

Nuova S.S.195 "Sulcitana" Tratto Cagliari - Pula
Collegamento con la S.S.130 e aeroporto di Cagliari Elmas
Opera Connessa Nord

PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTAZIONE: RTI GPI-IRD-SAIM-HYPRO

<p>IL GEOLOGO</p> <p><i>Dott. Geol. Marco Leonardi</i></p> <p>Ordine dei geologi della Regione Lazio n. 1541</p>	<p>I PROGETTISTI SPECIALISTICI</p> <p><i>Ing. Ambrogio Signorelli</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A35111</p> <p><i>Ing. Paolo Orsini</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 13817</p> <p><i>Ing. Giuseppe Resta</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629</p> <p><i>Ing. Vincenzo Secreti</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Crotone n. 412</p>	<p>GRUPPO DI PROGETTAZIONE (Mandataria)</p> <p>GPI INGEGNERIA</p> <p>GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl</p> <p>IRD</p> <p>IRD ENGINEERING</p> <p>SAIM</p> <p>Studio di Architettura e Ingegneria Moderna</p> <p>HYpro</p> <p>srl</p> <p>IL PROGETTISTA E RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE (DPR207/10 ART 15 COMMA 12):</p> <p><i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 14035</p>
<p>COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE</p> <p><i>Ing. Ambrogio Signorelli</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A35111</p>		
<p>VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO</p> <p><i>Ing. Michele Coghe</i></p>		<p><i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i></p> <p>ORDINE INGEGNERI ROMA N° 14035</p>

PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE
RELAZIONE DEL PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA
PROGETTO	LIV. ANNO	T00IA01MOARE01_A			
DPCA0150	D 23	CODICE ELAB.	T00IA01MOARE01	A	-
D					
C					
B					
A	Emissione		Giugno '23	Verardi	Signorelli Guiducci
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO APPROVATO

INDICE

<u>1.</u>	<u>PREMESSA.....</u>	<u>4</u>
<u>2.</u>	<u>DESCRIZIONE DEL TRACCIATO DI PROGETTO.....</u>	<u>6</u>
<u>3.</u>	<u>CARATTERISTICHE DEL PMA</u>	<u>13</u>
3.1.	REQUISITI.....	13
3.2.	FIGURE DI RIFERIMENTO: RESPONSABILE AMBIENTALE (RA) DI CANTIERE E SISTEMA DI GESTIONE AMBIENTALE (SGA).....	13
3.3.	INDICAZIONI SPECIFICHE PER L'ANALISI DELLE SINGOLE COMPONENTI.....	15
<u>4.</u>	<u>ATMOSFERA</u>	<u>16</u>
4.1.	PMA FASE DI ESERCIZIO.....	16
4.2.	PMA FASE DI CANTIERE.....	16
4.2.1.	<i>Stazione metereologica.....</i>	17
4.3.	PUNTI DI MONITORAGGIO.....	17
4.4.	FREQUENZE DI MONITORAGGIO	18
4.5.	SINTESI OPERATIVA DEL PIANO	18
4.6.	PREVENZIONE ED EMERGENZA	18
4.6.1.	<i>Procedure per l'attivazione di metodiche di approfondimento.....</i>	18
<u>5.</u>	<u>ACQUE SUPERFICIALI</u>	<u>20</u>
5.1.	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	20
5.1.1.	<i>Analisi di laboratorio delle acque, parametri descrittivi, standard per gli accertamenti:21</i>	
5.2.	DATI DI BASE PER LA REDAZIONE DEL PMA	21
5.2.1.	<i>Qualità delle acque nell'area di intervento</i>	21
5.3.	ACCERTAMENTI PROGRAMMATI	22
5.3.1.	<i>Monitoraggio ante operam (AO).....</i>	22
5.3.1.	<i>Monitoraggio in corso d'opera (CO).....</i>	24
5.3.2.	<i>Monitoraggio post operam (PO).....</i>	24
5.4.	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEGLI ACCERTAMENTI.....	25
5.4.1.	<i>Prelievo campioni per analisi chimico-fisiche e batteriologiche di laboratorio</i>	25
5.4.2.	<i>Metodologia di esecuzione delle analisi</i>	26
<u>6.</u>	<u>ACQUE SOTTERANEE.....</u>	<u>27</u>
6.1.	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	27
6.2.	OBIETTIVI DEL MONITORAGGIO, STRUMENTAZIONE DI MISURA E PARAMETRI DA MONITORARE .	27

6.2.1.	<i>Criteria per la selezione dei punti di monitoraggio</i>	27
6.2.2.	<i>Criteria per la scelta dei parametri da monitorare</i>	28
6.2.3.	<i>Monitoraggio Ante Operam</i>	28
6.2.1.	<i>Monitoraggio in Corso d'Opera</i>	29
6.2.1.	<i>Monitoraggio in Post Operam</i>	30
6.2.2.	<i>Metodologie di rilevamento e campionamento</i>	30
6.2.3.	<i>Localizzazione dei punti di monitoraggio</i>	33
6.3.	SINTESI OPERATIVA DEL PIANO	33
7.	<u>SUOLO</u>	34
7.1.	USO DEL SUOLO ATTUALE.....	34
7.2.	ACCERTAMENTI ANTE OPERAM	35
7.3.	ACCERTAMENTI IN CORSO D'OPERA	35
7.4.	ACCERTAMENTI POST OPERAM	35
7.5.	INDICAZIONI NORMATIVE PER IL MONITORAGGIO.....	36
7.6.	RISCHI DI DEGRADAZIONE CHIMICO-FISICA DEL SUOLO - INTERVENTI PER PIANIFICARE MITIGAZIONE E RIPRISTINO	36
7.7.	DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DI MISURAZIONE	37
7.7.1.	<i>Parametri pedologici (in situ – metodica S1)</i>	37
7.7.2.	<i>Parametri chimico-fisici: in situ e/o in laboratorio (metodica S2)</i>	39
7.8.	DEFINIZIONE DELLE PROCEDURE DI MISURAZIONE	41
7.8.1.	<i>Trivellate pedologiche</i>	41
7.8.2.	<i>Scavi pedologici</i>	42
7.8.3.	<i>Analisi di laboratorio</i>	42
7.9.	STATO ATTUALE DELL'AMBIENTE PER LA MATRICE PEDOLOGICA.....	43
7.10.	CRITERI PER LA SCELTA ED INDICAZIONE DELLE AREE DI MONITORAGGIO.....	43
7.11.	ARTICOLAZIONE TEMPORALE DEGLI ACCERTAMENTI.....	43
7.12.	DOCUMENTI DI SINTESI DEL MONITORAGGIO.....	44
8.	<u>VEGETAZIONE, FLORA E FAUNA</u>	45
8.1.	RIFERIMENTI SCIENTIFICI E NORMATIVI	45
8.1.1.	<i>Comunità vegetali</i>	45
8.1.2.	<i>Flora</i>	45
8.1.3.	<i>Fauna</i>	46
8.1.4.	<i>Fauna mobile terrestre</i>	47
8.1.5.	<i>Comunità di macroinvertebrati</i>	47

8.2.	CARATTERISTICHE DELL'AREA DI INDAGINE	47
8.2.1.	<i>Vegetazione e paesaggi vegetali</i>	47
8.3.	COMUNITÀ VEGETALI, HABITAT E SPECIE FLORISTICHE RINVENUTE NELL'AREA DI INTERVENTO	50
8.3.1.	<i>Principali caratteri della fauna</i>	52
8.4.	ATTIVITÀ PREVISTE	53
8.4.1.	<i>Finalità del monitoraggio e parametri oggetto del rilevamento</i>	53
8.4.2.	<i>Articolazione temporale degli accertamenti</i>	54
8.5.	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DELLE INDAGINI.....	54
8.5.1.	<i>Metodiche d'indagine</i>	56
8.6.	SCELTA DELLE AREE DA SOTTOPORRE A MONITORAGGIO	59
8.6.1.	<i>Localizzazione delle aree di indagine</i>	59
8.6.2.	<i>Criteri per la definizione dei livelli di criticità ambientale</i>	61
8.6.3.	<i>Caratteristiche degli elaborati di output</i>	61
9.	<u>RUMORE</u>	62
9.1.	PUNTI DI MONITORAGGIO.....	62
9.2.	FREQUENZE DI MONITORAGGIO	63
9.3.	SINTESI OPERATIVA DEL PIANO	63
9.4.	PREVENZIONE ED EMERGENZA	63
9.4.1.	<i>Misure PMA di emergenza</i>	64
9.4.2.	<i>Modalità di rilevamento</i>	64
9.5.	PROCEDURE PER L'ATTIVAZIONE DELLE MISURE PMA EMERGENZA	64

1. PREMESSA

Il presente documento costituisce il Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA), redatto nell'ambito del riguarda il Progetto Definitivo dell'intervento denominato "S.S.195 "Sulcitana" Tratto Cagliari - Pula - Opera Connessa Nord".

Più in dettaglio, l'intervento in progetto è parte integrante dell'itinerario Cagliari – Pula, individuato come variante all'attuale SS195 "Sulcitana". Tale corridoio si inserisce nel contesto viario della Sardegna meridionale, in special modo nella Città Metropolitana di Cagliari.

Nei paragrafi successivi verranno analizzate le varie componenti, specificando la tipologia di misura da eseguire e presentando una pianificazione con le indicazioni dei punti di misura, della tempistica di misure e della cadenza nelle varie fasi Ante, Corso e Post Operam.

In base ai principali orientamenti tecnico scientifici e normativi comunitari ed alle vigenti norme nazionali il monitoraggio rappresenta l'insieme di azioni che consentono di verificare gli effetti/impatti ambientali significativi generati dall'opera nelle sue fasi di attuazione.

Il Monitoraggio Ambientale è lo strumento che fornisce la reale misura dell'evoluzione dello stato dell'ambiente nelle varie fasi di attuazione di un'opera/intervento e che consente ai soggetti responsabili di individuare i segnali necessari per attivare preventivamente e tempestivamente eventuali azioni correttive qualora le "risposte" ambientali non siano rispondenti alle previsioni.

Il Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA) si articola nelle seguenti tre fasi temporali distinte:

- monitoraggio Ante Operam (AO) che si concluderà prima dell'inizio delle attività interferenti con la componente ambientale di volta in volta presa a riferimento, ossia prima dell'insediamento dei cantieri e dell'inizio dei lavori;
- monitoraggio in Corso d'Opera (CO) che comprende il periodo dedicato all'implementazione degli interventi, dall'apertura dei cantieri fino al loro completo smantellamento ed al ripristino dei siti;
- monitoraggio Post Operam (PO) avviato al termine dei lavori, al fine di verificare lo stato seguente alla realizzazione dell'opera.

I criteri che hanno condotto alla stesura del PMA hanno seguito i passi procedurali indicati dalle Linee Guida del Ministero dell'Ambiente (aggiornamento pubblicato nel 2018) e, in particolare, sono riassumibili in:

- analisi degli interventi previsti;
- individuazione dei principali aspetti ambientali;
- fase ricognitiva dei dati preesistenti;
- definizione dei riferimenti normativi e bibliografici: sia per la definizione delle metodiche di monitoraggio sia per la determinazione dei valori di riferimento, rispetto ai quali effettuare le valutazioni ambientali;
- scelta delle componenti ambientali;
- scelta delle aree da monitorare: dedotte a seguito di un attento esame della sensibilità alle azioni previste;
- programmazione delle attività.

Successivamente, per ciascuna componente ambientale oggetto di monitoraggio saranno precisate le fasi per le quali si prevedono le attività di monitoraggio.

Tutto ciò premesso, nel presente documento sono state affrontate le seguenti tematiche:

- Quadro normativo di riferimento;
- Descrizione del progetto;
- Articolazione del Piano di Monitoraggio Ambientale;
- Analisi delle componenti da monitorare e metodologia di misura;

PROGETTAZIONE ATI:

- Modalità di misura e frequenza per ogni componente.

La localizzazione dei punti di monitoraggio è riportata nell'elaborato "T00IA01MOAPU01 - PLANIMETRIA UBICAZIONE PUNTI DI MISURA"

2. DESCRIZIONE DEL TRACCIATO DI PROGETTO

Il nuovo tratto di viabilità in oggetto interessa i Comuni di Assemmini (CA) e Capoterra (CA), ha uno sviluppo complessivo di 5 km e si configura come un intervento di adeguamento della Dorsale Casic esistente ad una strada a sezione tipo B D.M. 05.11.2001.

Il tracciato ha inizio al km 5+216.416 subito a valle dello svincolo che attualmente connette la Strada Provinciale n.1 con la Strada Consortile Macchiareddu e termina al km 10+302.535 dove si congiunge all'Opera Connessa Sud (in fase di costruzione) in corrispondenza dello svincolo Inceneritore-Dorsale Casic.

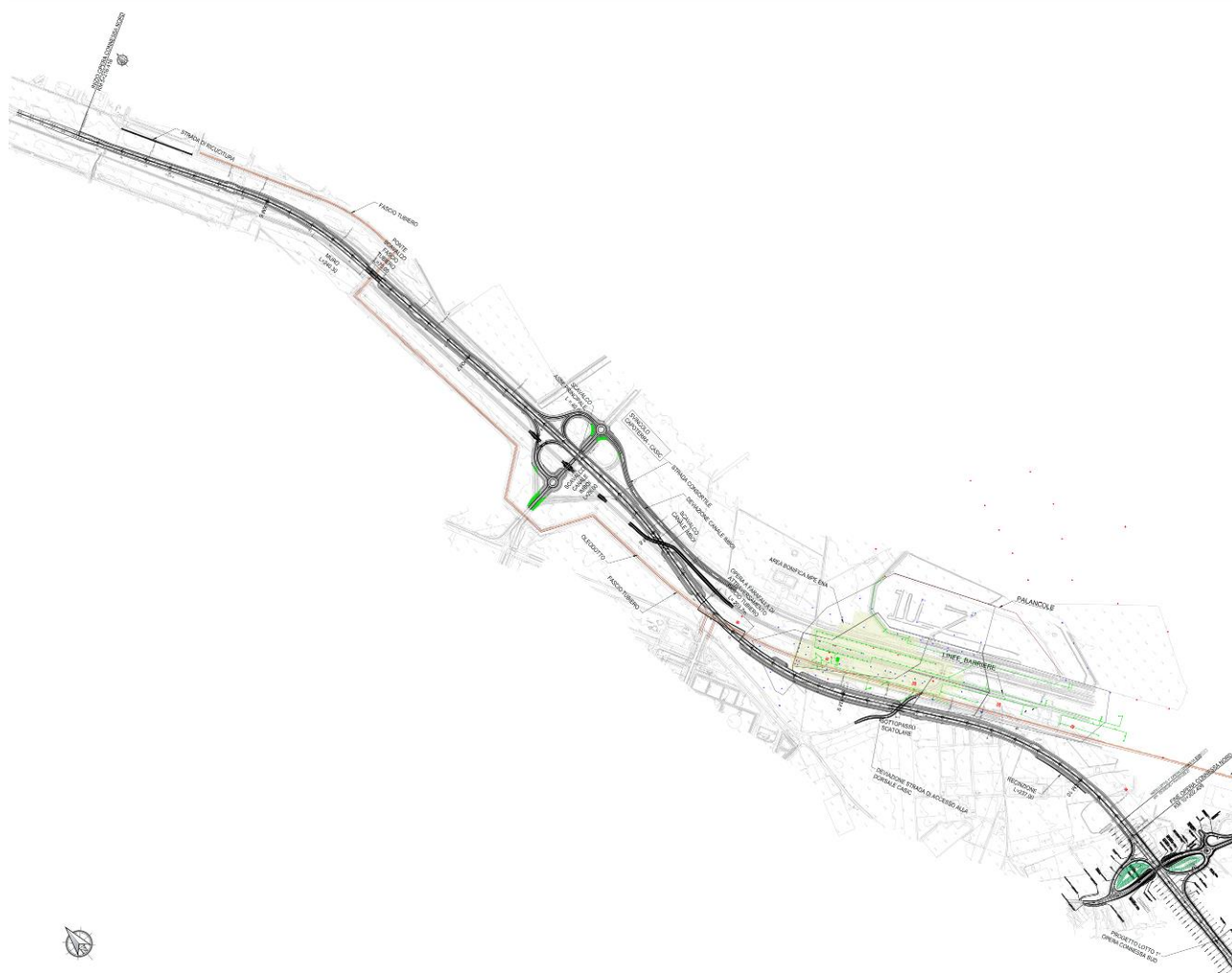


Figura – Stralcio Planimetria d'insieme Opera Connessa Nord

Nel tratto di allaccio allo svincolo esistente la piattaforma è stata opportunamente dimensionata in modo da garantire, a seguito della realizzazione del nuovo asse in progetto, il ripristino delle esistenti corsie specializzate nel rispetto di quanto prescritto dal D.M. 19.04.2006 in termini di sviluppi previsti per le corsie dell'asse principale in diversione, nel caso della carreggiata in direzione Nord, in immissione nel caso della carreggiata in direzione Sud. In questo caso, inoltre si

PROGETTAZIONE ATI:

provvederà alla chiusura dei piazzali attualmente presenti lungo il ciglio esterno delle due carreggiate, tramite l'installazione di barriere di sicurezza.

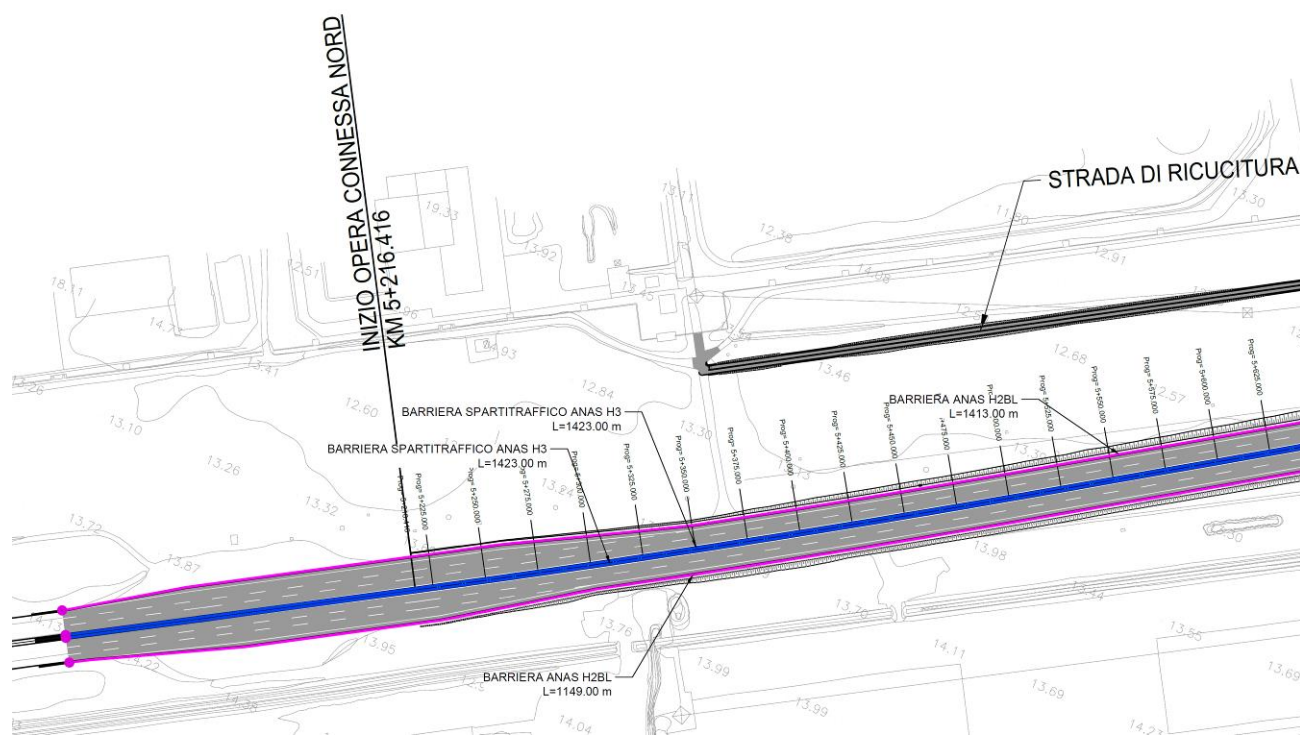


Figura – Stralcio Sistemazione corsie specializzate e piazzali esistenti (Planimetria barriere di sicurezza dal km 5+216 al km 6+900)

2.1.1. GEOMETRIA ASSE PRINCIPALE

Il tracciato dell'asse principale ha inizio sull'esistente Strada Consortile Macchiareddu al km 5+216.416 posto subito a valle dello svincolo a quadrifoglio che attualmente ne consente la connessione con la S.P. 1", dopodiché si sviluppa in direzione Sud e termina al km 10+302.535 in corrispondenza dell'inizio dell'Opera Connessa Sud.

Il tracciato abbandona gradualmente la viabilità esistente tramite una prima curva sinistrorsa di ampio raggio, pari a 7500m per poi piegare verso destra con una curva di raggio pari a 1250m; il tracciato avanza secondo una sequenza di quattro rettili raccordati da tre curve circolari concordi di raggio pari a 7500m e 1800m, dopodiché prosegue secondo un flesso costituito da due curve discordi di raggio pari a 1100m e infine si allaccia all'Opera Connessa Sud.

Dal punto di vista altimetrico il tracciato si compone di livellette e raccordi verticali convessi e concavi; il valore massimo delle pendenze sulle livellette è pari al -1.36%, mentre i raggi minimi sono pari a R=10000.00m (concavo in raccordo all'esistente Strada Consortile), R=7000m (concavo) e R=12000m (convesso).

PROGETTAZIONE ATI:

Lungo il tracciato sono presenti le seguenti opere d'arte principali:

n. 7 Opere di Scavalco:

Asse Principale

"Ponte Scavalco Fascio Tubiero":	L = 70m;
"Scavalco Canale IMBOI":	L = 25m;
"Opera a Farfalla Attraversamento Fascio Tubiero":	L = 205.50m;

Rampa A Sv. Casic- Capoterra

"Ponte scavalco canale IMBOI":	L = 25m;
--------------------------------	----------

Rampa B Sv. Casic- Capoterra

"Ponte scavalco canale IMBOI":	L = 20.50m;
--------------------------------	-------------

Asse Cavalcavia Sv. Casic- Capoterra

"Ponte scavalco canale IMBOI":	L = 26m;
--------------------------------	----------

Asse Cavalcavia Sv. Casic- Capoterra

"Scavalco Asse Principale":	L = 40m.
-----------------------------	----------

n. 1 Scatolare:

Deviazione strada di accesso alla Dorsale Casic

"Sottopasso scatolare":	L = 38m.
-------------------------	----------

2.2. SVINCOLI

L'intervento in oggetto prevede anche la modifica dello schema funzionale dell'attuale **svincolo Casic-Capoterra**, tramite la realizzazione di nuove rampe che consentiranno alle correnti veicolari circolanti sull'asse principale di immettersi o uscire dallo stesso; a queste si aggiungono l'**Asse Cavalcavia** di connessione tra le due nuove rotatorie di progetto e il **Rampa E** afferente alla nuova Rotatoria 1 costituente invece l'allaccio alla viabilità esistente.

Nello specifico, le rampe in progetto sono come di seguito denominate:

- **Rampa A** di tipo semidiretta, consentirà la diversione dei veicoli dall'asse principale;
- **Rampa B** di tipo indiretta, consentirà l'immissione dei veicoli sull'asse principale;
- **Rampa C** di tipo indiretta, consentirà la diversione dei veicoli dall'asse principale;
- **Rampa D** di tipo semidiretta, consentirà l'immissione dei veicoli sull'asse principale;
- **Ramo Bidirezionale 1**, consentirà l'ingresso delle correnti del *Rampa A* e l'uscita di quelle del *Rampa B* dalla Rotatoria 1;
- **Ramo Bidirezionale 2**, consentirà l'ingresso delle correnti del *Rampa C* e l'uscita di quelle del *Rampa D* dalla Rotatoria 2.

Lo schema funzionale dello svincolo è completato dalla realizzazione di n.2 rotatorie convenzionali collegate tra loro dal nuovo cavalcavia che consentirà lo scavalco dell'asse principale al km 7+575

circa, ovvero nel tratto in cui è stato necessario prevederne l'innalzamento delle quote di progetto, in accordo con i risultati derivanti dagli studi idrologici e idraulici condotti sull'area d'intervento. Nello specifico, le rotonde in progetto sono come di seguito denominate:

- **Rotatoria 1**, ubicata sul lato Ovest dello svincolo Casic - Capoterra, avente diametro esterno pari a 40,00m e composta da n.3 rami di convergenza bidirezionali;
- **Rotatoria 2**, ubicata sul lato Est dello svincolo Casic - Capoterra, avente diametro esterno pari a 40,00m e composta da n.3 rami di convergenza bidirezionali;

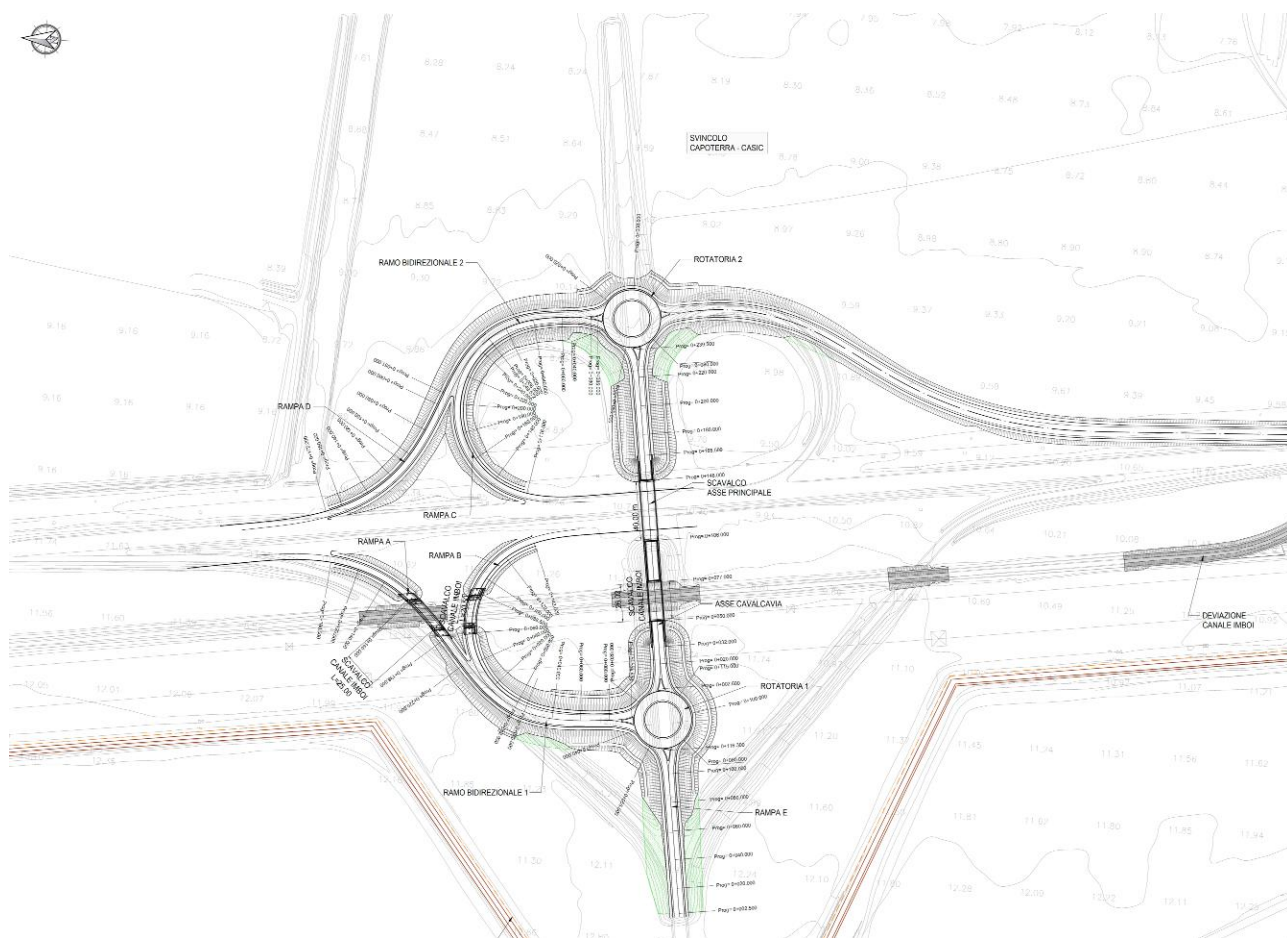


Figura – Svincolo Casic – Capoterra, Opera Connessa Nord

Il ramo Sud della *Rotatoria 2* rappresenta il tratto finale della sistemazione in variante della *Dorsale Consortile* della quale si prevede la deviazione per un tratto di circa 826m, al fine di lasciar spazio al nuovo asse principale; dal km 7+575 circa, ovvero il tratto a monte dello Svincolo Casic -Capoterra, l'esistente strada consortile sarà "sostituita" dal nuovo asse principale il cui tracciato è previsto su "nuova sede" con l'adozione di sezione stradale propria di una "*Strada extraurbana principale*" (Tipo B), a fronte di quella che invece attualmente caratterizza l'esistente strada consortile, riconducibile ad una "*Strada extraurbana secondaria*" (tipo C).

2.2.1. GEOMETRIA SVINCOLO CASIC – CAPOTERRA

Come anticipato lo **svincolo Casic – Capoterra** sarà costituito dalle rampe come di seguito denominate:

PROGETTAZIONE ATI:

- **Rampa A:** si tratta di una rampa di tipo semidiretta che consentirà la diversione dei veicoli dall'asse principale verso il *Ramo Bidirezionale 1* e la *Rotatoria 1*. L'asse si sviluppa per 268m prevedendo un rettilineo iniziale seguito da un flesso asimmetrico tra due curve discordi di raggio pari a 300m e 68.34m (curva di allaccio al *Ramo Bidirezionale 1*).
Dal punto di vista altimetrico il tracciato si compone di livellette e raccordi verticali convessi e concavi; il valore massimo delle pendenze sulle livellette è pari al 5.85%, mentre i raggi minimi sono pari a R=1250m (concavo) e R=1700m (convesso);
- **Rampa B:** si tratta di una rampa di tipo indiretta che consentirà l'immissione dei veicoli sull'asse principale. L'asse si sviluppa per 256m e risulta costituito da una curva circolare iniziale di raggio pari a 64.07m seguita da un rettilineo finale di allaccio all'asse principale.
Dal punto di vista altimetrico il tracciato si compone di livellette e raccordi verticali concavi; il valore massimo delle pendenze sulle livellette è pari al -4.77%, mentre il raggio minimo concavo è pari a R=1050m;
- **Rampa C:** si tratta di una rampa di tipo indiretta che consentirà la diversione dei veicoli dall'asse principale verso il *Ramo Bidirezionale 2* e la *Rotatoria 2*. L'asse si sviluppa per 249m e risulta costituito da un rettilineo iniziale di allaccio all'asse principale seguito da una curva circolare di raggio pari a 59.00m.
Dal punto di vista altimetrico il tracciato si compone di livellette e raccordi verticali concavi; il valore massimo delle pendenze sulle livellette è pari al -3.00%, mentre il raggio minimo concavo è pari a R=1000m;
- **Rampa D:** si tratta di una rampa di tipo semidiretta che consentirà l'immissione dei veicoli sull'asse principale. L'asse si sviluppa per 245m e risulta costituito da un flesso asimmetrico iniziale tra due curve circolari discordi di raggio pari a 67.59m (curva di allaccio al *Ramo Bidirezionale 2*) e 100m dopodiché termina con un rettilineo di allaccio all'asse principale.
Dal punto di vista altimetrico il tracciato si compone di livellette e raccordi verticali concavi; il valore massimo delle pendenze sulle livellette è pari al -2.63%, mentre il raggio concavo minimo è pari a R=1500m;
- **Ramo Bidirezionale 1:** si tratta dell'asse che consentirà l'uscita dei veicoli dalla *Rotatoria 1* verso la *Rampa B* e l'entrata dei veicoli provenienti dalla *Rampa A* sulla *Rotatoria 1*. L'asse si sviluppa per 101m e risulta costituito da una curva circolare di allaccio alle *Rampe A* e *B* di raggio pari a 64.07m seguita da un rettilineo di innesto sulla *Rotatoria 1*.
Dal punto di vista altimetrico il tracciato si compone di due livellette e un raccordo verticale convesso; il valore massimo delle pendenze sulle livellette è pari al 4.47%, mentre il raggio convesso minimo è pari a R=1600m;
- **Ramo Bidirezionale 2:** si tratta dell'asse che consentirà l'uscita dei veicoli dalla *Rotatoria 2* verso la *Rampa D* e l'entrata dei veicoli provenienti dalla *Rampa C* sulla *Rotatoria 2*. L'asse si sviluppa per 95m e risulta costituito da una curva circolare di allaccio alle *Rampe C* e *D* di raggio pari a 63.27 seguita da un rettilineo di innesto sulla *Rotatoria 2*.
Dal punto di vista altimetrico il tracciato si compone di due livellette e un raccordo verticale convesso; il valore massimo delle pendenze sulle livellette è pari al 2.8%, mentre il raggio convesso minimo è pari a R=2000m;

- **Rampa E:** si tratta del ramo Ovest afferente alla nuova Rotatoria 1 costituente invece l'allaccio alla viabilità esistente. L'asse si sviluppa per 119m e risulta costituito da un unico rettilineo. Dal punto di vista altimetrico il tracciato si compone di livellette e raccordi verticali convessi e concavi; il valore massimo delle pendenze sulle livellette è pari al 4.50%, mentre i raggi minimi sono pari a R=800m (concavo) e R=1000m (convesso);
- **Asse Cavalcavia:** si tratta del ramo di scavalco dell'asse principale costituente la connessione tra le due nuove rotatorie di progetto (*Rotatoria 1 e 2*). L'asse si sviluppa per 244m e risulta costituito da un unico rettilineo. Dal punto di vista altimetrico il tracciato si compone di livellette e raccordi verticali convessi e concavi; il valore massimo delle pendenze sulle livellette è pari al -5.50%, mentre i raggi minimi sono pari a R=650m (concavo) e R=1100m (convesso).

Come già detto lo schema funzionale dello svincolo è completato dalla realizzazione di n.2 rotatorie convenzionali denominate:

- **Rotatoria 1**, ubicata sul lato Ovest dello svincolo Casic - Capoterra, avente diametro esterno pari a 40,00m e composta da n.3 rami di convergenza bidirezionali;
- **Rotatoria 2**, ubicata sul lato Est dello svincolo Casic - Capoterra, avente diametro esterno pari a 40,00m e composta da n.3 rami di convergenza bidirezionali;

2.3. VIABILITÀ SECONDARIA E OPERE INTERFERENTI

L'intervento in oggetto prevede infine la sistemazione in variante dell'attuale Strada Consortile Macchiareddu per uno sviluppo complessivo di 826m al fine di permettere l'inserimento del nuovo asse principale di progetto (asse denominato **Complanare Casic "Dorsale Consortile"**) e il ripristino dell'esistente viabilità secondaria interferita dalla realizzazione della nuova infrastruttura (asse denominato **Strada di accesso alla "Dorsale Consortile"**).

2.3.1. GEOMETRIA COMPLANARE CASIC "DORSALE COSORTILE"

La *Complanare Casic "Dorsale Consortile"* rappresenta la sistemazione in variante dell'attuale Strada Consortile Macchiareddu al fine di permettere l'inserimento del nuovo asse principale di progetto. L'asse si sviluppa per 826m e si snoda a partire dalla nuova rotatoria di progetto, denominata *Rotatoria 1*, realizzando un primo flesso asimmetrico tra le due curve circolari discordi di raggio pari a 150m e 280m, dopodiché il tracciato continua con una sequenza di due rettilineo raccordati da una curva circolare di raggio pari a 742m riallacciandosi alla viabilità esistente.

Dal punto di vista altimetrico il tracciato si compone di livellette e raccordi verticali convessi e concavi; il valore massimo delle pendenze sulle livellette è pari al -3.50%, mentre i raggi minimi sono pari a R=2000.00m (concavo in raccordo all'esistente Strada Consortile), R=2500m (concavo) e R=1200m (convesso).

2.3.2. GEOMETRIA STRADA DI ACCESSO ALLA DORSALE CONSORTILE

La *Strada di accesso alla "Dorsale Consortile"* rappresenta la ricucitura dell'esistente viabilità secondaria interferita dalla realizzazione della nuova infrastruttura. Il tracciato si sviluppa per 300m e risulta costituito da un primo flesso asimmetrico tra le due curve circolari discordi di raggio pari a

PROGETTAZIONE ATI:

140m e 64m, dopodiché il tracciato continua con una sequenza di due rettifili raccordati da una curva circolare di raggio pari a 140m.

Dal punto di vista altimetrico il tracciato si compone di livellette e raccordi verticali convessi e concavi; il valore massimo delle pendenze sulle livellette è pari al 3.36%, mentre i raggi minimi sono pari a $R=800m$ (concavo) e $R=650m$ (convesso in raccordo alla viabilità esistente).

PROGETTAZIONE ATI:

3. CARATTERISTICHE DEL PMA

3.1. REQUISITI

Per corrispondere agli obiettivi previsti dalla normativa, il PMA deve soddisfare i seguenti requisiti minimi:

- il PMA ha per oggetto la programmazione del monitoraggio delle componenti/fattori ambientali per i quali, in coerenza con quanto documentato nello SIA, sono stati individuati impatti ambientali significativi generati dall'attuazione dell'opera progettata: il Proponente non è pertanto tenuto a programmare monitoraggi ambientali connessi a finalità diverse da quelle indicate nel capitolo introduttivo ed a sostenere conseguentemente oneri ingiustificati e non attinenti agli obiettivi strettamente riferibili al monitoraggio degli impatti ambientali significativi relativi all'opera in progetto;
- il PMA deve essere commisurato alla significatività degli impatti ambientali previsti nello SIA (estensione dell'area geografica interessata, caratteristiche di sensibilità/criticità; ordine di grandezza qualitativo e quantitativo, probabilità, durata, frequenza, reversibilità, complessità) e conseguentemente le specifiche modalità di attuazione del MA dovranno essere adeguatamente proporzionate in termini di estensione delle aree di indagine, numero dei punti/stazioni di monitoraggio, parametri, frequenza e durata dei campionamenti, ecc.;
- il PMA deve essere, ove possibile, coordinato o integrato con le reti e le attività di monitoraggio svolte dalle autorità istituzionalmente preposte al controllo della qualità dell'ambiente. Tale condizione garantisce che il MA effettuato dal proponente non duplichi o sostituisca attività svolte da altri soggetti competenti con finalità diverse dal monitoraggio degli impatti ambientali generati dall'opera in progetto; nel rispetto dei diversi ruoli e competenze, il proponente potrà disporre dei dati e delle informazioni, dati generalmente di lungo periodo, derivanti dalle reti e dalle attività di monitoraggio ambientale, svolte in base alle diverse competenze istituzionali da altri soggetti (ISPRA, ARPA/APPA, Regioni, Province, ASL, ecc.) per supportare efficacemente le specifiche finalità del MA degli impatti ambientali generati dall'opera;
- il PMA rappresenta uno strumento tecnico-operativo di programmazione delle attività di monitoraggio ambientale che discendono da dati, analisi e valutazioni già contenute nel Progetto e nello SIA: i suoi contenuti devono essere efficaci, chiari e sintetici e non dovranno essere duplicati, ovvero dovranno essere ridotte al minimo, le descrizioni di aspetti a carattere generale non strettamente riferibili alle specifiche finalità operative del documento (es. trattazioni generiche sul monitoraggio ambientale, sulle componenti ambientali, sugli impatti ambientali, sugli aspetti programmatici e normativi).

3.2. FIGURE DI RIFERIMENTO: RESPONSABILE AMBIENTALE (RA) DI CANTIERE E SISTEMA DI GESTIONE AMBIENTALE (SGA)

Nelle fasi di progettazione e realizzazione del Piano di Monitoraggio Ambientale è coinvolta a vario titolo la figura del Responsabile Ambientale RA che, in base alle definizioni contenute nell'Allegato NG Ambiente del Capitolato Speciale d'Appalto, assume la responsabilità prevista dalla direttiva 2004/35/CE, attenendosi ai principi e alle indicazioni contenute nella parte VI del D.lgs. 152/2006 e s.m.i.,

Sono inoltre contemplate specifiche responsabilità che interessano la progettazione esecutiva del PMA, il coordinamento fra il Piano di Monitoraggio e Controllo Ambientale e il Piano di Sicurezza e Coordinamento, la gestione e corretta conduzione del PMCA. In particolare il Responsabile Ambientale RA assume i seguenti compiti e responsabilità:

PROGETTAZIONE ATI:

- Approva PMA di Progetto Esecutivo;
- Verifica attuazione PMCA;
- Coordina e supervisiona le attività del Monitore;
- Verifica che la documentazione tecnica del PMCA sia conforme con i requisiti, le istruzioni tecniche, ecc;
- Valuta e definisce le azioni correttive del PMCA;
- Elabora documenti di sintesi dell'avanzamento attività SGA-PMCA;
- Definisce gli aggiornamenti, le ottimizzazioni ed accertamenti supplementari ritenuti necessari;
- Definisce interventi correttivi e misure di salvaguardia in caso di criticità ambientale;
- Verifica del rispetto temporale delle attività di PMCA;
- Predisporre la procedura dei flussi informativi del PMCA e del SGA;
- Interpretare e valuta i risultati del PMCA, evidenziandone le criticità, anche in relazione a eventuale accertamento di condizioni di elevata pressione ambientale con riferimento ai limiti normativi, ai valori di attenzione e/o di intervento, alle previsioni di Studio di Impatto Ambientale);
- Richiedere al Monitore Ambientale tutte le ulteriori elaborazioni;
- Provvedere alla supervisione e al controllo dei tecnici del Monitore Ambientale;
- Impartisce al Monitore Ambientale specifiche disposizioni e azioni correttive e/o integrative (da ritenersi sempre cogenti e mandatorie);
- Effettua audit di controllo ai laboratori utilizzati dal Monitore;
- Predisporre gli aggiustamenti al PMCA, eventualmente anche attraverso la previsione di accertamenti supplementari o in diminuzione;
- Verificare e assicurare il corretto inserimento, da parte del Monitore Ambientale, dei dati e dei risultati delle elaborazioni nel SIM di PMCA, provvedendo altresì alla validazione dei dati.

In considerazione a queste specifiche responsabilità e al lavoro di coordinamento e controllo affidate al Responsabile Ambientale, è previsto che alcune attività di monitoraggio possano essere attivate a seguito di riscontri diretti del RA con finalità conoscitive/preventive o al verificarsi di situazioni di emergenza nell'ambito del PMA "Prevenzione ed Emergenza".

Nell'applicazione dell'approccio alla gestione integrata degli aspetti ambientali correlati alla realizzazione delle opere stradali promossa da ANAS il Monitoraggio Ambientale (MA) e il Sistema di Gestione Ambientale (SGA) risultano due strumenti dinamici di controllo ambientale in fase realizzativa. implementati ed applicati in maniera congiunta, organica e sinergica.

Il principale obiettivo del Monitoraggio Ambientale è quello di verificare in maniera "diretta" la tipologia, l'entità e la durata degli impatti ambientali significativi che inevitabilmente si originano nel corso della costruzione e dell'esercizio di un'opera o progetto.

Il Sistema di Gestione Ambientale specificatamente riferito all'opera e ai relativi cantieri rappresenta lo strumento attraverso il quale poter costantemente verificare e controllare il rispetto della normativa ambientale, la correttezza delle procedure di gestione degli aspetti ambientali (emissioni in atmosfera, gestione rifiuti, scarichi idrici, gestione delle sostanze pericolose, ecc.), la minimizzazione dei consumi di materie prime e risorse naturali e, più in generale, la sostenibilità ambientale delle lavorazioni. Il Piano di Controllo Ambientale (PCA) posto a supporto del Sistema di Gestione Ambientale è principalmente focalizzato sulla sorgente diretta dell'impatto, verificandone soprattutto la conformità normativa e la congruità alle disposizioni previste negli atti autorizzativi acquisiti dagli Enti competenti.

L'attuazione da parte dell'Impresa di un approccio volto all'attuazione di un'azione congiunta e sinergica tra progettazione della cantierizzazione, Progetto di Monitoraggio Ambientale, Sistema di

PROGETTAZIONE ATI:

Gestione Ambientale, Piano di Utilizzo delle Terre e Piano di Controllo Ambientale, e Piano di Monitoraggio degli Ambienti di Lavoro, possono consentire un'organizzazione e gestione della fase di cantiere concretamente volta alla minimizzazione degli impatti, all'ottimizzazione della compatibilità ambientale delle lavorazioni e alla tutela dei lavoratori, dei ricettori e degli ambienti di lavoro.

L'applicazione di tale approccio metodologico porterà, quindi, alla definizione di un rinnovato concetto di Controllo Ambientale che, di fatto, concretizzerà e comprenderà all'interno di un unico strumento, il Piano di Monitoraggio e Controllo Ambientale (PMCA), le specificità e le finalità del Monitoraggio Ambientale ai ricettori, del Controllo Ambientale alle sorgenti, del controllo analitico dei rifiuti e delle terre e rocce da scavo, e del Monitoraggio degli Ambienti di Lavoro, ottimizzandone la gestione e rafforzandone l'efficacia operativa quale vero "strumento operativo di lavoro" finalizzato a verificare, per tutte le fasi di vita dell'infrastruttura, il rispetto delle normative ambientali, la corretta applicazione delle procedure di SGA, l'entità e l'andamento dei livelli di impatto diretto e indiretto.

3.3. INDICAZIONI SPECIFICHE PER L'ANALISI DELLE SINGOLE COMPONENTI

Il presente piano persegue l'obiettivo di quantificare l'impatto che la costruzione e l'esercizio del nuovo asse stradale genera sull'ambiente, attraverso un insieme di rilevazioni periodiche, effettuate su parametri biologici, chimici e fisici, relative alle seguenti componenti ambientali:

- atmosfera
- ambiente idrico superficiale e sotterraneo;
- suolo;
- vegetazione, flora, fauna ed ecosistemi;
- rumore.

I contenuti del PMA, suddivisi per singola componente, sono illustrati nei capitoli seguenti.

4. ATMOSFERA

Il quadro prescrittivo riferibile alla qualità dell'aria, contenuto nella Determinazione Dirigenziale n.761 del 6/2/2012 non fornisce indicazioni specifiche in merito alle metodiche di monitoraggio ma si concentra soprattutto sulla necessità di contenere le emissioni in atmosfera durante il corso d'opera e di verificare l'efficacia degli interventi per il contenimento delle polveri in corrispondenza del sistema ricettore. Nella individuazione degli interventi mitigativi si fa esplicito riferimento alla necessità di "dosare" gli interventi in funzione delle condizioni meteorologiche, ad esempio intensificazione delle bagnature in presenza di periodi siccitosi.

4.1. PMA FASE DI ESERCIZIO

Per la fase di esercizio sono previste misure con campionatori sequenziali e con campionatori passivi. La metodica di riferimento denominata TV permette di definire le concentrazioni di PM10, PM2.5, metalli (As, Ni, Cd, Pb), BaP, NO2 e C6H6.

<p style="text-align: center;">TV</p> <p>(recettori o centri abitati prossimi alla strada in esercizio)</p> <p><u>Metodica prevista in ante e post operam</u></p>	<p>Campionamento sequenziale gravimetrici polveri PM10 30 gg Campionamento sequenziale gravimetrici polveri PM2.5 30 gg Analisi metalli (As, Ni, Cd, Pb) su pm10 (solo su filtri campagna invernale) Analisi IPA (benzo(a)pirene) come valore medio (sui filtri della campagna invernale) Campionamento NO2 con passivi 30 gg (2 campagne da 15 gg) Campionamento C6H6 con passivi 30 gg (2 campagne da 15 gg)</p>
--	--

4.2. PMA FASE DI CANTIERE

Per la fase di cantiere, sono previste misure realizzate per mezzo di campionatori sequenziali, in accordo alle linee guida della CSVIA. Questi ultimi permettono in primo luogo una migliore flessibilità di installazione in prossimità dei ricettori e sono più rispondenti alla necessità di un cantiere stradale dove i traccianti prioritari sono le polveri, come anche confermato dalla modellistica previsionale sviluppata in sede di gara. Vengono proposte due metodiche di riferimento:

- Metodica LC, per ricettori prossimi alle aree di cantiere;
- Metodica LM, per ricettori prossimi alle aree di cantiere e alla viabilità utilizzata dai mezzi di cantiere.

<p style="text-align: center;">LC</p> <p>Recettori prossimi alle aree di cantiere</p> <p>Metodica prevista in corso d'opera</p>	<p>Campionamento sequenziale gravimetrici polveri PM10 15 gg Campionamento sequenziale gravimetrici polveri PTS 15 gg Analisi terrigeni (Alluminio, Silicio, Titanio, Calcio, Potassio, Ferro) su PM10</p>
<p style="text-align: center;">LM</p> <p>Recettori prossimi alle aree di cantiere e alla viabilità utilizzata dai mezzi di cantiere</p> <p>Metodica prevista in corso d'opera</p>	<p>Campionamento sequenziale gravimetrici polveri PM10 15 gg Campionamento sequenziale gravimetrici polveri PTS 15 gg Analisi terrigeni (ALLUMINIO, SILICIO, TITANIO, CALCIO, POTASSIO, FERRO) su PM10 Campionamento NO2 con passivi 15 gg Campionamento C6H6 con passivi 15 gg</p>

Il Campionamento base in entrambe le metodiche LC e LM riguarda le polveri totali sospese PTS e il particolato aerodisperso PM10, dove le PTS, sebbene in assenza di limiti di legge, rimangono l'indicatore principe del "carico di polveri" e del disturbo alla popolazione. L'analisi di laboratorio sui filtri del PM10 permette di verificare le concentrazioni dei terrigeni (Alluminio, Silicio, Titanio, Calcio, Potassio, Ferro).

PROGETTAZIONE ATI:

Rispetto alla metodica LC, la metodica LM permette di verificare le concentrazioni di NO₂ e di benzene C₆H₆ ed è quindi indicata in presenza di traffico di cantiere o, in generale, di traffico stradale.

Considerando che l'attuale sede stradale verrà utilizzata dai mezzi di cantiere e che tutti i ricettori sono prossimi al ciglio stradale, la prima campagna di corso d'opera adotterà metodica LM per poi passare alla metodica LC nel caso in cui le concentrazioni di NO₂ e C₆H₆ risultassero molto basse.

4.2.1. STAZIONE METEOROLOGICA

Si ritiene opportuno, in relazione alla vicinanza del progetto a siti naturali protetti, l'installazione di una centralina fissa in corrispondenza dello svincolo di Capoterra e del Cantiere Operativo C.O.04, per tutta la durata delle attività di monitoraggio.

Sarà in questo modo possibile disporre, già dalle prime fasi di avvio del PMA di Ante Operam, dei dati meteo necessari alla corretta interpretazione degli esiti delle attività di monitoraggio relative non solo alla componente atmosfera ma anche alle altre componenti ambientali (rumore, acque superficiali, ecc.).

La disponibilità di dati meteo sito specifici può inoltre permettere di fornire un costante supporto alla direzione lavori e al responsabile ambientale RA sia nell'individuazione tempestiva di condizioni meteo non adeguate allo svolgimento dei lavori in un'ottica di salvaguardia della salute dei lavoratori, sia nella corretta implementazioni di interventi di mitigazione delle polveri aerodisperse.

Al fine di rendere il dato meteo fruibile in tempo reale, condizione essenziale per svolgere un effettivo supporto alla DL e al responsabile ambientale RA, è prevista l'installazione di una centralina meteo SMART che consente la trasmissione dei dati in tempo reale ai soggetti interessati e l'impostazione di soglie di allerta e di allarme per la tempestiva individuazione di situazioni di potenziale criticità ed il conseguente allertamento dei soggetti deputati alla loro gestione. La tabella seguente riporta i parametri meteorologici rilevati dalla stazione meteorologica SMART.

SMART METEO	Temperatura Umidità Relativa Pressione atmosferica Velocità del vento Direzione del vento Precipitazioni
Cantiere Operativo AO, CO, PO	

4.3. PUNTI DI MONITORAGGIO

Sulla base delle analisi ambientali è stato individuato un unico punto in cui realizzare il monitoraggio.

CODICE PUNTO MONITORAGGIO	LOCALIZZAZIONE/MOTIVAZIONE
ATM 1	Presso Cantiere Operativo C.O.04 – prossimo ad area naturale protetta

Nella tabella successiva sono indicate le tipologie di misure previste.

CODICE PUNTO MONITORAGGIO	MISURE TV		MISURE LC		MISURE LM		SMART PM10	MISURE MT
	RECETTORI O CENTRI ABITATI PROSSIMI ALLA STRADA IN ESERCIZIO		RECETTORI PROSSIMI ALLE AREE DI CANTIERE		RECETTORI PROSSIMI ALLA VIABILITÀ INTERESSATA DAI MEZZI DI CANTIERE		MISURE ATTIVABILI DAL RA DI CANTIERE	MISURE PER IL RILEVAMENTO DEI PARAMETRI METEOROLOGICI
	A.O.	P.O.	A.O.	C.O.	A.O.	C.O.	CO	
ATM 1				X		X	X	SMART METEO

4.4. FREQUENZE DI MONITORAGGIO

Il PMA prevede la seguente frequenza di monitoraggio per il Corso d'opera:

- campagne di monitoraggio semestrali.

4.5. SINTESI OPERATIVA DEL PIANO

La tabella seguente contiene il numero di rilievi previsti dal PMA.

CODICE PUNTO	METODICA	AO			CO			PO		
		DURATA AO (ANNI)	RILIEVI/ANNO AO	TOT AO	DURATA CO (ANNI)	RILIEVI/ANNO CO	TOT CO	DURATA PO (ANNI)	RILIEVI/ANNO PO	TOT PO
ATM 1	LC	-	-	-	2,5	2	5	-	-	-
	SMART PM10	-	-	-	2,5	2	5	-	-	-

4.6. PREVENZIONE ED EMERGENZA

Di seguito si riporta la procedura da seguire da chi gestisce le attività di cantiere per consentire di intervenire in maniera tempestiva in presenza di specifiche criticità e di verificare l'adeguatezza dei presidi ambientali previsti dal progetto e/o implementati in un secondo tempo per gestire situazioni specifiche.

Il monitoraggio integrativo verrà attivato con ordine di servizio del RA, secondo le modalità descritte nel seguito, in presenza di:

- criticità ("anomalia inquinamento polveri") documentate dal PMA base in corrispondenza dei punti di controllo;
- situazioni di potenziale criticità conclamata ("potenziale anomalia inquinamento polveri") riscontrata dal RA di cantiere nei punti di controllo;
- segnalazioni di potenziale criticità indicate dai ricettori, verificate dal RA, o richieste motivate degli Enti di Controllo.

Il monitoraggio integrativo potrà essere attuato con strumentazione SMART PM10 in un'ottica di sinergia con il Piano di controllo delle Polveri definito in attuazione al SGA in cui sono contenute tutte le indicazioni in merito agli interventi da porre in essere per l'abbattimento delle polveri durante le attività di costruzione.

4.6.1. PROCEDURE PER L'ATTIVAZIONE DI METODICHE DI APPROFONDIMENTO

L'impostazione delle attività di monitoraggio attraverso metodiche differenziate tra un livello "base" PMA e un livello avanzato ("prevenzione ed emergenza"), da attuare in concomitanza di situazioni di potenziale rischio per la salute delle popolazioni, richiede la definizione di una procedura che consenta, in maniera oggettiva, di individuare la presenza di tali situazioni.

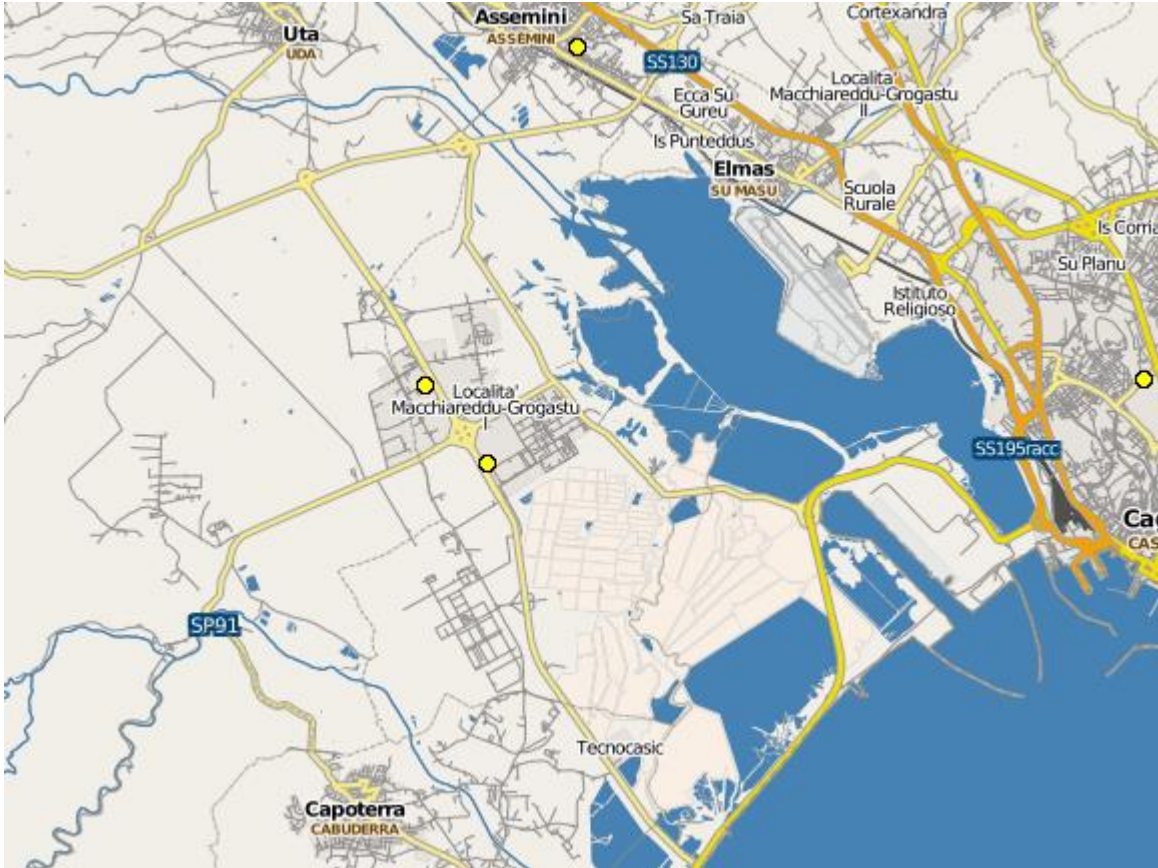
Nel caso specifico della componente atmosfera l'inquinante che presenta le maggiori criticità per la salute pubblica, nella fase di cantiere, è il PM10.

Il metodo per l'individuazione della soglia di concentrazione al di sopra della quale si configura un potenziale rischio per la popolazione deve essere in grado di cogliere sia il superamento del limite normativo di breve termine rappresentato dalla concentrazione di 50 µg/m³ valutata come media sulle 24 ore, valore che il DLgs 155/10 s.m.i. indica che non debba essere superato più di 35 volte all'anno, sia la ragionevole certezza che il suddetto superamento sia riconducibile ad emissioni delle attività di cantiere.

Alla luce di quanto detto il metodo per la definizione della presenza di potenziali criticità (soglia anomalia) e, di conseguenza, della necessità di prevedere un'attività di monitoraggio di approfondimento, prevede il confronto con le concentrazioni medie di 24 ore misurate dai

PROGETTAZIONE ATI:

campionatori sequenziali nei punti di monitoraggio sia con il limite normativo di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sia con le concentrazioni rilevate dalle centraline fisse di ARPA nel comune di Assemini (Cagliari) in località Macchiareddu



Si propone ad ARPA di considerare "anomale" le situazioni in cui durante il monitoraggio di base effettuato con campionatori gravimetrici sequenziali si registrino, anche per un solo giorno, concentrazioni medie di 24 ore di PM10 che risultano contemporaneamente:

- $> 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- $> 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ + concentrazione media di PM10 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ registrata nel giorno di misura dalla rete di monitoraggio dell'ARPA nel Comune di Assemini.

Al verificarsi di questa situazione il responsabile ambientale RA del cantiere, in accordo con il responsabile del PMA ordinerà l'installazione del monitoraggio real time PM10.

5. ACQUE SUPERFICIALI

Il progetto di monitoraggio ambientale ha come obiettivo quello di individuare le eventuali variazioni che la realizzazione dell'infrastruttura potrebbe apportare alle caratteristiche delle acque superficiali presenti nel territorio interessato dall'opera, difatti, la finalità principale del monitoraggio delle acque superficiali non è quella di caratterizzare i corsi d'acqua ma quella di individuare le eventuali variazioni che le lavorazioni possono indurre sullo stato della risorsa idrica.

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

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

Il monitoraggio si articola in tre fasi:

- Monitoraggio Ante Operam (AO); ha lo scopo di fornire una descrizione dello stato della risorsa prima dell'intervento;
- Monitoraggio in Corso d'Opera (CO); il cui obiettivo è la verifica che le eventuali modificazioni allo stato dell'ambiente idrico siano temporanee e non superino determinate soglie;
- Monitoraggio Post Operam (PO); 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 in corrispondenza del canale IMBOI e delle acque della laguna.

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

Il monitoraggio consentirà così di:

- definire lo stato di salute della risorsa prima dell'inizio dei lavori di realizzazione dell'opera;
- proporre opportune misure di salvaguardia o di mitigazione degli effetti del complesso delle attività sulla componente ambientale e testimoniare l'efficacia o meno;
- 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.

5.1. RIFERIMENTI NORMATIVI

- Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale" e ss. mm. e ii.;
- DM 56/2009 "Criteri tecnici per il monitoraggio dei corpi idrici e l'identificazione delle condizioni di riferimento per la modifica delle norme tecniche del D. Lgs 3 aprile 2006, n. 152";
- DM 260/2010: Decreto Ministero dell'Ambiente del 08/11/2012 n.260 Regolamento recante i criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali, per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del medesimo decreto legislativo;
- 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".

PROGETTAZIONE ATI:

5.1.1. ANALISI DI LABORATORIO DELLE ACQUE, PARAMETRI DESCRITTORI, STANDARD PER GLI ACCERTAMENTI:

Come definito nell'Allegato 1 del D. Lgs. 152/2006 e s.m.i. (Allegati alla Parte Terza) "Monitoraggio e classificazione delle acque in funzione degli obiettivi di qualità ambientale", punto A.3.6 Norme per il monitoraggio degli elementi di qualità: "i metodi impiegati per il monitoraggio dei parametri tipo devono essere conformi alle norme ISO o EN ISO pertinenti ovvero ad altre norme nazionali o internazionali analoghe che assicurino dati compatibili ed equivalenti sotto il profilo della qualità scientifica".

- UNI EN 25667-1 Guida alla definizione di programmi di campionamento;
- UNI EN 2566-2 Guida alle tecniche di campionamento;
- ISO 5667-3:2012 Preservation and handling of water samples;
- ISO 5667-14:2014 Part 14: Guidance on quality assurance and quality control of environmental water sampling and handling;
- ISO 4363:2002 Measurement of liquid flow in open channels - Method for measurement of suspended sediments;
- ISO/DIS 5667-17: 2008 Part 17: Guidance on sampling of bulk suspended solids;
- ISO/TS 13530:2009 Guidance on analytical quality control for chemical and physicochemical water analysis;
- 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".

5.2. 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 e dallo Studio di Impatto Ambientale del tratto stradale oggetto del presente piano di monitoraggio.

I possibili fattori d'impatto, durante la fase di realizzazione, saranno dovuti al transito dei mezzi di cantiere ed ai movimenti terra. Conseguentemente si potranno determinare alterazioni della qualità delle acque dei corpi idrici superficiali, dovute prevalentemente ad un aumento della torbidità.

Gli impatti maggiori nei confronti dei corsi d'acqua saranno dovuti alle operazioni previste per la realizzazione delle pile/spalle. Si dovrà limitare/evitare 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 o in prossimità di esso.

Il progetto, in esercizio, prevede delle misure di mitigazione per il rischio di contaminazione delle acque superficiali e sotterranee che prevedono la realizzazione di vasche di raccolta delle acque, opportunamente dimensionate e distribuite lungo tutto il percorso.

5.2.1. QUALITÀ DELLE ACQUE NELL'AREA DI INTERVENTO

Con riferimento alla qualità delle acque, di seguito si sintetizzano i risultati della campagna di monitoraggio elaborati a cura di ARPA Sardegna nel 2020 sulla base delle indagini effettuate nel 2018 – 2019.

In Sardegna sono presenti circa 800 corpi idrici, dei quali circa 117 sono oggetto di monitoraggio con una o più stazioni mediante prelievi di campioni di acqua e di sedimento fluviale.

Con riferimento all'area di interesse in cui si inserisce il progetto, nell'ambito della campagna di monitoraggio sono stati in particolare considerati i seguenti corpi idrici.

- **Riu di Sestu:** si tratta di un breve corso d'acqua di circa 15 km sito più a nord dell'area di intervento, che si sviluppa nell'hinterland cagliaritano e sfocia nella Laguna di S. Gilla. Le analisi effettuate su tale corso d'acqua hanno mostrato elevate concentrazioni di Azoto

nitrico, tra 7 e 10 mg/litro, probabilmente dovute alle attività agricole, e una significativa presenza di Escherichia coli (8.000-12.000 UFC/100ml) verosimilmente derivante da scarichi non autorizzati.

- **Flumini mannu:** è uno dei principali corsi d'acqua della Sardegna, che nasce dalle pendici del Gennargentu per proseguire verso sud fino a sboccare nella Laguna di S.Gilla dopo un percorso di circa 42 km. Nelle 3 stazioni esaminate, il fiume ha presentato solo un valore anomalo di Escherichia coli nella stazione più a sud presso Assemini. Si tratta tuttavia di un fenomeno avvenuto solo nel 2019 e non confermato da analisi precedenti.
- **Stagno di Capoterra:** sito immediatamente a sud dell'area di intervento, lo stagno costituisce la propaggine sud della laguna di S.Gilla ed è separato dal mare da una stratta lingua di terra percorsa dall'attuale SS 195 "Sulcitana". In questo bacino si rilevano valori talora molto elevati di Azoto ammoniacale, sebbene con estrema variabilità stagionale e con picchi concentrati soprattutto nel periodo estivo.
- **Stagno di Cagliari:** il bacino dello stagno di Cagliari può essere suddiviso idealmente in due distinti corpi idrici. Quello settentrionale, più prossimo allo sbocco dei suoi tre emissari presenta elevate concentrazioni di Azoto nitrico, mentre quello meridionale mostra concentrazioni molto più modeste man mano che ci si approssima allo sbocco a mare.

5.3. ACCERTAMENTI PROGRAMMATI

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 si è tenuto conto delle indicazioni fornite dallo Studio di Impatto Ambientale e dalle prescrizioni V.I.A.

Andranno verificate nella fase ante operam le possibilità reali di monitoraggio legate alle condizioni idrografiche dello stesso (presenza d'acqua durante l'anno). Allo stato dell'arte, per i corpi idrici individuati non si prevedono problematiche operative.

Il sito sarà tenuto 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.

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.

5.3.1. MONITORAGGIO ANTE OPERAM (AO)

Il Monitoraggio Ante Operam (AO) 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.

Nella fase di AO vengono anche definiti gli interventi possibili per ristabilire condizioni di disequilibrio che dovessero verificarsi in Corso d'Opera, garantendo un quadro di base delle

PROGETTAZIONE ATI:

conoscenze delle particolarità del fiume tale da evitare soluzioni non compatibili con il particolare ambiente idrico.

La fase di AO, di definizione dello stato antecedente le attività, dovrebbe basarsi su una serie di dati sufficientemente lunga da coprire in maniera soddisfacente il campo di variabilità del corso d'acqua. Si farà pertanto riferimento ai dati esistenti, aggiornandoli con opportuni rilievi. Il Monitoraggio offrirà quindi una "istantanea" del corso d'acqua da confrontare con dati preesistenti o con modelli teorici. Stanti le premesse fornite, si opererà mediante analisi fisico-chimico-batteriologiche su sezioni appositamente scelte in relazione all'opera in progetto. Sono state 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 AO 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.

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 a valle ed a monte 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.

5.3.1.1. Parametri da determinare in AO

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

Analisi chimico-batteriologiche (metodica A1):

- pH, Eh, ossigeno disciolto, temperatura, conducibilità elettrica specifica (con strumentazione multiparametrica di campo),
- azoto totale, nitriti, nitrati
- cloruri,
- solfati,
- Al, Cr tot, Zn, Fe, Cu, Ni, Pb, As, Cd, Hg
- Idrocarburi totali e Idrocarburi Policiclici Aromatici,
- coliformi totali, coliformi fecali, streptococchi fecali, Escherichia coli;
- COD, BOD5;
- Erbicidi;
- Solidi sospesi totali;
- determinazione dell'Indice STAR_ICMi. L'indice STAR_ICMi si basa sull'analisi della struttura della comunità di macroinvertebrati bentonici. I macroinvertebrati bentonici sono considerati buoni indicatori poichè i diversi gruppi presentano differenti sensibilità all'inquinamento, oltre che diversi ruoli trofici; inoltre, essendo difficilmente mobili, indicano con immediatezza le eventuali alterazioni dell'ambiente; hanno un ciclo vitale lungo che permette di rilevare impatti minimi protratti nel tempo e sono facilmente campionabili. L'indice consente quindi di formulare diagnosi sulla qualità di ambienti di acque correnti sulla base delle modifiche nella composizione della comunità macrobentonica indotte da fattori di inquinamento.

Misure idrologiche e di carattere chimico-fisico (metodica A2)

- portata (da eseguirsi con mulinello idrometrico o con metodo volumetrico o con metodo del galleggiante).

5.3.1.2. Frequenza delle operazioni di AO

Si è scelto di monitorare tutti corpi idrici significativi potenzialmente interessati, dato il contesto ambientale in cui si collocano e la presumibile qualità dei corpi idrici stessi.

PROGETTAZIONE ATI:

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

- Determinazioni speditive chimico-fisiche: trimestrale
- Determinazioni di laboratorio, chimiche e batteriologiche: trimestrale
- Determinazione indice STAR_ICMi: 1 volta

La durata complessiva della fase AO sarà di 6 mesi.

Sezione monitoraggio	Corso d'acqua	Posizione
IDRO_SUP 1	Canale IMBOI	Nei pressi del C.B. 01 e A.S. 01
IDRO_SUP 2	Area lagunare	Inizio intervento: SIC "Stagno di Cagliari, Saline di Macchiareddu, Laguna di Santa Gilla"

5.3.1. MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA (CO)

Il Monitoraggio in Corso d'Opera (CO) 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 (AO), che fornisce una fotografia dello stato esistente, senza alcun giudizio in merito alla sua qualità, la fase di CO 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 CO dovrà avviare le procedure di verifica, per confermare e valutare lo scostamento, e di indagini 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.

5.3.1.1. Parametri da determinare in CO

In fase di CO i parametri previsti da monitorare sono gli stessi previsti in fase di AO.

5.3.1.2. Frequenza delle operazioni di CO

Durante le lavorazioni correnti, saranno effettuate misure e determinazioni di campagna e campionamenti per analisi chimiche e batteriologiche trimestrali; la determinazione dell'indice STAR_ICMi sarà effettuata con frequenza semestrale.

- Determinazioni speditive chimico-fisiche: trimestrale
- Determinazioni di laboratorio, chimiche e batteriologiche: trimestrale
- Determinazione indice STAR_ICMi.: semestrale

Sezione monitoraggio	Corso d'acqua	Posizione
IDRO_SUP 1	Canale IMBOI	Nei pressi del C.B. 01 e A.S. 01
IDRO_SUP 2	Area lagunare	Inizio intervento: SIC "Stagno di Cagliari, Saline di Macchiareddu, Laguna di Santa Gilla"

5.3.2. MONITORAGGIO POST OPERAM (PO)

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 di 12 mesi. Le sezioni sottoposte a monitoraggio coincidono con quelle relative al monitoraggio in Corso d'Opera.

5.3.2.1. Parametri da determinare in PO

In fase di PO i parametri previsti da monitorare sono gli stessi previsti in fase di AO e CO.

5.3.2.1. Frequenza delle operazioni di CO

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

- Determinazioni speditive chimico-fisiche: semestrale
- Determinazioni di laboratorio, chimiche e batteriologiche: semestrale
- Determinazione indice STAR_ICMi: 1 volta

La durata complessiva della fase PO sarà di 12 mesi.

5.4. 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, onde assicurare la riproducibilità e l'attendibilità delle misure al variare dell'ambiente e dell'ambito emissivo

5.4.1. 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'idonea 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;

PROGETTAZIONE ATI:

- 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.

5.4.2. METODOLOGIA DI ESECUZIONE DELLE ANALISI

5.4.2.1. Analisi chimico fisiche

Le analisi chimico-fisiche saranno svolte presso laboratorio accreditato ACCREDIA. L'affidabilità del dato analitico delle analisi di campo eseguite con strumentazione multiparametrica portatile sarà invece garantita dagli interventi di calibrazione periodica della stessa, da eseguirsi prima di ogni campagna di indagine.

5.4.2.2. Analisi Batteriologiche

Per le analisi batteriologiche si farà riferimento alle seguenti metodiche:

Parametro	Metodo	Limite di rilevabilità	Principio del metodo
Coliformi totali	APAT 7010	0 col/100cc	Colture di colonie batteriche su terreni specifici e conta diretta
Coliformi fecali	APAT 7020	0 col/100cc	Colture di colonie batteriche su terreni specifici e conta diretta
Streptococchi fecali	APAT 7030	0 col/100cc	Colture di colonie batteriche su terreni specifici e conta diretta

5.4.2.3. Misurazioni di portata

L'esecuzione delle misure di portata nel caso specifico di progetto verrà effettuata con galleggiante, determinando la velocità superficiale e osservando il tempo necessario ad un galleggiante per transitare tra sezioni a distanza nota e di cui si conosce la geometria, o con il metodo volumetrico.

6. ACQUE SOTTERANEE

Il Progetto di Monitoraggio dell'Ambiente Idrico Sotterraneo ha lo scopo di evidenziare le eventuali significative variazioni quantitative e qualitative, determinate dalla realizzazione delle opere in progetto sugli equilibri idrogeologici.

L'eventualità di contaminazione delle falde idriche ad opera di ipotetici inquinanti va riferita, essenzialmente, all'ipotesi di sversamento accidentale di sostanze nocive.

Il rischio derivante dalle potenziali attività d'interferenza potrà essere ridotto sia attraverso un accurato controllo delle varie fasi lavorative in ciascuna delle aree logistiche fisse e mobili 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).

6.1. RIFERIMENTI NORMATIVI

Per quanto riguarda i riferimenti normativi, valgono gli stessi precedentemente esposti per le acque superficiali.

6.2. OBIETTIVI DEL MONITORAGGIO, STRUMENTAZIONE DI MISURA E PARAMETRI DA MONITORARE

Le interferenze prodotte dall'opera, in fase di realizzazione, sull'ambiente idrico superficiale sono sinteticamente riconducibili all'alterazione delle caratteristiche chimiche e chimico-fisiche.

Al fine di garantire l'aderenza agli standard nazionali e la confrontabilità con i dati raccolti dalle reti locali e regionali di monitoraggio, il programma di monitoraggio delle risorse idriche sotterranee prende come riferimento lo stato di qualità ambientale delle acque sotterranee relativo alle classificazioni dello stato quantitativo e dello stato chimico riportate dal D.Lgs. 152/99.

Stato quantitativo

Sulla base del comma 4.4.1 del D.Lgs. n.152/99 i parametri di riferimento per la classificazione quantitativa dei corpi idrici sotterranei devono essere rappresentativi delle caratteristiche dell'acquifero: tipologia, piezometria, permeabilità, coefficiente di immagazzinamento, portata e prelievi.

Stato chimico

Sulla base del comma 4.4.2 del D.Lgs n.152/99, lo stato chimico delle acque sotterranee, articolato in 5 classi chimiche, viene definito in relazione ad una serie di macrodescrittori selezionati tra i seguenti parametri di base: temperatura, durezza, conducibilità elettrica, bicarbonati, calcio, cloruri, magnesio, potassio, sodio, solfati, ione ammonio, ferro, manganese, nitrati.

6.2.1. CRITERI PER LA SELEZIONE DEI PUNTI DI MONITORAGGIO

Per la scelta e la definizione dei punti di monitoraggio bisogna tenere conto della tipologia delle lavorazioni, individuando quelle 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.

Le possibili interferenze con le acque sotterranee ed i conseguenti potenziali impatti, possono verificarsi in conseguenza dell'interessamento dell'interfaccia tra la falda e l'idrografia superficiale.

Per ciascun punto di monitoraggio sono previste misure di campo, prelievo di campioni e analisi di laboratorio.

Le natura delle opere in progetto rendono comunque improbabili perturbazioni apprezzabili della superficie freatica e di conseguenza del rapporto tra le acque dolci e quelle salate.

6.2.2. CRITERI PER LA SCELTA DEI PARAMETRI DA MONITORARE

I criteri adottati sono quelli individuati dal Piano di Tutela delle Acque. 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:

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.

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

6.2.3. MONITORAGGIO ANTE OPERAM

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

- Acquisizione presso gli enti locali deputati al controllo delle acque sotterranee di dati che possono essere utili ai fini del progetto di monitoraggio;
- Coordinamento delle attività sulla base del programma temporale dei lavori;
- Misura dei livelli piezometrici;

- Definizione delle caratteristiche fisico-chimico e batteriologiche delle acque sotterranee tramite il prelievo e l'analisi di campioni d'acqua dai piezometri;
- Verifica dei pozzi presenti nel raggio di 200 metri dal perimetro dell'area di monitoraggio, od eventualmente presenti in essa, con rilievo delle caratteristiche e 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.

6.2.3.1. Parametri da determinare

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

- misura livello statico;
- temperatura dell'acqua;
- temperatura dell'aria;
- potenziale redox.
- chimico-batteriologiche, quali:

pH	durezza totale
alcalinità	cloruri
solfati	azoto ammoniacale
nitriti	nitriti
conducibilità elettrica specifica	fosforo totale
ferro	ossidabilità al permanganato
calcio	magnesio
rame	cadmio
piombo	cromo
composti organoalogenati	idrocarburi policiclici aromatici
esterichia coli	coliformi
coliformi fecali	streptococchi fecali

6.2.3.2. Frequenza delle operazioni

Immediatamente prima della fase di costruzione dovrà essere eseguita una serie di campagne complete di prelievi e misure.

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. Verrà effettuata una misurazione per ogni punto.

6.2.1. MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA

In questa fase si prevede:

- Misura dei livelli piezometrici nei punti di misura;
- Accertamento di eventuali variazioni significative delle caratteristiche fisico-chimiche delle acque sotterranee, indotte dalla realizzazione delle opere (fondazione, scavi) o di eventi accidentali che si possano verificare, tramite prelievo e l'analisi di campioni d'acqua dai piezometri di ciascun'area.

PROGETTAZIONE ATI:

6.2.1.1. Parametri da determinare

Nel monitoraggio in corso d'opera i parametri da monitorare previsti sono gli stessi dell'Ante Operam.

6.2.1.2. Frequenza delle operazioni

Le attività di monitoraggio, in ogni punto, saranno effettuate con frequenza semestrale

6.2.1. MONITORAGGIO IN POST OPERAM

Non si prevede di eseguire il monitoraggio in questa fase.

6.2.2. METODOLOGIE DI RILEVAMENTO E CAMPIONAMENTO

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.

6.2.2.1. 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.

6.2.2.2. Prelievo di campioni d'acqua – Linee guida

Lo scopo di un programma di campionamento è quello di ottenere dei campioni di acqua di falda rappresentativi delle condizioni locali, che possano essere utilizzati per le analisi dilaboratorio; pertanto le operazioni di campionamento devono essere documentate in modo da soddisfare le seguenti caratteristiche:

- Attendibilità;
- Controllabilità;
- Ripetibilità.

Quanto descritto in questo capitolo si applica al prelievo di campioni d'acqua naturale in piezometri che siano stati attrezzati con tubazioni finestrate in PVC atossico, o 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 all'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), o alla lunga permanenza dell'acqua all'interno della tubazione di rivestimento dovuta al tempo trascorso tra due campagne di misure programmate.

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

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

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

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

Nel caso dei piezometri costruiti per il monitoraggio, occorre una particolare attenzione alle operazioni di chiarificazione. La natura dei terreni attraversata 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 sarà 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.

PROGETTAZIONE ATI:

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 e 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 e 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 protetto 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.

È 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.

È 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 alle varie profondità, in ogni singola stazione

PROGETTAZIONE ATI:

(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.

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. Deroche 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.

6.2.2.3. Modalità di campionamento

La raccolta avverrà attraverso prelievo programmato di campioni ed effettuazione analisi di laboratorio. Le informazioni ricavate saranno riportate in apposite schede. 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. 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 ciascun punto e in ciascuna delle fasi temporali. In particolare i campionamenti 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. Ad esempio, bisognerà evitare 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.

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.

6.2.3. LOCALIZZAZIONE DEI PUNTI DI MONITORAGGIO

I punti di monitoraggio individuati sono tre e corrispondono ai piezometri installati nel 2020 e nel 2018.

Sezione monitoraggio	Posizione
IDRO_SOTT 1	Piezometro S11_pz
IDRO_SOTT 2	Piezometro S9_pz
IDRO_SOTT 3	Piezometro S5

6.3. SINTESI OPERATIVA DEL PIANO

Di seguito si riporta la tabella riepilogativa dei monitoraggi previsti.

CODICE PUNTO	AO			CO			PO		
	DURATA AO (ANNI)	RILIEVI/ANNO AO	TOT AO	DURATA CO (ANNI)	RILIEVI/ANNO CO	TOT CO	DURATA PO (ANNI)	RILIEVI/ANNO PO	TOT PO
IDRO_SOTT 1	1	1	1	2,5	2	5	0	0	0
IDRO_SOTT 2	1	1	1	2,5	2	5	0	0	0
IDRO_SOTT 3	1	1	1	2,5	2	5	0	0	0

PROGETTAZIONE ATI:

7. SUOLO

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.

7.1. USO DEL SUOLO ATTUALE

Adottando il metodo di classificazione Corine land cover (CLC), e basandosi sulla Carta dell'uso del suolo elaborata a cura della Regione Sardegna (agg. 2008) e dei sopralluoghi effettuati nell'area di intervento si riconoscono, procedendo da sud verso nord nell'immediato intorno dell'infrastruttura in progetto:

- 2.1.2.1 - Seminativi semplici e colture orticole;
- 2.1.1.2 - Prati artificiali;
- 2.2.3 - Oliveti;
- 3.2.2.2 - Formazioni di ripa non arboree;
- 1.2.1.2 - Insediamento di grandi impianti di servizi;
- 1.2.1.1 - Insediamenti industriali, artigianali e commerciali e spazi annessi;
- 1.2.2.1 - Reti stradali e spazi accessori
- 4.2.2 - Saline;
- 3.1.1.2.1 - Pioppeti, saliceti, eucalipteti anche in formazioni miste;
- 2.4.1.1 - Colture temporanee associate all'olivo.

L'elemento prevalente interferito dal progetto è costituito dalle aree a seminativi semplici (in giallo nella figura), che nel tratto più a nord presentano vasti appezzamenti di forma regolare, mentre a sud si presentano maggiormente parcellizzate e intercalate da colture in serra e orticole e frutteti, spesso costituiti da oliveti. Essi afferiscono alla categoria dei seminativi irrigui, ossia alle colture irrigate stabilmente e periodicamente grazie a un'infrastruttura permanente (canale d'irrigazione, rete di drenaggio, impianto di prelievo e pompaggio di acque). La maggior parte di queste colture non potrebbe realizzarsi senza l'apporto artificiale di acqua.

Ovviamente anche la componente industriale (aree in violetto) è fortemente rappresentata nell'area, data la decennale destinazione d'uso dei luoghi.

Gli elementi naturali sono relegati alle formazioni riparie poste lungo i canali e a margine delle saline, in genere caratterizzate da vegetazione non arborea, facendo eccezione per alcune fasce di eucalipti presenti in più punti lungo il tracciato. Tutta la zona a est è dominata dalla presenza delle saline.

Si evidenzia che gran parte del tracciato, ad eccezione del solo tratto più a sud, ricade nella fascia di territorio che risulta marginale in quanto interclusa tra l'asse stradale dorsale CASIC esistente e il fascio tubiero, o direttamente afferente all'asse stradale preesistente. Tale fascia è prevalentemente classificata come "Seminativi semplici e colture orticole" o come "Prati artificiali".

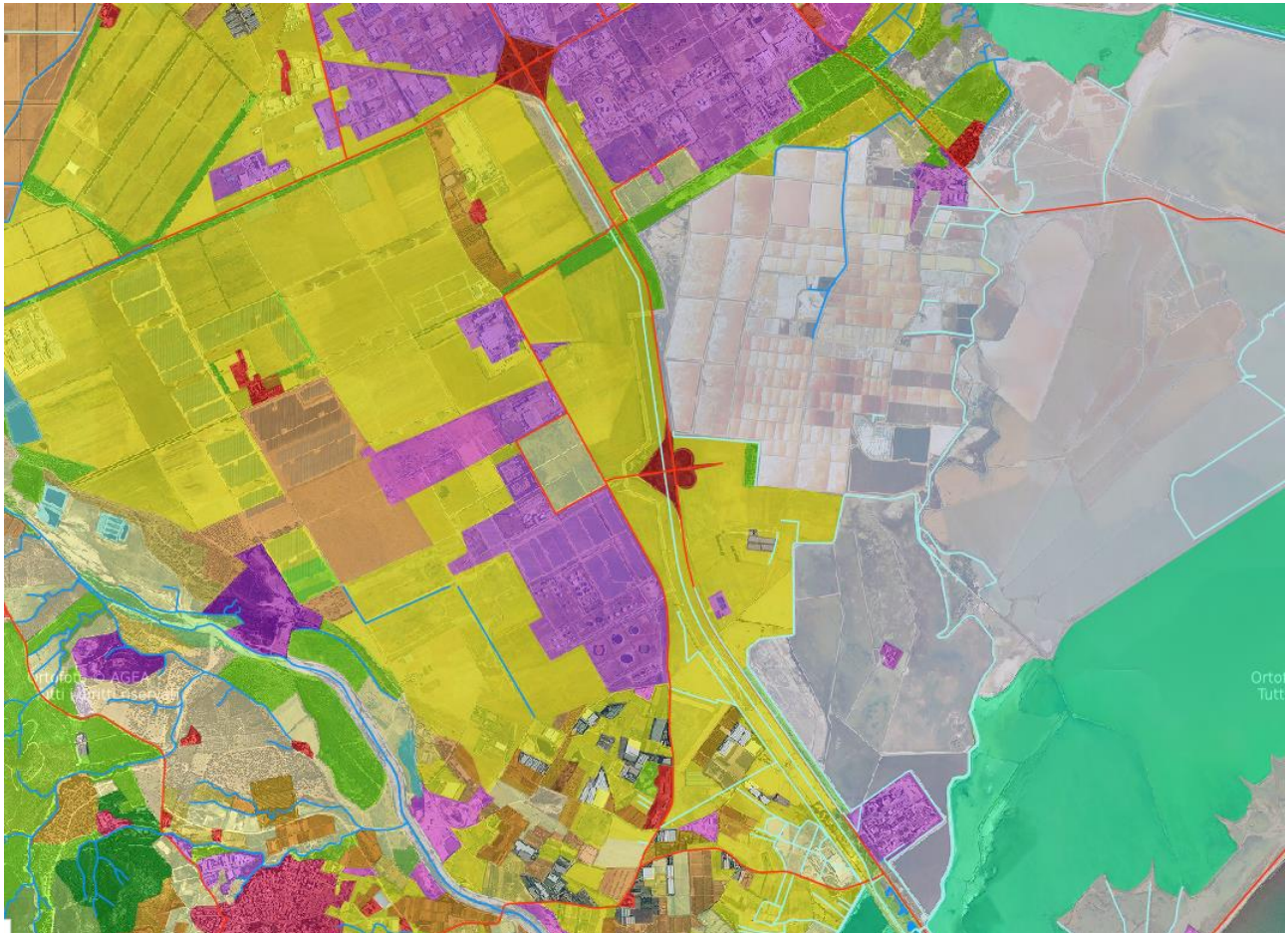


Figura 7-1: Stralcio dalla carta dell'uso del suolo

7.2. 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.

7.3. ACCERTAMENTI IN CORSO D'OPERA

Il monitoraggio in corso d'opera sarà mirato fondamentalmente al controllo di eventuali sversamenti accidentali di sostanze inquinanti che potrebbero verificarsi in fase di cantiere e alla verifica del corretto svolgimento delle attività di rimozione e deposizione della matrice pedologica oggetto di scotico per futuro riutilizzo.

7.4. 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.

PROGETTAZIONE ATI:

7.5. 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 nazionali alle quali riferirsi, pertanto sono stati considerati i riferimenti scientifici internazionali. In particolare sono state seguite le indicazioni FAO, ISRIC (1990): Guidelines for Soil Description.

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

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

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

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

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 è possibile intervenire in tempi veloci garantendo un margine elevato di sicurezza, anche a seguito delle segnalazioni provenienti dall'Unità Ambientale di Cantiere e dal Responsabile Ambientale. Nel caso dovessero verificarsi contaminazioni accidentali, si prevedranno indagini extra e specifiche, in modo

PROGETTAZIONE ATI:

da assicurare una soluzione tempestiva del problema, in contemporanea a controlli sulle acque superficiali e sotterranee.

L'impermeabilizzazione dei suoli infine è più legata 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. 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.

7.6.1.1. Gli interventi

Il suolo interessato da operazioni di scotico per successivo riutilizzo nelle opere a verde sarà stoccato in cumuli rinverditi, limitando così la perdita delle sue caratteristiche agronomiche e mantenendo attivi i cicli di scambio gassoso con l'atmosfera.

Per quanto concerne le eventuali contaminazioni in corso d'opera, saranno 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

Nel caso dovessero concretizzarsi emergenze impreviste, verrà attivato comunque l'iter procedurale e le metodologie previste nel DM 152/06 e s.m.i.

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.

7.7. DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DI MISURAZIONE

I parametri che saranno oggetto di monitoraggio periodico relativamente alla risorsa suolo saranno fondamentalmente di tre tipi:

- parametri stazionali dei punti di indagine, dati sull'uso attuale del suolo, capacità d'uso e pratiche colturali precedenti all'inizio dei lavori;
- descrizione dei profili, mediante apposite schede, la classificazione pedologica ed il prelievo dei campioni;
- 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).

Di seguito il dettaglio dei parametri oggetto di monitoraggio.

7.7.1. PARAMETRI PEDOLOGICI (IN SITU – METODICA S1)

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.

PROGETTAZIONE ATI:

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 floristiche, 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 classi 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)

PROGETTAZIONE ATI:

Substrato pedogenetico

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

7.7.2. PARAMETRI CHIMICO-FISICI: IN SITU E/O IN LABORATORIO (METODICA S2)

Granulometria

Le analisi della distribuzione granulometrica del suolo servono a verificare che il materiale utilizzato nella fase finale di recupero del sito abbia caratteristiche granulometriche confrontabili (distribuzione tessiture) 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.

Conducibilità elettrica

I sali solubili presenti nel terreno, siano essi derivati dal suolo stesso, dalle acque di falda o di irrigazione o dalle concimazioni, sono indispensabili per la nutrizione delle piante, ma la loro concentrazione deve essere contenuta entro certi valori. Elevate concentrazioni saline possono, a seconda della specie ionica presente, provocare squilibri nutrizionali, effetti di tossicità per le piante, danni alla struttura del terreno e, in certi casi, modifiche del pH.

La conducibilità elettrica dell'estratto saturo del terreno, o in alternativa di sospensioni suolo/acqua in diversi rapporti, essendo strettamente proporzionale alla pressione osmotica, è un indice efficace e di facile utilizzo per la diagnosi di salinità. Non è sufficiente considerare la concentrazione di sali solubili per conoscere l'effetto negativo indotto sulle piante dall'aumento della pressione osmotica in quanto bisogna tener conto, a parità di contenuto salino, anche della differente capacità di ritenzione idrica dei terreni, aspetto in grado di regolare la concentrazione salina e la pressione osmotica della soluzione del suolo.

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.

Sostanza organica

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:

PROPRIETÀ	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

PROGETTAZIONE ATI:

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.

Calcarea totale

Per calcarea totale si intende la componente minerale del terreno costituita prevalentemente da carbonati di calcio, magnesio e sodio. Dato che il primo è predominante rispetto agli altri e il metodo analitico non permette la distinzione fra le varie forme, convenzionalmente il calcarea del terreno viene espresso come carbonato di calcio (CaCO₃). Esso può costituire in alcuni suoli alcalini più della metà della frazione solida del terreno contribuendo in maniera determinante a definirne le proprietà; nei terreni acidi invece esso è raramente presente e comunque in quantità molto basse, tanto che quando il pH è inferiore a 6,5 la determinazione del calcarea può essere tralasciata. La presenza di calcarea nel suolo, entro certi limiti, è da considerarsi positiva per la funzione nutrizionale esplicata dal calcio nei riguardi delle piante e per gli effetti favorevoli sulla struttura e sulla mineralizzazione delle sostanze organiche. Quando però esso è presente in quantità eccessive e soprattutto in forme mineralogiche molto attive, si possono manifestare i tipici inconvenienti dei terreni "costituzionalmente alcalini"

Idrocarburi pesanti con C>12

La verifica di eventuali contaminazioni del suolo a seguito di sversamenti accidentali sarà effettuata mediante l'analisi del parametro idrocarburi pesanti (C>12). I limiti di riferimento saranno quelli di cui alla Tab. 1., Col. A/B (in funzione della destinazione d'uso del sito di campionamento) del D.Lgs. 152/06 e s.m.i.

Metalli pesanti

Sono di norma definiti metalli pesanti gli elementi che presentano una densità superiore a 5 g/cm³ e che si comportano per lo più come cationi. Di questi solamente una dozzina sono di interesse biologico. Pur potendo provenire da fonti molto diverse, hanno alcuni caratteri comuni:

- non decadono con il tempo, diversamente dai composti organici o dai radionuclidi;
- sono spesso tossici, al di sopra di determinate soglie, per organismi animali e/o vegetali;
- sono sempre presenti, a concentrazioni variabili, anche nei suoli incontaminati, cioè esiste sempre un valore di fondo non antropico, definito come livello di fondo naturale.

Alcuni di questi elementi rivestono un ruolo particolare nelle catene alimentari in quanto risultano essere tossici per gli organismi viventi, soprattutto piante ed animali, a concentrazioni relativamente basse rispetto agli altri elementi presenti in natura.

I metalli nel suolo possono essere presenti in forme diverse:

- come ioni disciolti nella soluzione circolante;
- come sali insolubili;
- come ioni assorbiti sui colloidali (argille o sostanze organiche);

PROGETTAZIONE ATI:

- come componenti dei microrganismi;
- come componenti dei tessuti vegetali.

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 di alcuni dei metalli.

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, sia da particolari attività di carattere antropico (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.

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

I metalli che saranno oggetto di analisi nel corso del monitoraggio periodico sono i seguenti:

- Arsenico
- Cadmio
- Cromo
- Rame
- Mercurio
- Nichel
- Piombo
- Zinco

7.8. 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 stagionali dell'area di appartenenza.

7.8.1. TRIVELLATE PEDOLOGICHE

Le trivellate saranno effettuate manualmente, con l'uso della trivella pedologica a punta elicoidale, a diametro di 6 cm, fino a 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:

- ruotare la trivella su se stessa per scavare;
- 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;

PROGETTAZIONE ATI:

- 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.

7.8.2. 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.

7.8.3. ANALISI DI LABORATORIO

Su campioni prelevati dagli orizzonti superficiali del terreno saranno 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 del campione 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.

Conducibilità Elettrica

La misura della conducibilità della soluzione del terreno viene eseguita con un conduttimetro su estratti saturi (ECe), oppure su sospensioni di terreno in acqua in rapporto (peso/peso) 1:2,5 (EC 1:2,5) o 1:5 (EC 1:5) e viene espressa in mS/cm. I valori ottenuti misurando l'estratto a saturazione risultano tuttavia i più correlati con le condizioni di campo.

pH

Il pH del terreno viene determinato per via potenziometrica in una dispersione di terreno in acqua distillata preparata in condizioni standard con rapporto terreno/acqua pari a 1:2,5 in peso. È importante rispettare queste proporzioni perché il pH risulta tanto più basso quanto minore è il rapporto terreno/acqua.

Sostanza organica

Metodo di Walkley – Black o analisi tramite analizzatore elementare. Il quantitativo di sostanza organica sarà calcolato a partire dal quantitativo di C Organico moltiplicato per 1,72.

Calcare Totale

Il calcare totale viene determinato con metodo gasvolumetrico basato sulla determinazione del volume di anidride carbonica (CO₂) che si sviluppa dal contatto del suolo con una soluzione di acido cloridrico (HCl); tale volume infatti è proporzionale al CaCO₃ presente poiché è il prodotto della seguente reazione quantitativa: $CaCO_3 + 2 HCl > CaCl_2 + CO_2 + H_2O$.

Considerando temperatura e pressione atmosferica, che condizionano il volume della CO₂, dalla quantità di CO₂ sviluppata si risale al contenuto in calcare totale del suolo espresso come % di CaCO₃.

Idrocarburi totali

I metodi di misura degli idrocarburi adottati dai laboratori delle ARPA/APPA variano in funzione della matrice indagata. Con riferimento alle matrici solide:

- i metodi ISO 16703:2004 consentono la misura degli idrocarburi compresi nell'intervallo C10-C40 per frazioni di massa comprese tra 100 e 10000 mg/kg ss. Il limite inferiore di questo campo di applicazione può essere ulteriormente ridotto per esempio concentrando l'estratto prima dell'analisi; i laboratori devono garantire che il Limite di Quantificazione (LOQ) sia almeno il 50% del limite di legge.

Esistono anche altri metodi per la preparazione del campione e la determinazione strumentale degli idrocarburi quali, ad esempio, quelli pubblicati dall'EPA per la preparativa del campione (EPA 3540 C – 3545 A per le matrici solide), metodi di analisi con tecniche GC-FID (EPA 8015 D), metodi di analisi all'infrarosso (EPA 8440) ecc.

Metalli pesanti

L'analisi per la determinazione dei metalli pesanti totali viene eseguita mineralizzando il suolo con una soluzione di acqua regia e quindi determinando i singoli metalli in spettrometria.

7.9. STATO ATTUALE DELL'AMBIENTE PER LA MATRICE PEDOLOGICA

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. I principali processi di degradazione del suolo nell'area di interesse sono attualmente attribuiti a fenomeni di erosione idrica e ruscellamento superficiale.

7.10. 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 aree attualmente destinate ad uso agricolo (prossime al progetto o ai cantieri o alla viabilità interessata dai mezzi di cantiere) o suoli in prossimità di aree naturali protette.

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.

Le aree di monitoraggio sono così identificate:

- Ante Operam: sarà effettuata 1 trivellata o 1 profilo pedologico;
- Corso d'Opera: non saranno effettuati monitoraggi, eventuali campionamenti saranno effettuati solo a seguito di sversamenti accidentali sulla matrice suolo.
- Post Operam: verranno replicate le misure effettuate nell'ante operam.

Nella tabella seguente sono indicati i punti di campionamento individuati per la matrice suolo.

Codice	Localizzazione	Frequenza
SUO 1	Area agricola "Id Campus"	1 volta
SUO 2	Presso sv. Di Capoterra/area protetta	1 volta

7.11. 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 verranno realizzate con frequenza semestrale, a meno che non si verifichino eventi eccezionali (sversamenti accidentali di idrocarburi o altri tipi di incidenti potenzialmente impattanti sulla matrice pedologica). 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 insoluti.

PROGETTAZIONE ATI:

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

7.12. 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.

8. VEGETAZIONE, FLORA E FAUNA

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 e delle osservazioni presentate da ISPRA, che richiamano, per alcune specifiche componenti, le più recenti Linee Guida per la predisposizione del Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA) delle opere soggette a procedura VIA (Indirizzi metodologici specifici Biodiversità: Vegetazione, Flora, Fauna, 13/03/2015).

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 le aree naturali prossime al tracciato di progetto, 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 alle fitocenosi presenti, agli habitat di interesse conservazionistico, oltre alle specie animali e vegetali;
- nel verificare la corretta attuazione delle azioni di salvaguardia e protezione delle componenti naturalistiche;
- nel controllare, nelle fasi di costruzione e post operam, l'evoluzione della vegetazione, degli habitat presenti e dello stato dei popolamenti faunistici, oltre a 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 del successo degli interventi di mitigazione nelle aree soggette a ripristino vegetazionale;
- nella verifica dell'efficacia degli interventi di mitigazione realizzati per diminuire l'impatto sulla componente faunistica, quali per esempio i sottopassi faunistici previsti dal progetto.

Con particolare riferimento agli habitat di maggiore interesse conservazionistico ai sensi della Direttiva Habitat (per es. habitat ripariali e/o di rilevanza locale), saranno monitorate le formazioni vegetali presenti in prossimità del tracciato; la localizzazione precisa dei siti di campionamento della fauna terrà inoltre in considerazione le emergenze sito specifiche e le relative vulnerabilità.

8.1. RIFERIMENTI SCIENTIFICI E NORMATIVI

8.1.1. 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 di inquadrare dal punto di vista fitosociologico le formazioni vegetali indagate, con riferimento anche alle relative caratteristiche di naturalità. Il confronto dei risultati tra la fase di AO e le successive di CO e PO forniranno indicazioni circa la possibile interferenza delle attività di cantiere con le caratteristiche di naturalità e la composizione delle fitocenosi indagate.

8.1.2. 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) e 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 permetterà di valutare il livello di antropizzazione

PROGETTAZIONE ATI:

dell'area e costituirà 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 rinvencono 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 saranno contrassegnate dalle sigle R ed RR rispettivamente, quelle rare o molto rare nelle regioni interessate con r ed rr. Sarà annotata l'eventuale presenza di specie protette a livello comunitario (Direttiva 92/43/CEE), nazionale (DPR 357/1997, DPR 120/2003) e regionale, eventualmente inserite all'interno delle Liste Rosse; saranno inoltre prese in considerazione le specie minacciate secondo i criteri IUCN applicati per l'Italia (Scoppola & Spampinato 2005; Rossi et al., 2013). Per tutte le specie considerate, la nomenclatura farà riferimento a checklist ufficiali (Conti F. et al. (eds.), 2005, An annotated checklist of the Italian vascular flora. Palombi editori) e relativi aggiornamenti (ad es.: Rossi et al., 2008).

Per quanto riguarda la determinazione di eventuali campioni dubbi o critici rilevati nel corso delle indagini, il testo di riferimento è Flora d'Italia (S. Pignatti, 1982; S. Pignatti, 2018).

8.1.3. FAUNA

8.1.3.1. 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.

Le diverse metodologie scelte per monitorare gli Uccelli risultano idonee per la presenza, nell'area in esame, di ambienti uniformi ed omogenei e di ambienti a prevalente sviluppo lineare, come i corsi d'acqua.

Lo studio sull'avifauna nidificante e legata agli ambienti umidi sarà condotto attraverso il 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:

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

dove p_i è la frequenza (F_r) 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-Pass. = 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.

8.1.4. FAUNA MOBILE TERRESTRE

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

- S. Debrot, G. Fivaz, C. Mermoud e J.M. Weber, 1982. Atlas des poils the mammiferes d'Europe. Neuchatei Institute de Zoologie;
- M.G Day, 1966. Identification of hair and feather remains in the gut and faeces of stoats and weasels. Journal of zoology, London, 148: 201-217;
- A. Lang, 1989. Tracce di animali (impronte, escrementi, pasti, borre, tane e nidi). Zanichelli ed.;
- R.W Brown, M.J Lawrence, J. Pope, 1996. Le tracce degli animali. Arnoldo Mondadori ed.;
- G. Corbet, D. Ovenden, 1985. Guida ai mammiferi d'Europa. Franco Muzzio Editore.;
- D. Stokes, 1986. A guide to animal tracking and behaviour Stokes nature guides;
- E. N. Arnold, A. Burton, 1985. Guida dei rettili e degli anfibi d'Europa. Franco Muzzio Editore;
- Allegati II e IV Direttiva 92/43/CEE;
- Allegato I Direttiva 2009/147/CE;
- Liste Rosse regionali e nazionali, ecc.

8.1.5. COMUNITÀ DI MACROINVERTEBRATI

L'analisi della struttura della comunità di macroinvertebrati bentonici è stata contemplata e pianificata nella componente relativa alle acque superficiali, per i principali corsi d'acqua interessati dall'opera, alla quale si rimanda per dettagli.

8.2. CARATTERISTICHE DELL'AREA DI INDAGINE

8.2.1. VEGETAZIONE E PAESAGGI VEGETALI

Lo Studio di Impatto Ambientale contiene la descrizione dettagliata delle componenti ambientali oggetto di monitoraggio. L'analisi dello stato attuale della componente è stata sviluppata in due fasi principali:

- inquadramento dell'area vasta, finalizzata a individuare i lineamenti vegetazionali e faunistici nell'ambito di area vasta, definita come quella porzione di territorio sufficientemente ampia per rappresentare le condizioni ecologiche generali e la struttura dei vari ambienti. Le caratteristiche e la struttura del sito direttamente interessate dalle opere di progetto, infatti, derivano e risentono della presenza e del grado di evoluzione ecologica delle aree circostanti.

PROGETTAZIONE ATI:

- caratterizzazione del corridoio di indagine, effettuata mediante un'analisi dettagliata del territorio direttamente influenzato dalla realizzazione ed esercizio dell'opera, e comprendente l'analisi fitoclimatica, vegetazionale e faunistica.

In base alla letteratura disponibile e agli esiti dei sopralluoghi condotti nell'area, lo studio vegetazionale ha permesso di individuare la composizione floristica e la struttura delle principali formazioni vegetazionali presenti (vegetazione reale), con lo scopo di caratterizzare gli elementi vegetazionali di maggiore valore, meritevoli di interventi di conservazione o di riqualificazione. Nello studio della vegetazione è stata inoltre definita la dinamica ecologica in atto; ciò è parso fondamentale anche per prevedere l'evoluzione futura delle cenosi stesse e valutare gli impatti generati dal progetto su tali comunità.

Le analisi vegetazionali, così condotte, hanno consentito di individuare i potenziali impatti prodotti dall'opera e di guidare il processo di definizione degli interventi di mitigazione e compensazione ambientale, indicando le specie e le tipologie vegetazionali più idonee, sia dal punto di vista ecologico, che tecnico-strutturale.

L'analisi su area vasta che ha come baricentro l'area di intervento evidenzia un complesso mosaico di comunità vegetali quale conseguenza della variabilità delle componenti litologiche e geomorfologiche che occupano porzioni diverse del territorio.

L'interpretazione del paesaggio vegetale su base dinamica è stata restituita facendo riferimento alla Carta delle serie di vegetazione della Sardegna (Bacchetta et al., 2009) di cui si riporta uno stralcio in **Figura 2**. Partendo come base da questo documento, si descriveranno in forma sintetica le formazioni mature, considerate come stadio stabile e finale delle serie di vegetazione e le cenosi di degradazione di tali formazioni che di norma hanno carattere maggiormente transitorio. In questo scritto, oltre alla descrizione fisionomica delle cenosi presenti, si farà riferimento anche alla classificazione fitosociologica quale elemento sintetico ed univoco riconosciuto ed usato in campo ecologico per designare la composizione floristica e l'ecologia delle comunità vegetali. (funzionale anche alla valutazione degli impatti).

La vegetazione forestale è pressoché assente e confinata nelle aree più marginali per morfologia e fertilità dei suoli. La parte meridionale del Campidano, all'interno della quale è inclusa l'area di intervento, è caratterizzata dalla potenzialità per la serie sarda calcifuga, termo-mediterranea della sughera, (*Galio scabri-Quercetum suberis*), serie in cui si trova localizzata l'area di intervento. Questa serie si sviluppa su substrati granitici della Sardegna orientale e centro-meridionale talvolta su metamorfiti ad altitudini comprese tra 200 e 550 m s.l.m., sempre in ambito bioclimatico Mediterraneo pluvistagionale oceanico, con condizioni termo ed ombrotipiche variabili dal termomediterraneo superiore subumido inferiore al mesomediterraneo inferiore subumido superiore.

La fisionomia dello stadio maturo è costituita da mesoboschi climatofili ed edafoxerofili a dominanza di *Quercus suber* con *Q. ilex*, *Viburnum tinus*, *Arbutus unedo*, *Erica arborea*, *Phillyrea latifolia*, *Myrtus communis* subsp. *communis*, *Juniperus oxycedrus* subsp. *oxycedrus*. Lo strato erbaceo è caratterizzato da un corteggio floristico termofilo al quale partecipano *Galium scabrum*, *Cyclamen repandum* e *Ruscus aculeatus*.

Stadi della serie: la vegetazione forestale è sostituita da:

- dense macchie alte arbustive a dominanza di *Arbutus unedo*, *Erica arborea* ed *Erica scoparia* riferibili all'associazione *Erico arborea-Arbutetum unedonis*. In genere queste macchie hanno uno scarsissimo contenuto di specie erbacee, ed il loro valore naturalistico è piuttosto basso, a causa della loro povertà floristica e dell'alta instabilità causata dal periodico ripetersi di cause di disturbo (tagli, incendi, pascolo);
- garighe a *Cistus monspeliensis* e *C. salviifolius* delle classi Cisto-Lavanduletea e Rosmarinetea;
- prati stabili emicriptofitici a *Dactylis glomerata* subsp. *hispanica* e *Brachypodium retusum* della classe Poetea bulbosae;
- pratelli terofitici riferibili alla classe Tuberarietea guttatae.

PROGETTAZIONE ATI:

In contatto catenale con il *Galio scabri-Quercetum suberis* si rinviene il geosigmeto sardo, alofilo, termomediterraneo delle aree salmastre, degli stagni e delle lagune costiere (*Ruppietea*, *Thero-Suaedetea*, *Saginetea maritimae*, *Salicornietea fruticosae*, *Juncetea maritimi*, *Phragmito-Magnocaricetea*). Si tratta di un mosaico composto da diverse comunità acquatiche alofile che si alternano/avvicinano in dipendenza del livello dell'acqua e della salinità.

Nello specifico si tratta di:

- piante cormofitiche radicate e briofite, perenni, alofile che si sviluppano in stagni salmastri costieri e continentali, temporanei e permanenti, e nelle lagune. (*Ruppietea*) 1150*: Lagune costiere;
- vegetazione pioniera di salicornie annuali, litorale o continentale delle paludi salmastre temporaneamente inondate e delle saline (*Thero-Suaedetea*);
- comunità terofitiche, alofile e subalofile che si localizzano in zone interne e costiere, prevalentemente in macrobioclima temperato, anche nella variante submediterranea su substrati argillosi o argilloso-sabbiosi. (*Saginetea maritimae*);
- comunità mediterranee dominate da giunchi che si rinvengono nelle depressioni lungamente inondate da acque salmastre nelle bordure degli stagni lagunari su substrati da sabbioso-limosi a limoso-sabbiosi. Il livello dell'acqua e della sua salinità possono variare in rapporto alla posizione topografica e al disseccamento estivo (*Juncetea maritimi*);
- comunità perenni elofitiche che colonizzano ambienti paludosi, lacustri e fluviali, su suoli da eutrofici a meso-oligotrofici, di acque dolci e salmastre (*Phragmito-Magnocaricetea*).

Nelle alture situate ad ovest dell'area di intervento si sviluppa un ulteriore tipo di vegetazione zonale inquadrata nella serie sarda calcifuga termomediterranea del leccio (*Pyro spinosae-Quercetum ilicis*) presente su substrati argillosi a matrice mista calcicola-silicicola sempre in bioclima Mediterraneo pluvistagionale oceanico, piano fitoclimatico termomediterraneo con ombrotipi da secco inferiore a subumido inferiore.

Lo stadio maturo è rappresentato da microboschi climatofili sempreverdi a *Quercus ilex* e *Quercus suber* a cui si accompagnano nello strato arbustivo alcune caducifoglie come *Pyrus spinosa*, *Prunus spinosa* e *Crataegus monogyna*, oltre ad entità termofile come *Myrtus communis* subsp. *communis*, *Pistacia lentiscus* e *Rhamnus alaternus*, *Clematis cirrhosa* e *Smilax aspera*. Nello strato erbaceo le specie più abbondanti sono *Arisarum vulgare*, *Arum italicum* e *Brachypodium retusum*.

Stadi della serie

Le formazioni di sostituzione sono rappresentate da arbusteti densi, di taglia elevata, a *Pistacia lentiscus*, *Rhamnus alaternus*, *Pyrus spinosa*, *Crataegus monogyna*, *Myrtus communis* subsp. *communis* (associazione *Crataego monogynae-Pistacietum lentisci*) e da praterie emicriptofitiche e geofitiche, a fioritura autunnale, a *Bellis sylvestris*, *Ambrosinia bassii* e *Anemone hortensis* (associazione *Scillo obtusifoliae-Bellidetum sylvestris*). Infine, in corrispondenza delle cenosi ripariali che si insediano prevalentemente lungo il corso medio e inferiore dei corsi d'acqua della regione bioclimatica mediterranea su substrati di natura acida riferibili si identifica il Geosigmeto descritto dalle alleanze *Nerio oleandri-Salicion purpureae*, *Rubio ulmifolii-Nerion oleandrii*, *Hyperico hircini-Alnenion glutinosae* (**Figura 2**).

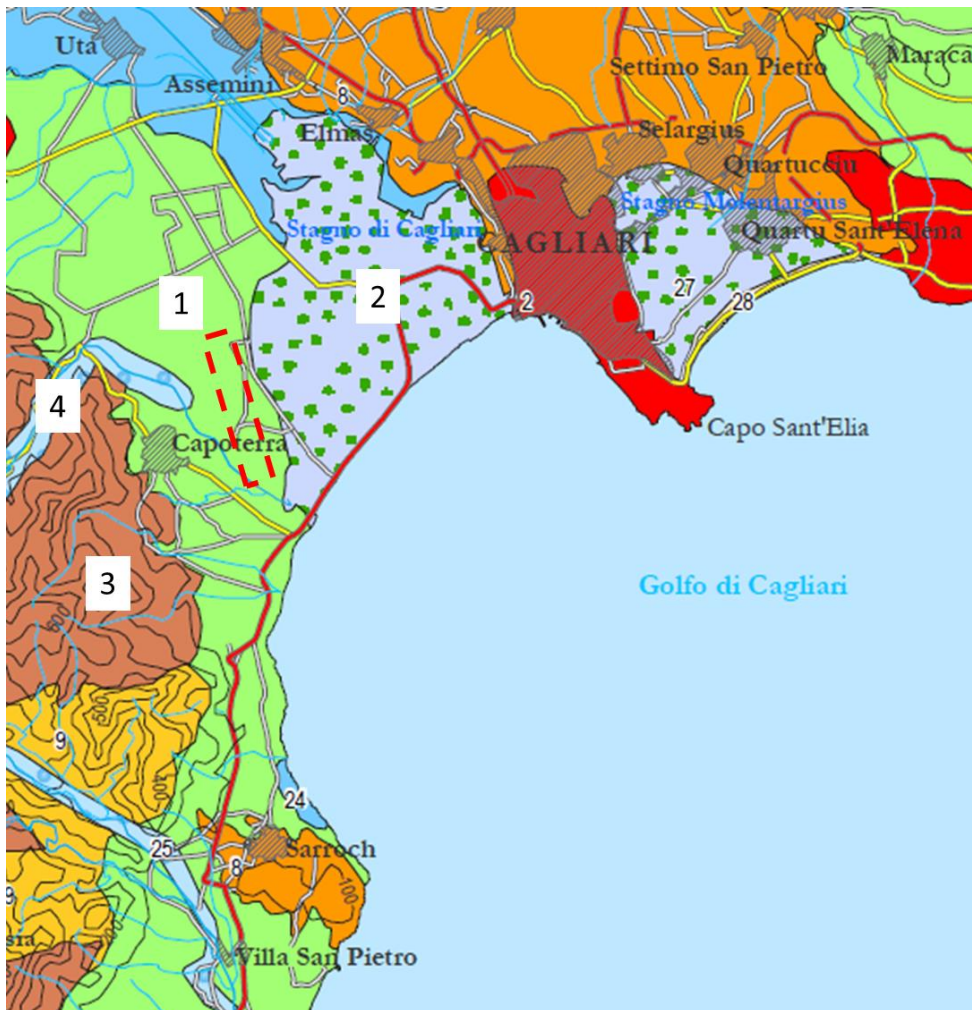


Figura 2 Stralcio della Carta delle serie di vegetazione della Regione Sardegna relativa all'area di intervento (rettangolo tratteggiato in rosso). Con il numero 1 in campitura bianca si indica la serie della sughera (*Galio scabri-Quercetum suberis*); con 2 il geosigmeto sardo, alofilo, termomediterraneo delle aree salmastre, degli stagni e delle lagune costiere; con 3 la serie del leccio (*Pyro spinosae-Quercetum ilicis*); con 4 il Geosigmeto delle cenosi ripariali

8.3. COMUNITÀ VEGETALI, HABITAT E SPECIE FLORISTICHE RINVENUTE NELL'AREA DI INTERVENTO

La descrizione delle comunità vegetali si baserà principalmente sulle specie fisionomiche presenti e rilevabili nell'epoca richiesta per la stesura di questo elaborato. Quando possibile, si è fatto uso anche dell'inquadramento fitosociologico a livello di associazione, prendendo come riferimento la cenologia di ambienti ecologici e fitogeograficamente simili.

La definizione dei diversi habitat, è stata eseguita tramite l'individuazione delle comunità vegetali, secondo quanto previsto nel Manuale di interpretazione degli Habitat Comunitari (EUROPEAN COMMISSION, 2007), e il Manuale di Interpretazione degli habitat italiani, consultabile on line.

L'analisi dei dati floristici e vegetazionali ha consentito di verificare la presenza di due habitat della rete Natura 2000; tra questi particolare rilievo rivestono gli habitat 1150 e 1510* inclusi come prioritari nell'Allegato I della Direttiva 92/43/CEE e già contemplati tra i 12 habitat riportati nel formulario standard del SIC ITB040023 – "Stagno di Cagliari, Saline di Macchiareddu, Laguna di Santa Gilla", confinante/adiacente all'area di intervento.

1. Comunità alofile a *Halopeplis amplexicaulis* (Vahl) Ces., Pass. & Gibelli

PROGETTAZIONE ATI:

Le comunità a *Halopeplis amplexicaulis* si sviluppano in aree contraddistinte da un carattere spiccatamente alofilo, xerofilo, in cui a brevi periodi di sommersione si alternano fasi di elevata xericità estiva che porta il suolo a fessurarsi diffusamente. Si tratta di comunità paucispecifiche composte in prevalenza da piante a ciclo fruttificante nel periodo estivo-autunnale rappresentate in forma dominante da terofite succulente. La composizione floristica, oltre a *Halopeplis amplexicaulis*, annovera *Parapholis incurva* (L.) C.E. Hubb., *Frankenia pulverulenta* L. subsp. *pulverulenta*, *Sarcocornia perennis* (Mill.) Scott, *Suaeda vera* J.F. Gmel. e *Hordeum marinum* Huds. Sebbene l'epoca del rilevamento non sia stata idonea per un completo censimento delle specie si avanza l'ipotesi che, così come descritta, la fitocenosi che ospita *H. amplexicaulis* può ascrivere alla associazione Halopeplidetum amplexicaulis Burrollet 1927 della classe Thero-salicornietea Tüxen in Tüxen & Oberdorfer ex Géhu & Géhu-Franck 1984.

Tale associazione risulta già individuata nel 2009 da De Matris e Serri per il Parco Naturale Regionale Molentargius-Saline dove si sviluppa nelle passerelle e negli argini argillosi delle caselle salanti dove è presente uno strato superficiale di NaCl.

In relazione alla Direttiva 92/43/CE questa fitocenosi può assimilarsi all'Habitat prioritario 1510* - Steppe salate mediterranee (Limonietalia).

Le aree occupate dalle comunità a *Halopeplis amplexicaulis*, di forma e dimensioni variabili, trovandosi rispetto alle zone limitrofe ad una quota di pochi centimetri più bassa, vengono inondate periodicamente nel periodo invernale. Di contro, le restanti aree circostanti sono tappezzate da una intensa vegetazione alofila a dominanza di *Halimione portulacoides* (L.) Aellen, *Sarcocornia fruticosa* (L.) L., *Salicornia perennis* Mill., *Limonium narbonense* Mill., *Triglochin barrelieri* Loisel., *Hordeum marinum* Huds., *Suaeda vera* J.F. Gmel., che risultano però escluse dall'area di intervento. Queste fitocenosi sono ascrivibili, prevalentemente, alla classe Sarcocornietea fruticosae Br.-Bl. & R. Tx. ex A. & O. Bolòs 1950 e all'habitat (sensu Direttiva 92/43/CE) 1420 - Praterie e fruticeti alofili mediterranei e termo-atlantici (Sarcocornietea fruticosi).

Queste cenosi sono in contatto catenale con le praterie emicriptofitiche dell'ordine Juncetalia maritimi dell'habitat 1410 "Pascoli inondatai mediterranei (Juncetalia maritimi) di cui si riportano alcune specie presenti: *Juncus maritimus* Lam., *Juncus acutus* L. subsp. *acutus*, *Plantago crassifolia* Forssk., *Limbardia crithmoides* (L.) Dumort. subsp. *crithmoides*, *Phragmites australis* (Cav.) Trin. Ex Steud., *Halimione portulacoides* (L.) Aellen, *Limonium narbonense* Mill. della classe Juncetalia maritimi Br. Bl. in Br.-Bl., Roussine et Nègre 1952

2. Comunità alofile a *Arthrocnemum glaucum* (Delile) Ung.-Sternb.

Si tratta di una vegetazione subalofila a dominanza di *Arthrocnemum glaucum* (= *Arthrocnemum macrostachyum* (Moric.) Moris) tipica degli stagni temporanei caratterizzati da un certo tenore di salinità del suolo e soggetti a periodico essiccamento in estate. Nell'area di intervento si localizza in una stretta fascia periferica compressa tra le caselle salanti e la sede stradale. Sotto il profilo floristico la fisionomia di questa cenosi è conferita da *Arthrocnemum glaucum* e *Juncus subulatus* Forssk. ed in subordine da *Salicornia emerici* Duval-Jouve, *Spergularia salina* J. & C. Presl, *Sonchus tenerrimus* L. e

Centaurium erythraea Rafn subsp. *erythraea*. Questa specifica composizione floristica lascerebbe presagire la presenza dell'associazione Arthrocnemo-Juncetum subulati Brullo & Furnari 1976 descritta in Sardegna sia per il Parco Naturale Regionale Molentargius-Saline da De Matris e Serri nel 2009 che per il Parco Nazionale dell'Arcipelago di La Maddalena da Biondi e Bagella nel 2005. Questa comunità vegetale è ascrivibile alla classe Sarcocornietea fruticosae Br.-Bl. & R. Tx. ex A. & O. Bolòs 1950 e all'habitat non prioritario (sensu Direttiva 92/43/CE) 1420 - Praterie e fruticeti alofili mediterranei e termo-atlantici (Sarcocornietea fruticosi).

3. Comunità di erbe perenni a *Oryzopsis miliacea* e *Inula viscosa*

Si tratta di comunità subalofile lontane dai corpi di acqua salina e non legate alla falda acquifera, presenti su substrati asciutti in ambienti ruderali. Si presentano come praterie perenni emicriptofite e nanofanerofite a dominanza di *Dittrichia viscosa* e *Oryzopsis miliacea* cui si associano *Foeniculum vulgare* subsp. *piperitum*. Nell'area esaminata si rinviene in corrispondenza dei margini

PROGETTAZIONE ATI:

stradali, continuamente perturbati dove rappresenta uno dei primi stadi di colonizzazione della vegetazione. Dal punto di vista fitosociologico la combinazione floristica fa ipotizzare alla presenza dell'associazione *Inulo viscosae-Oryzopsisietum miliaceae* frequente in corrispondenza dei margini stradali nel settore mediterraneo occidentale sottoposto a fitoclima termomediterraneo. Questa comunità vegetale non è ascrivibile ad alcun habitat di Direttiva 92/43/CE.

8.3.1. PRINCIPALI CARATTERI DELLA FAUNA

Le "zone umide" sono tra le aree col più elevato livello di biodiversità. Infatti, la loro varietà ambientale ed ecologica esprime l'habitat di elezione di moltissime specie di piante e animali, sia in termini qualitativi che quantitativi.

Gli ecosistemi costieri di transizione sono caratterizzati da gradienti di molti importanti fattori ambientali, quali il ricambio idrico, la salinità, la struttura dei sedimenti, la torbidità ed il carico dei nutrienti. Il gradiente di transizione è generalmente orientato perpendicolarmente alla linea di costa, dal mare verso l'entroterra principalmente lungo l'asse dell'estuario, dei rami fluviali o delle loro estensioni nei bacini lagunari, dando origine ad un cambiamento progressivo da mare verso terra dell'habitat e di conseguenza delle comunità biotiche che abitano questi ambienti. A mano a mano che ci si addentra in un sistema di transizione si assiste alla progressiva riduzione del numero di specie: questo fenomeno si verifica sia procedendo dal mare verso terra ferma, sia procedendo dal fiume verso il mare, con un minimo di biodiversità nella zona d'incontro tra fiume e mare. L'accumulo di sostanza organica in zone soggette a lento ricambio e lo scarso idrodinamismo giocano un ruolo chiave nella disponibilità di ossigeno che diviene un fattore fortemente limitante, aumentando la vulnerabilità delle biocenosi.

Nelle lagune mediterranee, dove l'apporto di acque continentali è molto ridotto e la salinità del mare non viene sensibilmente diluita, la riduzione del numero di specie lungo l'asse mare- terra è principalmente attribuita all'idrologia dei bacini ed alle proprietà del sedimento e solo in maniera secondaria alla salinità. La marea è un forte acceleratore del ricambio e la sua natura ciclica genera modelli distributivi spazio-temporali caratteristici. I tempi di emersione e sommersione dettati dal regime mareale sono un altro importante fattore strutturante le comunità biologiche negli ambienti di transizione. La maggior parte delle specie che vivono negli ambienti di transizione è di origine marina perciò il grado di connessione con il mare influisce molto con il reclutamento delle specie che richiedono una fase larvale di dispersione marina, con ripercussioni sulla biodiversità e sulla struttura delle comunità. Per le specie di origine fluviale, la situazione è speculare; scendendo verso la foce vanno incontro ad un progressivo allontanamento dalle condizioni tipiche del fiume ed il numero di specie tolleranti le nuove situazioni ambientali andrà via via riducendosi.

La fauna ittica di questi ambienti comprende un complesso di specie che possono essere suddivise in diverse categorie considerando le caratteristiche dei loro cicli biologici: specie costantemente presenti per tutto l'arco dell'anno come la bavosa pavone (*Salaria pavo*), il ghiozzo nero (*Gobius niger jozo*); specie anadrome come alosa (*Alosa fallax*), lo storione comune (*Acipenser sturio*); specie catadrome, come l'anguilla (*Anguilla anguilla*); specie presenti in ambienti salmastri per periodi più o meno lunghi nel corso dell'anno, con spostamenti in mare compiuti sia per la riproduzione che per evitare condizioni ambientali sfavorevoli, specie marine e dulcicole saltuariamente presenti in acque salmastri.

Pochissime sono le specie di anfibi che frequentano le acque salmastre e ancor più rare sono quelle che in tali ambienti si riproducono. Tritoni, salamandre, rospi e rane sono infatti strettamente dipendenti dalla presenza di raccolte di acqua dolce anche di piccola superficie per compiere i loro processi riproduttivi, lo sviluppo embrionale e larvale. La vita degli Anfibi nelle zone umide salmastre è quindi limitata ai dossi, agli argini e alla fascia di terraferma circostante la laguna. Presente un po' in tutti gli ambienti delle lagune è il rospo smeraldino (*Bufo viridis*), che può riprodursi anche in acque leggermente salmastre. Pure la raganella (*Hyla arborea*) è relativamente eurialina e può riprodursi anch'essa in acque leggermente salate.

PROGETTAZIONE ATI:

Diversamente dagli anfibi, i rettili sono del tutto svincolati dall'acqua per quanto riguarda i loro processi riproduttivi e le specie che vivono in ambienti dulciacquaioli vanno in acqua essenzialmente per procurarsi il cibo. In genere questi rettili si dimostrano molto tolleranti nei confronti della salinità. La testuggine palustre europea (*Emys orbicularis*), che si insedia anche nei fragmiteti e nei cariceti sui cordoni che bordano alcuni bacini lagunari, frequenta anche acque fortemente salmastre alla ricerca del cibo, spingendosi finanche in mare. Sui dossi e sugli argini si rinvencono pure diverse specie di lucertola (*Lacerta sp. pl.*) e il ramarro (*Lacerta bilineata*), mentre sulle rive erbose si occulta l'orbettino (*Anguis fragilis*). I serpenti acquatici o semiacquatici più comuni ai margini delle zone umide sono le natrici o biscie d'acqua, in particolare la natrice dal collare (*Natrix natrix*) e la natrice tassellata (*Natrix tessellata*). Quest'ultima può spingersi anche in mare aperto per alimentarsi. Nelle aree più influenzate dalle acque dolci con folta vegetazione arbustiva si rinviene il biacco (*Coluber viridiflavus*).

Tra le complesse comunità animali che vivono nelle lagune salmastre, sono gli uccelli che maggiormente attirano l'attenzione per l'elevata concentrazione di specie e soprattutto per le numerose forme, colori, adattamenti evolutivi, che consentono loro di occupare le più disparate nicchie ecologiche offerte dalle zone umide. Nelle lagune e negli stagni costieri salmastri molte specie di uccelli compiono importanti fasi del loro ciclo biologico: la riproduzione nel periodo primaverile-estivo, la muta del piumaggio nel periodo estivoautunnale, lo svernamento, la sosta temporanea durante il volo di migrazione autunnale e primaverile per alimentarsi e riposare. Le diverse categorie di ambienti che caratterizzano le lagune non sono rigorosamente esclusive di alcune specie ornitiche rispetto ad altre. Nella maggioranza dei casi (e ciò vale anche per gli altri Vertebrati terrestri) l'avifauna delle zone umide frequenta più biotopi che utilizza come habitat di riproduzione, di alimentazione o di semplice sosta.

Le profonde alterazioni, che hanno subito i territori lagunari e circumlagunari della nostra penisola, hanno assai ridotto la possibilità di insediamento dei mammiferi. Nelle zone di valle con argini coperti di vegetazione arbustivo-arborea si rinviene con relativa frequenza il riccio (*Erinaceus europaeus*), mentre nelle lagune debolmente salmastre è presente l'arvicola terrestre (*Arvicola terrestris*), un roditore molto sensibile all'inquinamento delle acque. Le zone perilagunari sono frequentate dalla volpe (*Vulpes vulpes*) e da alcuni mustelidi: donnola (*Mustela nivalis*), puzzola (*Putorius putorius*), faina (*Martes foina*), tasso (*Meles meles*).

8.4. ATTIVITÀ PREVISTE

8.4.1. FINALITÀ DEL MONITORAGGIO E PARAMETRI OGGETTO DEL RILEVAMENTO

Le indagini predisposte nel presente documento 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) e per le aree individuate dal presente piano.

Le indagini previste in fase ante operam hanno lo scopo di descrivere lo stato attuale dell'ambiente nelle aree d'indagine, prima dell'inizio dei lavori. Più in particolare le indagini saranno finalizzate a descrivere le caratteristiche di naturalità e di ricchezza in specie delle aree oggetto di studio; saranno altresì raccolte informazioni inerenti lo stato di salute degli ecosistemi.

Le indagini condotte in fase di realizzazione (corso d'opera) avranno lo scopo di accertare le eventuali condizioni di stress indotte dalle lavorazioni sulle diverse specie di fauna e flora, oltre a monitorare potenziali fenomeni di banalizzazione floristica e faunistica, con riferimento alle specie più sensibili e meno antropofile. Sarà inoltre verificata la corretta attuazione delle azioni di salvaguardia e protezione previste, e saranno monitorate le condizioni fitosanitarie degli elementi sensibili, e predisposti, ove necessario, adeguati interventi correttivi.

PROGETTAZIONE ATI:

Nella fase di post operam le indagini saranno finalizzate per lo più ad accertare la corretta applicazione delle misure di mitigazione e compensazione ambientale indicate nello Studio di Impatto Ambientale e nello Studio Preliminare Ambientale, 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 e l'efficacia dei sottopassi faunistici previsti dal progetto.

Le informazioni raccolte nella fase di ante operam, confrontate con gli esiti delle indagini condotte anche su altre componenti ambientali, costituiranno lo stato di fatto dell'ambiente a cui fare riferimento anche per le successive fasi di monitoraggio. In questo senso la Banca Dati del Monitoraggio permetterà di ottenere un flusso di informazioni costante tra i differenti ambiti.

8.4.2. ARTICOLAZIONE TEMPORALE DEGLI ACCERTAMENTI

Il progetto di monitoraggio ambientale necessita di una precisa programmazione delle attività di raccolta, elaborazione e restituzione delle informazioni e tiene in conto, per lo svolgimento dei rilevamenti, degli aspetti fenologici legati alle diverse specie e fitocenosi indagate; 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 il primo anno della fase di esercizio, salvo specifici casi inerenti per esempio gli interventi di mitigazione, per i quali è previsto un monitoraggio per 3 anni consecutivi.

Il numero di campagne previste per le tre fasi di A.O., C.O. e P.O. varia in funzione delle diverse componenti, come di seguito riportato.

I rilievi della componente floristico-vegetazionale saranno svolti durante la stagione vegetativa, in particolare nel periodo di massimo sviluppo della vegetazione locale, al fine di poter meglio caratterizzare i popolamenti presenti; le indagini sugli individui vegetali di pregio potranno essere svolte anche in periodo estivo. I rilievi sulla fauna saranno svolti in periodi idonei, in considerazione della diversa fenologia dei gruppi indagati e delle specie chiave (fauna vertebrata terrestre, avifauna nidificante, migratoria e tipica degli ambienti umidi).

Le indagini in fase di ante operam hanno la finalità di stabilire i parametri di stato e i valori di riferimento/obiettivo per le fasi di monitoraggio successive.

Le indagini in fase di realizzazione e post operam dovranno seguire l'evoluzione della realizzazione dell'opera, in modo da concentrare le verifiche sugli elementi maggiormente sensibili, in concomitanza alle lavorazioni potenzialmente più impattanti.

Il monitoraggio prevede che le indagini sulle diverse componenti considerate, per le 3 fasi di monitoraggio, siano svolte nello stesso periodo nel corso dell'anno, 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.

8.5. SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DELLE INDAGINI

I potenziali impatti individuati sulla base delle indagini e dei contenuti dello Studio di Impatto Ambientale e dello Studio Preliminare Ambientale, per le componenti in esame, sono sintetizzabili nelle seguenti categorie come segue:

Fase di costruzione

- circolazione e funzionamento dei mezzi di cantiere;
- movimentazione di volumi di terra;
- apertura delle piste di servizio.

Le componenti ambientali vulnerabili a questi impatti sono:

- ecosistema aree boscate;
- ecosistema agricolo;

PROGETTAZIONE ATI:

- ecosistema ripariale.

I tipi di impatto rilevabili sono i seguenti:

- inquinamento da gas di scarico, polveri, rumore e vibrazioni, con possibili conseguenze su specie faunistiche, vegetazione e habitat;
- calpestio del territorio, spostamento di volumi di terra;
- intorbidimento delle acque.

Tutti gli impianti utilizzati rispetteranno la normativa di settore che definisce i limiti di rumore delle macchine. Tutte le attività più rumorose e generatrici di polveri (centrale di betonaggio, frantoio, vaglio stoccaggio ecc.) saranno localizzate esclusivamente nell'area di cantiere base.

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 aree boscate;
- ecosistema agricolo;
- ecosistema ripariale.

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 aspetti floristico-vegetazionali e faunistici verificherà l'eventuale insorgenza di problematiche legate alla difficoltà di permeabilità della fauna, laddove possibile, prevederà interventi correttivi ad hoc in corso d'opera al fine di minimizzarne l'entità. Si specifica che, tra le opere di mitigazione, è previsto il posizionamento di rete di protezione faunistica lungo tutto l'itinerario di progetto, oltre alla presenza di differenti attraversamenti idraulici e presso uno di questi è finalizzato anche ad uso della fauna selvatica, con opportuna vegetazione di invito.

Per il monitoraggio della vegetazione si effettueranno indagini finalizzate a caratterizzare e monitorare 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 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 di esemplari arborei di particolare pregio.

Le indagini sulle fitocenosi prossime al tracciato saranno effettuate attraverso l'esecuzione di rilevamenti fitosociologici e floristici, finalizzati a caratterizzare e inquadrare le comunità vegetali presenti. Variazioni strutturali e compositive che dovessero emergere all'interno delle diverse comunità vegetali indagate, potranno fornire utili indicazioni circa il livello di degrado e antropizzazione del sistema.

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.

8.5.1. METODICHE D'INDAGINE

Le seguenti tipologie di indagine sono state definite considerando le caratteristiche delle componenti floristico-vegetazionale e faunistica dell'area d'indagine, al fine di garantire un monitoraggio efficace e calato sul territorio.

- A - Monitoraggio dello stato fitosanitario di singoli individui vegetali di pregio
- A1 – Monitoraggio del successo dei nuovi impianti
- B1 – Analisi floristica per fasce campione
- B2 - Censimento delle comunità vegetali mediante metodo Braun-Blanquet
- C – Monitoraggio della fauna mobile terrestre
- D – Monitoraggio dell'avifauna nidificante
- E – Monitoraggio dell'avifauna migratrice non nidificante
- F – Monitoraggio dell'avifauna legata agli ambienti umidi
- G – Monitoraggio dei passaggi faunistici

8.5.1.1. Indagine tipo A: Monitoraggio dei singoli individui vegetali di pregio

L'indagine consiste nel controllo dello stato di salute di esemplari arborei di pregio, al fine di individuare eventuali segni di sofferenza conseguenti alla realizzazione dell'infrastruttura. Gli individui di pregio saranno scelti, nella fase ante operam, preferibilmente all'interno di fasce parallele al tracciato dell'infrastruttura; saranno esemplari monumentali, vetusti, di particolare interesse conservazionistico e quindi meritevoli di essere mantenuti e monitorati nel tempo.

Saranno rilevati tutti i parametri individuati per la caratterizzazione a livello di singola pianta e durante le fasi di realizzazione e di esercizio dell'opera si effettueranno controlli circa lo stato di salute dei soggetti individuati e la verifica dei parametri individuati. Qualora, in fase di ante operam, non venisse individuato alcun esemplare meritevole di monitoraggio ai sensi delle indicazioni sopra fornite, l'attività non sarà replicata nelle successive fasi di monitoraggio. Per ogni punto di campionamento si procederà secondo le seguenti indicazioni:

1. Gli individui di pregio saranno 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 saranno poi marcati con vernice, localizzati su una planimetria in scala 1:2.000 (al fine della individuazione attraverso coordinate geografiche) e fotografati; sulla cartografia saranno riportati anche i coni visuali delle foto. Saranno inoltre rilevate 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. Nella Tabella 7-1 sono riassunti i parametri da monitorare, secondo quanto riportato all'interno delle Linee Guida per la progettazione ed esecuzione del Piano di Monitoraggio Ambientale (Allegato NG Ambiente).
3. Durante le fasi di realizzazione e di esercizio dell'opera si effettueranno controlli inerenti lo stato di salute dei soggetti individuati e la verifica dei parametri individuati al secondo punto.
4. In fase post operam andranno verificati tutti i parametri già rilevati.

PROGETTAZIONE ATI:

Coordinate geografiche Caratteristiche generali e parametri biometrici

- Specie
- Altezza
- Diametro del tronco
- Caratteristiche della chioma (posizione, forma, ampiezza)
- Posizione sociale

Caratteristiche fitosanitarie dell'apparato epigeo

- Alterazione da patogeni
- Rami secchi e/o rami epicormici
- Defogliazione
- Decolorazione
- Diffusione ed entità dei disturbi (antropici, animali, da eventi meteorici, di origine idrologica, da incendio, da inquinamento)

Valutazione fitosanitarie su campioni di foglie in situ

- Presenza, localizzazione ed estensione di necrosi, avvizzimento, anomalie di accrescimento e deformazioni, presenza di patogeni

Analisi di laboratorio dell'apparato radicale

- Agenti patogeni e caratteristiche degli apici micorizzati

Documentazione fotografica, raccolta in schede ed informatizzazione dati

Gli esiti del monitoraggio, riportati in appositi elaborati, avranno anche la finalità di fornire utili informazioni per la predisposizione di eventuali azioni di tutela degli esemplari di pregio. Tutti i dati saranno 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.

8.5.1.2. Indagine tipo A1: Verifica del successo nuovi impianti

L'indagine, prevista in fase di post operam, a seguito della messa a dimora delle opere a verde di progetto, prevede la verifica del successo delle piantumazioni e degli inerbimenti. Secondo l'Allegato NG "Ambiente" ANAS S.p.A., l'attività consiste nell'individuare i parametri dell'analisi a livello di singola pianta su superfici campione, scelte opportunamente in funzione delle differenti tipologie presenti, per monitorare le condizioni degli impianti a verde nelle aree soggette agli interventi di mitigazione, comprendere il grado di riuscita del singolo intervento ed eventualmente prevedere interventi di ripristino della copertura. Si prevede pertanto la valutazione dei seguenti parametri:

- percentuale di attecchimento delle piante;
- caratteristiche medie delle piante (altezza media e giudizio sul portamento complessivo);
- corretta esecuzione degli interventi manutentivi ed eventuali indicazioni sulle misure correttive da attuare, in particolare estirpazione/taglio di infestanti;
- presenza di danni causati da agenti abiotici/biotici (con indicazione delle specie maggiormente colpite e valutazione % del danno);
- valutazione sintetica dell'impianto (condizione delle piante e della componente arboreo-arbustiva per classi di giudizio).

8.5.1.3. Indagine tipo B1: Analisi floristica per fasce campione

Il censimento e la rilevazione dei parametri avverranno percorrendo due itinerari paralleli al tracciato, in modo tale da distinguere la flora della fascia prossimale all'asse stradale, più esposta all'infiltrazione di specie estranee alla flora originale, da quella della fascia distale, meno esposta e dove si ritiene persista la composizione floristica originale. Inoltre, per meglio evidenziare le

PROGETTAZIONE ATI:

variazioni che la realizzazione dell'infrastruttura potrà produrre, saranno anche evidenziate le entità sinantropiche presenti nelle due fasce. Il rapporto, infatti, tra specie sinantropiche ed il totale delle specie censite, rappresenta un metodo efficace per valutare il livello di antropizzazione dell'area e per evidenziare le variazioni nell'ambiente naturale connesse alla realizzazione dell'infrastruttura.

8.5.1.4. Indagine tipo B2: Censimento delle comunità vegetali mediante metodo Braun-Blanquet

Le azioni antropiche possono determinare non soltanto l'alterazione della flora locale, ma possono anche causare variazioni della struttura delle formazioni vegetali. È utile, pertanto, effettuare un controllo sulle comunità vegetali, mediante rilievi fitosociologici con il metodo Braun-Blanquet. Il rilievo fitosociologico (metodo di valutazione quali-quantitativo) si differenzia dal rilievo strettamente floristico (metodo qualitativo) perché, accanto ad ogni specie, si annotano i valori di "abbondanza dominanza". È necessario sottolineare che tali rilievi hanno maggiore attendibilità solo all'interno di fitocenosi che conservano almeno parte della loro struttura originaria.

Il rilievo fitosociologico descrive quindi il popolamento elementare, attraverso l'elenco delle specie e le quantità relative in un'area campione (cioè in una parte del popolamento elementare). Rilievi che descrivono popolamenti simili definiscono tipi di vegetazione o comunità vegetali. L'unità elementare delle comunità vegetali o tipi di vegetazione è l'associazione vegetale, definita come "insieme di specie che definiscono una combinazione floristica caratteristica, indicatrici di un'ecologia definita e costante, cioè fattori ambientali costanti". Saranno pertanto rilevati:

- individuazione degli strati di vegetazione presenti (arboreo, arbustivo, erbaceo, acquatico) e stima della copertura percentuale di ciascuno strato;
- elenco delle entità presenti in ciascuno strato di vegetazione, con indicazione delle relative percentuali di copertura nell'ambito dello strato di appartenenza e dell'Indice di Braun-Blanquet (Indice di Abbondanza-Dominanza).

8.5.1.5. Indagine tipo C: Censimento della fauna mobile terrestre

Per ottenere stime di abbondanza su erpetofauna e mesoteriofauna potenzialmente condizionata dalle interruzioni della continuità degli habitat da parte dei tratti stradali in rilevato e trincea, saranno definiti in fase di ante operam, in contesti naturalisticamente idonei, itinerari lineari per il rilevamento di tutti i tipi di osservazione.

I transetti saranno percorsi a piedi e dovranno essere annotati tutti i contatti (fatte, impronte, tracce, resti di pasto, osservazioni) che saranno georeferiti con GPS. Tutte le tracce saranno fotografate e identificate in situ, utilizzando apposite chiavi di determinazione (es. Marchesi et al., 2008).

8.5.1.6. 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 quanto riguarda l'avifauna nidificante, considerato il contesto in esame e le Linee Guida per la predisposizione del PMA (Biodiversità), si prevede lo svolgimento di transetti, nel periodo fenologico riproduttivo (marzo-agosto).

8.5.1.7. Indagine tipo E: Analisi quali-quantitativa dell'avifauna migratrice non nidificante

Tale attività prevede il conteggio, da punti di osservazione con visuale d'insieme opportunamente individuati, delle specie di rapaci con comportamento migratorio, nei mesi di aprile-maggio e settembre-ottobre, corrispondenti rispettivamente ai periodi di migrazione pre-riproduttiva e post-riproduttiva/post-giovanile.

8.5.1.8. Indagine tipo F: Analisi quali-quantitativa dell'avifauna legata agli ambienti umidi

Tale attività prevede lo svolgimento di transetti in periodo di svernamento (dicembre/febbraio) e di passo migratorio (ottobre-novembre e febbraio-marzo); gli ambienti umidi infatti risultano frequentati nel corso di quasi tutto l'anno da molte specie di Uccelli, in quanto svolgono diverse funzionalità ecologiche. Svolgono infatti un ruolo fondamentale per lo svernamento di numerose specie acquatiche, oltre a rappresentare importanti siti di riposo e alimentazione durante la migrazione.

8.6. SCELTA DELLE AREE DA SOTTOPORRE A MONITORAGGIO

La scelta delle aree da sottoporre a monitoraggio delle componenti vegetazione, flora, fauna ed ecosistemi è avvenuta sulla base delle conoscenze acquisite con lo Studio di Impatto Ambientale e il successivo Studio Preliminare Ambientale. Lo studio condotto in fase progettuale si è rivelato sufficiente per la caratterizzazione delle componenti utili alla redazione del Programma di Monitoraggio. La fascia di territorio investigata è comprensiva del territorio interessato dall'opera nel presente progetto.

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.

Riassumendo, saranno considerate le seguenti tipologie vegetazionali per la scelta dei punti di monitoraggio:

- vegetazione degli habitat forestali;
- vegetazione igrofila;
- corridoi ecologici (fasce alberate, siepi, fiumi, et.).

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 la componente "Ecosistemi". La valutazione degli impatti dell'opera su queste due componenti verrà dedotto attraverso l'analisi dei risultati di indagini specifiche e la somma ed il confronto dei risultati delle altre indagini.

8.6.1. LOCALIZZAZIONE DELLE AREE DI INDAGINE

8.6.1.1. Metodologia utilizzata e frequenza

Le aree all'interno delle quali verranno svolte le indagini per il monitoraggio degli aspetti floristico-vegetazionali, faunistici ed ecosistemici sono state individuate in base alle caratteristiche naturali e per la loro posizione rispetto al tracciato.

Le aree di indagine individuate per la componente includono gli elementi floristici, faunistici e vegetazionali di maggiore interesse dal punto di vista del monitoraggio ambientale.

Riguardo alla distribuzione temporale delle indagini si sottolinea che la frequenza delle campagne di monitoraggio risulta variabile in funzione della componente o del gruppo faunistico indagati, ad eccezione delle opere di mitigazione a verde e dei passaggi faunistici, per i quali il presente monitoraggio prevede una ripetizione annuale per 3 anni di post operam. Secondo le Linee Guida

PROGETTAZIONE ATI:

Ministeriali (Biodiversità: Vegetazione, Flora, Fauna, 13/03/2015), la durata prevista per la fase ante operam, con particolare riferimento ad alcune componenti, è pari ad un anno solare; il presente PMA è stato uniformato a tali indicazioni, fermi restando eventuali vincoli legati all'epoca stagionale di consegna delle aree all'Appaltatore e al cronoprogramma esecutivo delle attività.

L'indagine di tipo A prevede l'osservazione dello stato fitosanitario degli esemplari di pregio con cadenza annuale, da svolgere con una campagna di monitoraggio nella fase di A.O., una campagna per ciascun anno di C.O. e una campagna nella fase P.O., nell'arco dell'anno successivo all'entrata in esercizio della tratta stradale. Le indagini dovranno essere effettuate nel periodo compreso tra aprile e giugno.

Il monitoraggio del successo dei nuovi impianti (Indagine A1) sarà svolto per la sola fase di P.O., per 2 anni consecutivi a seguito della messa a dimora delle specie.

per quanto riguarda invece le indagini floristiche e i rilievi fitosociologici (Indagini B1 e B2) è prevista 1 campagna annuale, quindi una per la fase di A.O., 1 campagna per ciascun anno di C.O. e 1 per l'anno di P.O. Le indagini dovranno essere effettuate nel periodo compreso tra aprile e giugno.

Per l'indagine di tipo C- Fauna mobile terrestre, si prevede l'individuazione di transect lines lungo i quali rilevare gli indici di presenza della fauna; tali rilevamenti saranno effettuati con 1 campagna in fase A.O. e 1 campagna in P.O, nell'arco dell'anno successivo all'entrata in esercizio della tratta stradale.

L'indagine di tipo D - Avifauna nidificante prevede lo svolgimento di punti di ascolto in periodo riproduttivo, mediante l'individuazione di transect lines percorsi a piedi per l'intero tratto opportunamente individuato; in particolare, considerato il contesto in esame e i contenuti delle Linee Guida Ministeriali per la predisposizione del PMA (Biodiversità), si prevede, nel periodo fenologico riproduttivo (marzo-agosto), lo svolgimento di 3 campagne di monitoraggio (aprile, maggio/giugno, luglio) per l'anno di A.O. e la ripetizione delle 3 campagne di monitoraggio per tutti gli anni di C.O. e per 1 anno di P.O.

L'indagine di tipo E - Avifauna migratrice non nidificante prevede il conteggio da punti di osservazione strategici dei rapaci con comportamento migratorio nei periodi di aprile-maggio e settembre – ottobre; in particolare si prevede lo svolgimento di 2 campagne di 3 giorni, per entrambi i periodi fenologici considerati (migrazione pre-riproduttiva e post-riproduttiva/post-giovanile), da effettuare per l'anno di A.O., per tutti gli anni di C.O. e per 1 anno di P.O.

L'indagine di tipo F -Analisi quali-quantitativa dell'avifauna legata agli ambienti umidi prevede lo svolgimento di transetti, con 3 campagne di monitoraggio annuali, opportunamente distribuite nei periodi di maggiore interesse per questo ecosistema (svernamento e migrazione) in fase di A.O., 3 campagne per ciascun anno di C.O. e la ripetizione di 3 campagne per il primo anno P.O.

Infine, in linea con quanto definito dalle Linee Guida Ministeriali (13/03/2015), il monitoraggio dell'efficacia dei passaggi faunistici (indagine di tipo G) sarà effettuata in fase di P.O., per 1 anno consecutivi dall'entrata in esercizio della tratta stradale, con frequenza semestrale.

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.

Sezione monitoraggio	Tipologia di indagine	Posizione
VEG 1	stato fitosanitario - indagini floristiche - i rilievi fitosociologici	Lungo il tracciato – area svincolo Capoterra
FAU 1	Fauna mobile terrestre - Avifauna nidificante - Avifauna migratrice - Analisi quali-quantitativa dell'avifauna legata agli ambienti umidi - monitoraggio efficacia passaggio faunistico	Presso area naturale protetta
FAU 2	Fauna mobile terrestre - Avifauna nidificante - Avifauna migratrice - Analisi quali-quantitativa dell'avifauna legata agli ambienti umidi - monitoraggio	Presso area naturale protetta

PROGETTAZIONE ATI:

8.6.2. 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 alla presenza o meno di specie di rilevante interesse conservazionistico, ad ambienti di particolare pregio e comunità faunistiche rilevanti; tali valori saranno anche 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.

8.6.3. 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.

8.6.3.1. Relazione generale dell'attività di monitoraggio

In tale relazione saranno 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 sarà 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, A1, B1, B2, 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/ 1:2.000 con il dettaglio dei punti o degli itinerari d'indagine.

9. RUMORE

Il PMA adotta metodiche di misura di 7 gg per il traffico stradale A.O. e P.O., di 24÷48 ore per il cantiere A.O. e C.O.: e misure con tecnica di campionamento temporale assistite da operatore (Metodica MA) per il cantiere e, eccezionalmente, per l'A.O. Quest'ultima metodica è importante per attivare non solo un riscontro uditivo efficace nel corso della misura, con annotazione degli eventi di rumore e la correlazione con le attività di cantiere, ma anche per interagire con i ricettori al fine di prendere consapevolezza del modo con cui il disturbo viene percepito (metodo comunicazionale) e per poter informare il responsabile ambientale del cantiere. Le metodiche di misura in corso d'opera LF, LC, LM riferite rispettivamente a cantieri di avanzamento (FAL), cantieri operativi o traffico mezzi di cantiere, consistono tutte in misure in continuo di durata 24-48 ore. Dove lo stesso punto di misura sarà esposto in corso d'opera a più sorgenti di rumore, ad esempio FAL e cantieri, si è ritenuto di sottolineare questo fatto mantenendo nelle tabelle 2-16 e 2-17 il riferimento ad entrambe le metodiche ma la misura, che assolve ad entrambe le finalità, sarà unica e non duplicata. Le esigenze contrapposte, da un lato quella dell'Impresa di lavorare e portare positivamente a termine i lavori nei tempi contrattuali e, dall'altro, quella della popolazione esposta che rivendica il diritto a non essere disturbata oltremisura, non sono sempre conciliabili all'interno di una conduzione tradizionale delle attività di monitoraggio attenta solo a produrre numeri e scarna di comunicazione e di feedback. L'Impresa avrà il compito di informare preventivamente i residenti sulle attività previste mentre il T.C. incaricato del monitoraggio con metodica assistita MA potrà attuare delle interviste alla popolazione con lo scopo di raccogliere dati e notizie in merito ai fenomeni di inquinamento acustico correlati ai lavori, alle attrezzature soggettivamente identificate come più rumorose o disturbanti, alla conduzione del cantiere, alla efficace adozione dei protocolli di lavorazione, ecc.

TIPO MISURA	DESCRIZIONE	DURATA	FASI		
			A.O.	C.O.	P.O.
			FREQUENZA		
TV	Rilevamento di rumore indotto da traffico veicolare	7 gg	Una volta	-	Due volte
MA	Rilevamento del rumore indotto da traffico o attività di cantiere con postazioni mobili e assistite	10-15'	-	Semestrale	-
LF	Rilevamento di rumore indotto dalle lavorazioni effettuate nei cantieri secondari di avanzamento (FAL) e/o nei cantieri secondari per la realizzazione delle gallerie.	24-48 ore	Una volta	Semestrale	-
LC	Rilevamento del rumore indotto dalle lavorazioni effettuate all'interno delle aree di cantiere principali (Cantiere Operativo, Campo Base, cantiere di deposito temporaneo)				
LM	Rilevamento di rumore indotto dal traffico dei mezzi di cantiere				

9.1. PUNTI DI MONITORAGGIO

I sopralluoghi alle aree di studio hanno permesso di esaminare le condizioni di inserimento ambientale dei ricettori, i vincoli di accesso alle proprietà e di installazione. Il monitoraggio del rumore verrà pertanto realizzato presso:

CODICE PUNTO MONITORAGGIO	LOCALIZZAZIONE/MOTIVAZIONE
RUM 1	Prossimità area tutelata limitrofa ad area lavori

PROGETTAZIONE ATI:

Le misure previste si riportano di seguito

CODICE PUNTO MONITORAGGIO	MISURE TV SETTIMANALI		MISURE LF 24-48 ORE		MISURE LC 24-48 ORE		MISURE LM 24-48 ORE		MISURE MA
	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		MISURE MOBILI ASSISTITE
	A.O.	P.O.	A.O.	C.O.	A.O.	C.O.	A.O.	C.O.	CO
RUM 1				X		X		X	X

9.2. FREQUENZE DI MONITORAGGIO

Nel monitoraggio in corso d'opera C.O. le campagne di monitoraggio avranno una cadenza semestrale. Nei punti interessati dal cantiere operativo il RA verificherà la necessità di passare, almeno fino a stabilizzazione delle lavorazioni, a monitoraggi trimestrali.

9.3. SINTESI OPERATIVA DEL PIANO

La tabella seguente riporta per ogni punto di monitoraggio le metodiche previste, la durata dei lavori, il numero di rilievi all'anno e il numero di rilievi totali.

CODICE PUNTO	METODICA	AO			CO			PO		
		DURATA AO (ANNI)	RILIEVI/ ANNO AO	TOT AO	DURATA CO (ANNI)	RILIEVI/ ANNO CO	TOT CO	DURATA PO (ANNI)	RILIEVI/ ANNO PO	TOT PO
RUM 1	LF	-	-	-	2,5	2	5	-	-	-
	LC	-	-	-	2,5	2	5	-	-	-
	LM	-	-	-	2,5	2	5	-	-	-
	MA	-	-	-	2,5	2	5	-	-	-

9.4. PREVENZIONE ED EMERGENZA

Le misure di collaudo dei cantieri sono misure a pieno titolo inseribili nell'ambito degli obiettivi del PMA, avendo lo scopo di validare il rispetto dei limiti di rumore.

inevitabilmente affetti da un margine di incertezza variabile. Al fine di minimizzare questa componente di incertezza, prima dell'entrata in pieno esercizio del cantiere (fase di pre-esercizio), è previsto lo svolgimento di collaudi acustici nel corso dei quali vengono rilevati i livelli di rumore in corrispondenza dei ricettori scelti tra quelli caratterizzati da condizioni di massimo impatto. L'accensione dei singoli impianti permette di identificare le componenti del "carico" emissivo e la presenza di componenti tonali.

I cantieri operativi saranno sottoposti a collaudo acustico con la supervisione del responsabile ambientale di cantiere (RA) al fine di verificare l'efficacia delle misure di mitigazione adottate e di prevenire l'eventuale necessità di implementare misure mitigative complementari.

Le misure di collaudo vengono pianificate dall'unità di monitoraggio con il Capocantiere e il RA e consistono in misure non riconducibili a metodiche "unificate", avendo la necessità di adattarsi allo specifico contesto territoriale e di cantiere. Sono svolte da tecnici competenti in acustica dotati di strumentazione mobile e assistita (fonometri e analizzatori real time) e vengono generalmente svolte in corrispondenza:

- dei ricettori, e in particolare del punto di massima esposizione indicato dallo studio previsionale di impatto acustico,
- del perimetro del cantiere;
- delle aree di lavorazione
- degli impianti.

9.4.1. MISURE PMA DI EMERGENZA

Considerando la grande variabilità delle sorgenti di rumore in fase di costruzione, sia in termini di intensità che di sovrapposizione degli effetti, e la conseguente variabilità delle condizioni di disturbo ai ricettori, si è ritenuto opportuno implementare in forma integrativa al PMA delle procedure di misura SMART che permettano di affrontare con efficacia le emergenze ambientali, quali:

- livelli di rumore in corrispondenza dei ricettori superiori ai limiti autorizzati in deroga;
- livelli di rumore in corrispondenza dei ricettori superiori alle soglie di attenzione o di allarme condivise con gli Enti di controllo;
- esposti/lamentele dei residenti.

La strumentazione utilizzata permette di comunicare in tempo reale al Responsabile Ambientale di Cantiere gli esiti delle misure e di verificare l'efficacia delle misure mitigative intraprese. Il cantiere sarà dotato di un "Tool Kit" di pronto intervento a cui far seguire, se del caso, degli interventi di mitigazione stabili.

L'obiettivo specifico delle misure di emergenza è pertanto quello di fornire uno strumento di controllo "interattivo" a chi gestisce le attività di cantiere che consenta di intervenire in maniera tempestiva in presenza di specifiche criticità e di verificare l'adeguatezza dei presidi ambientali previsti dal progetto e/o implementati a seguito dell'emergenza.

Il monitoraggio integrativo verrà attivato, secondo le modalità descritte nel seguito, solo in presenza o di criticità ("anomalia inquinamento rumore") documentate dal monitoraggio base o segnalazioni/esposti dei residenti ("potenziale anomalia inquinamento rumore"). In questi casi il Responsabile Ambientale (RA) di cantiere ordinerà l'installazione di una o più postazioni di monitoraggio semi-fisse real time che rimarranno in esercizio fino alla chiusura dell'anomalia.

9.4.2. MODALITÀ DI RILEVAMENTO

Il sistema di monitoraggio previsto è il NOISE TUTOR della Spectra basato sulla comunicazione via internet: ogni singola unità di monitoraggio è completamente autonoma e totalmente svincolata da una gestione centralizzata e non richiede il supporto di una unità server web. All'interno di ogni stazione di monitoraggio remota trovano alloggio il fonometro, l'unità UMPC ed una batteria ricaricabile, dimensionata come tampone per eventuali interruzioni della alimentazione da rete oppure per provvedere alla completa alimentazione della intera unità per una durata superiore ai 7 giorni. Nel momento in cui una unità di monitoraggio di questo tipo viene attivata, i dati sono dapprima raccolti nella memoria locale del fonometro quindi ad intervalli prestabiliti dall'operatore per esempio ogni ora oppure una o due volte al giorno vengono scaricati dall'UMPC che a sua volta li archivia in una memoria a stato solido prima di procedere alla creazione di un report grafico, comprimere il file ed attivare la connessione in rete per procedere all'invio via e-mail ad un elenco di indirizzi opportunamente predisposto, sia il file dati compreso sia il corrispondente report grafico.

Qualora sia richiesta una alimentazione autonoma, ogni singola unità di monitoraggio può essere alimentata da una batteria a ioni litio da 400 Wh e l'attività dell'UMPC viene ottimizzata al risparmio energetico con il mantenimento in condizione di sospensione o ibernazione per tutto il tempo non necessario allo scarico ed all'invio dei dati; l'autonomia in queste condizioni, può superare i 10 giorni operativi.

9.5. PROCEDURE PER L'ATTIVAZIONE DELLE MISURE PMA EMERGENZA

L'anomalia può essere rilevata a seguito dell'analisi delle misure svolte con le metodiche LM, LC o LF del PMA "base" tramite confronto tra il livello di rumore rilevato in corso d'opera (riferito al periodo di riferimento diurno/notturno o su base oraria) e il livello di rumore autorizzato in deroga.

L'anomalia viene segnalata dal Responsabile del del PMA e al responsabile ambientale RA del cantiere che verificherà se l'anomalia segnalata è la conseguenza di una lavorazione "speciale", se è correlabile ad altre cause esterne al cantiere o se, all'opposto, si è verificata in una condizione di lavorazione e di operatività "standard".

PROGETTAZIONE ATI:

In quest'ultimo caso, verrà data disposizione al Responsabile Tecnico del monitoraggio rumore di attivare tempestivamente il monitoraggio real time in corrispondenza del ricettore in esubero al fine di poter verificare l'efficacia delle misure di mitigazione poste in essere.

PROGETTAZIONE ATI: