*), in periodo migratorio pre-riproduttivo del Falco cuculo (*Falco tinnunculus*) che utilizza quegli ambienti per sosta migratoria, ed è caratterizzato soprattutto

dalla presenza nelle vicinanze del sito di nidificazione di Cicogna bianca (*Ciconia ciconia*), uno dei pochi siti conosciuti in Sardegna, occupato fin dal 1993. Tra le altre specie presenti nell'area appartenenti alle diverse categorie fenologiche vi sono Falco pecchiaiolo (*Pernis apivorus*), Albanella reale (*Circus cyaneus*), Albanella minore (*Circus pygargus*), Falco della regina (*Falco eleonora*), Pernice sarda (*Alectoris barbara*), Gallina prataiola (*Tetrax tetrax*), Occhione (*Burhinus oedicephalus*), Succiacapre (*Caprimulgus europaeus*), Calandra (*Melanocorypha calandra*), Calandrella (*Calandrella brachydactyla*), Tottavilla (*Lullula arborea*), Calandro (*Anthus campestris*), Averla piccola (*Lanius collurio*).

Dalla cantoniera di Sant'Antioco inizia la zona a più alto valore naturalistico (**Ecosistema 4**) di tutto il percorso. Infatti tutto il tratto che attraversa il pSIC è da considerarsi ad alto rischio di impatto con specie ed habitat inseriti negli allegati delle direttive "Habitat" 92/43/CEE e "Uccelli" 79/409/CEE e quindi prioritarie dal punto di vista conservazionistico (cfr. Categorie di conservazione).

Nell'area è anche presente l'habitat di acque dolci (Lago Coghinas), allagamenti e stagni temporanei che permettono lo svernamento ed il passo migratorio di tutte quelle specie prioritarie più legate agli ambienti umidi (Nitticora *Nycticorax nycticorax*, Garzetta *Egretta garzetta*, Airone rosso *Ardea purpurea*, Cicogna nera *Ciconia nigra*, Fenicottero *Phoenicopterus ruber*, Falco pecchiaiolo *Pernis apivorus*, Albanella reale *Circus cyaneus*, Albanella minore *Circus pygargus*, Grillaio *Falco naumanni*, Falco della regina *Falco eleonora*, Falco pellegrino *Falco peregrinus*, Falco pescatore *Pandion Haliaeetus*, Pernice sarda *Alectoris barbara*, Gru *Grus grus*, Gallina prataiola *Tetrax tetrax*, Cavaliere d'Italia *Himantopus himantopus*, Occhione *Burhinus oedicephalus*, Pernice di mare *Glareola praticola*, Piviere dorato *Pluvialis apricaria*, Combattente *Philomachus pugnax*, Gabbiano corallino *Larus melanocephalus*, Mignattino *Chlidonias niger*, Gufo di palude *Asio flammeus*, Succiacapre *Caprimulgus europaeus*, Ghiandaia marina *Coracias garrulus*, Calandra *Melanocorypha calandra*, Calandrella *Calandrella brachydactyla*, Tottavilla *Lullula arborea*, Calandro *Anthus campestris*, Averla piccola *Lanius collurio*. Di particolare importanza sono gli attraversamenti, nelle località Pedras de Fogu e Santu Giuanne, del Rio Mannu affluente del lago Coghinas, in cui si possono osservare anche gli adulti ed i giovani della vicina colonia di Nitticore, nidificanti a poche centinaia di metri sul corso dello stesso fiume, in direzione sud.

Oltre l'abitato di Oschiri, dal di fuori del perimetro del pSIC, fino al ponte sul Rio Mannu, il percorso è interessato, nella zona Nord, dalla presenza di un altro pSIC (Monte Limbara) che arriva fino ad una minima distanza di circa un chilometro dal tracciato esistente e che non viene interessata dalla realizzazione del nuovo asse stradale.

Gli ambienti che si incontrano in questa area sono più orientati verso il prato pascolo e le colture frutticole (soprattutto coltivazione di vite ed olivo), insieme ad insediamenti sparsi e zone incolte a macchia mediterranea, quindi di minore interesse naturalistico. Nella fase di studio occorre comunque tener conto della piccola distanza che intercorre tra il tracciato ed il pSIC del Monte Limbara, che va comunque progressivamente allontanandosi. Tutta quest'area, è da considerarsi di medio interesse naturalistico.

L'**Ecosistema 5** comprende il tratto di strada dal ponte sul Rio Mannu fino alla Stazione di Monti. Si rileva l'incremento, in alcuni tratti, delle zone boscate a macchia mediterranea alta (*Quercus ilex*, *Oleo-lentiscetum* e *Quercus suber*), che aumentano la biodiversità e la presenza di specie di rilevante interesse conservazionistico come Pernice sarda (*Alectoris barbara*), Succiacapre (*Caprimulgus europaeus*), Calandra (*Melanocorypha calandra*),

Calandrella (*Calandrella brachydactyla*), Tottavilla (*Lullula arborea*), Calandro (*Anthus campestris*), Averla piccola (*Lanius collurio*).

Da questo punto fino ad arrivare all'abitato di Olbia (**Ecosistema 6**) esiste un mosaico di aziende agricole, aree a ruralità diffusa, zone industrializzate e antropizzate che frammentano l'habitat; tale ecosistema può essere comparato alla zona iniziale del percorso, con un minore interesse naturalistico ma con la presenza di specie inserite negli allegati delle direttive "Habitat" e "Uccelli" come Falco pellegrino (*Falco peregrinus*), Pernice sarda (*Alectoris barbara*), Tottavilla (*Lullula arborea*), Calandro (*Anthus campestris*), Averla capirossa (*Lanius senator*), Averla piccola (*Lanius collurio*).

5.5 ACCERTAMENTI PROGRAMMATI

5.5.1 Finalità del monitoraggio e parametri oggetto del rilevamento

Le indagini predisposte nel presente progetto sono impostate con l'obiettivo principale di verificare la variazione della qualità naturalistica ed ecologica nelle aree direttamente o indirettamente interessate dalla realizzazione dell'opera, con specifico riferimento ai recettori maggiormente sensibili individuati in sede di VIA. ("Linee guida per il PMA" predisposte dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio)

In tale contesto le indagini condotte in fase *ante operam* avranno un elevato livello di dettaglio. Hanno lo scopo di definire compiutamente la caratterizzazione dello stato dell'ambiente nelle aree d'indagine prima dell'inizio dei lavori. Più in particolare le indagini saranno finalizzate a raccogliere le informazioni inerenti lo stato di salute degli ecosistemi delle aree selezionate per il monitoraggio e saranno svolte preliminarmente all'insediamento dei cantieri.

Le indagini condotte in fase di realizzazione avranno il principale scopo non solo di accertare le eventuali condizioni di stress indotte dalle lavorazioni sulle componenti indagate, ma anche di verificare la corretta attuazione delle azioni di salvaguardia e protezione di queste, monitorando le condizioni fitosanitarie del recettore, e di predisporre, ove necessario, adeguati interventi correttivi.

Nella fase *post operam* le indagini saranno finalizzate per lo più ad accertare la corretta applicazione delle misure di mitigazione e compensazione ambientale indicate nel SIA, al fine di intervenire per risolvere eventuali impatti residui e verificare lo stato evolutivo della vegetazione di nuovo impianto nelle aree soggette a ripristino vegetazionale.

Tutte le informazioni raccolte, opportunamente confrontate con quelle raccolte durante il monitoraggio degli altri ambiti, permetteranno di comporre, per la situazione attuale e per il *post operam* in particolare, un esaustivo quadro di riferimento sullo stato di salute degli ecosistemi delle citate aree; ciò sarà finalizzato anche alla possibilità di effettuare valutazioni complessive lungo tutto il tracciato.

In questo senso la Banca Dati del Monitoraggio permetterà di ottenere un flusso di informazioni costante tra i differenti ambiti. Le informazioni raccolte costituiscono il riferimento base con cui saranno confrontate le modificazioni che si avranno nel corso della realizzazione dell'opera, integrate, ove necessario, dai risultati delle azioni di monitoraggio sulle altre componenti.

5.5.2 Articolazione temporale degli accertamenti

Il progetto di monitoraggio ambientale necessita di una precisa programmazione delle attività di raccolta, elaborazione e restituzione delle informazioni; sarà quindi articolato in tre fasi distinte:

1. Monitoraggio ante operam, che si conclude prima dell'insediamento dei cantieri;
2. Monitoraggio in corso d'opera, che comprende tutto il periodo di costruzione, dall'apertura dei cantieri fino allo smantellamento e al ripristino dei siti;
3. Monitoraggio post-operam, che comprende orientativamente i primi 2 anni della fase di esercizio.

La specificità degli accertamenti, sia botanici che faunistici, impone al progetto di monitoraggio un vincolo relativo al periodo in cui è possibile eseguire i rilievi, che risulta limitato ad aprile-settembre. Per quanto riguarda gli aspetti botanici infatti ci si deve attestare all'interno del periodo vegetativo delle piante, nei mesi primaverili-estivi; mentre quelli inerenti consumi e gli individui vegetali di pregio possono essere svolti anche in pieno periodo estivo.

In particolare le attività di monitoraggio *ante operam* dovranno avere inizio al minimo 30 giorni prima della data prevista per l'inizio dei lavori. Le indagini in fase di realizzazione e *post operam* dovranno seguire l'evoluzione della realizzazione dell'opera in modo da concentrare le verifiche su uno specifico ricettore nel momento in cui si realizzano le fasi lavorative potenzialmente più dannose.

La componente indagata impone che le indagini di tutte e tre le fasi siano svolte nello stesso periodo al fine di rendere i dati raccolti pienamente confrontabili tra loro. Tale esigenza sarà armonizzata con quella tecnico esecutiva legata all'avanzamento dei lavori in corso d'opera.

Inoltre siccome le indagini riguardano anche aree coltivate, la cui conduzione prevede delle pratiche che se effettuate in tempi di poco precedenti l'indagine vanificherebbero la stessa, si coordineranno anche i tempi dei rilievi con i proprietari dei terreni.

5.6 SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DELLE INDAGINI

5.6.1 Aspetti generali

I potenziali impatti individuati sulla base delle indagini e dei contenuti dello S.I.A. per le componenti in esame sono sintetizzabili nelle seguenti categorie:

Fase di costruzione:

- circolazione e funzionamento dei mezzi di cantiere;
- spostamento di masse di terra;
- apertura delle piste di servizio.

Le componenti ambientali vulnerabili a questi impatti sono:

- ecosistema agricolo;
- ecosistema area SIC;
- ecosistema antropico.

I tipi di impatto rilevabili sono i seguenti:

- Inquinamento da gas di scarico, polveri, rumore e vibrazioni
- Calpestio del territorio, spostamento di masse di terra
- Intorbidamento delle acque
- Traffico dei mezzi di cantiere

Fase di esercizio

A differenza di quanto avviene durante la fase di costruzione, nella fase di esercizio gli impatti prodotti sono da considerarsi permanenti.

Le cause principali di impatto in fase di esercizio sono :

- presenza della strada come barriera fisica;
- inquinamento da rumore;
- inquinamento atmosferico;
- fonte di mortalità diretta della fauna;
- rilascio di inquinanti da acque meteoriche di dilavamento piattaforma;

Le componenti ambientali che risultano vulnerabili sono:

- ecosistema agricolo;
- ecosistema area SIC;
- ecosistema antropico.

Gli impatti rilevabili comprendono:

- Effetto barriera della strada sulle popolazioni di vertebrati.
- Traffico veicolare, rumore e vibrazioni
- Inquinamento atmosferico e idrico

Il progetto di monitoraggio ambientale relativo agli ambiti vegetazionali e floro-faunistici deve pertanto verificare l'insorgere di tali tipologie di impatto e, laddove possibile, consentire interventi correttivi in corso d'opera al fine di minimizzarne l'entità.

Per il monitoraggio della vegetazione si effettueranno indagini finalizzate a caratterizzare e seguire l'evoluzione dello stato fitosanitario, al fine di individuare eventuali alterazioni correlate alle attività di costruzione.

Le indagini saranno suddivise in due categorie principali.

- Indagini puntuali
- Indagini continue

Date le caratteristiche dell'area di intervento, prevalentemente agricola, le indagini più significative saranno quelle di tipo puntuale, che verranno condotte in loco in aree specifiche poste lungo il corridoio di progetto ed in prossimità della viabilità e delle aree di cantiere. In tali aree verrà in particolare controllato periodicamente lo stato fitosanitario del recettore.

Le coperture maggiormente presenti sono aree a seminativo, a vigneto e le sugherete. Le numerose aree naturali sono, alle volte, inserite nel contesto agricolo. Gli alvei fluviali non sono privi di fenomeni di antropizzazione con modesti mutamenti della componente floristica e della struttura.

Le analisi e controlli di tipo cenologico saranno effettuate, nelle aree di indagine ad uso agricolo tramite l'utilizzazione di rilevamenti di tipo fitosociologico finalizzate a stabilire lo stato delle comunità vegetali di tipo erbaceo, o su siti di tipo semi naturale quali cespuglieti o boschetti di spallette, sponde di fossi, impluvi, scoli, anse golenali del reticolo fluviale minore. Le variazioni specifiche delle comunità erbacee possono essere prese in

considerazione indicatori utili alla identificazione di fenomeni di degrado e ruderalizzazione del sistema.

L'analisi di tipo continuo sarà condotta lungo un corridoio sufficientemente ampio attorno all'asse di progetto (500 metri circa), che dovrà comprendere anche la viabilità e le aree di cantiere. Tale indagine sarà finalizzata alla redazione di due carte tematiche

- la Carta fisionomica della vegetazione (scala 1:5000)
- la Carta dello stress della vegetazione naturale esistente

La Carta fisionomica della vegetazione verrà redatta attraverso la fotointerpretazione di ortoimmagini aggiornate e indagini sul campo. Mentre la carta dello stress della vegetazione naturale esistente potrà essere eseguita mediante analisi multispettrale.

I dati raccolti con i rilievi aerei verranno integrati con controlli a terra per approfondire eventuali situazioni anomale ed individuare le cause della fitopatologia.

Saranno inoltre condotte delle indagini finalizzate a conoscere le caratteristiche dell'avifauna e della fauna terrestre mobile e a verificare i potenziali impatti costituiti dalle interruzioni della continuità degli habitat da parte dei tratti stradali in rilevato e trincea, e dalla sottrazione di habitat faunistici.

Per la fase di costruzione le indagini saranno condotte in fasi successive e calibrate sulla base dello stato di avanzamento dei lavori dei singoli lotti.

5.6.2 Tipologie e caratteristiche delle indagini

I seguenti "Campi d'indagine" sono stati individuati considerando le caratteristiche della componente vegetazionale e faunistica dell'area d'indagine e al fine di monitorare l'impatto dell'opera in modo efficace.

A - Monitoraggio dello stato fitosanitario di singoli individui vegetali di pregio

B – Numero di nuovi individui vegetali al mq nelle aree di cantiere

C – Fauna mobile terrestre

D – Avifauna nidificante

E – Avifauna mitigatrice non nidificante

F – Gallina prataiola

G - Occhione

5.6.2.1 Indagine tipo "A": Singoli individui vegetali di pregio

Tale indagine prevede il controllo dello stato di salute di un numero compreso tra 5 e 10 esemplari arborei di qualità relativa nelle aree di indagine definite preliminarmente, al fine di individuare eventuali segni di sofferenza conseguenti alla realizzazione dell'infrastruttura. L'indagine inoltre riguarderà, per la fase *post operam*, anche alcuni individui di nuovo impianto rappresentativi delle opere di mitigazione e compensazione ambientale previste da progetto.

Per i singoli individui vegetali la localizzazione deve avvenire puntualmente ed è demandata alle indagini ricognitive in fase *ante operam* (per gli esemplari preesistenti) e *post operam* (per i nuovi impianti). Per ogni punto di campionamento si procederà secondo le seguenti indicazioni:

1. Gli individui di pregio devono essere scelti, nella fase *ante operam*, preferibilmente all'interno di fasce parallele al tracciato dell'infrastruttura o alle opere connesse, ponendo attenzione a non selezionare individui che possano essere abbattuti durante la cantierizzazione. È sempre auspicabile selezionarne alcuni di riserva per

- gli eventuali imprevisti delle fasi successive (ad esempio abbattimento non previsto, o morte dell'individuo per altre cause). Gli esemplari debbono essere riconoscibili e in buona salute.
2. Tutti gli esemplari debbono poi essere marcati con vernice, localizzati sulla carta 1:2.000 (al fine della individuazione attraverso coordinate geografiche) e fotografati; sulla cartografia vanno riportati anche i coni visuali delle foto. Si devono inoltre rilevare le misure morfometriche di ciascuno di essi, quali altezza e diametro a 1.20 m da terra. Per la misura dell'altezza degli alberi si può far ricorso al metodo comunemente definito "albero metro". L'analisi dello stato di salute e l'individuazione di eventuali segni di sofferenza si effettueranno a vista e con l'ausilio della lente d'ingrandimento.
 3. Durante le fasi di realizzazione e di esercizio dell'opera si effettuano controlli che riguardano lo stato di salute dei soggetti individuati e la verifica dei parametri individuati al secondo punto.

Tutte le verifiche effettuate sono tradotte in elaborati utilizzabili anche al fine di eventuali azioni finalizzate alla tutela di eventuali esemplari di pregio. Tutti i dati vengono riportati in apposite schede di rilevamento, preventivamente organizzate in una Banca Dati Generale del Monitoraggio. Gli elaborati saranno analoghi per le tre fasi di indagine in modo da essere facilmente raffrontabili.

5.6.2.2 Indagine tipo "B": Numero di nuovi individui vegetali

Per questo tipo di indagine sarà necessario definire itinerari lineari paralleli al tracciato di progetto lungo i quali realizzare i censimenti della flora oltre ovviamente ai censimenti da eseguirsi nelle aree di cantiere. Le aree saranno opportunamente scelte in modo da attraversare le fitocenosi o gli elementi floristici più rappresentativi di ciascuna area d'indagine.

In sintesi si procederà alla determinazione del numero di nuovi individui vegetali individuati per ogni mq di area interessata ai lavori.

5.6.2.3 Indagine tipo "C": Fauna mobile terrestre

Per l'indagine relativa alla fauna terrestre mobile, potenzialmente condizionata dalle interruzioni della continuità degli habitat da parte dei tratti stradali in rilevato e trincea, è necessario definire degli itinerari lineari per rilevare Anfibi, Rettili e Mammiferi. Il principale obiettivo di questo tipo d'indagine è la verifica di eventuali effetti di interruzione della continuità faunistica e dei corridoi biologici da parte dell'opera.

Per ogni punto di campionamento si procederà secondo le seguenti indicazioni:

1. Le specie verranno rilevate in tutte le fasi del monitoraggio, attraverso l'osservazione diretta e mediante l'utilizzo dei cosiddetti segni di presenza, efficaci soprattutto per i Mammiferi con abitudini notturne. In questi casi si prenderanno in considerazione per il riconoscimento delle specie le tracce, le feci, gli scavi e le tane. Si misureranno le dimensioni (lunghezza, larghezza e profondità) di alcuni reperti quali feci, scavi e tane. Per la batracofauna e l'erpetofoauna saranno effettuate delle osservazioni dirette e si farà uso di appositi strumenti per la cattura e l'analisi.
2. Le tracce di Mammiferi verranno identificate ed attribuite alle diverse specie fin dal loro ritrovamento in campagna. In taluni casi, per avere ulteriori conferme, verranno prelevati campioni per sottoporli a successive indagini al microscopio

binoculare. Per quanto riguarda i Mammiferi, è opportuno sottolineare che, al fine di ottenere un campionamento meno condizionato dalla casualità delle osservazioni, sarebbe necessario effettuare numerosi rilevamenti in diversi periodi dell'anno, almeno uno per stagione. Soltanto uno studio di questo tipo è, infatti, in grado di fornire informazioni precise ed attendibili sulla presenza di tutte le specie agenti nell'area, e permette di stimare le densità e la struttura di popolazione. Tuttavia, al fine di migliorare l'efficienza dell'indagine ed ottenere risultati utili a conoscere sufficientemente almeno la presenza/assenza delle specie sul territorio, verranno effettuati almeno due giorni di rilevamenti in campagna per ciascuna area campione.

3. L'indagine sarà inoltre estesa sia in ante operam che nei controlli delle fasi successive, lungo una areale di indagine più esteso del semplice itinerario lungo l'infrastruttura in progetto, per evitare di rendere poco rappresentativa l'entità dei reperti.

I risultati di questo tipo d'indagine permetteranno di analizzare le possibili interferenze tra la realizzazione dell'opera ed i vertebrati rinvenuti, di avanzare ipotesi da verificare nelle fasi successive e di suggerire, ove necessario, opportuni accorgimenti al fine di mitigare gli impatti specifici riscontrati. A tal riguardo dovranno, ad esempio, essere segnalati gli eventuali abbattimenti di fauna generati dal traffico dei mezzi di cantiere durante le fasi di realizzazione dell'opera.

I parametri che verranno raccolti saranno l'elenco delle specie presenti, loro frequenza e distribuzione all'interno dell'area campionata.

I luoghi di ritrovamento dei campioni saranno posizionati sulle carte di progetto in scala 1:5.000 specificando il posizionamento attraverso coordinate geografiche, ed producendo idonea documentazione fotografica, i cui coni visuali saranno riportati sulla cartografia.

Tutte le verifiche effettuate saranno illustrate su elaborati utilizzabili anche al fine di eventuali azioni alla tutela di habitat che ospitano specie di pregio. Tutti i dati vengono riportati in apposite schede di rilevamento. Gli elaborati saranno analoghi per le tre fasi di indagine in modo da essere facilmente raffrontabili.

5.6.2.4 Indagine tipo "D" Analisi quali-quantitativa dell'avifauna nidificante

L'avifauna, a causa della elevatissima capacità di spostamento, risponde in tempi molto brevi alle variazioni ambientali e può pertanto essere utilizzata come un efficace indicatore ecologico, soprattutto se il livello di studio prende in considerazione l'intera comunità delle specie presenti nei differenti biotopi.

Per il rilevamento dell'avifauna occorre individuare percorsi lineari rappresentativi al fine di registrare tutti gli individui delle diverse specie presenti nelle stazioni di rilevamento e descrivere in modo sufficientemente approfondito la comunità avifaunistica presente e le sue caratteristiche ecologiche e qualitative.

Per ogni punto di campionamento si procederà secondo le seguenti indicazioni:

1. Lo studio sull'avifauna sarà condotto nel corso dei mesi primaverili-estivi e riguarderà la raccolta di dati sulla comunità delle specie nidificanti attraverso il metodo dei sentieri campione (Transect Method); tale metodologia è ampiamente sperimentata e di uso consolidato (Merikallio, 1946; Jarvinen & Vaisanen, 1976). Questo metodo è particolarmente adatto per essere applicato in tutte le stagioni e permette di raccogliere una discreta quantità di informazioni con uno sforzo di ricerca contenuto. Il metodo consiste nel percorrere ad andatura costante un

- itinerario con andamento rettilineo e nell'annotare tutti gli individui delle diverse specie osservate od udite.
2. In ante operam verranno registrati tutti gli individui osservati od uditi all'interno di una fascia di circa 100 metri di ampiezza, ai due lati dell'itinerario campione. Nelle fasi successive si effettueranno i controlli di quanto osservato preliminarmente, per verificare eventuali scostamenti. I luoghi di ritrovamento dei campioni o di osservazione saranno posizionati sulle carte di progetto in scala 1:5.000 e saranno fotografati; individuando sulla cartografia i coni visuali delle foto.
 3. I sentieri verranno percorsi tenendo presenti le indicazioni di Jarvinen & Vaisanen (1976), ossia scegliendo in anticipo il percorso su una mappa in modo che sia rappresentativo dell'area da studiare e percorrendo il tragitto nelle prime ore del mattino ed in assenza di vento e pioggia, camminando lentamente e fermandosi spesso per ascoltare le vocalizzazioni ed annotare le osservazioni.

I parametri e gli indici che saranno elaborati e valutati sono quelli riportati nel paragrafo "5.2.3.1 Analisi quali-quantitativa delle comunità ornitiche significative e stabili degli ecosistemi".

Tutte le indagini effettuate saranno tradotte in appositi elaborati, che saranno utilizzati anche al fine di eventuali azioni alla tutela di habitat che ospitano specie di pregio e/o nidificanti. Tutti i dati vengono riportati in apposite schede di rilevamento. Gli elaborati saranno analoghi per le tre fasi di indagine in modo da essere facilmente raffrontabili.

5.6.2.5 Indagine tipo "E": Analisi quali-quantitativa dell'avifauna migratrice non nidificante

Tale attività prevede l'osservazione dei rapaci e l'inallenmento scientifico nel periodo migratorio individuato nei mesi di aprile-maggio e settembre-ottobre.

5.6.2.6 Indagine tipo "F": Analisi quali-quantitativa della presenza della Gallina Prataiola

Tale attività prevede l'osservazione della specie fatta da determinati punti di ascolto effettuata con cadenza bisettimanale nel periodo riproduttivo della Gallina individuato nei mesi di maggio e giugno, oltre al rilievo (tramite gps) dell'ubicazione dei maschi in canto.

5.6.2.7 Indagine tipo "G": Analisi quali-quantitativa della presenza dell'Occhione.

Tale attività prevede l'osservazione della specie fatta da determinati punti di ascolto effettuata al crepuscolo e nelle prime ore di buio.

5.7 SCelta DELLE AREE DA SOTTOPORRE A MONITORAGGIO

5.7.1 Aspetti generali

La scelta delle aree da sottoporre a monitoraggio delle componenti vegetazione, flora, fauna ed ecosistemi è avvenuta sulla base della conoscenza acquisita in fase di redazione del presente SIA. Lo studio condotto in fase progettuale preliminare si è rivelato sufficiente per la caratterizzazione delle componenti utili alla redazione del Programma di Monitoraggio. La fascia di territorio investigata e restituita cartograficamente attraverso la Carta della Vegetazione è comprensiva del territorio interessato dall'opera nel progetto

esecutivo. L'individuazione delle aree è avvenuta quindi sulla base delle citate carte e mediante fotointerpretazione.

Gli effetti negativi sulla salute e sulla biologia delle specie animali e vegetali derivanti dall'inquinamento o da altre modifiche dell'ambiente sono riassumibili come segue:

- danni alle foglie (es. anomalie sulla struttura stomatica) o ridotta produttività delle piante coltivate;
- incremento della mortalità o diminuzione della consistenza numerica delle popolazioni locali di specie animali;
- aumento della mortalità dei piccoli;
- irritazioni o danni alla pelle per effetto di inquinanti chimici;
- effetti cancerogeni, mutageni e teratogeni.

Per il monitoraggio chimico dell'ambiente è opportuno un controllo annuale dello stato di salute delle piante, tramite l'analisi macroscopica dell'apparato fogliare e lo studio della produttività delle specie coltivate.

A tal fine si deve concentrare l'attenzione sulle specie coltivate (seminativi e vigneti) e sulla rilevante presenza di *Quercus suber* e *ilex*.

Oltre a queste le tipologie vegetazionali che verranno interessate dal Programma di Monitoraggio sono quelle che possiedono rilevanti caratteri di qualità o di vulnerabilità perché rappresentative dei residui di vegetazione spontanea. Riassumendo saranno considerate le seguenti tipologie vegetazionali per la scelta dei punti di monitoraggio:

- Vegetazione della macchia mediterranea
- Vegetazione igrofila
- Corridoi ecologici (fasce alberate, siepi, colatori naturali di minore importanza, et.);
- Vigneti

La valutazione della qualità e della vulnerabilità delle tipologie vegetazionali è legata anche al loro valore per la fauna e per la sussistenza delle reti trofiche ed energetiche degli ecosistemi. Le aree individuate per il monitoraggio della componente vegetazionale saranno quindi le medesime per le componenti "Fauna" ed "Ecosistemi". La valutazione degli impatti dell'opera su queste due componenti verrà dedotto attraverso l'analisi dei risultati di indagini specifiche, quali "Analisi quali-quantitativa delle comunità oniriche", e la somma ed il confronto dei risultati delle altre indagini.

5.7.2 Localizzazione delle aree di indagine

5.7.2.1 Metodologia

Le aree all'interno delle quali verranno svolte le indagini per il monitoraggio, sono state individuate oltre che in base alle caratteristiche vegetazionali anche per la loro posizione rispetto al tracciato. Ovvero tra tutte le aree che presentano un rilevante carattere di qualità e vulnerabilità della copertura vegetazionale, sono state individuate e scelte per il monitoraggio quelle:

- intercettate dal tracciato di progetto
- interessate dalle aree di cantiere
- soggette a interventi a verde previsti per le opere di mitigazione ambientale.

In particolare le aree con vegetazione spontanea intercettate dal tracciato sono state tutte incluse nel piano di monitoraggio. Per quanto riguarda i vigneti sono stati inseriti nel PMA solo le aree in vicinanza dei corsi d'acqua per la loro funzione ecotonale. Inoltre si

considererà un'area coltivata e una a vegetazione spontanea non intercettate dal tracciato. La vegetazione è principalmente di due tipi, o destinata a pascolo o caratterizzata da coperture forestali. Siccome le opere di mitigazione prevedono per tutte le scarpate la ricostituzione della macchia mediterranea, il monitoraggio verterà su un'area per il primo tipo di vegetazione, per valutare l'efficacia dell'intervento di ripristino da una situazione molto compromessa e su tutte le aree del secondo tipo.

Sulle aree di monitoraggio che interessano le coltivazioni arboree non si effettueranno le indagini relative alle "Comunità vegetali", ovvero il rilievo fitosociologico, per lo scarso significato che ha parlare di "comunità strutturate" nel caso di coltivazioni agricole.

Data la notevole presenza di grandi alberi, soprattutto querce da sughero, riveste particolare interesse il monitoraggio dello stato attuale che potrà concretizzarsi nel censimento, la constatazione di quali e quanti di essi dovranno essere abbattuti e/o espianati e la verifica, in particolare per gli alberi trapiantati, dello stato di salute nello stato *post operam*.

Le aree di indagine per la componente sono state individuate e delimitate nella cartografia 1:10.000, indicativa degli ambiti di rilevamento. Tale perimetrazione è suscettibile di approfondimenti ad una scala topografica di maggiore dettaglio, sugli specifici elaborati cartografici ed aereofotografici previsti nel corso della fase relativa agli accertamenti dell'*ante-operam*.

Dette aree includono gli elementi floristici, vegetazionali e faunistici di maggiore interesse dal punto di vista del monitoraggio ambientale. Infatti al loro interno insistono delle interferenze di entità maggiore tra le opere in progetto e le componenti naturalistiche ed inoltre, tra queste ultime, vi sono quelle di maggiore valenza naturalistica (area SIC).

All'interno di tali aree non sono stati individuati i vari punti di campionamento definiti in funzione dei diversi elementi da sottoporre a monitoraggio, secondo i criteri specificati nei paragrafi relativi alla metodologia di raccolta dei dati. Questo perché si è ritenuto opportuno che la scelta dei punti di campionamento all'interno delle aree di indagine sia effettuata in fase di indagine *ante operam* sulla base di un sopralluogo approfondito e dettagliato.

Gli elaborati realizzati in fase di indagine *ante operam*, pertanto, costituiranno la base essenziale sulla quale pianificare e condurre le successive verifiche, che dovranno essere analoghe per quantità, localizzazione, qualità e orizzonte temporale al fine di rendere possibile la comparazione dei risultati.

Riguardo alla distribuzione temporale delle indagini si sottolinea infine che, ad eccezione di quanto già specificato per il monitoraggio delle opere di mitigazione a verde che riguardano solo il *post operam*, le indagini relative all'*ante operam* saranno svolte nel corso dell'anno precedente l'inizio dei lavori, quelle relative al corso d'opera negli anni in cui le aree indagate saranno interessate dagli interventi in progetto (minimo 1 indagine per anno per tutta la durata dei lavori) e infine quelle relative al *post operam*, in un periodo non inferiore ai due anni dall'entrata in esercizio dell'opera in modo da possedere più di un dato confrontabile con quelli raccolti nelle fasi *ante* e in corso d'opera.

Qualora, sulla base di considerazioni oggettive, si riscontrasse nella fase di indagine *ante operam* la scarsa rappresentatività di alcune delle aree preliminarmente individuate, potranno essere apportati, in accordo con gli enti competenti, opportuni correttivi alle successive fasi di indagine.

5.7.2.2 Descrizione delle aree di indagine

Nella seguente tabella sono riportate le aree d'indagine suddivise per tipologie vegetazionali.

Tabella 4: Piano di monitoraggio delle componenti fauna, vegetazione e ecosistemi

Area	km (Comune)	Tipologia vegetazionale e faunistiche	Indagini e monitoraggio	Frequenza del monitoraggio
01	Ploaghe (Loc. Funtana e Baiolis)	<i>Quercus suber</i> , <i>Quercus pubescens</i> , <i>Pirus amygdaliformis</i> , consociati a Macchia mediterranea mista dominata da <i>oleo-lentiscetum</i> (<i>Olea oleaster</i> e <i>Pistacia lentiscus</i>) Pernice sarda (<i>Alectoris barbara</i>), Succiacapre (<i>Caprimulgus europaeus</i>), Tottavilla (<i>Lullula arborea</i>), Calandro (<i>Anthus campestris</i>), Magnanina sarda (<i>Sylvia sarda</i>), Magnanina (<i>Sylvia undata</i>) Averla capirossa (<i>Lanius senator</i>) e Averla piccola (<i>Lanius collurio</i>); Falco di palude (<i>Circus aeruginosus</i>), Falco pecchiaiolo (<i>Pernis apivorus</i>) (migratori non nidificanti)	A) Singoli individui vegetali di pregio; B) Numero nuovi individui vegetali/m2 nelle aree di cantiere, C) Fauna Mobile terrestre presente: monitoraggio tramite transect lines, rilievo di indici di presenza D) Avifauna nidificante: punti di ascolto in periodo riproduttivo; transect lines in auto (vel max 10 m/h e a piedi per l'intero tratto) E) Avifauna migratrice non nidificante: punti di osservazione per i rapaci; inanellamento scientifico in periodo migratorio (aprile-maggio e settembre - ottobre)	Vegetazione: 1 volta all'anno Fauna : 1 volta ogni 3 anni
02	Ploaghe (Loc. Funtana 'e Pedru)	<i>Quercus suber</i> più elevate, già vicine all'habitat di dehesa, cioè prato pascolo permanente con copertura arborea di <i>Quercus</i> ssp. Sempreverde Pernice sarda (<i>Alectoris barbara</i>), Succiacapre (<i>Caprimulgus europaeus</i>), Tottavilla (<i>Lullula arborea</i>), Calandro (<i>Anthus campestris</i>), Magnanina sarda (<i>Sylvia sarda</i>), Magnanina (<i>Sylvia undata</i>) Averla capirossa (<i>Lanius senator</i>) e Averla piccola (<i>Lanius collurio</i>); Falco di palude (<i>Circus aeruginosus</i>), Falco pecchiaiolo (<i>Pernis apivorus</i>) (migratori non nidificanti),	A) Singoli individui vegetali di pregio; B) Numero nuovi individui vegetali/m2 nelle aree di cantiere, C) Fauna Mobile terrestre presente: monitoraggio tramite transect lines, rilievo di indici di presenza D) Avifauna nidificante: punti di ascolto in periodo riproduttivo; transect lines in auto (vel max 10 m/h e a piedi per l'intero tratto) E) Avifauna migratrice non nidificante: punti di osservazione per i rapaci; inanellamento scientifico in periodo migratorio (aprile-maggio e settembre - ottobre)	Vegetazione: 1 volta all'anno Fauna : 1 volta ogni 2 anni

Area	km (Comune)	Tipologia vegetazionale e faunistiche	Indagini e monitoraggio	Frequenza del monitoraggio
03	Ozieri (Cantoniera Sant'Antioco)	Habitat a prato pascolo permanente non irriguo, con parti di copertura vegetale a <i>Quercus ssp.</i> sempreverde Gallina prataiola (<i>Tetrax tetrax</i>), in periodo migratorio pre riproduttivo di Falco cuculo (<i>Falco vepertinus</i>) Cicogna bianca (<i>Ciconia ciconia</i>), Falco pecchiaiolo (<i>Pernis apivorus</i>), Albanella reale (<i>Circus cyaneus</i>), Albanella minore (<i>Circus pygargus</i>), Falco della regina (<i>Falco eleonora</i>), Pernice sarda (<i>Alectoris barbara</i>), Gallina prataiola (<i>Tetrax tetrax</i>), Occhione (<i>Burhinus oedicephalus</i>), Succiacapre (<i>Caprimulgus europaeus</i>), Calandra (<i>Melanocorypha calandra</i>), Calandrella (<i>Calandrella brachydactyla</i>), Tottavilla (<i>Lullula arborea</i>), Calandro (<i>Anthus campestris</i>), Averla piccola (<i>Lanius collurio</i>)	A) Singoli individui vegetali di pregio; B) Numero nuovi individui vegetali/m2 nelle aree di cantiere, C) Fauna Mobile terrestre presente: monitoraggio tramite transect lines, rilievo di indici di presenza D) Avifauna nidificante: punti di ascolto in periodo riproduttivo; transect lines in auto (vel max 10 m/h e a piedi per l'intero tratto) E) Avifauna migratrice non nidificante: punti di osservazione per i rapaci; inanellamento scientifico in periodo migratorio (aprile-maggio e settembre – ottobre) F) Gallina prataiola: punti di ascolto a cadenza bisettimanale in periodo riproduttivo (marzo – giugno) con rilievo gps dei maschi in canto G) Occhione: punti di ascolto al crepuscolo e nelle prime ore di buio	Vegetazione: 1 volta all'anno Fauna : 1 volta ogni anno
04	Tula (Loc. Corona Maggiore / Porcarzos) Svincolo Tula-Ozieri	Habitat a prato pascolo permanente non irriguo, con parti di copertura vegetale a <i>Quercus ssp.</i> sempreverde Gallina prataiola (<i>Tetrax tetrax</i>), in periodo migratorio pre riproduttivo di Falco cuculo (<i>Falco vepertinus</i>) Falco pecchiaiolo (<i>Pernis apivorus</i>), Albanella minore (<i>Circus pygargus</i>), Pernice sarda (<i>Alectoris barbara</i>), Gallina prataiola (<i>Tetrax tetrax</i>), Occhione (<i>Burhinus oedicephalus</i>), Succiacapre (<i>Caprimulgus europaeus</i>), Calandra (<i>Melanocorypha calandra</i>), Calandrella (<i>Calandrella brachydactyla</i>), Tottavilla (<i>Lullula arborea</i>), Calandro (<i>Anthus campestris</i>), Averla piccola (<i>Lanius collurio</i>) Averla capirossa (<i>Lanius senator</i>)	A) Singoli individui vegetali di pregio; B) Numero nuovi individui vegetali/m2 nelle aree di cantiere, C) Fauna Mobile terrestre presente: monitoraggio tramite transect lines, rilievo di indici di presenza D) Avifauna nidificante: punti di ascolto in periodo riproduttivo; transect lines in auto (vel max 10 m/h e a piedi per l'intero tratto) E) Avifauna migratrice non nidificante: punti di osservazione per i rapaci; inanellamento scientifico in periodo migratorio (aprile-maggio e settembre – ottobre) F) Gallina prataiola: punti di ascolto a cadenza bisettimanale in periodo riproduttivo (marzo – giugno) con rilievo gps dei maschi in canto G) Occhione: punti di ascolto al crepuscolo e nelle prime ore di buio	Vegetazione: 1 volta all'anno Fauna : 1 volta ogni anno

Area	km (Comune)	Tipologia vegetazionale e faunistiche	Indagini e monitoraggio	Frequenza del monitoraggio
05	Oschiri Loc. Su Campu (Bivio tra vecchia strada Olbia e nuova strada)	Habitat a prato pascolo permanente non irriguo, con parti di copertura vegetale a <i>Quercus ssp.</i> sempreverde Habitat di stagni temporanei mediterranei e allagamenti dall’Invaso artificiale del Coghinas. Gallina prataiola (<i>Tetrax tetrax</i>), in periodo migratorio pre riproduttivo di Falco cuculo (<i>Falco vepertinus</i>) Falco pecchiaiolo (<i>Pernis apivorus</i>), Albanella minore (<i>Circus pygargus</i>), Pernice sarda (<i>Alectoris barbara</i>), Gallina prataiola (<i>Tetrax tetrax</i>), Occhione (<i>Burhinus oediconemus</i>), Succiacapre (<i>Caprimulgus europaeus</i>), Calandra (<i>Melanocorypha calandra</i>), Calandrella (<i>Calandrella brachydactyla</i>), Tottavilla (<i>Lullula arborea</i>), Calandro (<i>Anthus campestris</i>), Averla piccola (<i>Lanius collurio</i>) Averla capirossa (<i>Lanius senator</i>) Specie legate agli ambienti umidi e semiumidi: Garzetta (<i>Egretta garzetta</i>) Nitticora (<i>Nycticorax nycticorax</i>) Albanella reale (<i>Circus cyaneus</i>) Gru (<i>Grus grus</i>) Combattente (<i>Philomachus pugnax</i>)	A) Singoli individui vegetali di pregio; B) Numero nuovi individui vegetali/m2 nelle aree di cantiere, C) Fauna Mobile terrestre presente: monitoraggio tramite transect lines, rilievo di indici di presenza D) Avifauna nidificante: punti di ascolto in periodo riproduttivo; transect lines in auto (vel max 10 m/h e a piedi per l’intero tratto) E) Avifauna migratrice non nidificante: punti di osservazione per i rapaci; inanellamento scientifico in periodo migratorio (aprile-maggio e settembre – ottobre F) Gallina prataiola: punti di ascolto a cadenza bisettimanale in periodo riproduttivo (marzo – giugno) con rilievo gps dei maschi in canto G) Occhione: punti di ascolto al crepuscolo e nelle prime ore di buio E) Avifauna legata agli ambienti umidi: punti di osservazione in periodo di svernamento (dicembre/febbraio) e di passo migratorio (ottobre-novembre e febbraio-marzo)	Vegetazione: 1 volta all’anno Fauna : 1 volta ogni anno
06	Berechidda loc. Prammas (dopo ponte sul fiume)	Pernice sarda (<i>Alectoris barbara</i>), Succiacapre (<i>Caprimulgus europaeus</i>), Tottavilla (<i>Lullula arborea</i>), Calandro (<i>Anthus campestris</i>), Magnanina sarda (<i>Sylvia sarda</i>), Magnanina (<i>Sylvia undata</i>) Averla capirossa (<i>Lanius senator</i>) e Averla piccola (<i>Lanius collurio</i>); Falco di palude (<i>Circus aeruginosus</i>), Falco pecchiaiolo (<i>Pernis apivorus</i>) (migratori non nidificanti), Aquila reale (Aquila chrysaetos) (accidentale) Sparviere (<i>Accipiter nisus</i>)	A) Singoli individui vegetali di pregio B) Numero nuovi individui vegetali/m2 nelle aree di cantiere, C) Fauna Mobile terrestre presente: monitoraggio tramite transect lines, rilievo di indici di presenza D) Avifauna nidificante: punti di ascolto in periodo riproduttivo; transect lines in auto (vel max 10 m/h e a piedi per l’intero tratto) E) Avifauna migratrice non nidificante: punti di osservazione per i rapaci; inanellamento scientifico in periodo migratorio (aprile-maggio e settembre - ottobre)	Vegetazione: 1 volta all’anno Fauna : 1 volta ogni 3 anni

Area	km (Comune)	Tipologia vegetazionale e faunistiche	Indagini e monitoraggio	Frequenza del monitoraggio
07	Monti loc. Nuraghe Peddio (nuraghe su strada a sinistra andando Olbia)	Pernice sarda (<i>Alectoris barbara</i>), Succiacapre (<i>Caprimulgus europaeus</i>), Tottavilla (<i>Lullula arborea</i>), Calandro (<i>Anthus campestris</i>), Magnanina sarda (<i>Sylvia sarda</i>), Magnanina (<i>Sylvia undata</i>) Averla capirossa (<i>Lanius senator</i>) e Averla piccola (<i>Lanius collurio</i>); Falco di palude (<i>Circus aeruginosus</i>), Falco pecchiaiolo (<i>Pernis apivorus</i>) (migratori non nidificanti)	A) Singoli individui vegetali di pregio B) Numero nuovi individui vegetali/m2 nelle aree di cantiere, C) Fauna Mobile terrestre presente: monitoraggio tramite transect lines, rilievo di indici di presenza D) Avifauna nidificante: punti di ascolto in periodo riproduttivo; transect lines in auto (vel max 10 m/h e a piedi per l'intero tratto) E) Avifauna migratrice non nidificante: punti di osservazione per i rapaci; inanellamento scientifico in periodo migratorio (aprile-maggio e settembre - ottobre)	Vegetazione: 1 volta all'anno Fauna : 1 volta ogni 3 anni
08	Olbia loc. Sa Malghina (fiume Enas) prima dell'aeroporto dopo fiume Enas	Pernice sarda (<i>Alectoris barbara</i>), Succiacapre (<i>Caprimulgus europaeus</i>), Tottavilla (<i>Lullula arborea</i>), Calandro (<i>Anthus campestris</i>), Magnanina sarda (<i>Sylvia sarda</i>), Magnanina (<i>Sylvia undata</i>) Averla capirossa (<i>Lanius senator</i>) e Averla piccola (<i>Lanius collurio</i>); Falco di palude (<i>Circus aeruginosus</i>), Falco pecchiaiolo (<i>Pernis apivorus</i>), Albanella reale <i>Circus cyaneus</i>) (migratori non nidificanti)	A) Singoli individui vegetali di pregio B) Numero nuovi individui vegetali/m2 nelle aree di cantiere, C) Fauna Mobile terrestre presente: monitoraggio tramite transect lines, rilievo di indici di presenza D) Avifauna nidificante: punti di ascolto in periodo riproduttivo; transect lines in auto (vel max 10 m/h e a piedi per l'intero tratto) E) Avifauna migratrice non nidificante: punti di osservazione per i rapaci; inanellamento scientifico in periodo migratorio (aprile-maggio e settembre - ottobre)	Vegetazione: 1 volta all'anno Fauna : 1 volta ogni 3 anni

5.7.3 Criteri per la definizione dei livelli di criticità ambientale

Per ciascuna delle aree selezionate in fase di indagine *ante operam* saranno definiti degli opportuni livelli di criticità ambientale potenziale in rapporto alla realizzazione del progetto.

In tre livelli risulteranno attribuibili sulla base di analisi comparative, secondo la seguente scala di valori:

- Criticità elevata (A)
- Criticità intermedia (M)
- Criticità bassa (B).

I livelli saranno attribuibili in base agli aspetti sia botanici, cioè in relazione alla flora e alla vegetazione, che faunistici, ovvero in base alla presenza e struttura delle comunità terrestri, ornitiche. Infine saranno rapportati al consumo diretto della vegetazione spontanea.

I livelli così definiti consentiranno di introdurre opportuni aggiustamenti di indagine per le successive fasi di monitoraggio (corso d'opera e *post operam*), in modo da concentrare l'attenzione negli ambiti maggiormente sensibili e trascurare, al contrario, le verifiche di scarsa rappresentatività.

5.7.4 Caratteristiche degli elaborati di output

Di seguito si descrivono, per tipologia di indagine, le caratteristiche degli elaborati cartacei che dovranno essere prodotti nelle tre fasi. Resta inteso che tutti gli elaborati saranno forniti anche in formato digitale (doc per i documenti e shape / dwg file per gli elaborati grafici) ed acquisiti nella Banca dati del monitoraggio.

Gli elaborati grafici saranno georiferiti nel sistema UTM33-ED50, o secondo altra specifica eventualmente richiesta dal Responsabile del monitoraggio Ambientale.

5.7.4.1 Relazione generale dell'attività di monitoraggio

In tale relazione, elaborata preferibilmente in formato A4, dovranno essere riportate, in forma discorsiva e suddivise per area di indagine, tutte le informazioni descrittive relative alle attività di monitoraggio e tutti i dati e le informazioni non contenuti nelle schede di rilevamento.

Tra questi possiamo citare, a titolo esemplificativo:

- La descrizione generale dell'ambito territoriale di riferimento.
- I livelli di criticità ambientale riscontrati per le aree di indagine.
- Eventuali modifiche o aggiornamenti da effettuare sul piano delle attività, concordate con gli enti competenti, e copia della relativa documentazione amministrativa.
- Eventuali elementi di criticità pratica all'effettuazione delle indagini.
- Principali elementi di raffronto tra le indagini condotte e quelle relative alla precedente fase di monitoraggio.

Resta inteso che dovrà essere redatto un elaborato per ognuna delle tre fasi di indagine. Per la fase di costruzione, pertanto, essendo questa estesa in un arco temporale variabile in funzione dell'avanzamento dei lavori, esso potrà essere redatto solo al termine di tutte le indagini e preliminarmente alla fase *post operam*.

Per ognuna delle indagini di tipo A C D E F G è richiesta al minimo la redazione dei seguenti elaborati:

- Schede di rilevamento corredate da documentazione fotografica.
- Stralcio foto aerea in scala 1:10.000 con ubicazione delle aree di indagine.
- Stralcio planimetrico in scala 1:5.000 con il dettaglio dei punti o degli itinerari d'indagine.

Per l'indagine di tipo A è richiesta al minimo la redazione dei seguenti elaborati:

- Schede di rilevamento corredate da documentazione fotografica.
- Stralcio foto aerea in scala 1:10.000 con ubicazione delle aree di indagine.
- Stralcio planimetrico in scala 1:2.000 con ubicazione dei punti di indagine.

6. PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – RUMORE

6.1 INTRODUZIONE E OBIETTIVI

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

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

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

Assunti come "punto zero" di riferimento i livelli sonori attuali (*ante operam*), si procederà alla misurazione del clima acustico nella fase di realizzazione delle attività di cantiere e infine sarà effettuata la rilevazione dei livelli sonori nella fase *post operam*, relativa all'esercizio della nuova SS.106.

In particolare, il monitoraggio della fase ante-operam è finalizzato ai seguenti obiettivi:

- testimoniare lo stato dei luoghi e le caratteristiche dell'ambiente naturale ed antropico esistenti precedentemente all'apertura dei cantieri ed all'esercizio dell'infrastruttura stradale di progetto;
- quantificare un adeguato scenario di indicatori ambientali tali da rappresentare, per le posizioni più significative, la “situazione di zero” a cui riferire l'esito dei successivi rilevamenti atti a descrivere gli effetti indotti dalla realizzazione e dall'esercizio dell'opera;
- consentire un agevole valutazione degli accertamenti effettuati, al fine di evidenziare specifiche esigenze ambientali ed orientare opportunamente gli interventi di mitigazione previsti nel progetto acustico.

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

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

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

Si è quindi previsto di rilevare sia il rumore immesso nell'ambiente direttamente dai cantieri operativi e dal fronte di avanzamento lavori, sia il rumore generato nelle aree circostanti la viabilità esistente dal traffico dovuto alle attività di cantiere nei loro percorsi (percorso cava – cantiere, percorso cantiere - cantiere, ecc.).

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

Sulla base di tali considerazioni, è stata quindi effettuata una valutazione preventiva dei luoghi e dei momenti caratterizzati da un rischio di impatto particolarmente elevato (intollerabile cioè per entità e/o durata) nei riguardi dei recettori presenti, che ha consentito di individuare i punti maggiormente significativi in corrispondenza dei quali si è previsto di realizzare il monitoraggio.

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

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

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

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

6.2 RIFERIMENTI TECNICI E NORMATIVI

Ai fini della realizzazione della campagna di monitoraggio dell'inquinamento acustico della tratta stradale, si è fatto riferimento agli strumenti normativi attualmente vigenti, sia in ambito nazionale sia internazionale.

Tali norme sono relative alle grandezze ed ai parametri da rilevare, ai sistemi di rilevazione, alle caratteristiche della strumentazione impiegata, ai criteri spaziali e temporali di campionamento, alle condizioni meteorologiche ed alle modalità di raccolta e presentazione dei dati.

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

6.2.1 Normative:

- Decreto del Presidente della Repubblica 30 marzo 2004, n.142 “Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n. 447”.
- D.L. 4 settembre 2002, n.262 e s.m. “Attuazione della direttiva 2000/14/CE concernente l'emissione acustica ambientale delle macchine ed attrezzature destinate a funzionare all'aperto”.
- D.M. 29 novembre 2000 “Criteri per la predisposizione, da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, di piani di contenimento e abbattimento del rumore”.
- Decreto del Ministero dell'Ambiente 16 marzo 1998, “Tecniche di rilevamento e misurazione dell'inquinamento acustico”.
- D.P.C.M. 14 novembre 1997, “Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore”.
- Legge 26 ottobre 1995, n. 447 - Legge quadro sull'inquinamento acustico.
- D.P.C.M. 1 marzo 1991 “Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno”.

- D.P.C.M. 27 dicembre 88 n. 377 “Norme tecniche per la redazione degli studi di impatto ambientale e la formulazione del giudizio di compatibilità di cui all’art. 6 della legge 8 luglio 1986 n. 349, adottate ai sensi dell’art. 3 del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 10 agosto 1998 ”.
- Norme ISO 1996/1, 1996/2 e 1996/3 relativa alla “Caratterizzazione e misura del rumore ambientale”.
- Norma UNI 9884 relativa alla “Caratterizzazione acustica del territorio mediante la descrizione del rumore ambientale”.
- Norma UNI 9433 relativa alla “Valutazione del rumore negli ambiti abitativi”.

6.3 DOCUMENTAZIONE DI BASE PER LA REDAZIONE DEL PMA

Il presente Piano di Monitoraggio Ambientale è stato redatto sulla base della seguente documentazione:

1. Elaborati dello Studio di Impatto Ambientale (S.I.A.)
2. Elaborati di progetto
3. Relazione sulla cantierizzazione

In fase di redazione dello Studio d’Impatto Ambientale è stato realizzato il censimento dei recettori allo scopo di individuare e caratterizzare, dal punto di vista territoriale ed acustico, gli edifici localizzati all’interno della fascia di 250 m per lato dal ciglio dell’infrastruttura stradale di progetto, ed eventuali recettori particolarmente sensibili (case di cura, ospedali, ecc.) entro la fascia di 500 m per lato dal ciglio dell’infrastruttura stradale di progetto.

E’ stata inoltre effettuata l’analisi delle classificazioni acustiche proposte dai Comuni, consentendo di individuare eventuali zone sensibili in cui i livelli di emissione risultano particolarmente ristrettivi.

Dalle ricognizioni compiute risulta che nel territorio attraversato dall’infrastruttura non si riscontra la presenza di ospedali, case di cura o case di riposo; l’unico ricettore particolarmente sensibile rintracciato si riferisce ad una scuola in località Su Canale (Tronco 3 – km 12 + 500).

Dalla “Relazione di Cantierizzazione” risulta che le aree di cantiere, situate lungo il tracciato stradale, sono suddivise in base alle attività, nelle seguenti due tipologie:

- cantiere base cantieri operativi;
- cantieri operativi.

La prima categoria rappresenta i cantieri fissi, la cui permanenza corrisponde al tempo di realizzazione dell’opera; essi forniscono il supporto strumentale e operativo per le

operazioni previste assicurando lo stoccaggio dei mezzi e dei materiali, le forniture al fronte di avanzamento lavori fungendo da campi base per le maestranze, mentre i cantieri operativi sono aree di cantiere ove si svolgono le lavorazioni relative alla realizzazione delle opere di progetto con durate limitate nel tempo e legate all'avanzamento dei lavori.

E' da osservare che si prevedono necessariamente particolari attività rumorose quali gli demolizioni, movimenti terra, lavorazioni presso gli imbocchi di gallerie artificiali, transito di automezzi.

I siti dove sono stati individuati i punti di monitoraggio sono quelli interessati dai cantieri base e dai cantieri operativi (lungo il Tronco 3 ove si concentrano il maggiore numero di recettori) caratterizzati da attività più rumorose in prossimità dei recettori (vedi par. 7.13.3).

6.4 CLIMA ACUSTICO ATTUALE

Al fine di ottenere un'indicazione sui livelli di rumorosità preesistenti nella fascia di territorio adiacente il previsto tracciato di progetto si è provveduto ad effettuare nelle giornate del 30, 31 luglio e 1 agosto 2008 una campagna di rilievi strumentali lungo il tracciato della strada statale n. 597 e n. 199.

Nel tratto di strada in oggetto sono state identificate n. 7 postazioni di rilievo.

Nella scelta delle postazioni anzidette, si è privilegiata sia la presenza di recettori sensibili nelle immediate vicinanze della strada, sia la presenza dei tre cantieri maggiormente significativi previsti durante la fase realizzazione. Tutti i rilievi comunque sono stati scelti all'interno della fascia di pertinenza dell'infrastruttura stessa.

Sono stati eseguiti rilievi di 15 minuti ciascuno nelle sette posizioni distinte lungo il tracciato; per ciascuna posizione sono stati ripetuti i rilievi in tre periodi differenti della giornata.

Per ciascun rilievo sono stati misurati tutti i dati di interesse per una corretta valutazione: oltre il valore del livello equivalente ponderato A e ai livelli percentili si è anche censito il numero dei transiti dei mezzi veicolari rilevati durante la misura acustica.

Nella tabella sotto si riassumono i rilievi effettuati.

posizione	diurno	diurno	notturno	Posizione rispetto al nuovo tracciato (Tronco)
1	55.6	60.3	56.3	Progressiva Km. 8.400 (T1)
2	67.6	68.7	65.9	Progressiva Km. 15.000 (T1)
3	73.0	72.4	71.3	Progressiva Km. 24.000 (T1)

4	72.8	70.8	68.0	Progressiva Km. 1.000 (T2)
5	52.9	54.2	50.2	Progressiva Km. 16.000 (T2)
6	52.5	51.1	50.6	Progressiva Km. 13.000 (T3)
7	52.0	50.6	49.5	Progressiva Km. 15.000 (T3)

Per i dettagli sulla campagna di rilevamenti fonometrici effettuati nello scenario ante operam nell'ambito del presente studio, si rimanda alla specifica Appendice 3, dove sono riportati le schede di rilevamento con i relativi risultati e una planimetria con l'individuazione del punto di misura.

Si riportano di seguito le considerazioni principali emerse dai risultati ottenuti:

- la dominanza dei livelli sonori nella fascia di territorio interessata dal proposto intervento è attualmente connessa al traffico veicolare presente sulle attuali arterie SS 597 e SS199, considerando e confrontando i livelli sonori significativi misurati in prossimità di tali infrastrutture con quelli misurati a maggiore distanza in zone caratterizzate da zone agricole lontane da sorgenti di rumore fisse (aree produttive, centri urbani, ecc..) o di aree esclusivamente residenziali;
- i livelli di rumore attuali in corrispondenza dei ricettori frontalieri lungo gli assi viari di maggiore importanza (Strade statali) in genere rientrano nei limiti di legge relativi alla fascia di pertinenza acustica stradale per le strade di tipo C(b) cfr il DPR 142/04 ma possono superare, in alcuni casi, dipendentemente dal traffico, i valori ammessi dalla specifica normativa;
- i livelli di rumore attuali nelle aree più distanti dagli assi viari principali (almeno per i punti oggetto di rilevamento fuori dalla fascia di pertinenza acustica stradale) presentano dei superamenti in relazione ai limiti previsti nella bozza di classificazione acustica presa a riferimento.

6.5 ACCERTAMENTI PROGRAMMATI

La campagna di monitoraggio acustico ha lo scopo di definire i livelli sonori relativi alla situazione attuale, di verificare gli incrementi indotti dalla realizzazione del tratto di statale (corso d'opera) rispetto all'*ante-operam* (assunto come "punto zero" di riferimento) e gli eventuali incrementi indotti nella fase *post-operam*.

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

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

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

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

6.6 PARAMETRI ACUSTICI

Per quanto riguarda i Descrittori Acustici, i riferimenti normativi indicano il livello di pressione sonora come il valore della pressione acustica di un fenomeno sonoro mediante la scala logaritmica dei decibel dato dalla relazione seguente:

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

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

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

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

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_0^T \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right] \text{ dB (A)}$$

dove L_{Aeq} è il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata "A" considerato in un intervallo di tempo che inizia all'istante t_1 e termina all'istante t_2 , $p_A(t)$ è il valore istantaneo della pressione sonora ponderata "A" del segnale acustico in Pascal (Pa); $p_0 = 20 \mu\text{Pa}$ è la pressione sonora di riferimento.

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

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

6.7 PARAMETRI METEOROLOGICI

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

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

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

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

6.8 PARAMETRI DI INQUADRAMENTO TERRITORIALE

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

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

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

dell'edificato.

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

6.9 ARTICOLAZIONE TEMPORALE DEGLI ACCERTAMENTI

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

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

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

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

- il mese di agosto;
- le ultime due settimane di luglio;
- le settimane in cui le scuole sono chiuse per le festività di Natale (ultima settimana di dicembre e prima settimana di gennaio) e di Pasqua, nonché nei giorni festivi e prefestivi, quando la circolazione dei veicoli pesanti è limitata o estremamente ridotta,

nei giorni di mercato e in quelli che coincidono con particolari eventi attrattori di traffico (feste patronali, fiere, scioperi degli addetti del trasporto pubblico).

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

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

- Misure di breve periodo (10 min.), postazioni mobili, assistita da operatore per rilievi traffico/attività di cantiere (ante operam e corso d'opera);
- Misure di 24 ore, postazioni semi-fisse parzialmente assistite da operatore, per rilievi attività di cantiere (ante operam e corso d'opera);
- Misure di 7 giorni, postazioni fisse non assistite da operatore, per rilievi di traffico veicolare (ante e post operam);
- Misure di breve periodo per la caratterizzazione delle sorgenti di rumore nelle aree di cantiere (corso d'opera, in fase di installazione di nuove apparecchiature di cantiere).

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

Nel caso di monitoraggio per campionamento, la scelta del numero e dei periodi in cui svolgere i rilievi fonometrici è eseguita tenendo conto della variabilità casuale (eventi sporadici) e deterministica (eventi periodici) della rumorosità legata all'opera e/o alle altre sorgenti di rumore presenti.

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

Tipo misura	Descrizione	Durata	Fasi		
			A.O.	C.O.	P.O.
			Frequenza		
TV	Rilevamento di rumore indotto da traffico veicolare	Una settimana	Una volta	-	Una volta
LF	Rilevamento di rumore indotto dalle lavorazioni effettuate sul fronte di avanzamento lavori	24 h	Una volta	Una volta	-
LC	Rilevamento del rumore indotto dalle lavorazioni effettuate all'interno delle aree	24 h	Una volta	Trimestrale	-

Tipo misura	Descrizione	Durata	Fasi		
			A.O.	C.O.	P.O.
Frequenza					
	di cantiere				
LM	Rilevamento di rumore indotto dal traffico dei mezzi di cantiere	Una settimana	Una volta	Semestrale	-

Criteria temporali di campionamento

6.10 MISURAZIONI FONOMETRICHE NELLA FASE ANTE-OPERAM

Hanno lo scopo fondamentale di definire quantitativamente in maniera testimoniale l'attuale situazione acustica delle aree da sottoporre a Monitoraggio Ambientale (MA) prima dell'apertura dei cantieri di costruzione.

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

Allo scopo di ottenere ulteriori informazioni sulle caratteristiche della situazione acustica delle aree oggetto del MA, in particolari casi vengono determinati anche i valori su base oraria dei livelli statistici cumulativi L1, L10, L50, L90, L99. È possibile, quindi, ottenere indicazioni su come si distribuiscono statisticamente nel tempo i livelli di rumorosità ambientale.

È di estrema importanza sottolineare che le misurazioni eseguite con la metodologia descritta (misure tipo TV: Traffico Veicolare) avverranno in modo continuo su un periodo temporale complessivo pari a un'intera settimana comprensivo quindi di giornate prefestive e festive. Questa procedura viene applicata nel caso in cui le sorgenti sonore prevalenti siano rappresentate, come nella fattispecie, dal traffico stradale. Ciò tra l'altro è imposto anche dalle vigenti normative sulle tecniche di rilevamento e misurazione dell'inquinamento acustico (Decreto del Ministero dell'Ambiente 16.3.98).

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

Per quanto concerne la fase di cantiere le tipologie di misure che verranno eseguite nella fase *ante-operam* sono le medesime che saranno effettuate nella fase corso d'opera, pertanto sono descritte nel paragrafo successivo, ma in sintesi sono:

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

6.10.1 Fronte avanzamento cantieri. Tipologia di misura: LF

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

E' evidente che la modalità di acquisizione in continuo delle grandezze oggetto del monitoraggio comporta anche la sorveglianza sulle condizioni acustiche che si avranno nel periodo notturno, laddove siano previste attività comunque connesse alla costruzione (proprie dei cantieri e/o spostamenti di mezzi gommati) in quel periodo di riferimento.

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

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

- andamento temporale del LAeq con tempo di integrazione pari a 10 minuti;
- LAeq nel periodo di massimo disturbo;
- LAeq con tempo di integrazione di 1 ora;
- livelli statici cumulativi L1, L10, L50, L90, L99;
- LAeq sul periodo diurno (06-22);
- LAeq sul periodo notturno (22-06);
- time history delle eccedenze, ovvero dei superamenti della soglia posta a 70 dB(A).

6.10.2 Aree di cantiere. Tipologia di misurazione: LC

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

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

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

- andamento temporale del LAeq con tempo di integrazione pari a 10 minuti;
- LAeq nel periodo di massimo disturbo;
- LAeq con tempo di integrazione di 1 ora;
- livelli statici cumulativi L1, L10, L50, L90, L99;
- LAeq sul periodo diurno (06-22);
- LAeq sul periodo notturno (22-06);
- time history delle eccedenze, ovvero dei superamenti della soglia posta a 70 dB(A).

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

- Monitoraggio in continuo per una settimana mediante centraline fisse rilocabili in punti coincidenti con quelli relativi alla fase ante-operam o, se è variata la rete di viabilità, ubicati in prossimità degli edifici più esposti e/o più sensibili al fonoinquinamento;
- elaborazione e restituzione dei dati entro il termine di 48/72 ore dalla fine dei rilevamenti;
- eventuale rilocazione delle centraline fisse di misurazione in funzione di eventuali modificazioni della viabilità;

- determinazione dei valori dei SEL degli eventi sonori associati al transito dei mezzi di cantiere e del numero di passaggi dei medesimi (postazioni di misura mobili);
- calcolo del contributo al rumore totale indotto dal transito dei soli mezzi di cantiere (discriminazione tra rumore ambientale e rumore residuo);
- elaborazioni dei dati su base quindicinale, verifica dei risultati e stesura di rapporti bisettimanali con i risultati delle misurazioni avendo particolare riguardo alla determinazione dell'incidenza del rumore generato dal transito dei mezzi di cantiere sul rumore ambientale complessivo, come indicato al punto precedente.

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

6.11 MISURAZIONI FONOMETRICHE NELLA FASE POST-OPERAM

Hanno fondamentalmente un duplice scopo:

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

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

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

In sintesi le misure da effettuare afferiscono alla tipologia TV già illustrata nel paragrafo relativo alle misure della fase *ante-operam*. La metodologia adottata per i rilevamenti fonometrici è del tutto identica a quella descritta nella fase *ante-operam*.

6.12 METODOLOGIA DI RILEVAMENTO E DI ACQUISIZIONE DELLE INFORMAZIONI

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

- metodologie di monitoraggio;

- strumentazione utilizzata nei rilevamenti;
- metodo per la caratterizzazione dei siti e delle sorgenti;
- informazioni da inserire nella banca dati.

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

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

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

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

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

6.12.1 Svolgimento del monitoraggio tipo

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

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

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

I punti di misura sono fisicamente individuati da postazioni fisse rilocabili a funzionamento automatico ed autonomo, in grado di rilevare e memorizzare con costanti di tempo predefinite gli indicatori di rumore.

Tale punto come gli altri del resto viene fotografato e georeferenziato su supporto cartografico in scala idonea al successivo riconoscimento

3. Identificazione dei punti di misura stradali (misura Tipo TV).

Tali tipi di punti servono per caratterizzare il rumore di origine stradale, quindi occorre rilevare in continuo per una settimana adoperando una centralina fissa posizionata ad almeno 1,5 m di distanza dalla facciata degli edifici o a 1 m dai confini di proprietà e ad una altezza di 1,5 o 3,5 m dal piano campagna.

L'asse di massima sensibilità del microfono deve essere orizzontale e perpendicolare alle linee di flusso del traffico.

La posizione del punto di misura non deve interferire con ostacoli alla propagazione del rumore localizzati a ridosso della strada, garantendo un campo libero da ostacoli rilevanti per almeno tre volte la distanza del punto di misura dalla sorgente di rumore primaria osservata (ad esempio dall'asse della corsia di marcia più vicina).

Tali punti, in analogia con gli altri, vengono fotografati e georeferenziati su supporto cartografico.

4. Identificazione dei punti di misura per il rilevamento del rumore indotto all'avanzamento del fronte lavori (misura tipo LF)

Tale punto di misura ha lo scopo di determinare il Leq giornaliero nei recettori prospiciente l'infrastruttura stradale durante l'esecuzione dei lavori.

I punti di misura sono fisicamente individuati da postazioni fisse rilocabili a funzionamento automatico ed autonomo, in grado di rilevare e memorizzare con costanti di tempo predefinite gli indicatori di rumore.

Tale punto, come del resto gli altri, viene fotografato e georeferenziato su supporto cartografico in scala idonea al successivo riconoscimento.

5. Al termine delle 24 ore di monitoraggio continuo nel punto di tipo LF e di una settimana nel punto TV, l'operatore chiude l'acquisizione e procede alla verifica di calibrazione dello strumento ed alla archiviazione su personal computer dei dati per le successive elaborazioni. Il dischetto viene etichettato con i riferimenti all'area di studio e al punto di misura.

L'operatore addetto al monitoraggio, ultimato l'ultimo periodo di acquisizione, archivia gli ultimi dati ed etichetta il dischetto con i riferimenti all'area di studio e ai parametri temporali di monitoraggio.

6. L'unità operativa di monitoraggi si sposta nell'area di indagine successiva e, installata la strumentazione, si procede come indicato dai punti 1 al punto 6.

6.12.2 Strumentazione di misura

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

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

- strumentazione di classe 1 con caratteristiche conformi agli standard EN 60651/1994 e EN 60804/1994;
- misurabilità dei livelli massimi con costanti di tempo Slow e Impulse.
- La strumentazione utilizzata per i rilievi del rumore deve essere in grado di:
- misurare i parametri generali di interesse acustico, quali Leq, livelli statistici, SEL;
- memorizzare i dati per le successive elaborazioni e comunicare con unità di acquisizione e/o trattamento dati esterne.

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

- velocità e direzione del vento;
- umidità relativa;
- temperatura.

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

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

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

6.13 SCelta DEI PUNTI DA SOTTOPORRE A MONITORAGGIO

6.13.1 Criteri di criticità ambientale

La scelta dei punti da sottoporre a MA poggia, oltre che sui criteri di carattere generale descritti precedentemente, anche su una serie di condizioni determinate da fattori di criticità ambientale e di rappresentatività della situazione acustica attuale e futura, sia per la fase di corso d'opera che per quella di *post-operam*. In particolare la criticità ambientale è il risultato della convergenza di numerose condizioni connesse con i processi di emissione, di propagazione e di immissione del rumore. Tali condizioni sono:

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

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

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

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

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

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

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

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

6.13.2 Criteri di selezione dei punti di monitoraggio

La maggioranza dei punti in cui effettuare gli accertamenti in campo si localizzerà sui recettori posti in prossimità delle aree di cantiere, soprattutto in corrispondenza dei recettori più sensibili, e, analogamente, per i nuclei insediativi lontani dai cantieri e interessati dai transiti degli automezzi nei percorsi (cantiere-cantiere, cava-cantiere e discarica-cantiere) e per le aree lungo il nuovo tracciato stradale.

Si sono considererai i nuclei insediativi interessati dalla viabilità maggiormente utilizzata dai mezzi di cantiere.

Ciò per quanto attiene la situazione acustica da sottoporre a monitoraggio nella fase ante-operam relativamente alle comparazioni da eseguire in corso d'opera.

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

Per quanto riguarda la rappresentatività della situazione acustica ante-operam in rapporto a quella in corso d'opera attraverso la determinazione dei valori dei livelli sonori da misurare nei punti prescelti, essa poggia sul criterio di una congrua durata delle misurazioni (una settimana) e di un'opportuna scelta del periodo temporale in cui eseguire le indagini. Le sorgenti sonore prevalenti attualmente attive sono, come già detto, rappresentate dal traffico stradale che, come é noto, può risentire di numerosi effetti di tipo stagionale o anche giornaliero (periodi di vacanze estive, di chiusura delle scuole, giorni festivi e prefestivi, ecc.).

I dati rilevati dalle stazioni di misura consentiranno di svolgere le seguenti attività di studio ed analisi:

- verificare lo stato della componente rumore in corrispondenza delle zone con una maggiore presenza di edifici;
- determinare con maggiore precisione lo stato della componente rumore in condizioni post operam;
- verificare l'efficacia degli interventi di mitigazione acustica adottati.

Pertanto le tipologie di postazioni rispondono ai seguenti criteri:

- in ambiente esterno, in facciata agli edifici per la verifica del rispetto dei limiti assoluti di zona;
- in ambiente esterno, in corrispondenza di punti di controllo appositamente scelti, per la verifica delle emissioni sonore.

6.13.3 Ubicazione dei punti di monitoraggio

Le posizioni di misura si sono definite col metodo delle posizioni recettori-orientati e quindi scelte in prossimità di edifici o gruppi di edifici.

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

A seguito dell'integrazione del censimento recettori e dell'analisi degli elaborati della Relazione sulla Cantierizzazione, si sono individuate le aree di monitoraggio.

Di seguito si riporta l'elenco dei punti di monitoraggio scelti secondo i suddetti criteri.

In sintesi si sono esaminati complessivamente 4 punti d'indagine fra situazione ante, corso e post-operam.

La localizzazione dei punti d'indagine è stata effettuata in conformità allo studio preliminare di carattere territoriale, svolto utilizzando la cartografia del progetto preliminare

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

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

Classificazione delle differenti tipologie di misura

Nel seguito della relazione si riportano, in dettaglio, le peculiarità di ogni singolo punto di monitoraggio, mentre successivamente vengono illustrati il codice del monitoraggio, il codice recettore e il numero di piani dell'edificio.

Codice monitoraggio	Localizzazione	tipo di ricettore
PMA-RUMO O1	Tronco 1 cantiere al km 24	residenziale più vicino all'area di cantiere
PMA-RUMO O2	Tronco 2 cantiere al Km 16,300	residenziale più vicino all'area di cantiere
PMA-RUMO O3	Tronco 3 cantiere al Km 15,300	residenziale più vicino all'area di cantiere
PMA-RUMO O4	Tronco 3 in prossimità del km 12 + 600	scuola insediamento abitativo in località Su Canale

Punti di monitoraggio

Codice monitoraggio	Localizzazione	Misure TV		Misure LF		Misure LC		Misure LM	
		A.O.	P.O.	A.O.	C.O.	A.O.	C.O.	A.O.	C.O.
PMA-RUMO O1	Tronco 1 cantiere al km 24	-	-	-	-	x	x	x	x
PMA-RUMO O2	Tronco 2 cantiere al Km 16, 300	-	-	-	-	x	x	x	x
PMA-RUMO O3	Tronco 3 cantiere al Km 15,300	-	-	-	-	x	x	x	x
PMA-RUMO O4	Tronco 3 in prossimità del km 12 + 600	-	x	x	x	-	-	-	-

Misure previste sui recettori sede di monitoraggio

Codice monitoraggio	Localizzazione	Misure TV		Misure LF		Misure LC		Misure LM	
		A.O.	P.O.	A.O.	C.O.	A.O.	C.O.	A.O.	C.O.
PMA-RUMO O1	Tronco 1 cantiere al km 24	-	-	-	-	una volta	trimes trale	una volta	seme strale
PMA-RUMO O2	Tronco 2 cantiere al Km 16, 300	-	-	-	-	una volta	trimes trale	una volta	seme strale
PMA-RUMO O3	Tronco 3 c antiere al Km 15,300	-	-	-	-	una volta	trimes trale	una volta	seme strale
PMA-RUMO O4	Tronco 3 in prossimità del km 12 + 600	-	una volta	una volta	una volta	-	-	-	-

Misure previste sui recettori sede di monitoraggio (frequenza dei rilievi)

Infine sono mostrate, per le diverse fasi, il numero di misure previste, suddivise per tipologia unitamente alla quantità complessiva di rilievi previsti. Si evidenzia che le misure di tipologia differente, svolte sul medesimo recettore nella stessa fase temporale, sono effettuate una sola volta.

	Misure TV			Misure LF			Misure LC			Misure LM			Totale
	N°	Frequenza	Totale	N°	Frequenza	Totale	N°	Frequenza	Totale	N°	Frequenza	Totale	
A.O.	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3
C.O.	-	-	-	1	1	1	1	trimestrale	6	1	semestrale	3	10
P.O.	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1

Dettaglio delle indagini previste

Le frequenze ed il numero complessivo dei rilievi, come anche i punti di monitoraggio previsti, sono ovviamente soggetti a modifiche in base all'organizzazione dei cantieri e del cronoprogramma stabilito con maggiore definizione nelle successive fasi progettuali.