



**S.G.M. Geologia e Ambiente S.r.l.**  
Via M. M. Plattis, 21 - 44124 FERRARA  
internet: [www.sgm-ambiente.it](http://www.sgm-ambiente.it)  
e-mail: [info@sgm-ambiente.it](mailto:info@sgm-ambiente.it)

Tel 0532/977899  
Fax 0532/906907  
C.F. e Partita Iva 01299560381

COMMITTENTE:

**C.I.P.N.E.S. Gallura - Zona Industriale - Loc. Cala  
Saccaia - 07026 Olbia**

**Comune di Olbia - Via Dante - 07026 Olbia**



**RELAZIONE CONCLUSIVA DELLE INDAGINI  
PREVISTE DAL PIANO DI CARATTERIZZAZIONE  
(PDC APPROVATO CON DETERMINA DEL COMUNE DI OLBIA 34/15)**

OGGETTO: **Relazione**

LOCALITA': Spiritu Santu, Olbia (OT)



Data emissione documento  
**Dicembre 2017**

N° Archivio  
**104-2017 / --**

Coordinatore di progetto:



Dott. Giovanni Rossi

Redazione di progetto:



Dott. Geol. Linda Collina



S.G.M. Geologia e Ambiente

S.r.l.

Via M. Majocchi Plattis, 21  
44124 FERRARA

internet: [www.sgm-ambiente.it](http://www.sgm-ambiente.it)

e-mail: [info@sgm-ambiente.it](mailto:info@sgm-ambiente.it)

Tel 0532/977899

Fax 0532/906907

C.F. e Partita Iva 01299560381

## Sommario

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. PREMESSA</b> .....   | <b>3</b>  |
| 1.1 OGGETTO DEL PRESENTE DOCUMENTO.....  | 3         |
| 1.2 LA DOCUMENTAZIONE UTILIZZATA E PRODOTTA .....  | 3         |
| <b>2 UBICAZIONE DELL'AREA</b> .....  | <b>5</b>  |
| 2.1 LOCALIZZAZIONE DELL'AREA.....  | 5         |
| 2.2 DESCRIZIONE DELL'AREA.....   | 5         |
| 2.3 DESTINAZIONE D'USO DEI TERRENI E LIMITI DI LEGGE APPLICABILI .....   | 7         |
| <b>3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO</b> .....   | <b>9</b>  |
| <b>4 INQUADRAMENTO IDROLOGICO</b> .....  | <b>10</b> |
| <b>5 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO</b> .....   | <b>11</b> |
| 5.1 RICOSTRUZIONE DELLA FALDA NELL' AREA DEGLI IMPIANTI .....  | 11        |
| <b>6 INDAGINI E CAMPIONAMENTI DEI TERRENI</b> .....  | <b>14</b> |
| 6.1 TRINCEE ESPLORATIVE.....   | 14        |
| 6.1.1 <i>Caratteristiche stratigrafiche delle trincee</i> .....  | 16        |
| 6.2 SONDAGGI.....  | 19        |
| 6.2.1 <i>Realizzazione dei sondaggi a carotaggio continuo</i> .....  | 20        |
| 6.2.2 <i>Caratteristiche stratigrafiche dei punti di sondaggio</i> .....   | 21        |
| 6.3 CAMPIONAMENTO DEI TERRENI NELLE TRINCEE E NEI SONDAGGI.....  | 22        |
| 6.3.1 <i>Prelievo di campioni di terreno dalle trincee</i> .....   | 23        |
| 6.3.2 <i>Prelievo di campioni di terreno dai sondaggi</i> .....  | 23        |
| 6.3.3 <i>Prelievo di campioni di Top Soil</i> .....  | 24        |
| 6.3.4 <i>Formazione ed identificazione dei campioni per l'analisi dei componenti non volatili</i> .....              | 24        |
| 6.3.5 <i>Formazione ed identificazione dei campioni per l'analisi dei componenti volatili</i> .....                  | 25        |
| 6.3.6 <i>Conservazione e trasporto dei campioni</i> .....  | 25        |
| 6.4 GESTIONE MATERIALI DI RISULTA PROVENIENTI DALLE TRINCEE.....   | 26        |
| <b>7 INTEGRAZIONE DELLA RETE PIEZOMETRICA DI MONITORAGGIO DELLE ACQUE SOTTERRANEE</b> .....                          | <b>27</b> |
| 7.1 CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE DI DETTAGLIO DEI PIEZOMETRI .....  | 27        |
| 7.1.1 <i>Caratteristiche costruttive del piezometro profondo</i> .....   | 27        |
| 7.1.2 <i>Caratteristiche costruttive dei piezometri superficiali</i> .....   | 28        |
| 7.1.3 <i>Modalità di installazione dei piezometri superficiali</i> .....   | 28        |
| 7.1.4 <i>Sistemi di sollevamento</i> .....   | 29        |
| 7.2 GESTIONE DEI MATERIALI DI RISULTA .....  | 30        |
| 7.2.1 <i>Materiali di risulta provenienti dagli alesaggi</i> .....   | 30        |
| <b>8 MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELLE ACQUE</b> .....  | <b>30</b> |
| 8.1.1 <i>Modalità di campionamento delle acque di falda</i> .....  | 31        |
| <b>9 RISULTATI DELLE ANALISI DI LABORATORIO EFFETTUATE SUI CAMPIONI DI TERRENO ED ACQUE DI FALDA PRELEVATI</b> ..... | <b>35</b> |

IN COLLABORAZIONE CON



S G M Ingegneria S.r.l.



S.G.M. Geologia e Ambiente

S.r.l.

Via M. Majocchi Plattis, 21  
44124 FERRARA

internet: [www.sgm-ambiente.it](http://www.sgm-ambiente.it)

e-mail: [info@sgm-ambiente.it](mailto:info@sgm-ambiente.it)

Tel 0532/977899

Fax 0532/906907

C.F. e Partita Iva 01299560381

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| 9.1       | INTRODUZIONE.....  | 35        |
| 9.2       | TABELLONI DI SINTESI.....  | 35        |
| 9.3       | ANALISI CHIMICHE EFFETTUATE SUI CAMPIONI DI TERRENO .....                                      | 35        |
| 9.3.1     | <i>Risultati delle analisi di laboratorio effettuate sui campioni di terreno</i> .....         | 37        |
| 9.3.2     | <i>Conclusioni</i> .....   | 37        |
| 9.4       | ANALISI CHIMICHE EFFETTUATE SUI CAMPIONI DI ACQUE DI FALDA PRELEVATI DAI PIEZOMETRI .....      | 37        |
| 9.4.1     | <i>Risultati delle analisi di laboratorio sulle acque di falda</i> .....                       | 38        |
| 9.4.2     | <i>Conclusioni</i> .....   | 39        |
| <b>10</b> | <b>PROVE DI EMUNGIMENTO.....</b>   | <b>41</b> |
| 10.1      | PROVE A GRADINI A PORTATE CRESCENTI SUI PIEZOMETRI PROFONDI .....                              | 41        |
| 10.1.1    | <i>Premessa</i> .....  | 41        |
| 10.1.2    | <i>Strumentazione utilizzata per l'esecuzione della prova</i> .....                            | 42        |
| 10.1.3    | <i>Modalità di esecuzione della prova e risultati ottenuti</i> .....                           | 42        |
| 10.2      | PROVE A PORTATA COSTANTE SUI PIEZOMETRI PROFONDI .....   | 49        |
| 10.2.1    | <i>Premessa</i> .....  | 49        |
| 10.2.2    | <i>Modalità di esecuzione della prova e risultati ottenuti</i> .....                           | 49        |
| <b>11</b> | <b>TEST CON TRACCIANTI .....</b>   | <b>55</b> |
| 11.1      | PREMESSA .....   | 55        |
| 11.2      | TIPOLOGIA DEI TEST .....   | 55        |
| 11.3      | TRACCIANTI .....   | 55        |
| 11.3.1    | <i>Caratterizzazione del bianco ambientale</i> .....   | 55        |
| 11.3.2    | <i>Caratteristiche dei traccianti</i> .....  | 56        |
| 11.3.3    | <i>Masse immerse e punti di immissione</i> .....   | 56        |
| 11.4      | MONITORAGGIO DEI TRACCIANTI .....  | 59        |
| 11.4.1    | <i>Monitoraggio in continuo con spettrofluorimetri</i> .....                                   | 59        |
| 11.4.2    | <i>Monitoraggio passivo con fluorocaptori</i> .....  | 59        |
| 11.4.3    | <i>Prelievo manuale di campioni d'acqua – integrazione al Capitolato Tecnico di Gara</i> ..... | 60        |
| 11.4.4    | <i>Monitoraggio piezometrico</i> .....   | 61        |
| 11.5      | RISULTATI OTTENUTI.....  | 62        |
| 11.5.1    | <i>Monitoraggio piezometrico in continuo</i> .....   | 62        |
| 11.5.2    | <i>Monitoraggio spettrofluorimetrico</i> .....   | 64        |
| 11.5.3    | <i>Analisi sui fluorocaptori</i> .....   | 67        |
| 11.5.4    | <i>Analisi sui campioni di acqua</i> .....   | 68        |
| 11.5.5    | <i>Conclusioni</i> .....   | 72        |





**S.G.M. Geologia e Ambiente**

**S.r.l.**

Via M. Majocchi Plattis, 21  
44124 FERRARA

internet: [www.sgm-ambiente.it](http://www.sgm-ambiente.it)

e-mail: [info@sgm-ambiente.it](mailto:info@sgm-ambiente.it)

Tel 0532/977899

Fax 0532/906907

C.F. e Partita Iva 01299560381

## 1. Premessa

### 1.1 Oggetto del presente documento

Il presente documento costituisce la relazione conclusiva richiesta dal Capitolato Tecnico d'appalto per l'esecuzione delle indagini previste dal Piano di Caratterizzazione dell'impianto di trattamento e smaltimento dei RSU/RSA, sito in Località Spirito Santu, Comune di Olbia.

Le attività svolte sono definite sulla base di quanto indicato dal Piano di Caratterizzazione e relative prescrizioni (determina del Comune di Olbia 34/15) e di quanto contenuto nel PIANO OPERATIVO – REVISIONE 1 del 13.10.2015 che ha recepito quanto emerso in sede di Incontro Tecnico tenutosi presso la sede Arpas di Sassari in data 8 settembre 2015 (Si veda la comunicazione Arpas Protocollo n. 28964-2015 dell'8 settembre 2015).

Nel seguente documento verranno forniti:

- le indicazioni costruttive dei sondaggi e dei piezometri;
- gli esiti dei rilievi topografici svolti in fase di indagine;
- i dati di campo e le elaborazioni delle prove di portata;
- le stratigrafie dei punti di campionamento suoli;
- i dati di campo di spurghi e campionamento delle acque (compreso pH e rilievo piezometrico);
- i certificati analitici in originale;
- relazione illustrativa ed interpretativa completa di tutti i dati di campo delle indagini, degli esiti analitici e degli esiti e della interpretazione dei 2 test con traccianti.

Sono state inoltre elaborate come previsto da Capitolato le tabelle sinottiche nei formati forniti da Arpas dei dati analitici su acque e terreni.

I lavori eseguiti riguardano:

- Integrazione della rete piezometrica per il monitoraggio delle acque sotterranee (realizzazione nuovi piezometri);
- Prove di emungimento finalizzate alla verifica dei risultati del modello idrogeologico;
- Campionamento e analisi dei terreni (top soil, suolo e sottosuolo) mediante realizzazione di sondaggi a carotaggio e trincee;
- Test con traccianti finalizzato alla verifica della tenuta idraulica degli impianti di smaltimento comunale e consortile e alla definizione dei percorsi di migrazione dei contaminanti;
- Monitoraggio della qualità delle acque di falda.

### 1.2 La documentazione utilizzata e prodotta

Nelle tabelle seguenti sono elencate le documentazioni raccolte/consultate, la cartografia e i documenti allegati.

**Tab. 1.1 – Documentazione consultata**





S.G.M. Geologia e Ambiente

S.r.l.

Via M. Majocchi Plattis, 21  
44124 FERRARA

internet: [www.sgm-ambiente.it](http://www.sgm-ambiente.it)

e-mail: [info@sgm-ambiente.it](mailto:info@sgm-ambiente.it)

Tel 0532/977899

Fax 0532/906907

C.F. e Partita Iva 01299560381

| N.     | Estremi documento   | Oggetto e/o osservazioni                                  |
|--------|---|---|
| Doc. 1 | Capitolato tecnico delle indagini previste dal piano operativo del Piano di Caratterizzazione | Redatto nel Novembre 2015                                 |
| Doc. 2 | Piano di Caratterizzazione  | Approvato con determina del Comune di Olbia 34/15         |
| Doc. 3 | Progetto Esecutivo test traccianti  | Emesso il 18/04/2017 da S.G.M. Geologia e Ambiente S.r.l. |

**Tab. 1.2 - Documentazione cartografica allegata**

| N.     | Estremi documento                  | Origine   |
|--------|------------------------------------|---|
| Tav. 1 | Carta di ubicazione delle indagini | Rilievo topografico dei punti di indagine effettuato da S.G.M. Geologia e Ambiente S.r.l. |

**Tab. 1.3 - Documentazione elaborata**

| N.      | Estremi documento                                   | Origine   |
|---------|---|---|
| All. 1  | Analisi chimiche dei campioni di terreno            | Certificati di analisi effettuate sui campioni di terreno prelevati dalle trincee e dai sondaggi                          |
| All. 2  | Tabella riepilogativa analisi chimiche terreni      | Tabella riepilogativa delle analisi chimiche effettuate sui campioni di terreno prelevati                                 |
| All. 3  | Analisi chimiche dei campioni delle acque           | Certificati di analisi effettuate sui campioni prelevati dalle acque di falda   |
| All. 4  | Tabella riepilogativa analisi chimiche acque        | Tabella riepilogativa delle analisi chimiche effettuate sui campioni di acqua prelevati                                   |
| All. 5  | Analisi chimiche del cutting di perforazione        | Certificati di analisi effettuate sui rifiuti derivanti dall'attività di perforazione per la realizzazione dei piezometri |
| All. 6  | Schede stratigrafiche                               | Schede stratigrafiche ricavate dai sondaggi effettuati  |
| All. 7  | Documentazione fotografica sondaggi                 | Documentazione fotografica dei sondaggi effettuati  |
| All. 8  | Documentazione fotografica trincee                  | Documentazione fotografica delle trincee con relative note stratigrafiche   |
| All. 9  | Schede tecniche dei traccianti                      | Caratteristiche tecniche dei traccianti utilizzati nel test con traccianti  |
| All. 10 | Scheda tecnica spettrofluorimetri da campo          | Caratteristiche tecnica degli spettrofluorimetri utilizzati per il test con traccianti                                    |
| All. 11 | Scheda tecnica trasduttori di pressione             | Caratteristiche tecniche dei trasduttori di pressione utilizzati per il test con traccianti                               |
| All. 12 | Tabella riepilogativa campionamenti test traccianti | Tabella riepilogativa dei campionamenti effettuati in ambito del test con traccianti                                      |
| All. 13 | Relazione Test Traccianti                           | Redatta nel Dicembre 2017 da S.G.M. Geologia e Ambiente S.r.l.  |
| All. 14 | Analisi spettrofluorimetriche di fluorocaptorii     | Report del 15/12/2017 dell'Università di Modena e Reggio Emilia   |



## 2 Ubicazione dell'area

### 2.1 Localizzazione dell'area

Il sito oggetto di studio è ubicato in località Spiritu Santu nel Comune di Olbia (OT). L'area ha una superficie complessiva di 301.097 m<sup>2</sup>.

Nella seguente figura è riportata l'ubicazione dell'area di indagine.



Fig. 2.1 – Foto satellitare di inquadramento, l'area è evidenziata in rosso (fonte google maps).

### 2.2 Descrizione dell'area

L'area d'intervento ricade nell'ambito del Foglio 444, sezione II, Porto San Paolo e CTR scala 1:10.000. Si trova in località "Spiritu Santu", a circa 500 m ad est dell'omonima chiesa, a 8km a sud-est dal centro urbano di Olbia, a 2km a Sud dalla linea di riva. Il centro abitato più vicino alla discarica è denominato Murta Maria e dista circa 3 km dalla discarica medesima, in direzione Nord-Est. L'area è raggiungibile dalla SS 125, orientale sarda; all'altezza del km 309, si devia per una strada intercomunale che conduce alla piattaforma impiantistica.

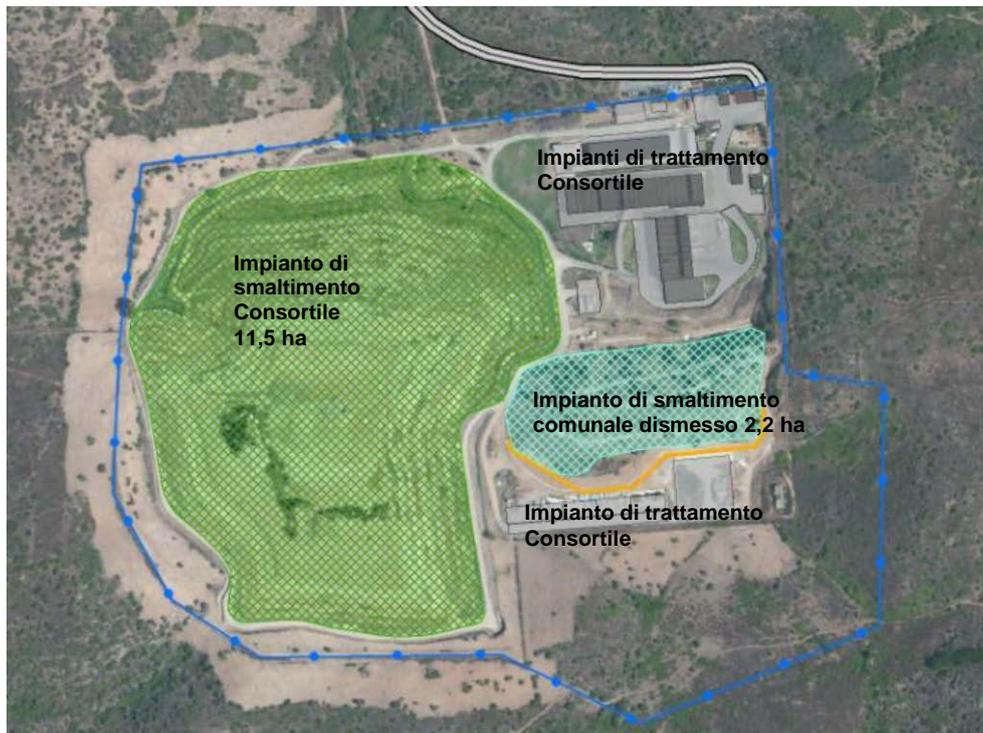
Il complesso impiantistico è principalmente preposto al trattamento dei rifiuti provenienti dai Comuni che costituiscono il sub ambito D2, individuato dal Piano Regionale per la gestione dei rifiuti urbani della Regione Autonoma della Sardegna.

La piattaforma di trattamento/recupero/smaltimento R.S.U. è attualmente costituita da diversi impianti:

- **Discarica per rifiuti urbani non pericolosi - SEZIONE A;**
- **Impianto di trattamento meccanico biologico (T.M.B.) dei rifiuti indifferenziati - SEZIONE B-C;**
- **Impianto di compostaggio di qualità per il trattamento delle FORSU – SEZIONE D;**
- **Piattaforma per la valorizzazione dei rifiuti da raccolta differenziata – SEZIONE E;**
- **Impianto di termovalorizzazione (produzione di energia elettrica) del biogas da discarica – SEZIONE F;**
- **Area dei rifiuti ingombranti – SEZIONE G.**



*Fig. 2.2 – Configurazione degli impianti attualmente presenti nel sito consortile*



*Fig. 2.3 – Impianti attualmente presenti nel sito consortile*

### **2.3 Destinazione d'uso dei terreni e limiti di legge applicabili**

L'area dell'intero complesso impiantistico è individuata nel Nuovo Catasto Terreni del Comune di Olbia nel Foglio 63, Mappali 7, 9, 12, 13, 14, 15, 16, 5, per una superficie complessiva di 301.097 m<sup>2</sup>.

#### **Piano Regionale per la gestione dei rifiuti – sezione rifiuti urbani**

Il Consorzio Industriale Provincia della Gallura fu individuato dal Piano Regionale per lo Smaltimento dei rifiuti solidi urbani, approvato dalla Giunta Regionale nel 1982, come soggetto al quale delegare le operazioni di raccolta, trasporto e smaltimento R.S.U. e R.S.A. prodotti nel sub ambito ex D2 “Gallura”. Il più recente Piano Regionale di Gestione dei Rifiuti Urbani, approvato con Deliberazione della Regione Autonoma della Sardegna n.73/7 del 20.12.2008, individua l'impianto di Spiritu Santu per la gestione dei rifiuti urbani e assimilati prodotti nello stesso sub ambito D2.

#### **Piano Provinciale di gestione rifiuti urbani**

Il sito di discarica è stato inserito a servizio del sub ambito “Bassa Gallura” così come individuato dal Piano Provinciale di Gestione dei Rifiuti Urbani della Provincia di Olbia-Tempio adottato con Deliberazione di Consiglio Provinciale n.65 del 12 Dicembre 2012.



**S.G.M. Geologia e Ambiente  
S.r.l.**

Via M. Majocchi Plattis, 21  
44124 FERRARA

internet: [www.sgm-ambiente.it](http://www.sgm-ambiente.it)

e-mail: [info@sgm-ambiente.it](mailto:info@sgm-ambiente.it)

Tel 0532/977899  
Fax 0532/906907  
C.F. e Partita Iva 01299560381

### **Piano Paesaggistico Regionale**

L'area ricade interamente all'interno dell'ambito paesaggistico 18 "Golfo di Olbia" (foglio 444 sezione II) ai sensi del vigente Piano Paesaggistico Regionale (P.P.R.), adottato con delibera della Giunta Regionale n.36/7 del 5 settembre 2006. L'area è classificata come discarica, tra le aree degradate. Tali aree sono ricomprese all'interno del sistema delle infrastrutture e sono disciplinate dagli art. 102-104 delle Norme Tecniche di Attuazione.

### **Piano di Fabbricazione Comunale**

L'area dell'impianto è stata inquadrata come zona omogenea "G" Servizi Generali, Sottozona "AT" Zone per impianti tecnologici dal vigente Programma di Fabbricazione del Comune di Olbia.

IN COLLABORAZIONE CON



S G M Ingegneria S.r.l.



**S.G.M. Geologia e Ambiente**

**S.r.l.**

Via M. Majocchi Plattis, 21  
44124 FERRARA

internet: [www.sgm-ambiente.it](http://www.sgm-ambiente.it)

e-mail: [info@sgm-ambiente.it](mailto:info@sgm-ambiente.it)

Tel 0532/977899

Fax 0532/906907

C.F. e Partita Iva 01299560381

### 3 Inquadramento geologico

L'area in esame è caratterizzata essenzialmente dall'affioramento di terreni paleozoici e quaternari.

I primi, di età carbonifera sup.- permiana, legati all'orogenesi ercinica, sono costituiti in prevalenza da monzograniti equigranulari, con fluidità magmatica planare non sempre facilmente riconoscibile (comunque compresa tra N100E e N140E), in perfetta collinearità con la direzione di allungamento strutturale della catena ercinica sarda. Queste strutture di flusso magmatico sono evidenziate dall'isorientazione dei megacristalli di K-feldspato, della biotite e degli inclusi basici microgranulari.

I secondi, di età olocenica, sono depositi di copertura, poggianti in discordanza sui graniti ercinici. Sono composti generalmente da ghiaie, sabbie, limi e argille sabbiose, di origine colluviale e alluvionale.

Le influenze della tettonica disgiuntiva alpina si riscontrano nel sistema di faglie a direzione NO-SE.

In particolare il sito si sviluppa in una piccola valle, dove è indicata la presenza di depositi quaternari sopra al complesso roccioso. Gli scavi realizzati per le urbanizzazioni hanno comportato la rimozione delle porzioni superficiali dei depositi/roccia in posto. Nella parte alta dell'area si registra ora roccia subaffiorante e solo nella parte bassa si ha uno spessore di depositi sciolti. Attorno si ha un'area collinare con roccia subaffiorante.

IN COLLABORAZIONE CON



S G M Ingegneria S.r.l.

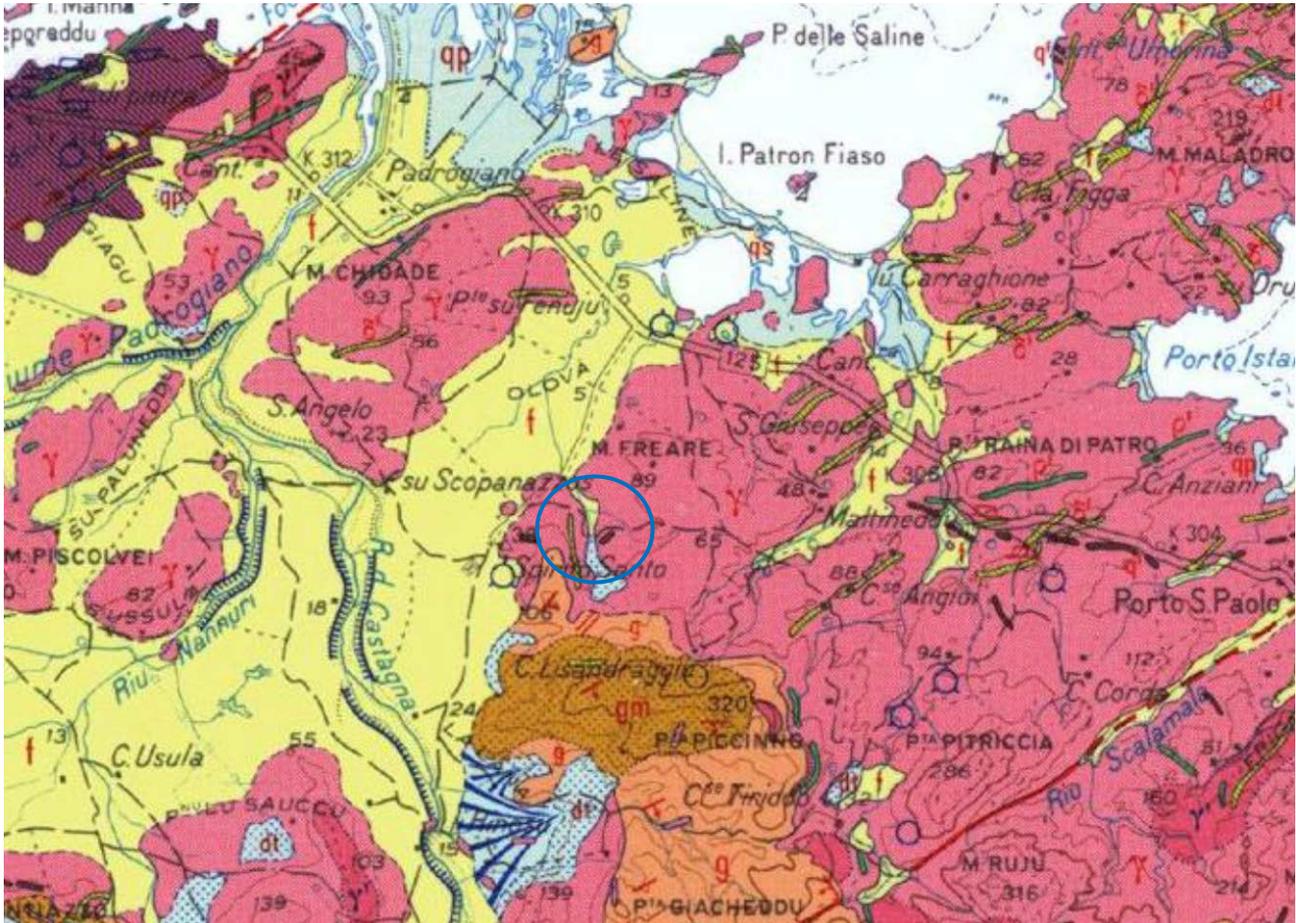


Fig. 3.1 – Estratto della carta geologica d'Italia – F. 182 Olbia

#### 4 Inquadramento idrologico

Da una prima analisi dell'area vasta è possibile valutare ed identificare i corsi d'acqua presenti nell'area oggetto di studio. Tra essi rivestono particolare importanza il Rio Su Piricone e il Fiume Padrogianus, ubicati a nord-ovest della discarica, i cui alvei presentano un andamento irregolare in quanto vengono influenzati dalla morfologia irregolare della zona. I due fiumi si sono impostati attorno a rilievi abbastanza aspri.

Sviluppandosi con un andamento prevalentemente sudovest-nordest, i fiumi ricevono acque da un bacino idrografico abbastanza esteso (Liscia, Padrogianu e altri) in prevalenza impostato su rocce impermeabili granitiche e migmatitiche; gli affluenti superficiali sono per questo motivo numerosi e l'alimentazione prevalente proviene dagli altopiani laterali. Questo fatto ha determinato la genesi di incisioni dei versanti in roccia con alla base abbondante detrito di falda, e di piane alluvionali oloceniche, i cui depositi, sostanzialmente ciottolosi, provengono appunto da questi rilievi. È sostanzialmente in queste piane, dove la permeabilità è maggiore, che la falda si ricarica maggiormente, per via dell'infiltrazione efficace.



**S.G.M. Geologia e Ambiente**

**S.r.l.**

Via M. Majocchi Plattis, 21  
44124 FERRARA

internet: [www.sgm-ambiente.it](http://www.sgm-ambiente.it)

e-mail: [info@sgm-ambiente.it](mailto:info@sgm-ambiente.it)

Tel 0532/977899

Fax 0532/906907

C.F. e Partita Iva 01299560381

## 5 Inquadramento idrogeologico

L'area di studio si imposta su una morfologia collinare soggetta ad escavazione per la realizzazione delle opere.

Sotto il profilo idrogeologico originariamente l'area era caratterizzata dal sub-affioramento di rocce intrusive (graniti), che costituivano degli acquiferi poco permeabili, e solo localmente, in corrispondenza del vecchio impluvio, di depositi quaternari, che costituivano un potenziale acquifero di ridotta estensione (vedi carta geologica).

Le rocce intrusive costituiscono il substrato di roccia caratterizzato da un certo spessore di roccia fessurata in superficie. Le fessure, dovute soprattutto a fenomeni di decompressione oltre che sforzi tettonici, sono più aperte nella parte alta dove è minore il carico litostatico. Queste rocce (graniti) costituiscono degli acquiferi poco permeabili nei quali la circolazione delle acque sotterranee avviene nella parte relativamente superficiale. La porosità efficace è molto bassa ed è compresa tra lo 0,1 e il 2 %. Ciò è confermato dai risultati di indagini geofisiche (tomografie elettriche), dai cui è stato possibile asserire, a conferma di quanto sostenuto con le precedenti indagini, che la circolazione idrica nell'area è esclusivamente presente nei primi metri, certamente inferiore ai 10.00 m, e che detta circolazione è sostenuta alla base dalle masse granitiche sostanzialmente impermeabili, in quanto prive di fratture o discontinuità tettoniche significative sotto l'aspetto idrogeologico.

I dettagli relativi all'idrogeologia dell'area vengono meglio descritti nella relazione idrogeologica redatta dal Prof. Pietro Antonio De Paola.

### 5.1 Ricostruzione della falda nell'area degli impianti

La movimentazione di materiale, in termini di scavi e riporti, avvenuti nell'area per la realizzazione degli impianti ha portato ad una superficie di circa 30 ha costituita da una depressione a gradoni entro la quale sorgono gli impianti. I sopralluoghi effettuati hanno evidenziato che litostratigraficamente si ha la presenza alternata di roccia affiorante e riporti di carattere probabilmente antropico.

Nell'area, la superficie della falda, che prima degli insediamenti si adattava e seguiva la morfologia originaria del bacino idrografico, oggi è costretta ad aderire alla nuova morfologia conseguente alla realizzazione degli scavi, delle discariche e degli altri manufatti, ricomponendosi, in un assetto molto prossimo a quello naturale, nell'impluvio a valle dell'area impianti.

L'acquifero ha uno spessore ridotto, dell'ordine dei 4-6 metri. Poiché la circolazione idrica è relativamente superficiale, la piezometrica si adatta alla morfologia del suolo.

Le evidenze raccolte nel tempo portano a ritenere la falda presente nel sito di carattere effimero, legata prevalentemente a fenomeni meteorici, discontinua per via dell'acquifero irregolare, non omogeneamente presente (spesso assente in alcuni piezometri), di potenzialità molto ridotta (spesso con portata insufficiente ad effettuare i prelievi di campioni nei pozzi per acqua).



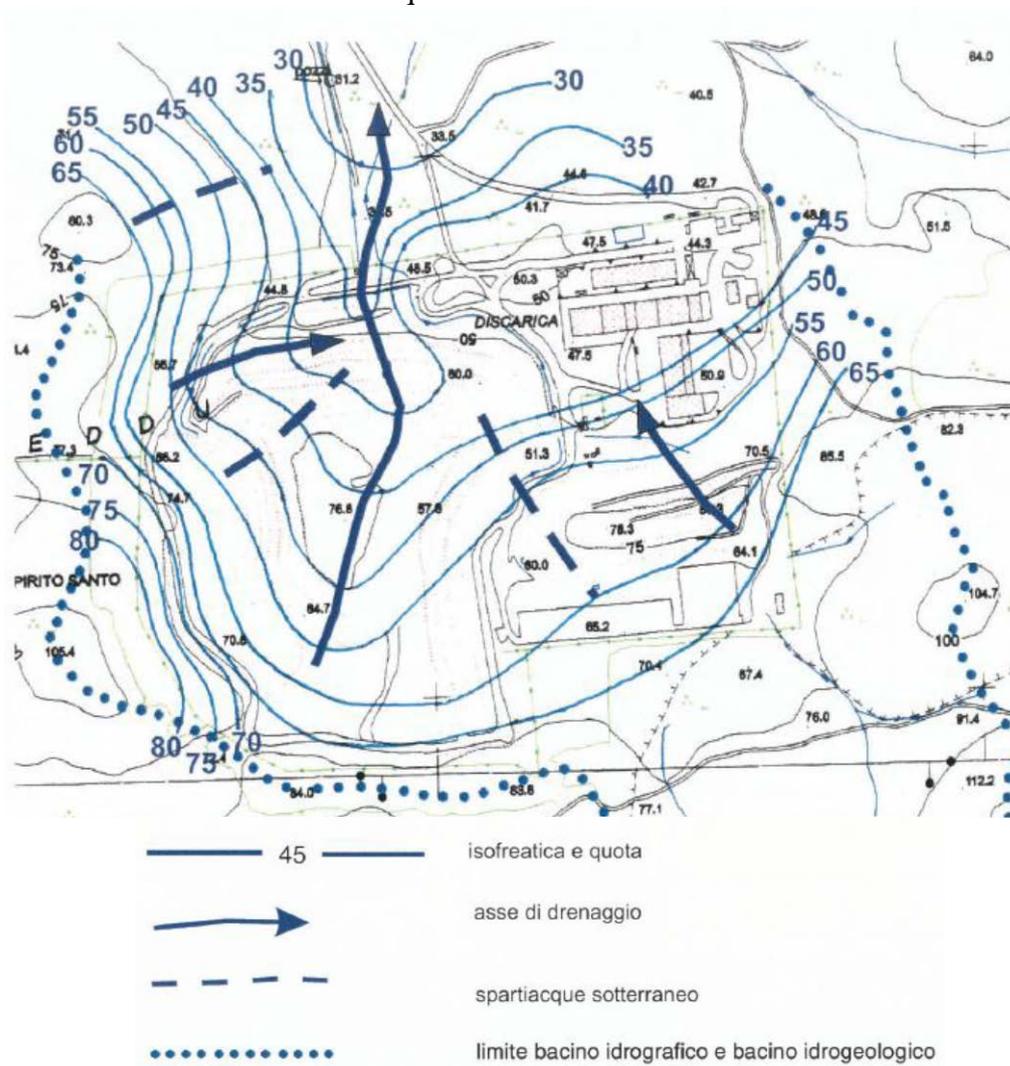
In relazione alla natura dell'acquifero e della falda si concorda con le conclusioni del Prof. De Paola che sono quelle che ci portano a ritenere, l'acquifero e la falda suddetta quali i bersagli principali di una eventuale fuoriuscita di percolato dagli impianti.

Lo studio del Prof. De Paola contiene inoltre una ricostruzione della piezometria potenziale della falda e una stima della potenzialità sotto il profilo quantitativo, della falda freatica.

Si ritiene che la superficie di falda proposta dal Prof. De Paola sulla base di rilievi piezometrici del 2013 sia da considerarsi come andamento medio della falda freatica. Contrariamente alla piezometrica in coltri alluvionali di spessori uniformi, la superficie indicata in figura non è da considerarsi continuativa ma rappresentativa dall'andamento discontinuo medio generale.

Le linee di flusso di questa falda superficiale procedono da monte verso valle, secondo direttrici da SE verso NW e da SW verso N, in pratica adattandosi alla morfologia del sito.

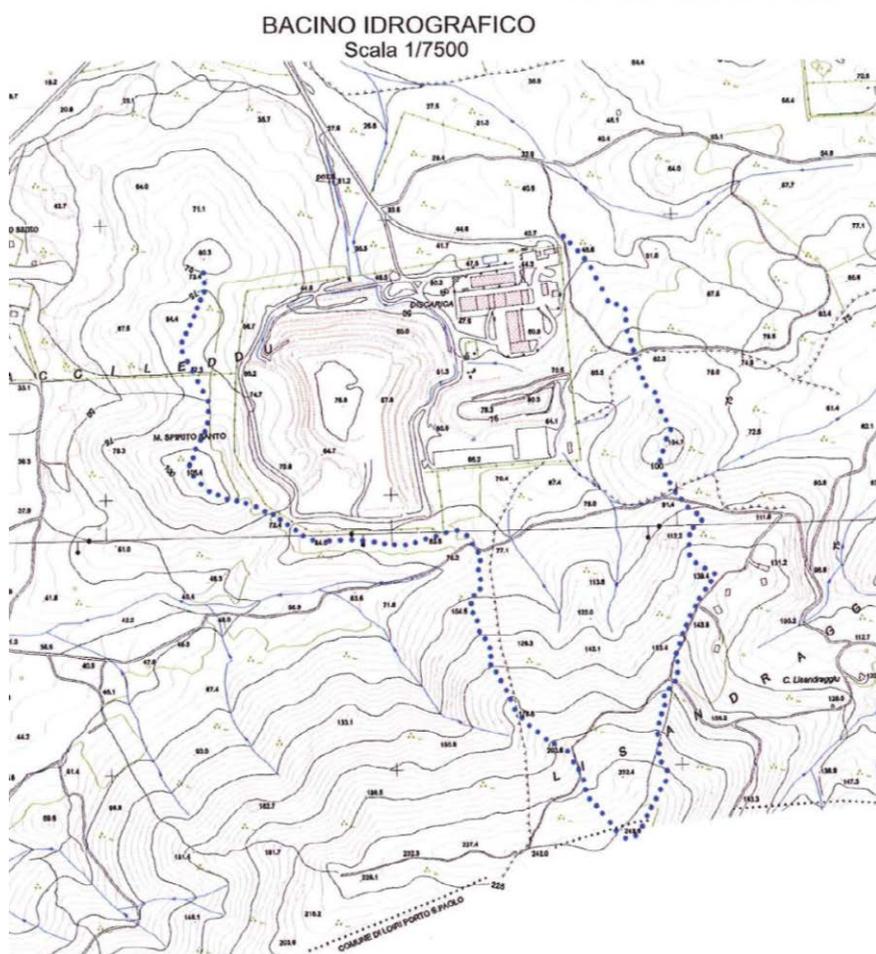
L'acquifero superficiale poggia su un acquicludo costituito dall'ammasso roccioso come meglio descritto nella Relazione De Paola alla quale si rimanda.



*Fig. 5.1 – Carta delle isofreatiche, fonte: De Paola 2014*

La stima della potenzialità dell'acquifero viene affrontata come bilancio idrologico del bacino idrografico sotteso alla parte frontale dell'impianto. Viene definito un valore di infiltrazione efficace  $I$  (espressa in mm/a) da cui deriva l'alimentazione unitaria specifica  $I_s$  espressa in l/s km<sup>2</sup> con valori molto bassi dell'ordine di 0,82 (secondo Coutagne) e 0,51 (secondo Turc). Tali valori indicano, per le condizioni meteo climatiche e morfologiche del bacino idrografico considerato una tipica potenzialità molto ridotta.

La risorsa idrica che ne deriva e che si concretizza nella falda libera oggetto di studio, si qualifica come molto povera, sia sotto il profilo qualitativo, in quanto superficiale, idrogeologicamente priva di copertura protettiva e quindi estremamente vulnerabile, sia sotto il profilo quantitativo, considerati i ridotti apporti delle ricariche e dell'unica fonte di alimentazione, quella meteorica. Dal punto di vista quantitativo viene stimata una portata dell'ordine di 7.500-12.350 m<sup>3</sup>/anno pari a circa 0,24 – 0,40 l/s.



*Fig. 5.2 – Bacino idrografico, fonte: De Paola 2014*



**S.G.M. Geologia e Ambiente**

**S.r.l.**

Via M. Majocchi Plattis, 21  
44124 FERRARA

internet: [www.sgm-ambiente.it](http://www.sgm-ambiente.it)

e-mail: [info@sgm-ambiente.it](mailto:info@sgm-ambiente.it)

Tel 0532/977899

Fax 0532/906907

C.F. e Partita Iva 01299560381

## 6 Indagini e campionamenti dei terreni

Come da PDC e in accordo con le prescrizioni contenute nella determina di approvazione, si sono eseguiti ulteriori 29 prelievi di terreni.

I punti di campionamento dei terreni sono i seguenti:

- T8-T10-T12-T13-T15÷T21 realizzati mediante trincea;
- S28, S29, S30, S32 e S33 eseguiti con sondaggio a carotaggio continuo in fase di realizzazione dei piezometri (vedi punti seguenti);

Non sono stati eseguiti sondaggi integrativi in quanto al fondo scavo delle trincee (-1,5 ÷ -1,0 m da p.c.) si è riscontrata sempre la presenza di substrato roccioso.

Inoltre, in accordo con ARPAS, non sono state eseguite le trincee T1, T14, T22 presenti nel capitolato, in quanto si trovavano in luoghi inaccessibili. Il campionamento T14 è stato sostituito con il campionamento del sondaggio S28, non previsto da capitolato, mentre gli altri due non sono stati sostituiti.

L'ubicazione dei punti di campionamento è quindi cambiata in fase di cantiere rispetto al capitolato.

In data 11 e 12 maggio 2017 è stato eseguito il rilievo plano-altimetrico dei punti d'indagine, riportato nella Tavola 1.

Nella tabella 8.1 vengono riportate le coordinate e le quote, riferite al livello medio mare, del piano campagna dei sondaggi effettuati e del bocca pozzo dei piezometri installati.

Di seguito si descrivono le modalità realizzative delle trincee, mentre per le modalità realizzative dei sondaggi si rimanda ai punti successivi.

### 6.1 Trincee esplorative

Sono state eseguite tramite escavatore Hundai R200, n.11 trincee esplorative denominate T8-T10-T12-T13-T15-T16-T17-T18-T19-T20-T21, mentre le trincee T2-T3-T4-T5-T6-T7-T9-T11 erano già state realizzate in precedenza.

Per ogni punto di indagine, sono state registrate, su un apposito modulo di campo, la sequenza stratigrafica riscontrata nel corso dell'avanzamento, unitamente a note su evidenze organolettiche e/o visive. Ogni punto di indagine è stato documentato con fotografie e georeferenziato (vedi Tabella 6.1).

Le trincee sono state spinte fino alla profondità di -1,0 m e -1,5 m da p.c. Al di sotto di tali profondità è stato rinvenuto materiale lapideo (vedi Tabella 6.1). Eseguito lo scavo ed effettuato il campionamento, le trincee sono state ritombate utilizzando i terreni rimossi durante gli scavi, in quanto nei terreni non sono state riscontrate anomalie organolettiche e/o colorazioni particolari e presenza di terreni non naturali.



S.G.M. Geologia e Ambiente

S.r.l.

Via M. Majocchi Plattis, 21

44124 FERRARA

internet: [www.sgm-ambiente.it](http://www.sgm-ambiente.it)

e-mail: [info@sgm-ambiente.it](mailto:info@sgm-ambiente.it)

Tel 0532/977899

Fax 0532/906907

C.F. e Partita Iva 01299560381

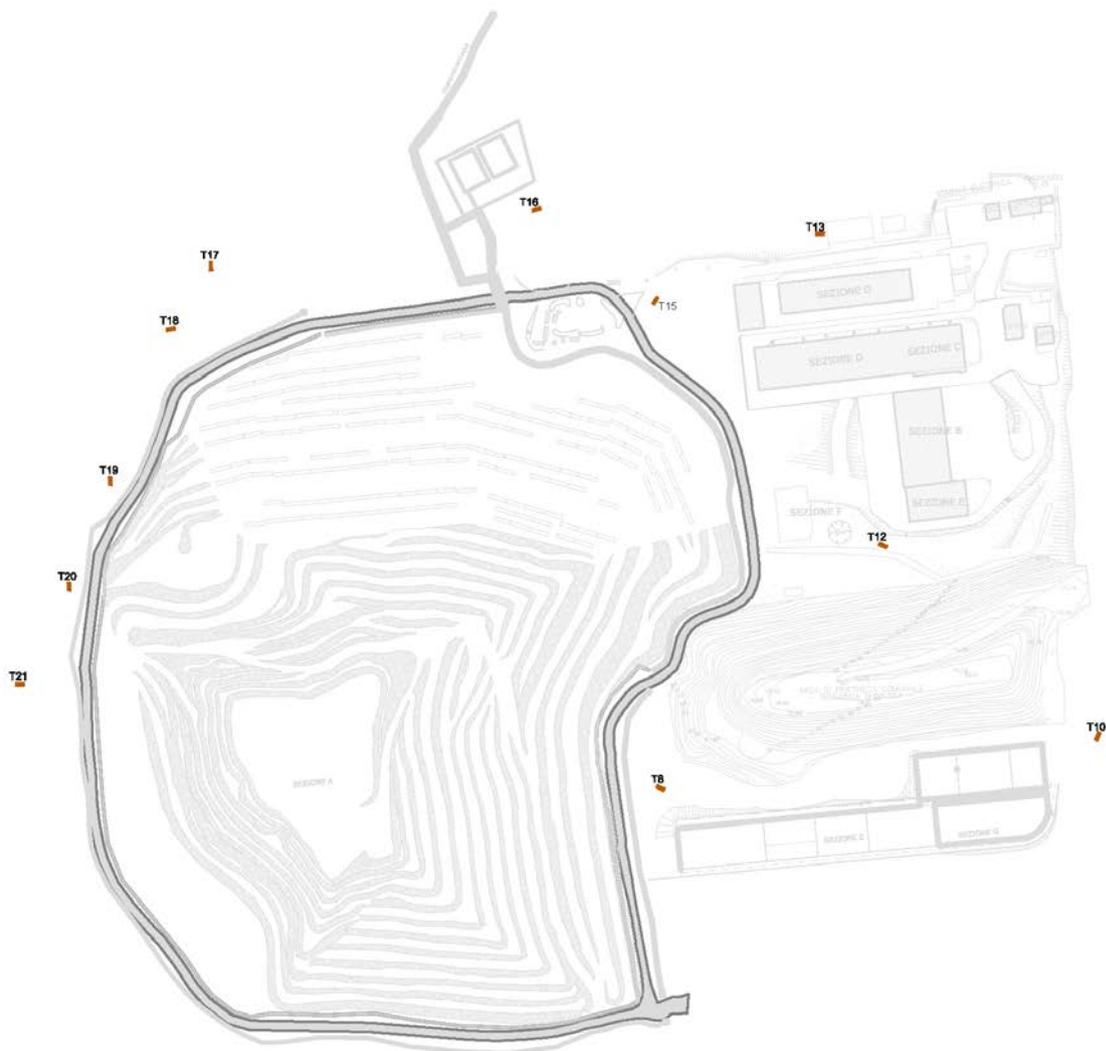


Fig. 6.1– Ubicazione delle trincee

IN COLLABORAZIONE CON



S G M Ingegneria S.r.l.

### 6.1.1 Caratteristiche stratigrafiche delle trincee

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa delle caratteristiche stratigrafiche di ogni punto d'indagine delle trincee e relativa documentazione fotografica. Questi dati sono riportati anche nell'Allegato 8.

| Tab. 6.1 – Riepilogo delle caratteristiche stratigrafiche delle trincee. |                |   |                        |  |
|--|----------------|---|------------------------|--|
| N°   | Nome sondaggio | Doc. fotografica  | Profondità da p.c. (m) | Descrizione stratigrafia   |
| 1  | T10            |   | 0,00-1,50              | Sabbia e sabbia debolmente limosa di colore marrone con elementi ghiaiosi composti da frammenti di roccia granitica.                                   |
|  |                |   | 1,50                   | Materiale lapideo poco fratturato  |
| 2  | T12            |  | 0,00-1,00              | Sabbia e sabbia limosa di colore marrone con sporadici laterizi, polistirolo, plastica ed elementi ghiaiosi composti da frammenti di roccia granitica. |
|  |                |   | 1,00                   | Materiale lapideo poco fratturato.   |
| 3  | T19            |  | 0,00-1,50              | Sabbia e sabbia limosa di colore marrone con elementi ghiaiosi composti da frammenti di roccia granitica.  |

| <b>Tab. 6.1 – Riepilogo delle caratteristiche stratigrafiche delle trincee.</b> |                       |   |                               |  |
|---|-----------------------|---|-------------------------------|--|
| <b>N°</b>   | <b>Nome sondaggio</b> | <b>Doc. fotografica</b>   | <b>Profondità da p.c. (m)</b> | <b>Descrizione stratigrafia</b>  |
|   |                       |   | 1,50                          | Materiale lapideo poco fratturato.   |
| 4   | T20                   |    | 0,00-1,00                     | Sabbia e sabbia limosa di colore marrone con elementi ghiaiosi composti da frammenti di roccia granitica.  |
|   |                       |   | 1,00                          | Materiale lapideo poco fratturato.   |
| 5   | T21                   |   | 0,00-1,00                     | Sabbia e sabbia limosa di colore marrone con elementi ghiaiosi composti da frammenti di roccia granitica.  |
|   |                       |   | 1,00                          | Materiale lapideo poco fratturato.   |
| 6   | T8                    |  | 0,00-1,50                     | Sabbia e sabbia debolmente limosa di colore marrone con elementi ghiaiosi composti da frammenti di roccia granitica e sporadici elementi plastici. |
|   |                       |   | 1,50                          | Materiale lapideo poco fratturato.   |

**Tab. 6.1 – Riepilogo delle caratteristiche stratigrafiche delle trincee.**

| N° | Nome sondaggio | Doc. fotografica  | Profondità da p.c. (m) | Descrizione stratigrafia  |
|----|----------------|---|------------------------|---|
| 7  | T15            |    | 0,00-1,00              | Sabbia di colore marrone con elementi ghiaiosi composti da frammenti di roccia granitica.   |
|    |                |   | 1,00                   | Materiale lapideo poco fratturato.  |
| 8  | T18            |   | 0,00-1,50              | Sabbia limosa di colore marrone chiaro-scuro con elementi ghiaiosi composti da frammenti di roccia granitica.                     |
|    |                |   | 1,50                   | Materiale lapideo poco fratturato.  |
| 9  | T13            |  | 0,00-1,00              | Sabbia e sabbia limosa di colore marrone con elementi ghiaiosi composti da frammenti di roccia granitica e tubazioni di plastica. |
|    |                |   | 1,00                   | Materiale lapideo poco fratturato.  |

**Tab. 6.1 – Riepilogo delle caratteristiche stratigrafiche delle trincee.**

| N° | Nome sondaggio | Doc. fotografica   | Profondità da p.c. (m) | Descrizione stratigrafia   |
|----|----------------|--|------------------------|--|
| 10 | T16            |   | 0,00-1,00              | Sabbia di colore marrone con elementi ghiaiosi composti da frammenti di roccia granitica.                            |
|    |                |  | 1,00                   | Materiale lapideo poco fratturato.   |
| 11 | T17            |  | 0,00-1,50              | Sabbia e sabbia debolmente limosa di colore marrone con elementi ghiaiosi composti da frammenti di roccia granitica. |
|    |                |  | 1,50                   | Materiale lapideo poco fratturato.   |

## 6.2 Sondaggi

I sondaggi sono stati eseguiti nei punti S28-S29-S30-S32-S33, per i quali è prevista l'esecuzione dei piezometri.

### 6.2.1 Realizzazione dei sondaggi a carotaggio continuo

Per la realizzazione dei sondaggi è stata utilizzata la sonda Massenza Drilling Rig MI8, le cui caratteristiche vengono riportate nella seguente tabella.

| Tab. 6.2 – Caratteristiche della sonda utilizzata |                       |                                 |                               |
|---|-----------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| Massenza Drilling Rig MI8                         |                       |                                 |                               |
| <b>Camion</b>                                     | <b>Truck</b>          | <b>Recommended 4x4</b>          |                               |
| Carro Cingolato                                   | Under-carriage        | Standard                        |                               |
| Larghezza   | Width                 | 1.700 mm – 5 ft 7"              |                               |
| Larghezza suole                                   | Pad width             | 300 mm – 1 ft                   |                               |
| <b>Centrale Idraulica</b>                         | <b>Power Pack</b>     |                                 |                               |
| Potenza motore                                    | Engine power          | 156 Hp (A.C.)<br>115 kW (KBT)   |                               |
| Serbatoio olio                                    | Oil tank              | 300 l (литров) - 79 gal         |                               |
| Serbatoio gasolio                                 | Fuel tank             | 150 l (литров)-39,6 gal         | 500 l (литров)-106 gal        |
| <b>Antenna</b>                                    | <b>Mast</b>           | <b>From</b>                     | <b>To</b>                     |
| Forza di tiro                                     | Pull up               | 6.500 daN (кг)<br>14.613 lbf    | 12.000 daN (кг)<br>26.977 lbf |
| Forza di spinta                                   | Pull down             | 6.500 daN (кг)<br>14.613 lbf    | 12.000 daN (кг)<br>26.977 lbf |
| <b>Testa di rotazione</b>                         | <b>Rotary head</b>    |                                 |                               |
| Coppia max.                                       | Max torque            | 19.000 Nm (Нм) – 14.000 lbf ft  |                               |
| Giri max.   | Max speed             | 1.200 Rpm (об/мин)              |                               |
| <b>Morse</b>                                      | <b>Clamps</b>         |                                 |                               |
| Passaggio max.                                    | Max passage           | 360 mm - 14"                    |                               |
| Diametro min. di presa                            | Min clamping diameter | 76 mm - 3"                      |                               |
| Forza di chiusura                                 | Clamping force        | 17.000 daN (кг)                 |                               |
| Coppia di svitamento                              | Breaking torque       | 23.500 Nm (Нм)<br>17.330 lbf ft |                               |
| <b>Peso</b>                                       | <b>Weight</b>         | 7.100 kg (кг) – 15.620 lbs      |                               |



La perforazione (Ø101/127) è stata spinta sino ad una profondità di -10,00 m da p.c. per ciascun punto di campionamento.

Le pareti del foro sono state sostenute da tubazioni di rivestimento provvisorie in materiale non alterabile chimicamente e non verniciate.



**S.G.M. Geologia e Ambiente**

**S.r.l.**

Via M. Majocchi Plattis, 21  
44124 FERRARA

internet: [www.sgm-ambiente.it](http://www.sgm-ambiente.it)

e-mail: [info@sgm-ambiente.it](mailto:info@sgm-ambiente.it)

Tel 0532/977899

Fax 0532/906907

C.F. e Partita Iva 01299560381

Particolare attenzione e cura è stata posta nelle operazioni di decontaminazione delle attrezzature utilizzate per il prelievo dei suoli, e precisamente:

- gli strumenti e le attrezzature impiegati nelle diverse operazioni erano costruiti con materiali e modalità tali che il loro impiego non modificasse le caratteristiche delle matrici ambientali, del materiale di riporto e la concentrazione delle sostanze contaminanti;
- le operazioni di prelievo dei campioni sono state compiute evitando la diffusione della contaminazione nell'ambiente circostante e nella matrice ambientale campionata (cross contamination);
- è stata controllata l'assenza di perdite di oli lubrificanti e altre sostanze dai macchinari, dagli impianti e da tutte le attrezzature utilizzate durante il campionamento;
- alla fine di ogni perforazione tutti gli attrezzi e gli utensili che hanno operato in superficie sono stati decontaminati, mentre gli attrezzi e gli utensili che hanno operato in profondità nel perforo sono stati decontaminati ad ogni "battuta";
- prima del prelievo è stata svolta la pulizia di strumenti, attrezzi e utensili di perforazione rimuovendo completamente, sia internamente sia esternamente, i materiali potenzialmente inquinanti; tale operazione è stata svolta con acqua in pressione e getti di vapore acqueo in un area impermeabile, attrezzata e delimitata sufficientemente lontana dall'area di campionamento;
- nel maneggiare le attrezzature sono stati utilizzati guanti puliti monouso per prevenire il contatto diretto con il materiale estratto.

I testimoni (campioni di terreno o carote) prelevati nel corso dei sondaggi sono stati inseriti in apposite cassette catalogatrici munite di setti divisorii e coperchio di dimensioni di 1,0x0,6x0,15 m ed in grado di contenere 5 m di carota. Sulle cassette sono state riportate le seguenti informazioni: nome del cantiere, nome del sondaggio, data di esecuzione, profondità raggiunta.

Per ogni punto di indagine, sono state registrate, su un apposito modulo di campo, la sequenza stratigrafica riscontrata nel corso dell'avanzamento, unitamente a note su evidenze organolettiche e/o visive, all'interno dei quali sono descritte le caratteristiche lito-stratigrafiche dei terreni attraversati. Ogni punto di indagine è stato documentato con fotografie e georeferenziato.

### **6.2.2 Caratteristiche stratigrafiche dei punti di sondaggio**

La descrizione litostratigrafica dei terreni attraversati è sintetizzata nella seguente tabella (Tabella 6.3) e riportata nelle schede stratigrafiche (vedi All.6) completate con gli elementi relativi al prelievo dei campioni e corredate dei seguenti dati: numero del sondaggio, data di esecuzione, sistema di perforazione, profondità raggiunta, quote relative di prelievo dei campioni di terreno, rappresentazione stratigrafica dei litotipi attraversati alle diverse profondità.

Per la documentazione fotografica si veda l'Allegato 7.

| <b>Tab. 6.3 – Riepilogo delle caratteristiche stratigrafiche dei punti di sondaggio.</b> |                       |                       |                                 |
|--|-----------------------|-----------------------|---------------------------------|
| <b>N°</b>  | <b>Nome sondaggio</b> | <b>Profondità (m)</b> | <b>Descrizione stratigrafia</b> |

| <b>Tab. 6.3 – Riepilogo delle caratteristiche stratigrafiche dei punti di sondaggio.</b> |                       |                       |  |
|--|-----------------------|-----------------------|--|
| <b>N°</b>  | <b>Nome sondaggio</b> | <b>Profondità (m)</b> | <b>Descrizione stratigrafia</b>  |
| 1  | S33                   | 0,00-4,00             | Sabbia e sabbia debolmente limosa di colore marrone-marrone chiaro con presenza di elementi ghiaiosi composti da frammenti di roccia granitica.<br><br>Presenza di trovanti granitici decimetrici. |
|  |                       | 4,00-10,00            | Substrato roccioso composto da roccia granitica fratturata   |
| 2  | S29                   | 0,00-6,00             | Sabbia e sabbia debolmente limosa di colore marrone-marrone chiaro con presenza di elementi ghiaiosi composti da frammenti di roccia granitica.<br><br>Presenza di trovanti granitici decimetrici. |
|  |                       | 6,00-7,00             | Frammenti di roccia granitica  |
|  |                       | 7,00-10,00            | Substrato roccioso composto da roccia granitica fratturata   |
| 3  | S30                   | 0,00-3,70             | Sabbia e sabbia debolmente limosa di colore marrone-marrone chiaro con presenza di elementi ghiaiosi composti da frammenti di roccia granitica.<br><br>Presenza di trovanti granitici decimetrici. |
|  |                       | 3,70-10,00            | Substrato roccioso composto da roccia granitica fratturata   |
| 4  | S32                   | 0,00-3,00             | Sabbia e sabbia debolmente limosa di colore marrone-marrone chiaro con presenza di elementi ghiaiosi composti da frammenti di roccia granitica.<br><br>Presenza di trovanti granitici decimetrici. |
|  |                       | 3,00-8,20             | Substrato roccioso composto da roccia granitica fratturata   |
|  |                       | 8,20-10,00            | Limo argilloso debolmente sabbioso di colore marrone con presenza di elementi ghiaiosi composti da frammenti di roccia granitica   |
| 5  | S28                   | 0,00-0,40             | Sabbia e sabbia limosa di colore marrone con elementi ghiaiosi composti da frammenti di roccia granitica e sporadici laterizi  |
|  |                       | 0,40-6,00             | Sabbia e sabbia debolmente limosa di colore marrone-marrone chiaro con presenza di elementi ghiaiosi composti da frammenti di roccia granitica.<br><br>Presenza di trovanti granitici decimetrici. |
|  |                       | 6,00-10,00            | Substrato roccioso composto da roccia granitica fratturata   |

### 6.3 Campionamento dei terreni nelle trincee e nei sondaggi

Durante le operazioni di perforazione, direttamente dal corpo delle carote, sono stati prelevati a profondità prestabilite dei campioni rimaneggiati di terreno, conservati in opportuni contenitori a tenuta ermetica ed adeguatamente etichettati. Le operazioni di formazione dei campioni sono state attuate con strumenti decontaminati dopo ogni operazione e con modalità adeguate ad evitare la variazione delle caratteristiche e la contaminazione del materiale.



S.G.M. Geologia e Ambiente

S.r.l.

Via M. Majocchi Plattis, 21  
44124 FERRARA

internet: [www.sgm-ambiente.it](http://www.sgm-ambiente.it)

e-mail: [info@sgm-ambiente.it](mailto:info@sgm-ambiente.it)

Tel 0532/977899

Fax 0532/906907

C.F. e Partita Iva 01299560381

I campioni medi di terreno, sono stati formati dalla miscelazione di più aliquote prelevate in modo da rappresentare il più fedelmente possibile le singole unità stratigrafiche.

### 6.3.1 *Prelievo di campioni di terreno dalle trincee*

Per i campioni delle trincee, è stato prelevato un solo campione di terreno rappresentativo di tutto lo spessore indagato con lo scavo.

I controcampioni sono stati prelevati in presenza di un tecnico Arcadis e consegnati a Cipnes.

Nella seguente tabella vengono riepilogati i campioni prelevati e i relativi intervalli di profondità del prelievo.

| N° | Data campionamento | Nome campione | Profondità di prelievo (m da p.c.) |
|----|--------------------|---------------|------------------------------------|
| 1  | 18/04/2017         | T10           | 0,00-1,50                          |
| 2  | 18/04/2017         | T12           | 0,00-1,00                          |
| 4  | 18/04/2017         | T19           | 0,00-1,50                          |
| 5  | 18/04/2017         | T20           | 0,00-1,00                          |
| 6  | 18/04/2017         | T21           | 0,00-1,00                          |
| 7  | 19/04/2017         | T8            | 0,00-1,50                          |
| 8  | 19/04/2017         | T15           | 0,00-1,00                          |
| 9  | 19/04/2017         | T18           | 0,00-1,50                          |
| 10 | 20/04/2017         | T13 + ARPAS   | 0,00-1,00                          |
| 11 | 20/04/2017         | T16 + ARPAS   | 0,00-1,00                          |
| 12 | 20/04/2017         | T17 + ARPAS   | 0,00-1,50                          |

### 6.3.2 *Prelievo di campioni di terreno dai sondaggi*

Il prelievo di campioni dai sondaggi è stato effettuato come previsto da capitolato nei punti S29, S30, S32, S33 e nel punto S28 in sostituzione del campione T14.

Per ogni sondaggio sono stati eseguiti n. 3 prelievi, ad intervalli di profondità pari ad un metro, compatibilmente con lo spessore del suolo, sottosuolo e pertanto, con la quota del substrato roccioso:

- Campione C1: terreno superficiale da 0,00m a 1,00m da p.c.;
- Campione C2: intermedio tra il campione C1 e C3;
- Campione C3: nell'intervallo di profondità comprendente la frangia capillare (o fondo foro).





S.G.M. Geologia e Ambiente

S.r.l.

Via M. Majocchi Plattis, 21  
44124 FERRARA

internet: [www.sgm-ambiente.it](http://www.sgm-ambiente.it)

e-mail: [info@sgm-ambiente.it](mailto:info@sgm-ambiente.it)

Tel 0532/977899

Fax 0532/906907

C.F. e Partita Iva 01299560381

Nella seguente tabella vengono riepilogati i sondaggi eseguiti e gli intervalli di profondità di prelievo dei campioni.

| N° | Data campionamento | Nome sondaggio | Nome campione | Profondità di prelievo (m da p.c.) |
|----|--------------------|----------------|---------------|------------------------------------|
| 1  | 10/04/2017         | S33            | C1            | 0,00-1,00                          |
|    |                    |                | C2            | 1,50-2,50                          |
|    |                    |                | C3            | 3,00-4,00                          |
| 2  | 11/04/2017         | S29            | C1            | 0,00-1,00                          |
|    |                    |                | C2            | 2,00-3,00                          |
|    |                    |                | C3            | 4,00-5,00                          |
| 3  | 12/04/2017         | S30            | C1            | 0,00-1,00                          |
|    |                    |                | C2            | 1,00-2,00                          |
|    |                    |                | C3 + ARPAS    | 2,70-3,70                          |
| 4  | 13/04/2017         | S32            | C1            | 0,00-1,00                          |
|    |                    |                | C2            | 1,00-2,00                          |
|    |                    |                | C3            | 2,00-3,00                          |
| 5  | 20/04/2017         | S28            | C1            | 0,00-1,00                          |
|    |                    |                | C2            | 3,00-4,00                          |
|    |                    |                | C3 + ARPAS    | 5,00-6,00                          |

### 6.3.3 *Prelievo di campioni di Top Soil*

Il Top Soil è stato prelevato alla profondità compresa tra 0,0 e 0,1 m su di una superficie pari a 1m<sup>2</sup>. Il campionamento è stato realizzato mediante attrezzatura monouso o comunque opportunamente decontaminata fra un prelievo e il successivo.

Nella seguente tabella vengono riepilogati i campioni prelevati.

| N° | Data campionamento | Nome campione | Profondità di prelievo (m da p.c.) |
|----|--------------------|---------------|------------------------------------|
| 1  | 12/04/2017         | S30 + ARPAS   | 0,00-0,10 (Top Soil)               |
| 2  | 18/04/2017         | T12           | 0,00-0,10 (Top Soil)               |

### 6.3.4 *Formazione ed identificazione dei campioni per l'analisi dei componenti non volatili*

La metodologia generale di campionamento ha interessato le seguenti fasi:

- identificazione e scarto dei materiali estranei che avrebbero potuto alterare i risultati finali (pezzi di vetro, ciottoli, rami, foglie, ecc.);





**S.G.M. Geologia e Ambiente**

**S.r.l.**

Via M. Majocchi Plattis, 21  
44124 FERRARA

internet: [www.sgm-ambiente.it](http://www.sgm-ambiente.it)

e-mail: [info@sgm-ambiente.it](mailto:info@sgm-ambiente.it)

Tel 0532/977899

Fax 0532/906907

C.F. e Partita Iva 01299560381

- prelievo delle diverse aliquote all'interno dello spessore di terreno che si intende caratterizzare;
- omogeneizzazione dei vari incrementi prelevati su un telo di nylon monouso per avere una distribuzione uniforme delle caratteristiche;
- setacciatura al fine di rimuovere la frazione maggiore a 2cm;
- suddivisione dei campioni in più parti omogenee, adottando metodi di quartatura riportati nella normativa (IRSA-CNR, Quaderno 64 del gennaio 1985);
- per ciascun campione prelevato sono state realizzate n. 2 aliquote;
- un'aliquota è stata conservata presso il cantiere a disposizione dell'Ente di controllo;
- una seconda aliquota è stata inviata al laboratorio per le analisi chimiche (ai sensi del D.Lgs. 152/06 e s.m.i.);
- i contenitori sono stati riempiti completamente, sigillati, etichettati e inoltrati subito al laboratorio di analisi, insieme con le note di prelevamento;
- conservazione in appositi contenitori in vetro a chiusura ermetica di capacità pari a circa 1000 ml con etichetta riportante la sigla identificativa del sondaggio, la quota di prelievo e la data;
- le operazioni di formazione dei campioni sono state effettuate con paletta in acciaio inox decontaminata dopo ogni operazione e con modalità adeguate ad evitare la variazione delle caratteristiche e la contaminazione del materiale;
- l'eventuale terza aliquota, quando richiesta, è stata confezionata in contraddittorio solo alla presenza di ARPAS, sigillando il campione che è stato firmato dagli addetti incaricati, verbalizzando il relativo prelievo.

### **6.3.5 Formazione ed identificazione dei campioni per l'analisi dei componenti volatili**

Per l'estrazione del campione da sottoporre ad analisi dei composti volatili è stato utilizzato un minicarotatore monouso impiegato ortogonalmente alla carota con successivo scarico della minicarota così subcampionata in vials (fiale di vetro di circa 40ml di volume) con tappo a ghiera e guarnizione in silicone teflonata a chiusura ermetica. Tali vials sono state consegnate al laboratorio per lo svolgimento delle analisi senza manipolazioni ulteriori del campione.

Stesso procedimento è stato adottato per i composti volatili dei campioni di Top Soil.

### **6.3.6 Conservazione e trasporto dei campioni**

Dopo la formazione del campione lo stesso è stato immediatamente posto al buio in un frigorifero da campo mantenuto a 4° C e inviato, entro 24 h, al laboratorio di analisi Theolab S.p.a (accreditato ACCREDIA N. 0199) di Volpiano (TO).

Durante il trasporto, i campioni sono stati accompagnati da catena di custodia (di seguito COC) che riporta i passaggi compiuti dai campioni dal prelievo alla consegna al laboratorio.





**S.G.M. Geologia e Ambiente**

**S.r.l.**

Via M. Majocchi Plattis, 21  
44124 FERRARA

internet: [www.sgm-ambiente.it](http://www.sgm-ambiente.it)

e-mail: [info@sgm-ambiente.it](mailto:info@sgm-ambiente.it)

Tel 0532/977899

Fax 0532/906907

C.F. e Partita Iva 01299560381

All'interno della COC, oltre alla data di spedizione e di consegna, sono riportati l'elenco dei campioni inviati al laboratorio.

#### **6.4 Gestione materiali di risulta provenienti dalle trincee**

Al termine della realizzazione delle trincee, le stesse sono state richiuse utilizzando i terreni rimossi nel corso dello scavo, poiché non sono stati rinvenuti materiali non naturali e/o con anomalie organolettiche e visive.

IN COLLABORAZIONE CON



S G M Ingegneria S.r.l.



S.G.M. Geologia e Ambiente

S.r.l.

Via M. Majocchi Plattis, 21  
44124 FERRARA

internet: [www.sgm-ambiente.it](http://www.sgm-ambiente.it)

e-mail: [info@sgm-ambiente.it](mailto:info@sgm-ambiente.it)

Tel 0532/977899

Fax 0532/906907

C.F. e Partita Iva 01299560381

## 7 Integrazione della rete piezometrica di monitoraggio delle acque sotterranee

Ad integrazione della rete esistente, sono stati realizzati i seguenti nuovi piezometri:

- **nuovo cluster S28-R6** (profondità piezometro superficiale S28 di circa 10 m e profondità piezometro profondo R6 di 80 m);
- **piezometri superficiali S29-S30-S32-S33** (profondità piezometro di circa 10 m);
- **completamento dei piezometri S31 e S34 già parzialmente realizzati**

### 7.1 Caratteristiche costruttive di dettaglio dei piezometri

#### 7.1.1 Caratteristiche costruttive del piezometro profondo

Si forniscono di seguito le principali caratteristiche costruttive del piezometro profondo R6:

- Perforazione a rotazione con distruzione di nucleo;
- Profondità = 89 m dal p.c.;
- Diametro avan-pozzo da p.c. a -2 m = 320 mm;
- Diametro del foro da -2 m a -80 m (falda a -70,00 m) = 250.00 mm;
- Piezometro Tubo aperto in PVC, con giunzioni filettate;
- Diametro esterno piezometro PVC (parte cieca e fenestrata) = 200.00 mm;
- Lunghezza tubo cieco = da 0.00 m a - 35.00 m dal p.c.;
- Lunghezza tubo fenestrato = da - 35.00 m a - 80.00 m, per complessivi 45.00 m;
- Filtro, passante ad aperture rettangolari verticali alternate, con larghezza pari a 1.00 mm e rapporto apertura filtri/superficie totale attorno al 20%, comunque non inferiore al 15%;
- Posizione tubazione, coassialmente al foro con l'impiego di centralizzatori;
- Materiale drenante da posizionare nell'intercapedine tra la parete del foro ed il tubo fessurato = ghiaietto siliceo lavato e calibrato (granulometria: 3.00 - 6.00 mm), da posizionare da -25.00 m dal p.c. a fondo foro;
- Sigillatura = iniezione di boiaccia di cemento pozzolanico o Portland, con densità di riferimento di 1,80 kg/l, da porre in opera dal basso, con tubo di discesa, a partire da - 2.00m fino a - 25.00 m dal p.c.;
- Sigillatura sommitale = calcestruzzo da 0.00 a - 2.00 m dal p.c. con getto diretto dall'alto;
- Installazione elettropompa centrifuga sommersa da posizionare a - 74.00 m dal p.c. (vedi specifiche tecniche di seguito esposte);
- Sviluppo = pompaggio per almeno 6 ore fino all'ottenimento di acqua limpida;
- Misura dei livelli piezometrici e della portata con adeguata strumentazione a piezometro stabilizzato.

Nel corso della perforazione, al fine di impedire la dispersione dei fanghi di perforazione, questi sono stati raccolti in apposite cisterne in cls, collocate in vicinanza dei piezometri. Tali materiali sono stati campionati e sottoposti ad analisi chimica per la caratterizzazione come rifiuto (v. All. 5).





**S.G.M. Geologia e Ambiente**

**S.r.l.**

Via M. Majocchi Plattis, 21  
44124 FERRARA

internet: [www.sgm-ambiente.it](http://www.sgm-ambiente.it)

e-mail: [info@sgm-ambiente.it](mailto:info@sgm-ambiente.it)

Tel 0532/977899

Fax 0532/906907

C.F. e Partita Iva 01299560381

### **7.1.2 Caratteristiche costruttive dei piezometri superficiali**

Rispetto al piezometro profondo, la realizzazione del piezometro superficiale differisce solo nel sistema di perforazione, lunghezza e sigillatura.

Sono stati realizzati i seguenti 5 piezometri: **S28-S29-S30-S32-S33**, le cui principali caratteristiche tecniche costruttive sono:

- Perforazione a rotazione con carotaggio continuo;
- Diametro del foro = 250.00 mm;
- Piezometro Tubo aperto in PVC, con giunzioni filettate;
- Diametro esterno piezometro PVC (parte cieca e fenestrata) = 200.00 mm (7'');
- Lunghezza foro = 10.00 m dal p.c.;
- Lunghezza tubo cieco da p.c. a - 0.50 m;
- Lunghezza tubo fenestrato da -0,50 a -10,00 m;
- Sigillatura sommitale = da 0.00 m a - 0.50 m dal p.c. con boiaccia di cemento.

Inoltre sono stati completati i piezometri superficiali **S31** ed **S34**.

### **7.1.3 Modalità di installazione dei piezometri superficiali**

Le modalità d'installazione sono state le seguenti:

- 1) è stata eseguita la chiusura del fondo del tubo piezometrico mediante fondello cieco impermeabile.
- 2) il tubo-filtro è caratterizzato da aperture definite in funzione della granulometria effettiva dell'acquifero da filtrare, non è stata applicata la fascia di tessuto non tessuto la quale potrebbe trattenere sostanze oleose.;
- 3) la giunzione dei tubi di assemblaggio del piezometro è stata realizzata evitando di forzare l'avvitamento dei manicotti filettati e di storcere le estremità dei tubi, per garantire il passaggio degli strumenti di campionamento delle acque e degli strumenti di lettura dei livelli piezometrici;
- 4) a seguito dell'installazione, è stata verificata l'assenza di ostruzioni o comunque di impedimenti al passaggio degli strumenti, inserendo per tutta la lunghezza del piezometro gli strumenti stessi o strumenti testimone di dimensioni comparabili;
- 5) l'intercapedine perforo-tubazione è stata riempita in corrispondenza dei tratti filtrati con un dreno da 2 mm costituito da ghiaietto siliceo uniforme;
- 6) la costruzione dell'intercapedine è continuata con l'immissione di sabbia per uno spessore di 0,2 metri al di sopra del dreno seguita dal tappo impermeabile di bentonite per lo spessore di 0,5 metri e successivamente si è proceduto al riempimento dell'intercapedine fino alla superficie con miscela di cemento e bentonite;
- 7) il tubo di rivestimento che fuoriesce dal piano campagna è stato chiuso con un tappo;
- 8) sono state realizzate per i piezometri opportune protezioni di superficie subito dopo la posa in opera; tali protezioni sono costituite da una testa-pozzo non lubrificata di protezione fornita di coperchio e munita di chiusura a chiave (lucchetto).



**S.G.M. Geologia e Ambiente**

**S.r.l.**

Via M. Majocchi Plattis, 21  
44124 FERRARA

internet: [www.sgm-ambiente.it](http://www.sgm-ambiente.it)

e-mail: [info@sgm-ambiente.it](mailto:info@sgm-ambiente.it)

Tel 0532/977899

Fax 0532/906907

C.F. e Partita Iva 01299560381

#### **7.1.4 Sistemi di sollevamento**

Tutti i punti, piezometri profondi e superficiali di cui all'elenco sottostante, sono stati attrezzati con pompe sommerse fisse:

- R6 (profondità piezometro 80m);
- S28-S29-S30-S31-S32-S33 (profondità piezometri di circa 10m).

L'installazione delle pompe è servita sia per l'esecuzione delle prove di emungimento che per il campionamento della matrice "acque sotterranee".

Per tutti i punti sopra e per il piezometro S34 si è provveduto alla sistemazione e protezione dei piezometri e dei relativi sistemi di emungimento. Inoltre si è realizzata un'idonea cisterna prefabbricata in cls per le acque di spurgo, avente dimensione di 1m x 1m x 1m.

Le pompe hanno le seguenti caratteristiche:

#### **Pompa per il piezometro profondo (n.1)**

Di seguito si riportano le specifiche tecniche minime dell'elettropompa sommersa installata sul piezometro profondo:

- Tipologia = Elettropompa sommersa Grundfos da 4'';
- Profondità di installazione = -74,00 m da p.c.;
- Portata = 41/s a 100 m;
- Potenza = 7,5 kW max;
- Alimentazione = 400 V trifase;
- Attacco filettato = 2'' gas.

Il tutto è dotato di tubazione in polietilene PN16 DN 63, raccordi, contatore volumetrico da 2'', saracinesche, valvola di non ritorno, ecc.

#### **Pompe per i piezometri superficiali (n.6)**

Di seguito si riportano le specifiche tecniche minime dell'elettropompa sommersa installata nei piezometri superficiali:

- Tipologia = Elettropompa sommersa Caprari da 4'';
- Portata = 21/s a 10 m;
- Potenza = 2 kW max;
- Alimentazione = 400 V trifase.

#### **Opere di completamento (n.9)**

Tutti i piezometri R6, S28, S29, S30, S31, S32, S33, S34 sono stati completati e dotati di tubazione in polietilene PN16 DN 32, raccordi, contatore volumetrico da 1'', saracinesche, valvola di non ritorno, pozzetto e vasca di raccolta delle acque da 1 m<sup>3</sup> come già realizzato per tutti i punti già esistenti in precedenza.





S.G.M. Geologia e Ambiente

S.r.l.

Via M. Majocchi Plattis, 21  
44124 FERRARA

internet: [www.sgm-ambiente.it](http://www.sgm-ambiente.it)

e-mail: [info@sgm-ambiente.it](mailto:info@sgm-ambiente.it)

Tel 0532/977899

Fax 0532/906907

C.F. e Partita Iva 01299560381

## 7.2 Gestione dei materiali di risulta

### 7.2.1 Materiali di risulta provenienti dagli alesaggi

Il materiale di risulta dalle operazioni di carotaggio continuo è stato posizionato in cassette catalogatrici e trasportato a cura dell'impresa in luogo di stoccaggio interno all'area di proprietà come da indicazioni della Committenza.

Il cutting di perforazione, ovvero il materiale di risulta derivante dall'esecuzione dei piezometri profondi a distruzione di nucleo, è risultato essere classificabile come RIFIUTO SPECIALE NON PERICOLOSO, codice CER 17 05 04: terre e rocce, diverse da quelle di cui alla voce 17 05 03 (vedi All.5 - Rdp n. 17/13796-01).

## 8 Monitoraggio della qualità delle acque

Una volta integrata la rete piezometrica esistente con i piezometri di nuova realizzazione, sono stati effettuati dei campionamenti e delle analisi chimiche su tutti i piezometri presenti per la determinazione della qualità della matrice "acque sotterranee".

Nella seguente tabella sono riepilogati i punti di campionamento afferenti sia al sistema di monitoraggio di competenza del CIPNES (n. 21) che quelli afferenti al sistema di competenza del Comune di Olbia (n. 12).

Tab. 8.1 – Riepilogo campioni della matrice ambientale "acque sotterranee"

| N° | Data campionamento | Nome campione | Coordinate Gaussiane |              | Profondità pozzo/ piezometro (m da p.c.) | Quota bocca pozzo (m.s.l.m.) | Posizione fenestratura (m) | Competenza |
|----|--------------------|---------------|----------------------|--------------|--|------------------------------|----------------------------|------------|
|    |                    |               | X                    | Y            |  |                              |                            |            |
| 1  | 09/05/2017         | S3            | 1547256,0669         | 4525372,1793 | 10                                       | 63,4                         | 5,00-10,00                 | CIPNES     |
| 2  | 09/05/2017         | S4            | 1547242,7997         | 4525251,9658 | 10                                       | 63,1                         | 5,00-10,00                 | CIPNES     |
| 3  | 09/05/2017         | S16           | 1547710,99           | 4525115,48   | 14                                       |                              |                            | Comunale   |
| 4  | 29/05/2017         | S16 + ARPAS   |                      |              |  |                              |                            |            |
| 5  | 09/05/2017         | S17           | 1547714,98           | 4525110,57   | 14                                       |                              |                            | Comunale   |
| 6  | 29/05/2017         | S17 + ARPAS   |                      |              |  |                              |                            |            |
| 7  | 09/05/2017         | S18           | 1547781,83           | 4525124,56   | 14                                       |                              |                            | Comunale   |
| 8  | 09/05/2017         | S19           | 1547782,87           | 4525119,06   | 14                                       |                              |                            | Comunale   |
| 9  | 09/05/2017         | R3            | 1547256,5316         | 4525353,6813 | 80                                       | 64                           | 69,00-77,00                | CIPNES     |
| 10 | 09/05/2017         | C'            | 1547642,05           | 4525224,26   | 10                                       |                              |                            | Comunale   |
| 11 | 09/05/2017         | D             | 1547692,35           | 4525231,39   | 10                                       |                              |                            | Comunale   |
| 12 | 09/05/2017         | E             | 1547711,87           | 4525235,12   | 10                                       |                              |                            | Comunale   |
| 13 | 09/05/2017         | F             | 1547731,17           | 4525237,13   | 10                                       |                              |                            | Comunale   |
| 14 | 10/05/2017         | S14           | 1547589,12           | 4525117,13   | 14                                       |                              |                            | Comunale   |
| 15 | 10/05/2017         | S15           | 1547582,58           | 4525109,67   | 14                                       |                              |                            | Comunale   |
| 16 | 10/05/2017         | S28           | 1547557,5724         | 4525403,4842 | 10                                       | 50,96                        | 0,5-10,00                  | CIPNES     |
| 17 | 10/05/2017         | S29 + ARPAS   | 1547634,1382         | 4525281,1854 | 10                                       | 49,34                        | 0,5-10,00                  | CIPNES     |



S.G.M. Geologia e Ambiente

S.r.l.

Via M. Majocchi Plattis, 21  
44124 FERRARA

internet: [www.sgm-ambiente.it](http://www.sgm-ambiente.it)

e-mail: [info@sgm-ambiente.it](mailto:info@sgm-ambiente.it)

Tel 0532/977899

Fax 0532/906907

C.F. e Partita Iva 01299560381

| Tab. 8.1 – Riepilogo campioni della matrice ambientale “acque sotterranee” |                                     |                    |  |              |  |                              |                            |            |
|--|-------------------------------------|--------------------|--|--------------|--|------------------------------|----------------------------|------------|
| N°   | Data campionamento                  | Nome campione      | Coordinate Gaussiane                                 |              | Profondità pozzo/ piezometro (m da p.c.) | Quota bocca pozzo (m.s.l.m.) | Posizione fenestratura (m) | Competenza |
|  |                                     |                    | X  | Y            |  |                              |                            |            |
| 18   | 10/05/2017                          | S31 ARPAS          | 1547404,8777   | 4525458,7202 | 10                                       | 38,09                        | 0,5-10,00                  | CIPNES     |
| 19   | 10/05/2017                          | S26                | 1547324,0000   | 4524949,0000 | 10                                       | 74,13                        | 0,5-10,00                  | CIPNES     |
| 20   | 10/05/2017                          | R1                 | 1547419,2764   | 4525574,4344 | 90                                       | 29,6                         | 75,00-85,00                | CIPNES     |
| 21   | 10/05/2017                          | R6 + ARPAS         | 1547565,1772   | 4525401,8084 | 80                                       | 51,40                        | 35,00-80,00                | CIPNES     |
| 22   | 11/05/2017                          | S2                 | 1547726,8914   | 4525447,9754 | 7  | 40,8                         | 3,00-7,00                  | CIPNES     |
| 23   | 11/05/2017                          | S9                 | 1547713,43   | 4525225,43   | 3  |                              |                            | Comunale   |
| 24   | 29/05/2017                          | S9 + ARPAS         |  |              |  |                              |                            |            |
| 25   | 11/05/2017                          | S20                | 1547794,50   | 4525102,87   | 3  |                              |                            | Comunale   |
| 26   | 11/05/2017                          | S27                | 1547567,2760   | 524962,4676  | 10                                       | 70,5                         | 5,00-10,00                 | CIPNES     |
| 27   | 11/05/2017                          | S30                | 1547815,7888   | 4525212,7877 | 10                                       | 71,19                        | 0,5-10,00                  | CIPNES     |
| 28   | 11/05/2017                          | R2                 | 1547726,6249   | 4525446,5371 | 80                                       | 41                           | 70,00-79,00                | CIPNES     |
| 29   | 11/05/2017                          | R5                 | 1547564,9202   | 4524960,4879 | 100                                      | 70,5                         | 72,00-81,00                | CIPNES     |
| 30   | 11/05/2017                          | Pozzo Sistema MISE | /  | /            | 4  |                              | 1,00-4,00                  | CIPNES     |
| 31   | 12/05/2017                          | S34                | 1547739,9345   | 4524905,8294 | 10                                       | 75,28                        | 0,5-10,00                  | CIPNES     |
| 32   | 12/05/2017                          | R4                 | 1547324,0000   | 4524949,0000 | 97                                       | 73,9                         | 31,5-97,00                 | CIPNES     |
| 33   | Non campionato per assenza di acqua | S1                 | 1547418,7580   | 4525575,8116 | 5  | 29,6                         | 2,00-5,00                  | CIPNES     |
| 34   | Non campionato per assenza di acqua | S32                | 1547224,3775   | 4525172,3496 | 10                                       | 76,58                        | 0,5-10,00                  | CIPNES     |
| 35   | Non campionato per assenza di acqua | S33                | 1547405,8906   | 4524927,4801 | 10                                       | 80,09                        | 0,5-10,00                  | CIPNES     |
| 36   | Non campionato per assenza di falda | Sorgente           | Ubicata a monte idrogeologico del sito impiantistico |              | /  | /                            | /                          | CIPNES     |

### 8.1.1 Modalità di campionamento delle acque di falda

Nei giorni 10, 11, 12 e 29 maggio 2017, sono stati eseguiti n. 32 campionamenti delle acque di falda.

Durante le attività di spurgo e campionamento l'appaltatore è stato accompagnato ed assistito dal CIPNES e dal Comune per i piezometri di rispettiva competenza.

#### Operazioni preliminari al campionamento

Data la bassa trasmissività dell'acquifero e i tempi lunghi di ricarica, spurgo e campionamento sono stati effettuati in tempi diversi. In particolare in data 04 e 05 maggio 2017 si è proceduto allo spurgo



**S.G.M. Geologia e Ambiente**

**S.r.l.**

Via M. Majocchi Plattis, 21  
44124 FERRARA

internet: [www.sgm-ambiente.it](http://www.sgm-ambiente.it)

e-mail: [info@sgm-ambiente.it](mailto:info@sgm-ambiente.it)

Tel 0532/977899

Fax 0532/906907

C.F. e Partita Iva 01299560381

dei n. 33 piezometri, effettuato a bassa portata di emungimento, fino alla venuta d'acqua chiarificata, che non costituisce matrice rappresentativa della qualità delle acque sotterranee.

### Prelievo dei campioni

Il campionamento dinamico è stato eseguito con pompa elettrica a bassa portata di emungimento (1 lt/min) al fine di ridurre i fenomeni di modificazione chimico-fisica delle acque sotterranee (campionamento Low Flow) e a stabilizzazione dei parametri chimico-fisici, quali temperatura, pH e conducibilità elettrica, misurati in continuo durante lo spurgo.

### Caratteristiche tecniche della strumentazione utilizzata

Per l'esecuzione della prova sono state utilizzate le pompe già installate in precedenza per i piezometri già presenti e quelle di nuova installazione le cui specifiche sono riportate nel paragrafo 7.1.4 per i piezometri completati recentemente.

Il campionamento e le operazioni di spurgo sono state eseguite mediante le pompe già installate in precedenza per i piezometri già presenti e quelle di nuova installazione le cui specifiche sono riportate nel paragrafo 7.1.4.

IN COLLABORAZIONE CON



S G M Ingegneria S.r.l.

Si riportano di seguito i valori misurati in campagna durante il monitoraggio effettuato:

**Tab. 8.2 – Parametri chimico-fisici misurati durante il campionamento**

| N° | Nome piezometro    | Temperatura (°C) | Conducibilità elettrica (mS/cm) | Dissolved oxygen (mg/l) | pH (unità) | Salinità (pps) | Dissolved Oxygen (%) | ORPV (mV) | Torbidità (NTU) | Livello statico da b.p. |
|----|--------------------|------------------|---------------------------------|-------------------------|------------|----------------|----------------------|-----------|-----------------|-------------------------|
| 1  | S3                 | 17,32            | 0,871                           | 0,21                    | 8,59       | 0,42           | 2,2                  | -213      | 27,4            | 4,03                    |
| 2  | S4                 | 19,08            | 1,096                           | 3,91                    | 7,28       | 0,54           | 42,4                 | 164       | 123             | 7,53                    |
| 3  | S16                | 20,52            | 1,165                           | 2,34                    | 7,46       | 0,58           | 26,1                 | 91        | 25,9            | 3,74                    |
| 4  | S17                | 19,86            | 0,681                           | 2,86                    | 7,42       | 0,33           | 31,9                 | 91        | 92,3            | 3,01                    |
| 5  | S18                | 20,57            | 0,963                           | 0,31                    | 8,53       | 0,47           | 3,5                  | 63        | 82,3            | 3,85                    |
| 6  | S19                | 14,56            | 0,670                           | 3,73                    | 7,68       | 0,32           | 40,8                 | 118       | 116             | 2,48                    |
| 7  | R3                 | 19,08            | 0,772                           | 0,88                    | 8,46       | 0,38           | 9,6                  | -46       | 68,5            | 11,74                   |
| 8  | C'                 | 18,58            | 4,60                            | 0,23                    | 7,12       | 2,44           | 2,5                  | 45        | 88,9            | 0,91                    |
| 9  | D                  | 18,64            | 5,94                            | 0,31                    | 6,89       | 3,20           | 3,4                  | -165      | 86,2            | 1,71                    |
| 10 | E                  | 19,60            | 5,03                            | 1,38                    | 6,88       | 2,68           | 15,3                 | 110       | 167             | 9,84                    |
| 11 | F                  | 14,47            | 2,59                            | 0,75                    | 7,11       | 1,33           | 8,3                  | -147      | 70,7            | 6,82                    |
| 12 | S14                | 19,58            | 0,603                           | 0,58                    | 8,46       | 0,29           | 7,4                  | 109       | 78,2            | 4,24                    |
| 13 | S15                | 18,24            | 8,26                            | 4,58                    | 13,29      | 4,55           | 50,1                 | -133      | 30,9            | 4,18                    |
| 14 | S28                | 18,90            | 0,741                           | 1,53                    | 7,26       | 0,36           | 16,5                 | 95        | 298             | 8,75                    |
| 15 | S29                | 20,67            | 2,07                            | 0,27                    | 7,40       | 1,05           | 3,0                  | 86        | 245             | 2,5                     |
| 16 | S31                | 19,68            | 0,841                           | 0,25                    | 7,03       | 0,41           | 2,8                  | 48        | 273             | 3,34                    |
| 17 | S26                | 18,82            | 0,320                           | 9,31                    | 6,53       | 0,15           | 100                  | 145       | 251             | 9,19                    |
| 18 | R1                 | 19,25            | 1,077                           | 8,28                    | 7,78       | 0,53           | 90,1                 | 65        | 12,6            | /                       |
| 19 | R6                 | 18,98            | 0,748                           | 0,22                    | 7,17       | 0,96           | 2,4                  | 103       | 121             | 12,58                   |
| 20 | S2                 | 18,75            | 1,416                           | 2,90                    | 7,14       | 0,70           | 26,7                 | -3        | 59              | 0,55                    |
| 21 | S9                 | 19,02            | 7,21                            | 0,40                    | 7,15       | 3,94           | 4,5                  | -54       | 29,2            | 2,62                    |
| 22 | S20                | 16,54            | 0,882                           | 1,57                    | 7,29       | 0,43           | 16,1                 | 50        | 7               | 4,37*                   |
| 23 | S27                | 18,10            | 0,643                           | 2,99                    | 10,80      | 0,31           | 31,7                 | -38       | 42,8            | 4,78                    |
| 24 | S30                | 18,43            | 0,506                           | 0,36                    | 6,82       | 0,24           | 3,8                  | -16       | 150             | 8,40                    |
| 25 | R2                 | 18,99            | 1,294                           | 0,30                    | 6,99       | 0,64           | 3,3                  | 19        | 5,2             | 20,05                   |
| 26 | R5                 | 18,18            | 0,730                           | 4,67                    | 11,33      | 0,35           | 49,7                 | -41       | 38,6            | 8,52                    |
| 27 | Pozzo Sistema MISE | 24,63            | 1,63                            | 1,16                    | 6,48       | 0,82           | 14,1                 | -20       | 24,9            | 1,81                    |
| 28 | S34                | 17,93            | 0,778                           | 1,85                    | 7,09       | 0,38           | 19,5                 | 86        | 73,9            | 3,50                    |
| 29 | R4                 | 18,65            | 0,635                           | 4,68                    | 9,28       | 0,31           | 50,2                 | 50        | 202             | /                       |
| 30 | S1                 | -                | -                               | -                       | -          | -              | -                    | -         | -               | 4,84                    |
| 31 | S32                | -                | -                               | -                       | -          | -              | -                    | -         | -               | 9,87                    |
| 32 | S33                | -                | -                               | -                       | -          | -              | -                    | -         | -               | 10,00                   |
| 33 | Sorgente           | -                | -                               | -                       | -          | -              | -                    | -         | -               | -                       |

\* da pozzetto



**S.G.M. Geologia e Ambiente**

**S.r.l.**

Via M. Majocchi Plattis, 21  
44124 FERRARA

internet: [www.sgm-ambiente.it](http://www.sgm-ambiente.it)

e-mail: [info@sgm-ambiente.it](mailto:info@sgm-ambiente.it)

Tel 0532/977899

Fax 0532/906907

C.F. e Partita Iva 01299560381

Da ogni piezometro indagato sono state prelevate:

- n.3 bottiglia di vetro ambrata da 1 litro;
- n.3 vial;
- n.2 PET tal quale;
- n.1 falcon filtrata acidificata (metalli).

Per il prelievo del 29/05/2017 dai piezometri S9, S16 ed S17 sono stati prelevati:

- n.4 bottiglia di vetro ambrata da 1 litro;
- n.3 vial;
- n.1 PET tal quale;
- n.1 falcon filtrata acidificata (metalli).

Per i campioni prelevati in contraddittorio con ARPAS, per ogni piezometro si è prelevato per ARPAS:

- n.2 bottiglia di vetro ambrata da 1 litro;
- n.3 vial;
- n.1 PET tal quale;
- n.1 falcon filtrata acidificata (metalli).

Le acque di falda prelevate sono state omogeneizzate prima della formazione dei campioni e ogni contenitore, prima di essere riempito, è stato precedentemente avvinato.

Al termine di ogni prelievo si è proceduto all'etichettatura di ciascun campione, raccolto nell'idoneo contenitore (secondo i metodi IRSA-CNR, Volume 64/85) riportando l'indicazione del piezometro di monitoraggio e la data del prelievo.

Tutti i contenitori, immediatamente chiusi ed asciugati esternamente, sono stati posti al buio in un frigorifero da campo a 4 °C, all'interno del quale sono stati conservati anche durante il trasporto al laboratorio Theolab S.p.a (accreditato ACCREDIA n°0094) di Volpiano (TO) per lo svolgimento delle analisi.





S.G.M. Geologia e Ambiente

S.r.l.

Via M. Majocchi Plattis, 21  
44124 FERRARA

internet: [www.sgm-ambiente.it](http://www.sgm-ambiente.it)

e-mail: [info@sgm-ambiente.it](mailto:info@sgm-ambiente.it)

Tel 0532/977899

Fax 0532/906907

C.F. e Partita Iva 01299560381

## 9 Risultati delle analisi di laboratorio effettuate sui campioni di terreno ed acque di falda prelevati

### 9.1 Introduzione

Nel presente capitolo vengono illustrati i risultati delle analisi effettuate sui campioni di terreno e di acque di falda prelevati.

In particolare, vengono riportate:

- in **paragrafo 9.3** le analisi chimiche eseguite sui campioni di terreno prelevati dai sondaggi e dalle trincee;
- in **paragrafo 9.4** le analisi chimiche eseguite sui campioni di acqua di falda prelevati dai piezometri.

### 9.2 Tabelloni di sintesi

I certificati delle analisi chimiche, elaborati dal laboratorio Theolab S.p.a di Volpiano (TO), sono riportati negli Allegati 1 e 3, rispettivamente campioni di terreno e di acqua di falda prelevati dai sondaggi e piezometri installati nell'area d'indagine.

I risultati sono stati elaborati in forma tabellare, come riportato negli Allegati 2 e 4.

Al fine di facilitare la lettura di tali tabelloni, si ricorda che gli eventuali superamenti dei limiti di legge sono evidenziati:

- per i terreni:

dalle celle con sfondo rosso, limiti previsti dalla Tabella 1 "Concentrazione Soglia di Contaminazione nel suolo e nel sottosuolo riferiti alla specifica destinazione d'uso dei siti da bonificare" Colonna B terreni destinati ad "**uso commerciale e industriale**" dell'Allegato 5 al Titolo V della Parte Quarta del D.Lgs. 152/2006;

- per le acque sotterranee:

dalle celle con sfondo giallo, limiti previsti dalla Tabella 2 "Concentrazione soglia di contaminazione nelle acque sotterranee" dell'Allegato 5 al Titolo V della Parte Quarta del D.Lgs. 152/2006.

### 9.3 Analisi chimiche effettuate sui campioni di terreno

È stata eseguita un'analisi chimica su un numero totale pari a n. 29 campioni di terreno prelevati dai sondaggi e dalle trincee.

Il riepilogo dei campioni prelevati è riportato nel capitolo 6 del presente documento.

Sui campioni di terreno prelevati sono state eseguite analisi chimiche, mirate alla ricerca dei parametri riportati nella seguente tabella, all'interno della quale vengono anche riepilogate le metodiche analitiche utilizzate per la ricerca di ogni singolo parametro.





S.G.M. Geologia e Ambiente

S.r.l.

Via M. Majocchi Plattis, 21  
44124 FERRARA

internet: [www.sgm-ambiente.it](http://www.sgm-ambiente.it)

e-mail: [info@sgm-ambiente.it](mailto:info@sgm-ambiente.it)

Tel 0532/977899

Fax 0532/906907

C.F. e Partita Iva 01299560381

| <b>Tab. 9.1 – Parametri ricercati nei campioni di terreno prelevati e metodiche analitiche utilizzate</b>  |                                   |
|--|-----------------------------------|
| <b>PARAMETRO</b>   | <b>METODICA ANALITICA</b>         |
| <b>COMPOSTI INORGANICI (metalli)</b>   |                                   |
| Antimonio, Arsenico, Berillio, Cadmio, Cobalto, Cromo totale, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame, Selenio, Stagno, Tallio, Vanadio, Zinco  | EPA 3051A 2007 + EPA 6020B 2014   |
| Cromo VI   | EPA 3060A 1996 + EPA 7199 1996    |
| <b>COMPOSTI INORGANICI (anioni)</b>  |                                   |
| Fluoruri   | EPA 9056A 2007                    |
| <b>COMPOSTI ORGANICI AROMATICI</b>   |                                   |
| Sommatoria Organici Aromatici (D.lgs. 152/06 All.5 tab.1)  | + EPA 8260C 2006                  |
| Benzene, Etilbenzene, Stirene, Toluene, o-Xilene, m- e p-Xilene  | EPA 5035A 2002 + EPA 8260C 2006   |
| Xileni (o,m,p)   | + EPA 8260C 2006                  |
| <b>COMPOSTI POLICICLICI AROMATICI</b>  |                                   |
| Benzo(a)antracene, Benzo(a)pirene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(g,h,i)perilene, Benzo(k)fluorantene, Crisene, Dibenzo(a,e)pirene, Dibenzo(a,h)antracene, Dibenzo(a,h)pirene, Dibenzo(a,i)pirene, Dibenzo(a,l)pirene, Indeno(1,2,3-cd)pirene, Pirene. | EPA 3550C2007 + EPA 8270D 2014    |
| Sommatoria IPA (D.lgs. 152/06 All.5 tab.1) da calcolo  | + EPA 8270D 2014                  |
| Acenaftene, Acenaftilene, Fluorene, Fenantrene, Antracene, Fluorantene   | + EPA 3550C 2007 + EPA 8270D 2014 |
| <b>COMPOSTI ALIFATICI CLORURATI CANCEROGENI</b>  |                                   |
| Clorometano, Diclorometano (Metilene cloruro), Triclorometano (Cloroformio), Cloruro di vinile, 1,2-Dicloroetano, 1,1-Dicloroetilene, Tricloroetilene, Tetracloroetilene (PCE)   | EPA 5035A 2002 + EPA 8260C 2006   |
| <b>COMPOSTI ALIFATICI CLORURATI NON CANCEROGENI</b>  |                                   |
| 1,1-Dicloroetano, 1,2-Dicloroetilene, 1,1,1-Tricloroetano, 1,2-Dicloropropano, 1,1,2-Tricloroetano, 1,2,3-Tricloropropano, 1,1,2,2-Tetracloroetano   | EPA 5035A 2002 + EPA 8260C 2006   |
| <b>COMPOSTI ALIFATICI ALOGENATI CANCEROGENI</b>  |                                   |
| 1,2-Dibromoetano, Bromodiclorometano, Bromoformio (Tribromometano), Dibromoclorometano   | EPA 5035A 2002 + EPA 8260C 2006   |
| <b>CLOROBENZENI (composti aromatici clorurati)</b>   |                                   |
| Monoclorobenzene, 1,2,4,5-Tetraclorobenzene, 1,2,4-Triclorobenzene, 1,2-Diclorobenzene, 1,4-Diclorobenzene, Esaclorobenzene, Pentaclorobenzene   | EPA 3550C2007 + EPA 8270D 2014    |
| <b>FENOLI</b>  |                                   |
| Metilfenolo (o,m,p)  | + EPA 8270D 2014                  |
| 2-Metilfenolo, 3-Metilfenolo, 4-Metilfenolo  | EPA 3550C2007 + EPA 8270D 2014    |
| <b>DIOSSINE E FURANI</b>   |                                   |
| PCDD, PCDF   | EPA 1613B 1994                    |
| Sommatoria PCDD PCDF (conversione T.E.)*   | + NATO/CCMS I-TEF 1998            |
| <b>POLICLOROBIFENILI</b>   |                                   |
| PCB*   | EPA 3550C2007 + EPA 8082A         |
| <b>IDROCARBURI</b>   |                                   |
| Idrocarburi leggeri C<=12  | EPA 5035A 2002 + EPA 8015D 2003   |
| Idrocarburi pesanti C>12   | EPA 3550C2007 + EPA 8015D 2003    |



S.G.M. Geologia e Ambiente

S.r.l.

Via M. Majocchi Plattis, 21  
44124 FERRARA

internet: [www.sgm-ambiente.it](http://www.sgm-ambiente.it)

e-mail: [info@sgm-ambiente.it](mailto:info@sgm-ambiente.it)

Tel 0532/977899

Fax 0532/906907

C.F. e Partita Iva 01299560381

| Tab. 9.1 – Parametri ricercati nei campioni di terreno prelevati e metodiche analitiche utilizzate |   |
|--|---|
| PARAMETRO  | METODICA ANALITICA                          |
| <b>ALTRE SOSTANZE</b>  |   |
| Amianto*   | + CNR IRSA App III Q 64 Vol 3 1996          |
| <b>METALLI</b>   |   |
| Ferro, Manganese   | EPA 3051A 2007 + EPA 6020B 2014             |
| <b>ANALISI CHIMICO-FISICHE VARIE</b>   |   |
| Frazione granulometrica setacciata a 2mm   | D.M. 13/09/99 II.1 SO GU n°248 del 21/10/99 |
| Residuo a 105 °C   | CNR IRSA 2 Q 64 Vol 2 1984                  |

\* parametro ricercato solo nei campioni di terreno prelevati alle quote comprese tra 0,00÷1,00 m da p.c. (Top Soil)

### 9.3.1 Risultati delle analisi di laboratorio effettuate sui campioni di terreno

A seguito delle analisi chimiche effettuate non si evidenziano superamenti delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC), fissate dalla Tabella 1 Colonna B, relativi a terreni destinati ad “uso commerciale e industriale”, del D.Lgs. 152/06.

### 9.3.2 Conclusioni

I campioni di terreno analizzati non mostrano superamenti delle CSC, non sono pertanto da considerarsi interessati da fenomeni di contaminazione.

### 9.4 Analisi chimiche effettuate sui campioni di acque di falda prelevati dai piezometri

Su tutti i piezometri installati, sono stati prelevati campioni di acque di falda che sono stati avviati ad analisi chimica per la verifica del rispetto dei limiti di legge previsti dalla normativa in materia di bonifica di siti contaminati. È stata eseguita un'analisi chimica su tutti i n. 32 campioni della Tab. 8.1, mirata alla ricerca dei parametri riportati nella seguente tabella 9.2, all'interno della quale vengono riportate le metodologie analitiche utilizzate per la ricerca di ogni singolo parametro.

| Tab. 9.2 - Parametri ricercati nei campioni di acqua prelevati dai piezometri e metodiche analitiche utilizzate |                                |
|---|--------------------------------|
| PARAMETRI   | METODICA ANALITICA             |
| <b>PARAMETRI INDICATORI</b>   |                                |
| pH  | APAT CNR IRSA 2060 Man 29 2003 |
| Conducibilità elettrica specifica   | APAT CNR IRSA 2030 Man 29 2003 |
| Potenziale redox  | ASTM D1498-14                  |
| Alcalinità  | APAT CNR IRSA 2010 Man 29 2003 |
| Ossidabilità al permanganato  | UNI EN ISO 8467 1997           |
| Richiesta biochimica di ossigeno (BOD)  | APAT CNR IRSA 5120 Man 29 2003 |
| Richiesta chimica di ossigeno (COD)   | APAT CNR IRSA 5130 Man 29 2003 |
| Carbonio organico totale  | APAT CNR IRSA 5040 Man 29 2003 |





S.G.M. Geologia e Ambiente

S.r.l.

Via M. Majocchi Plattis, 21  
44124 FERRARA

internet: [www.sgm-ambiente.it](http://www.sgm-ambiente.it)

e-mail: [info@sgm-ambiente.it](mailto:info@sgm-ambiente.it)

Tel 0532/977899

Fax 0532/906907

C.F. e Partita Iva 01299560381

| Tab. 9.2 - Parametri ricercati nei campioni di acqua prelevati dai piezometri e metodiche analitiche utilizzate   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| PARAMETRI   | METODICA ANALITICA                  |
| <b>CHIMICI</b>  |                                     |
| Ammonio   | APAT CNR IRSA 3030 Man 29 2003      |
| Cianuri   | EPA 9014A 2014                      |
| Cloruri, Floruri, Nitrati, Nitriti, Solfati   | EPA 9056A 2007                      |
| Calcio, Magnesio, Potassio, Sodio   | APAT CNR IRSA 3030 Man 29 2003      |
| Alluminio, Antimonio, Arsenico, Cadmio, Cromo totale, Ferro, Manganese, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame, Selenio, Vanadio, Zinco   | EPA 3005A 1992 + EPA 6020B 2014     |
| Cromo VI  | EPA 7199 1996                       |
| <b>ORGANICI (Fitofarmaci)</b>   |                                     |
| Alachlor, Aldrin, Atrazine, Alfa-HCH, Beta-HCH, Gamma-HCH (Lindano), Chlordane, DDD, DDT, DDE, Dieldrin, Endrin, Sommatoria fitofarmaci   | EPA 3510C 1996 + EPA 8270D 2014     |
| Solventi organici azotati totali  | + EPA 8260C 2006                    |
| <b>ORGANICI (Solventi clorurati)</b>  |                                     |
| 1,2-Dicloropropano, 1,1,2-Tricloroetano, 1,1,2,2-Tetracloroetano  | EPA 5030C 2003 + EPA 8260C 2006     |
| Fenoli  | EPA 3510C 1996 + EPA 8270D 2014     |
| <b>COMPOSTI ORGANICI AROMATICI</b>  |                                     |
| Benzene, Etilbenzene, Stirene, Toluene, m,p-Xilene, o-Xilene  | EPA 5030C 2003 + EPA 8260C 2006     |
| <b>IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI</b>  |                                     |
| Benzo(a)antracene, Benzo(a)pirene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(g,h,i)perilene, Crisene, Dibenzo(a,h)antracene, Indeno(1,2,3-c,d)pirene, Pirene; Sommatoria idrocarburi policiclici aromatici totali | EPA 3510C 1996 + EPA 8270D 2007     |
| <b>ALIFATICI CLORURATI CANCEROGENI</b>  |                                     |
| Triclorometano, Cloruro di vinile, 1,2-Dicloroetano, 1,1-Dicloroetilene, Tricloroetilene, Tetracloroetilene, Esaclorobutadiene, Composti alifatici clorurati cancerogeni totali   | EPA 5030C 2003 + EPA 8260C 2006     |
| <b>ALIFATICI CLORURATI NON CANCEROGENI</b>  |                                     |
| 1,1-Dicloroetano, 1,2-Dicloroetilene, 1,2-Dicloropropano, 1,1,2-Tricloroetano, 1,2,3-Tricloropropano, 1,1,2,2-Tetracloroetano   | EPA 5030C 2003 + EPA 8260C 2006     |
| <b>ALIFATICI ALOGENATI CANCEROGENI</b>  |                                     |
| Bromoformio, Clorometano, 1,2-Dibromometano, Clorodibromometano, Bromodiclorometano   | EPA 5030C 2003 + EPA 8260C 2006     |
| <b>COMPOSTI IDROCARBURICI</b>   |                                     |
| Idrocarburi totali come n-esano   | Calcolo                             |
| Idrocarburi frazione volatile (C6-C10) come n-esano   | EPA 5021A 2014 + ISPRA Man 123 2015 |
| Idrocarburi frazione estraibile (C10-C40) come n-esano  | ISPRA Man 123 2015                  |

#### 9.4.1 Risultati delle analisi di laboratorio sulle acque di falda

A seguito delle analisi chimiche effettuate si evidenziano superamenti delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC), fissate dalla Tabella 2 del D.Lgs. 152/06 per i parametri presenti nella seguente tabella.

Tab. 9.3 – Superamenti CSC nei campioni di acqua

IN COLLABORAZIONE CON



|                          | Floruri<br>µg/l | Nitriti<br>µg/l | Al<br>µg/l | As<br>µg/l | Sb<br>µg/l | Fe<br>µg/l | Mn<br>µg/l | Ni<br>µg/l | Cr<br>VI<br>µg/l | Pb<br>µg/l | Zn<br>µg/l  | Cloroformio<br>µg/l | Benzene<br>µg/l | Idrocarburi<br>totali come<br>n-esano<br>µg/l |
|--------------------------|-----------------|-----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------------|------------|-------------|---------------------|-----------------|---|
| <b>D.Lgs.<br/>152/06</b> | <b>1500</b>     | <b>500</b>      | <b>200</b> | <b>10</b>  | <b>5</b>   | <b>200</b> | <b>50</b>  | <b>20</b>  | <b>5</b>         | <b>10</b>  | <b>3000</b> | <b>0,15</b>         | <b>1</b>        | <b>350</b>                                    |
| S3                       |                 | 3100            |            |            |            |            | 100        |            |                  |            |             |                     |                 |   |
| S4                       |                 |                 |            |            |            |            |            | 89         |                  |            |             |                     |                 |   |
| S18                      | 1600            |                 |            |            |            |            | 56         |            |                  |            |             |                     |                 |   |
| C'                       |                 | 1700            |            |            |            | 340        | 13000      | 57         |                  |            |             |                     |                 |   |
| D                        |                 |                 |            | 19         |            | 20000      | 3300       | 32         |                  |            |             |                     | 1,6             |   |
| E                        | 1600            | 47000           |            |            |            | 210        | 650        | 60         |                  |            |             |                     |                 | 460   |
| F                        | 1900            | 1300            |            |            |            | 5200       | 2500       | 89         |                  |            |             |                     |                 |   |
| S14                      |                 |                 |            |            |            |            | 130        |            |                  |            |             | 0,19                |                 |   |
| S15                      |                 | 1700            | 1600       |            |            |            |            |            | 6,4              |            |             | 0,24                |                 |   |
| S28                      |                 |                 |            |            |            |            | 88         |            |                  |            |             | 0,23                |                 |   |
| S29                      |                 | 2400            |            |            |            |            | 970        |            |                  |            |             |                     |                 |   |
| S31                      |                 | 2700            |            |            |            |            | 330        |            |                  |            | 6800        | 0,20                |                 |   |
| S26                      |                 |                 |            |            |            |            | 180        |            |                  |            | 5500        |                     |                 |   |
| R1                       | 3500            |                 |            |            |            |            |            |            |                  |            |             |                     |                 |   |
| R6                       |                 | 820             |            |            |            |            |            |            |                  | 26         |             |                     |                 |   |
| S2                       |                 |                 |            |            |            | 210        | 5500       |            |                  |            |             |                     |                 |   |
| S9*                      |                 | 1900            |            | 12         |            | 1300       | 1800       | 48         |                  |            |             |                     |                 |   |
| S9**                     |                 | 7400            | 340        | 10         |            | 1300       | 2500       | 52         |                  |            |             |                     | 1               |   |
| S27                      | 1800            |                 | 1000       |            |            |            |            |            |                  |            |             |                     |                 |   |
| S30                      |                 |                 |            |            |            | 570        | 1000       |            |                  |            | 7300        |                     |                 |   |
| R2                       | 1600            |                 |            |            |            |            | 2800       |            |                  |            |             |                     |                 |   |
| R5                       | 9300            |                 | 420        |            | 6,7        |            |            |            |                  |            |             |                     |                 |   |
| Pozzo<br>Sistema<br>MISE |                 |                 |            |            |            | 570        | 5100       |            |                  |            |             |                     |                 |   |
| S34                      |                 |                 |            |            |            |            | 100        | 120        |                  |            |             |                     |                 |   |
| R4                       | 5700            |                 |            |            |            |            |            |            |                  |            |             |                     |                 |   |

\* campione del 11/05/2017

\*\* campione del 29/05/2017

#### 9.4.2 Conclusioni

Dalla analisi dei campioni delle acque di falda è emerso che 24 dei 29 campioni in questione presentano un superamento delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC), fissate dalla Tabella 2 del D.Lgs. 152/06.

Si hanno superamenti per i seguenti parametri:

- Floruri
- Nitriti
- Alluminio
- Arsenico



**S.G.M. Geologia e Ambiente  
S.r.l.**

Via M. Majocchi Plattis, 21  
44124 FERRARA

internet: [www.sgm-ambiente.it](http://www.sgm-ambiente.it)

e-mail: [info@sgm-ambiente.it](mailto:info@sgm-ambiente.it)

Tel 0532/977899  
Fax 0532/906907  
C.F. e Partita Iva 01299560381

- *Antimonio*
- *Ferro*
- *Manganese*
- *Nichel*
- *Cromo VI*
- *Piombo*
- *Zinco*
- *Cloroformio*
- *Benzene*
- *Idrocarburi totali come n-esano*

I campioni interessati da tali superamenti sono:

- S2, S3, S4, S9, S14, S15, S18, S26, S27, S28, S29, S30, S31, S34, R1, R2, R4, R5, R6, C', D, E, F, Sistema di MISE.

I campioni S16, S17, S19, S20, R3, rispettano invece i limiti imposti delle CSC.

IN COLLABORAZIONE CON



S G M Ingegneria S.r.l.



**S.G.M. Geologia e Ambiente**

**S.r.l.**

Via M. Majocchi Plattis, 21  
44124 FERRARA

internet: [www.sgm-ambiente.it](http://www.sgm-ambiente.it)

e-mail: [info@sgm-ambiente.it](mailto:info@sgm-ambiente.it)

Tel 0532/977899

Fax 0532/906907

C.F. e Partita Iva 01299560381

## 10 Prove di emungimento

Sono state eseguite delle prove di emungimento al fine di verificare il modello idrogeologico del sito.

Le prove eseguite sono le seguenti:

- Prove a gradini a portate crescenti (prima fase);
- Prove a portata costante (seconda fase).

Tali prove sono state condotte per le seguenti coppie di piezometri:

- R1-S1
- R2-S2
- R3-S3
- R4-S26
- R5-S27
- R6-S28

### 10.1 Prove a gradini a portate crescenti sui piezometri profondi

#### 10.1.1 Premessa

Nei primi di maggio 2017 sono state eseguite delle **prove di pompaggio a gradini** sui seguenti cluster:

- R1-S1
- R2-S2
- R3-S3
- R4-S26
- R5-S27
- R6-S28

Le prove di portata a gradini (stepped-drawdown test) sono tra le prove di più semplice e maggior realizzazione in pozzi singoli. Tale prova consiste nel mettere in pompaggio il pozzo aumentandone la portata per incrementi successivi e crescenti (definiti gradini di portata). Durante la prova viene misurato, mediante corda metrica o datalogger, il livello di falda all'interno del pozzo e, in particolare, il livello raggiunto al termine di ciascun gradino, quando le condizioni di regime di flusso sono stazionarie (o pseudostazionarie).

Di norma sono raccomandati, per ottenere un buon risultato, fra i 3 e i 5 gradini di portata, ognuno con portata circa doppia rispetto al precedente e caratterizzati dalla stessa durata di tempo. Per le prove oggetto di questo documento sono stati eseguiti 3 gradini per ogni pozzo testato, ad eccezione dei cluster R4-S26 (un solo gradino) ed R5-S27 (due gradini).





S.G.M. Geologia e Ambiente

S.r.l.

Via M. Majocchi Plattis, 21  
44124 FERRARA

internet: [www.sgm-ambiente.it](http://www.sgm-ambiente.it)

e-mail: [info@sgm-ambiente.it](mailto:info@sgm-ambiente.it)

Tel 0532/977899

Fax 0532/906907

C.F. e Partita Iva 01299560381

Da questa prova si ricavano importanti informazioni sia sulle caratteristiche relative al corpo acquifero indagato, sia sulle caratteristiche principali del pozzo.

In particolare si sono sviluppati i seguenti grafici:

**Curva caratteristica:** si tratta di un grafico in scala lineare che mette in relazione le portate con gli abbassamenti stabilizzati nel pozzo. Tale curva permette di determinare, attraverso il suo andamento, la presenza o meno di perdite di carico quadratiche e il conseguente superamento della portata critica del pozzo ( $Q_c$ ). In particolare:

- Se vi è relazione lineare tra portate ed abbassamenti indica che sono presenti solo perdite di carico lineari, quindi il flusso nel pozzo e nelle sue vicinanze è di tipo laminare;
- Se la curva caratteristica ha una forma convessa di tipo parabolico, le perdite quadratiche aumentano di importanza e non sono trascurabili, indicando il superamento della  $Q_c$  e la presenza di moto turbolento.

Grazie a tali informazioni, le prove a gradini hanno permesso di individuare la portata caratteristica da applicare al pozzo nel corso delle prove di lunga durata descritte successivamente.

**Grafico Abbassamenti-Tempo:** si tratta di un grafico che permette di evidenziare gli abbassamenti avvenuti nel tempo per le diverse portate applicate e di verificare l'avvenuta stabilizzazione di questi.

### 10.1.2 Strumentazione utilizzata per l'esecuzione della prova

Per l'esecuzione della prova sono state utilizzate le pompe già installate in precedenza per i piezometri già presenti e quelle di nuova installazione, le cui specifiche sono riportate nel paragrafo 7.1.4 per i piezometri completati recentemente.

### 10.1.3 Modalità di esecuzione della prova e risultati ottenuti

Nella tabella seguente si riepilogano i pozzi testati, la data nella quale è stata condotta la prova a gradini e le portate applicate per ogni step.

| ID            | Data di esecuzione | Gradino di portata | Portata applicata (m <sup>3</sup> /h) | Durata del gradino |
|---------------|--------------------|--------------------|---------------------------------------|--------------------|
| Cluster R1-S1 | 04/05/2017         | I° gradino         | 0,117                                 | 20 minuti          |
|               |                    | II° gradino        | 0,126                                 | 30 minuti          |
|               |                    | III° gradino       | 0,138                                 | 20 minuti          |
| Cluster R2-S2 | 04/05/2017         | I° gradino         | 0,1056                                | 20 minuti          |
|               |                    | II° gradino        | 0,120                                 | 30 minuti          |





**S.G.M. Geologia e Ambiente**

**S.r.l.**

Via M. Majocchi Plattis, 21  
44124 FERRARA

internet: [www.sgm-ambiente.it](http://www.sgm-ambiente.it)

e-mail: [info@sgm-ambiente.it](mailto:info@sgm-ambiente.it)

Tel 0532/977899

Fax 0532/906907

C.F. e Partita Iva 01299560381

|                |            |              |       |            |
|----------------|------------|--------------|-------|------------|
|                |            | III° gradino | 0,132 | 40 minuti  |
| Cluster R3-S3  | 05/05/2017 | I° gradino   | 0,036 | 20 minuti  |
|                |            | II° gradino  | 0,072 | 20 minuti  |
|                |            | III° gradino | 0,120 | 60 minuti  |
| Cluster R4-S26 | 05/05/2017 | I° gradino   | 0,036 | 120 minuti |
|                |            | II° gradino  | /     | /          |
|                |            | III° gradino | /     | /          |
| Cluster R5-S27 | 05/05/2017 | I° gradino   | 0,072 | 60 minuti  |
|                |            | II° gradino  | 0,036 | 90 minuti  |
|                |            | III° gradino | /     | /          |
| Cluster R6-S28 | 04/05/2017 | I° gradino   | 0,072 | 20 minuti  |
|                |            | II° gradino  | 0,138 | 20 minuti  |
|                |            | III° gradino | 0,276 | 90 minuti  |

Nelle tabelle seguenti si riportano i grafici tempo-abbassamenti e portate-abbassamenti.

IN COLLABORAZIONE CON



S G M Ingegneria S.r.l.

**Tab. 10.1.2 – Risultati delle prove a gradini – Piezometro R1**

|  |  |
|--|--|
| <p><b>Tempo -<br/>Abbassamenti</b></p> |  |
| <p><b>Curva<br/>caratteristica</b></p> |  |
| <p><b>Interpretazione</b></p>          | <p>La curva caratteristica presenta una leggera concavità che identifica una difficoltà di ricarica del pozzo.</p> |

**Tab. 10.1.3 – Risultati delle prove a gradini – Piezometro R2**

|  |   |
|--|---|
| <p><b>Tempo -<br/>Abbassamenti</b></p> |   |
| <p><b>Curva<br/>caratteristica</b></p> |   |
| <p><b>Interpretazione</b></p>          | <p>Dalla curva sopra riportata è possibile individuare il cambio di pendenza in corrispondenza del secondo gradino di portata 0,120 m<sup>3</sup>/h, corrispondente alla portata critica del pozzo.</p> |

**Tab. 10.1.4 – Risultati delle prove a gradini – Piezometro R3**

|  |   |
|--|---|
| <p><b>Tempo -<br/>Abbassamenti</b></p> |   |
| <p><b>Curva<br/>caratteristica</b></p> |   |
| <p><b>Interpretazione</b></p>          | <p>Dalla curva sopra riportata è possibile individuare il cambio di pendenza in corrispondenza del secondo gradino di portata 0,072 m<sup>3</sup>/h, corrispondente alla portata critica del pozzo.</p> |

**Tab. 10.1.5 – Risultati delle prove a gradini – Piezometro R4**

|  |  |
|--|--|
| <p><b>Tempo -<br/>Abbassamenti</b></p> |  |
| <p><b>Interpretazione</b></p>          | <p>Per questo piezometro è stato eseguito un solo gradino di portata pari a 0,036 m<sup>3</sup>/h.</p> |

**Tab. 10.1.6 – Risultati delle prove a gradini – Piezometro R5**

|  |  |
|--|--|
| <p><b>Tempo -<br/>Abbassamenti</b></p> |  |
|--|--|

**Tab. 10.1.6 – Risultati delle prove a gradini – Piezometro R5**

|                        |   |
|------------------------|---|
| <b>Interpretazione</b> | Per questo piezometro sono stati eseguiti due soli gradini di portata pari a 0,072 m <sup>3</sup> /h e 0,036 m <sup>3</sup> /h. |
|------------------------|---|

**Tab. 10.1.7 – Risultati delle prove a gradini – Piezometro R6**

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| <b>Tempo -<br/>Abbassamenti</b> |  |
| <b>Curva<br/>caratteristica</b> |  |



S.G.M. Geologia e Ambiente

S.r.l.

Via M. Majocchi Plattis, 21  
44124 FERRARA

internet: [www.sgm-ambiente.it](http://www.sgm-ambiente.it)

e-mail: [info@sgm-ambiente.it](mailto:info@sgm-ambiente.it)

Tel 0532/977899

Fax 0532/906907

C.F. e Partita Iva 01299560381

**Tab. 10.1.7 – Risultati delle prove a gradini – Piezometro R6**

|                        |  |
|------------------------|--|
| <b>Interpretazione</b> | Dalla curva sopra riportata è possibile individuare il cambio di pendenza in corrispondenza del secondo gradino di portata 0,138 m <sup>3</sup> /h, corrispondente alla portata critica del pozzo. |
|------------------------|--|

## 10.2 Prove a portata costante sui piezometri profondi

### 10.2.1 Premessa

Una volta eseguite le prove a gradini, dove si sono ottenuti risultati positivi, ovvero presenza di falda idrica, si è proseguito con una **prova di emungimento a portata costante** sui seguenti piezometri profondi, adottando l'adiacente piezometro superficiale come piezometro ausiliario di controllo:

- R1-S1
- R2-S2
- R3-S3
- R6-S28

Le prove di pozzo di lunga durata vengono eseguite a portata costante, con un solo gradino di portata e hanno una durata che varia tra le 48 e le 72 ore. Durante la prova si misurano gli abbassamenti indotti e la successiva risalita all'interno del pozzo di prova e all'interno di piezometri di monitoraggio.

Lo scopo delle prove di lunga durata è quello di produrre un abbassamento tale che aumenti il gradiente idraulico tale da spostare l'acqua verso i filtri del pozzo in emungimento creando così un livello piezometrico "dinamico".

Per le prove in oggetto si è posta la massima attenzione nel monitorare sia piezometri fessurati nello stesso acquifero intercettato dal pozzo in emungimento, sia in piezometri fessurati nell'acquifero non interessato dalla prova di portata (superficiale). Ciò ha permesso di valutare la presenza di eventuali connessioni tra l'acquifero profondo e l'acquifero superficiale.

### 10.2.2 Modalità di esecuzione della prova e risultati ottenuti

Nella tabella seguente si riepilogano i pozzi testati con i risultati ottenuti.

| ID            | Data di esecuzione | Portata di emungimento (m <sup>3</sup> /h) | Durata della prova |
|---------------|--------------------|--|--------------------|
| Cluster R1-S1 | 22/05/2017         | 0,102                                      | 300 minuti         |
| Cluster R2-S2 | 23/05/2017         | 0,078                                      | 315 minuti         |
| Cluster R3-   | 29/05/2017         | 0,042                                      | 315 minuti         |





**S.G.M. Geologia e Ambiente**

**S.r.l.**

Via M. Majocchi Plattis, 21  
44124 FERRARA

internet: [www.sgm-ambiente.it](http://www.sgm-ambiente.it)

e-mail: [info@sgm-ambiente.it](mailto:info@sgm-ambiente.it)

Tel 0532/977899  
Fax 0532/906907  
C.F. e Partita Iva 01299560381

|                |            |       |            |
|----------------|------------|-------|------------|
| S3             |            |       |            |
| Cluster R6-S28 | 23/05/2017 | 0,162 | 300 minuti |

Nelle seguenti tabelle si riportano i grafici tempo-abbassamenti.

IN COLLABORAZIONE CON



S G M Ingegneria S.r.l.



S.G.M. Geologia e Ambiente

S.r.l.

Via M. Majocchi Plattis, 21  
44124 FERRARA

internet: [www.sgm-ambiente.it](http://www.sgm-ambiente.it)

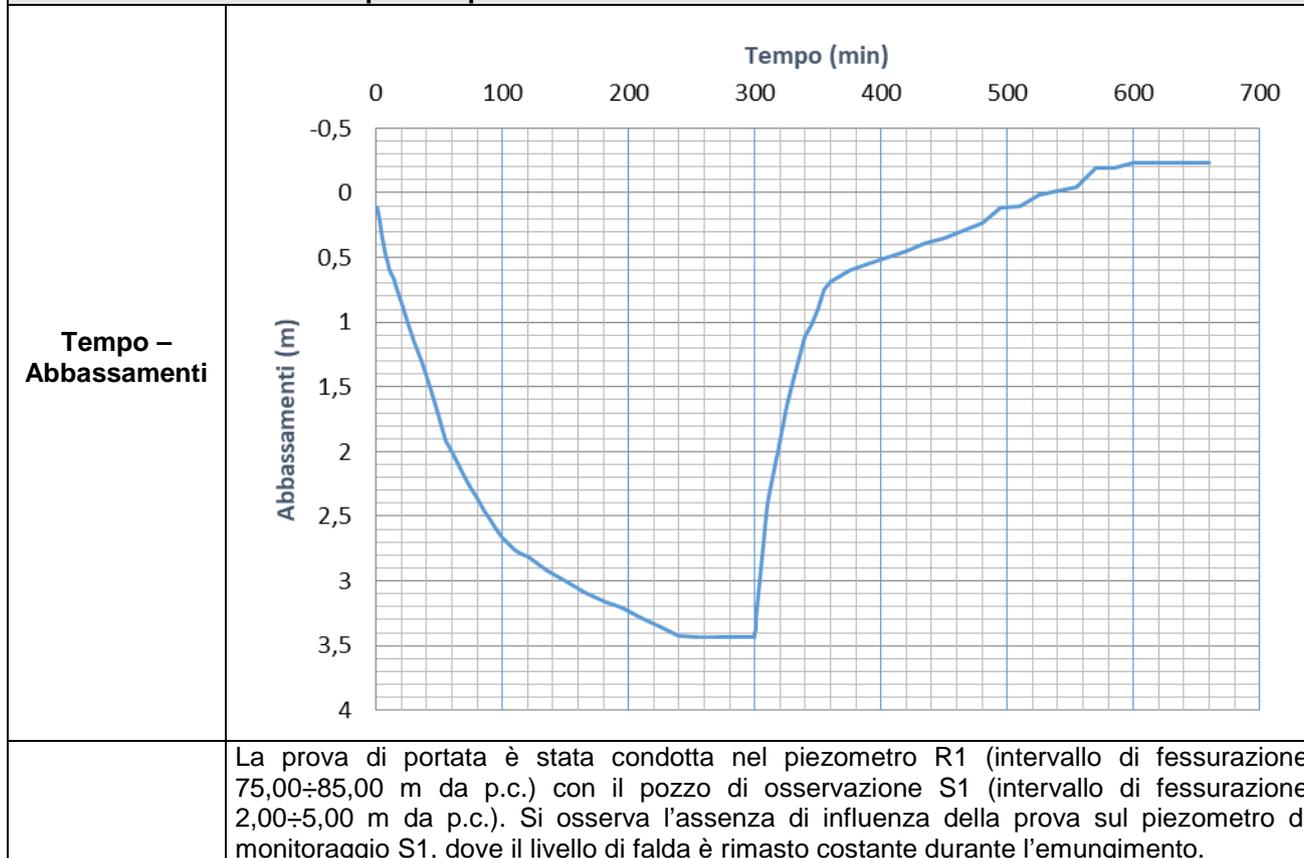
e-mail: [info@sgm-ambiente.it](mailto:info@sgm-ambiente.it)

Tel 0532/977899

Fax 0532/906907

C.F. e Partita Iva 01299560381

**Tab. 10.2.2 – Risultati delle prove a portata costante – Piezometro R1**



**Tab. 10.2.3 – Risultati delle prove a portata costante – Piezometro R2**

|  |  |
|--|--|
| <p><b>Tempo –<br/>Abbassamenti</b></p> |  |
|  | <p>La prova di portata è stata condotta nel piezometro R2 (intervallo di fessurazione 70,00÷79,00 m da p.c.) con il pozzo di osservazione S2 (intervallo di fessurazione 3,00÷7,00 m da p.c.). Si osserva l'assenza di influenza delle prova sul piezometro di monitoraggio S2, dove il livello di falda è rimasto costante durante l'emungimento.</p> |



S.G.M. Geologia e Ambiente

S.r.l.

Via M. Majocchi Plattis, 21

44124 FERRARA

internet: [www.sgm-ambiente.it](http://www.sgm-ambiente.it)

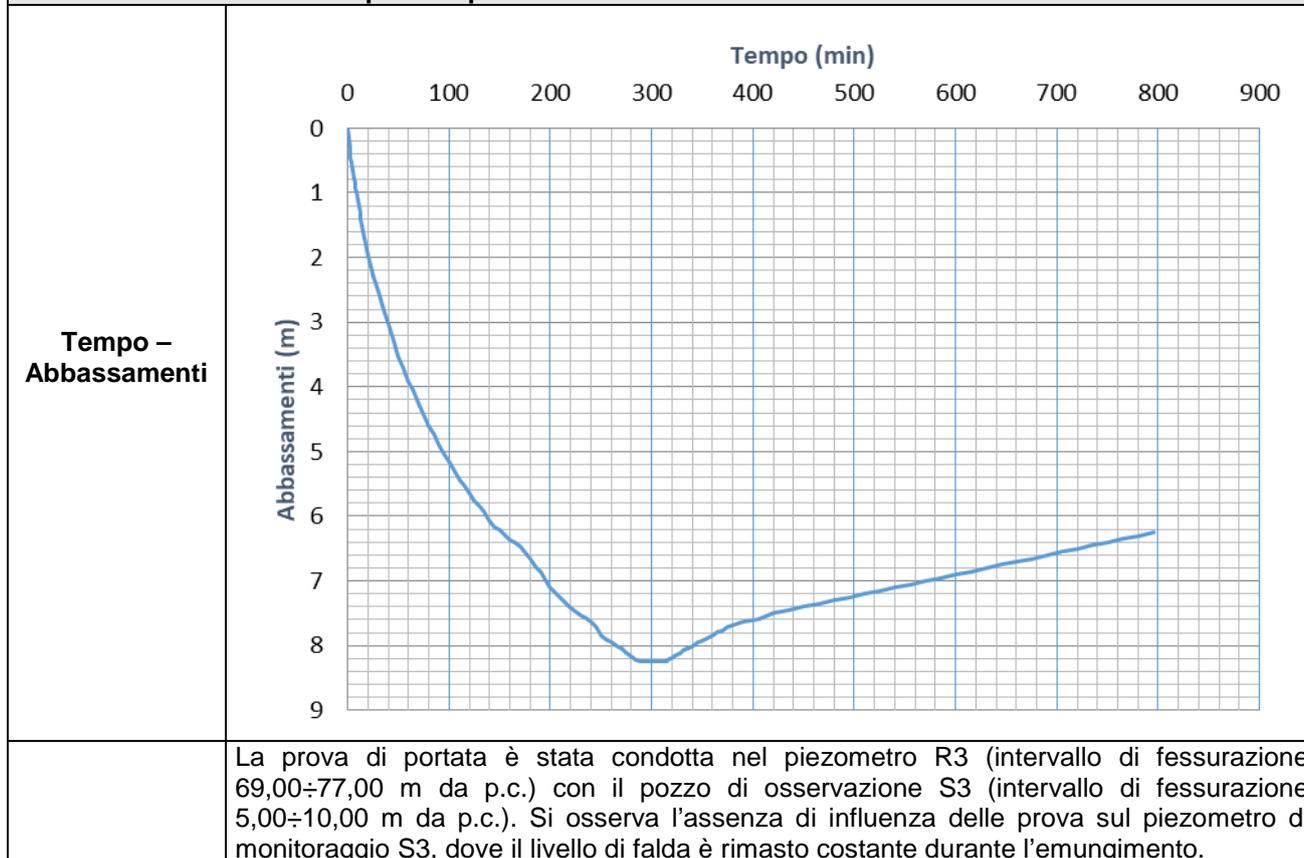
e-mail: [info@sgm-ambiente.it](mailto:info@sgm-ambiente.it)

Tel 0532/977899

Fax 0532/906907

C.F. e Partita Iva 01299560381

**Tab. 10.2.4 – Risultati delle prove a portata costante – Piezometro R3**





S.G.M. Geologia e Ambiente

S.r.l.

Via M. Majocchi Plattis, 21

44124 FERRARA

internet: [www.sgm-ambiente.it](http://www.sgm-ambiente.it)

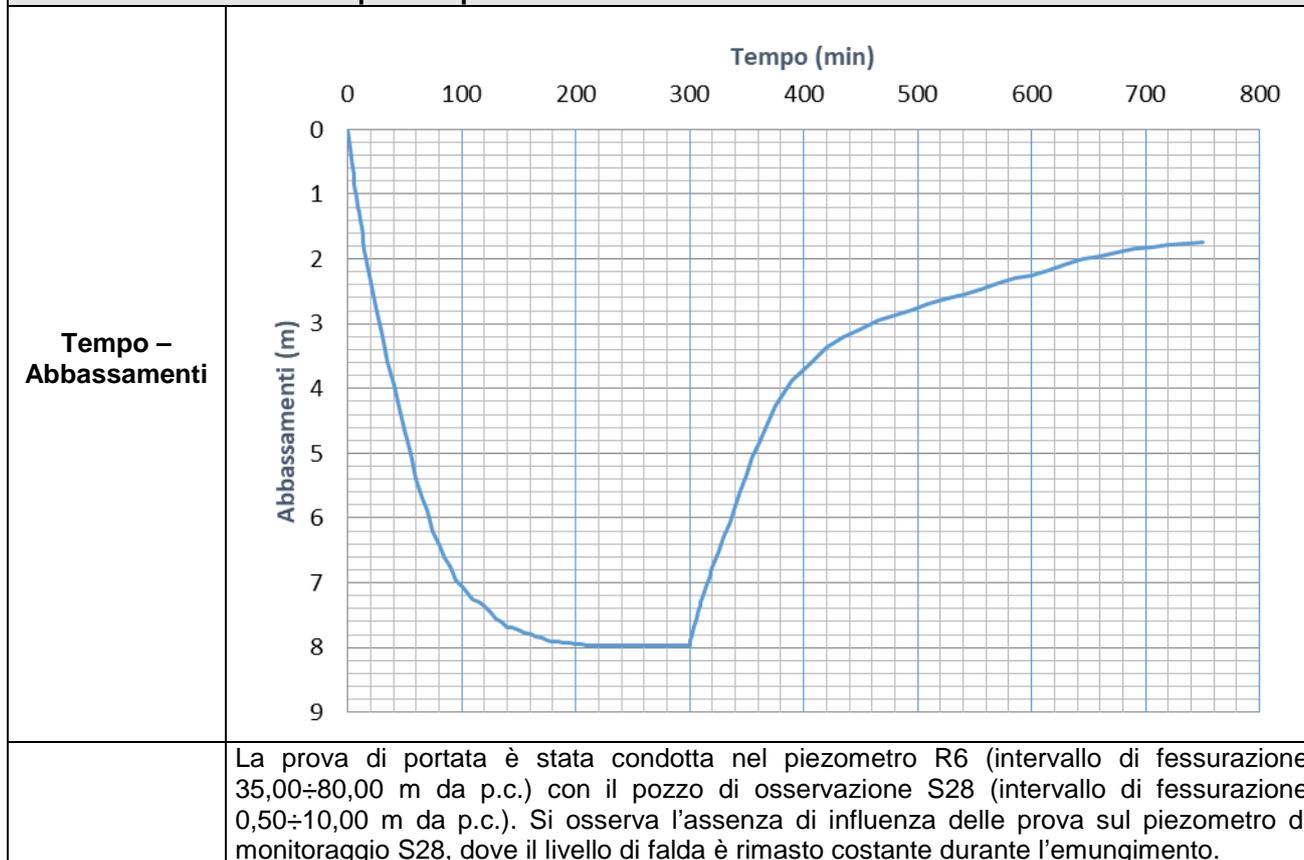
e-mail: [info@sgm-ambiente.it](mailto:info@sgm-ambiente.it)

Tel 0532/977899

Fax 0532/906907

C.F. e Partita Iva 01299560381

**Tab. 10.2.5– Risultati delle prove a portata costante – Piezometro R6**





**S.G.M. Geologia e Ambiente**

**S.r.l.**

Via M. Majocchi Plattis, 21  
44124 FERRARA

internet: [www.sgm-ambiente.it](http://www.sgm-ambiente.it)

e-mail: [info@sgm-ambiente.it](mailto:info@sgm-ambiente.it)

Tel 0532/977899

Fax 0532/906907

C.F. e Partita Iva 01299560381

## 11 Test con traccianti

### 11.1 Premessa

Dal giorno 22/05/2017 al giorno 27/10/2017 sono state avviate le procedure per eseguire due test con traccianti fluorescenti, che si sono formalmente concluse al termine delle attività analitiche di laboratorio dell'Università di Modena e Reggio Emilia con il Report del 15/12/2017 (All. 14).

Di seguito si riporta una sintesi dei procedimenti effettuati per l'esecuzione dei test e le relative conclusioni. Per approfondimenti si rimanda alla relazione illustrativa dei test con traccianti allegata (All. 13).

### 11.2 Tipologia dei test

Il tracciamento delle acque sotterranee permette di "seguire il flusso dell'acqua" e, di conseguenza, identificare le connessioni tra diversi punti dello stesso acquifero e determinare le velocità reali del flusso.

Il primo test è consistito nell'immissione di due traccianti, diversi tra loro, in punti idrovori all'interno delle due discariche. Ciascun punto è stato ricaricato con acqua al termine dell'immissione per favorire la percolazione dei traccianti. Come recapiti sono stati attrezzati due piezometri (S29 e pozzo sistema MISE). Questi sono stati sottoposti a pompaggio a bassa portata ed attrezzati con spettrofluorimetri in linea per il rilevamento continuo dell'eventuale presenza di tracciante per l'intera durata dei test.

Sono stati poi posizionati n. 20 spettrofluorimetri per la verifica in passivo del transito di traccianti in altrettanti piezometri, una sorgente ed un pozzo (vedi tabella 11.3).

Il secondo test, da considerarsi un'estensione del primo, consiste nella verifica dell'acquifero con immissione di un terzo tracciante (diverso dai precedenti) in posizione esterna alle discariche, direttamente all'interno di un pozzo piezometrico (S27). Il secondo test è stato eseguito in contemporanea al primo e come recapiti sono stati utilizzati gli stessi punti di cui al test precedente. Le condizioni idrogeologiche del sistema ed in particolare la soggiacenza della falda, sono state tenute sotto controllo per tutta la durata del test.

### 11.3 Traccianti

#### 11.3.1 Caratterizzazione del bianco ambientale

Una prova di tracciamento con traccianti fluorescenti necessita della caratterizzazione del bianco ambientale, poiché l'analisi per spettrofluorimetria è una tecnica indiretta che ricava dalla rilevazione di un segnale di fluorescenza la concentrazione delle sostanze.

In data 22/05/2017 è stata avviata la fase di caratterizzazione del bianco ambientale, ossia di monitoraggio preliminare all'immissione dei traccianti. Nello specifico essa ha previsto:





S.G.M. Geologia e Ambiente

S.r.l.

Via M. Majocchi Plattis, 21  
44124 FERRARA

internet: [www.sgm-ambiente.it](http://www.sgm-ambiente.it)

e-mail: [info@sgm-ambiente.it](mailto:info@sgm-ambiente.it)

Tel 0532/977899

Fax 0532/906907

C.F. e Partita Iva 01299560381

- Monitoraggio in continuo con i 2 spettrofluorimetri da campo installati al piezometro S27 ed al pozzo del SISTEMA MISE;
- Installazione di una batteria di fluorocaptori su tutti i punti di monitoraggio previsti per il test: la serie di fluorocaptori del bianco ambientale è stata immersa per un totale di 7 giorni, dal 22/05/17 al loro successivo prelievo in data 29/05/17 (prima dell'immissione dei traccianti);
- Contestuale prelievo di campioni d'acqua su tutti i punti di monitoraggio, eseguito in data 22/05/17.

Per eliminare ogni rischio di contaminazione dei campioni di bianco, i traccianti sono stati recapitati presso il sito successivamente ai campionamenti del bianco, precisamente il giorno 30/05/17 e sono stati immessi nei giorni 30 e 31/05/2017.

### 11.3.2 Caratteristiche dei traccianti

I traccianti da utilizzare erano già stati definiti nel Piano di Caratterizzazione e nel Capitolato Tecnico di gara. Le loro caratteristiche tecniche sono riassunte in Tabella 11.1. Le Schede Tecniche di tutte le sostanze sono riportate in Allegato 9.

| Tab. 11.1 – Caratteristiche tecniche dei traccianti utilizzati |  |  |   |
|--|--|--|---|
| Nome   | Amidorodamina-G  | Fluoresceina sodica  | Tinopal CBS-X   |
| <b>Sinonimo</b>  | Sulforodamina-G  | Uranina  | Tinopal   |
| <b>Color Index (C.I.)</b>                                      | CI Acid Red 50   | CI Acid Yellow 73  | Fluorescent Brightener 351  |
| <b>N° di costituzione</b>                                      | 45220  | 4535   | -   |
| <b>CAS number</b>  | 5873-16-5  | 518-47-8   | 27344-41-8  |
| <b>Formula chimica</b>   | C <sub>25</sub> H <sub>25</sub> N <sub>2</sub> NaO <sub>7</sub> S <sub>2</sub> | C <sub>20</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub> Na <sub>2</sub> | C <sub>28</sub> H <sub>20</sub> Na <sub>2</sub> O <sub>6</sub> S <sub>2</sub> |
| <b>Genotossicità</b>   | negativa   | negativa   | negativa  |
| <b>Ecotossicità</b>  | negativa   | negativa   | negativa  |
| <b>Solubilità in acqua a temperatura ambiente</b>              | Bassa<br>35 g/l  | Buona<br>600 g/l   | Bassa<br>25 g/l   |
| <b>Limite di rilevabilità in acqua*</b>                        | 5 * 10 <sup>-3</sup> µg/L  | 10-3 µg/L  | 10-1 µg/L   |
| <b>Lunghezza d'onda di massima fluorescenza</b>                | 524 nm   | 488 nm   | 350 nm  |
| <b>Limitazioni</b>   |  | Perde fluorescenza in condizioni acide (pH<7)                  | Forte interferenza con DOC**  |
| <b>Immissione presso</b>                                       | Discarica Comune   | Discarica CIPNES   | Piezometro S27  |

\* in condizioni ottimali (acque pulite)

\*\*DOC = Dissolved Organic Carbon

### 11.3.3 Masse immesse e punti di immissione

La tabella seguente riassume le masse immesse ed i punti di immissione dei traccianti.

Tab. 11.2– Punti di immissione dei traccianti e volumi e masse immesse





S.G.M. Geologia e Ambiente

S.r.l.

Via M. Majocchi Plattis, 21  
44124 FERRARA

internet: [www.sgm-ambiente.it](http://www.sgm-ambiente.it)

e-mail: [info@sgm-ambiente.it](mailto:info@sgm-ambiente.it)

Tel 0532/977899

Fax 0532/906907

C.F. e Partita Iva 01299560381

| Tracciante      | Progressivo | Data immissione | Quantità di soluzione immessa | Quantità di "lavaggio" con acqua immessa | Pozzo e posizione  | Profondità pozzo (m da p.c.) |
|-----------------|-------------|-----------------|-------------------------------|--|--|------------------------------|
| 1_Amidorodamina | 1           | 30/05/2017      | 10 lt                         | 35 lt                                    | g – Pozzo 4" con elettropompa sommersa (fianco)          | Fino a fondo scarica         |
|                 | 2           | 30/05/2017      | 10 lt                         | 35 lt                                    | h – Pozzo 4" con elettropompa sommersa (fianco)          | Fino a fondo scarica         |
|                 | 3           | 30/05/2017      | 10 lt                         | 35 lt                                    | i – Pozzo 4" con elettropompa sommersa (sommità scarica) | Fino a fondo scarica         |
|                 | 4           | 30/05/2017      | 10 lt                         | 35 lt                                    | j – Pozzo 4" con elettropompa sommersa (sommità scarica) | Fino a fondo scarica         |
|                 | 5           | 30/05/2017      | 10 lt                         | 35 lt                                    | k – Pozzo 4" con elettropompa sommersa (sommità scarica) | Fino a fondo scarica         |
|                 | 6           | 30/05/2017      | 20 lt                         | 35 lt                                    | l – Pozzo 4" con elettropompa sommersa (sommità scarica) | Fino a fondo scarica         |
|                 | 7           | 30/05/2017      | 10 lt                         | 35 lt                                    | m – Pozzo 4" con elettropompa sommersa (fianco)          | Fino a fondo scarica         |
|                 | 8           | 30/05/2017      | 10 lt                         | 35 lt                                    | n – Pozzo 4" con elettropompa sommersa (fianco)          | Fino a fondo scarica         |



**Tab. 11.2– Puntii di immissione dei traccianti e volumi e masse immesse**

| Tracciante                   | Progressivo | Data immissione | Quantità di soluzione immessa | Quantità di "lavaggio" con acqua immessa | Pozzo e posizione                                       | Profondità pozzo (m da p.c.) |
|------------------------------|-------------|-----------------|-------------------------------|--|---|------------------------------|
|                              | 9           | 30/05/2017      | 10 lt                         | 35 lt                                    | o – Pozzo 4" con elettropompa sommersa (fianco)         | Fino a fondo scarica         |
| <b>2_Fluoresceina sodica</b> | 1           | 30/05/2017      | 500 ml                        | 10 lt                                    | Pozzo percolato n.24 (zona sommitale, verso lato ovest) | ~30                          |
|                              | 2           | 30/05/2017      | 500 ml                        | 10 lt                                    | Pozzo percolato n.23 (zona sommitale, verso lato sud)   | ~30                          |
|                              | 3           | 30/05/2017      | 500 ml                        | 10 lt                                    | Pozzo percolato n.22 (zona sommitale, verso lato nord)  | ~30                          |
|                              | 4           | 30/05/2017      | 500 ml                        | 10 lt                                    | Pozzo biogas SE18 (lato sud-est)                        |                              |
|                              | 5           | 30/05/2017      | 500 ml                        | 10 lt                                    | Pozzo biogas SE19 (lato sud-est)                        | ~22,5                        |
|                              | 6           | 30/05/2017      | 500 ml                        | 10 lt                                    | Pozzo biogas SE20 (lato sud-est)                        | ~22,5                        |
|                              | 7           | 30/05/2017      | 500 ml                        | 10 lt                                    | Pozzo percolato n.9                                     |                              |
|                              | 8           | 30/05/2017      | 750 ml                        | 10 lt                                    | Pozzo percolato n.10                                    |                              |
|                              | 9           | 30/05/2017      | 750 ml                        | 10 lt                                    | Pozzo percolato n.11                                    |                              |



S.G.M. Geologia e Ambiente

S.r.l.

Via M. Majocchi Plattis, 21  
44124 FERRARA

internet: [www.sgm-ambiente.it](http://www.sgm-ambiente.it)

e-mail: [info@sgm-ambiente.it](mailto:info@sgm-ambiente.it)

Tel 0532/977899

Fax 0532/906907

C.F. e Partita Iva 01299560381

**Tab. 11.2– Puntii di immissione dei traccianti e volumi e masse immesse**

| Tracciante | Progressivo | Data immissione | Quantità di soluzione immessa | Quantità di "lavaggio" con acqua immessa | Pozzo e posizione    | Profondità pozzo (m da p.c.) |
|------------|-------------|-----------------|-------------------------------|--|----------------------|------------------------------|
|            | 10          | 30/05/2017      | 500 ml                        | 10 lt                                    | Pozzo percolato n.12 |                              |
| 3_Tinopal  | 1           | 31/05/2017      | ~4kg                          | -  | Piezometro S27       | 10 (filtri da 5 a 10 m)      |

## 11.4 Monitoraggio dei traccianti

### 11.4.1 Monitoraggio in continuo con spettrofluorimetri

Per il monitoraggio dell'eventuale transito dei traccianti si sono utilizzati n. 2 spettrofluorimetri da campo, la cui Scheda Tecnica viene riportata in Allegato 10, che sono stati installati presso:

- Piezometro S29, ubicato a valle flusso della discarica comunale: alla profondità di 7,5 m da b.f., in corrispondenza del tratto filtrato (tra 5 e 10 m);
- Pozzo del sistema di MISE della discarica CIPNES: alla profondità di circa 2,7 m da b.f. (il pozzo ha una profondità di 3,3 m da b.f.).

Si è ritenuto opportuno installare gli spettrofluorimetri in foro, calandoli alla massima profondità possibile, in corrispondenza del tratto filtrato.

Sarà così garantita l'immersione costante in acqua e l'ottimale funzionamento, oltre che una temperatura meno variabile nel tempo ed una protezione dalla luce solare (si ricorda che i traccianti fluorescenti sono molto foto-sensibili).

Ciascun spettrofluorimetro rileva su 3 diverse lampade i segnali di fluorescenza corrispondenti ai 3 traccianti immessi; le misure sono state eseguite con una frequenza di acquisizione di 5 minuti. Ciascuno strumento è collegato ad un data-logger dedicato che ha registrato i dati all'interno di una memoria fisica, e dotato di un sistema di trasmissione GSM dei dati, per il controllo in remoto delle acquisizioni e del corretto funzionamento.

I sopralluoghi al sito hanno permesso l'ottimale manutenzione e pulizia degli strumenti.

### 11.4.2 Monitoraggio passivo con fluorocaptori

Come previsto da capitolato, il monitoraggio strumentale è integrato e supportato dal monitoraggio passivo con fluorocaptori presso 20 punti di monitoraggio. Rispetto ai punti previsti da Capitolato sono state eseguite le seguenti modifiche:



**S.G.M. Geologia e Ambiente**

**S.r.l.**

Via M. Majocchi Plattis, 21  
44124 FERRARA

internet: [www.sgm-ambiente.it](http://www.sgm-ambiente.it)

e-mail: [info@sgm-ambiente.it](mailto:info@sgm-ambiente.it)

Tel 0532/977899

Fax 0532/906907

C.F. e Partita Iva 01299560381

- il piezometro S33, privo d'acqua sin dal 22/5/17 e per tutta la durata del test, è stato sostituito dal piezometro S34;
- il campionamento è stato integrato con i punti S29 e POZZO MISE, per poter eventualmente incrociare i risultati di questa tecnica con quelli del monitoraggio fluorimetrico in continuo.

I fluorocaptori (o fluocaptori) sono campionatori passivi costituiti da carbone attivo granulare (identico a quello dei filtri di depurazione) con elevato potere di adsorbimento sui traccianti fluorescenti, oltre che su numerose altre sostanze.

I punti di monitoraggio che sono stati attrezzati con fluorocaptori sono rappresentati da 6 piezometri profondi, 14 piezometri superficiali, 1 pozzo privato, 1 pozzettone ed 1 sorgente. Essi sono elencati in Tabella 11.3.

I fluorocaptori sono stati ancorati ad appositi cordini e calati all'interno dei punti di monitoraggio, posizionati al di sotto della tavola d'acqua. Ad ogni sopralluogo essi vengono prelevati, raccolti all'interno di carta alluminio per la loro conservazione al riparo dalla luce ed opportunamente catalogati all'interno di sacchetti di plastica etichettati (nome punto di prelievo, data di prelievo, note eventuali). Dopo il prelievo i fluorocaptori sono conservati al fresco ed al riparo dalla luce e quindi conferiti al laboratorio.

Per le analisi è stato incaricato il laboratorio del Dipartimento di Scienze Chimiche e Geologiche dell'Università di Modena e Reggio Emilia.

La procedura analitica prevede che i carboni siano estratti dai fluorocaptori e sottoposti ad una procedura di estrazione delle sostanze con apposita soluzione eluente; l'analisi spettrofluorimetrica sull'eluato estratto dai carboni permette di ricavare la presenza o assenza del tracciante, fornendo un esito di tipo qualitativo (positivo/negativo).

#### **11.4.3 Prelievo manuale di campioni d'acqua – integrazione al Capitolato Tecnico di Gara**

I fluorocaptori sono caratterizzati da elevato potere d'adsorbimento non solo sui traccianti fluorescenti, ma anche su numerose altre sostanze e sulla materia organica disciolta in acqua, che può essere presente in elevate quantità nel sito in esame. Per la sua forte interferenza con la materia organica, il Tinopal CBS-X è difficilmente rilevabile nei fluorocaptori, in quanto viene misurato indirettamente per fluorescenza sulle lunghezze d'onda più alte dello spettro UV. In altre parole in fase analitica è praticamente impossibile distinguere il segnale del Tinopal dall'elevato "rumore di fondo" determinato dalla sostanza organica disciolta adsorbita dai fluorocaptori.

Per tale ragione, si è ritenuto opportuno integrare il monitoraggio previsto da capitolato con il prelievo manuale di campioni d'acqua da sottoporre poi ad analisi spettrofluorimetrica per la ricerca del Tinopal.

Operativamente ad ogni sopralluogo di sostituzione dei fluorocaptori saranno contestualmente prelevati campioni d'acqua con bailer usa e getta (uno dedicato per ciascun piezometro, al fine di evitare problemi di cross-contaminazione). Questa integrazione sarà eseguita su tutti i punti di monitoraggio di Tabella 11.3.



S.G.M. Geologia e Ambiente

S.r.l.

Via M. Majocchi Plattis, 21  
44124 FERRARA

internet: [www.sgm-ambiente.it](http://www.sgm-ambiente.it)

e-mail: [info@sgm-ambiente.it](mailto:info@sgm-ambiente.it)

Tel 0532/977899

Fax 0532/906907

C.F. e Partita Iva 01299560381

| <b>Tab. 11.3 – Punti di monitoraggio dei traccianti con fluorocaptori e prelievo di acqua</b> |                            |  |                                     |                                    |
|---|----------------------------|--|-------------------------------------|------------------------------------|
| <b>N.</b>   | <b>ID punto</b>            | <b>Tipo punto</b>                                    | <b>Profondità pozzo (m da p.c.)</b> | <b>Posizione fenestrazione (m)</b> |
| 1   | R1                         | Piezometro profondo                                  | 90                                  | 75 ÷ 85                            |
| 2   | R2                         | Piezometro profondo                                  | 80                                  | 70 ÷ 79                            |
| 3   | R3                         | Piezometro profondo                                  | 80                                  | 69 ÷ 77                            |
| 4   | R4                         | Piezometro profondo                                  | 97                                  | 31,5 ÷ 97                          |
| 5   | R5                         | Piezometro profondo                                  | 100                                 | 72 ÷ 81                            |
| 6   | R6                         | Piezometro profondo                                  | 80                                  | 35 ÷ 80                            |
| 7   | C'                         | Piezometro superficiale con elettropompa sommersa 3" | 10                                  |                                    |
| 8   | S9                         | Piezometro superficiale                              | 3                                   |                                    |
| 9   | S1                         | Piezometro superficiale                              | 5                                   | 2 ÷ 5                              |
| 10  | S2                         | Piezometro superficiale                              | 7                                   | 3 ÷ 7                              |
| 11  | S3                         | Piezometro superficiale                              | 10                                  | 5 ÷ 10                             |
| 12  | S4                         | Piezometro superficiale                              | 10                                  | 5 ÷ 10                             |
| 13  | S26                        | Piezometro superficiale                              | 7                                   | 2 ÷ 7                              |
| 14  | S28                        | Piezometro superficiale                              | 10                                  | 0,5 ÷ 10                           |
| 15  | S30                        | Piezometro superficiale                              | 10                                  | 0,5 ÷ 10                           |
| 16  | S31                        | Piezometro superficiale                              | 10                                  | 0,5 ÷ 10                           |
| 17  | S32                        | Piezometro superficiale                              | 10                                  | 0,5 ÷ 10                           |
| 18  | S33 – sempre privo d'acqua | Piezometro superficiale                              | 10                                  | 0,5 ÷ 10                           |
| 19  | S34                        | Piezometro superficiale                              | 10                                  | 0,5 ÷ 10                           |
| 20  | Pozzo Sig. Cossu           | Pozzo privato  | 75                                  |                                    |
| 21  | Sorgente                   | Sorgente (convogliata in pozzo Ø200, prof. 3 m)      | 3                                   |                                    |
| 22  | Pozzo MISE                 | Pozzettone   | 3,3                                 | 0 ÷ 3,3                            |
| 23  | S29                        | Piezometro superficiale                              | 10                                  | 0,5 ÷ 10                           |

#### 11.4.4 Monitoraggio piezometrico

Per tutta la durata dei test sono state monitorate le condizioni al contorno del sistema attraverso una piccola rete di monitoraggio piezometrico in continuo sul sito, implementata in data 22/05/17 e costituita da n. 1 sensore di misura della pressione atmosferica e da n. 3 sensori di livello (trasduttori di pressione di tipo assoluto, ossia da compensare sulla pressione atmosferica) ubicati presso:

- Piezometro di monitoraggio S29: profondità 10 m, filtri da 0,5 a 10 m;
- Pozzo del SISTEMA MISE CIPNES: profondità 4 m, filtri da 1 a 4 m;
- Piezometro S34 a monte della discarica (un punto ben rappresentativo delle condizioni piezometriche a monte idrogeologico dell'impianto): si è ritenuto inopportuno installare questo sensore all'interno del piezometro S27 poi destinato all'immissione del Tinopal, per evitare l'interferenza piezometrica causata dall'immissione di un significativo volume di soluzione.





**S.G.M. Geologia e Ambiente**

**S.r.l.**

Via M. Majocchi Plattis, 21  
44124 FERRARA

internet: [www.sgm-ambiente.it](http://www.sgm-ambiente.it)

e-mail: [info@sgm-ambiente.it](mailto:info@sgm-ambiente.it)

Tel 0532/977899

Fax 0532/906907

C.F. e Partita Iva 01299560381

Le Schede Tecniche dei sensori sono riportate in Allegato 11.

Durante i sopralluoghi al sito vengono eseguite inoltre misure di livello piezometrico con freatimetro manuale per il controllo delle serie dati acquisite ed eventuali operazioni di manutenzione e pulizia sui sensori installati.

## **11.5 Risultati ottenuti**

### **11.5.1 Monitoraggio piezometrico in continuo**

Il monitoraggio piezometrico in continuo ha permesso di ricostruire l'andamento dei livelli piezometrici in funzione del tempo: in Figura 11.4 è riportato il grafico delle soggiacenze ai punti S34, S29 e POZZO SISTEMA MISE.

I dati evidenziano un trend generalizzato di diminuzione dei livelli piezometrici, in accordo all'assenza di precipitazioni meteoriche sull'intero periodo di monitoraggio: tale trend si osserva sia al piezometro S29 (a valle della discarica comunale), che al piezometro S34 (a monte idrogeologico dell'impianto); quest'ultimo presenta una pendenza maggiore del precedente, mostrando un abbassamento superiore ad 1,5 m sull'intero periodo di monitoraggio.

Il livello nel POZZO MISE, invece, è regimato artificialmente da una pompa sommersa installata al suo interno: trattandosi di pompa autoadescante con galleggiante, il livello oscilla con frequenza regolare (circa 9 inneschi della pompa ogni 24 ore, circa un innesco ogni 2,66 ore) su una fascia di ampiezza pari a circa 30 cm, come si osserva molto bene dal grafico di Figura 11.4 e Figura 11.5.

Nel mese di luglio si osservano alcune irregolarità rispetto al trend, probabilmente imputabili ad interventi tecnici realizzati sul pozzo o sulla pompa.



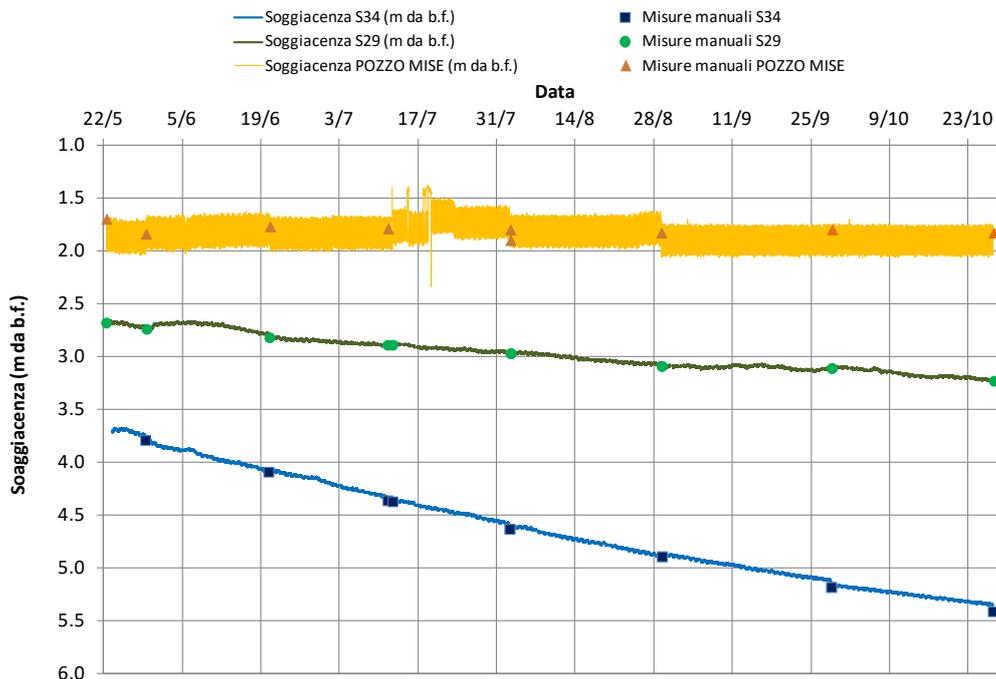
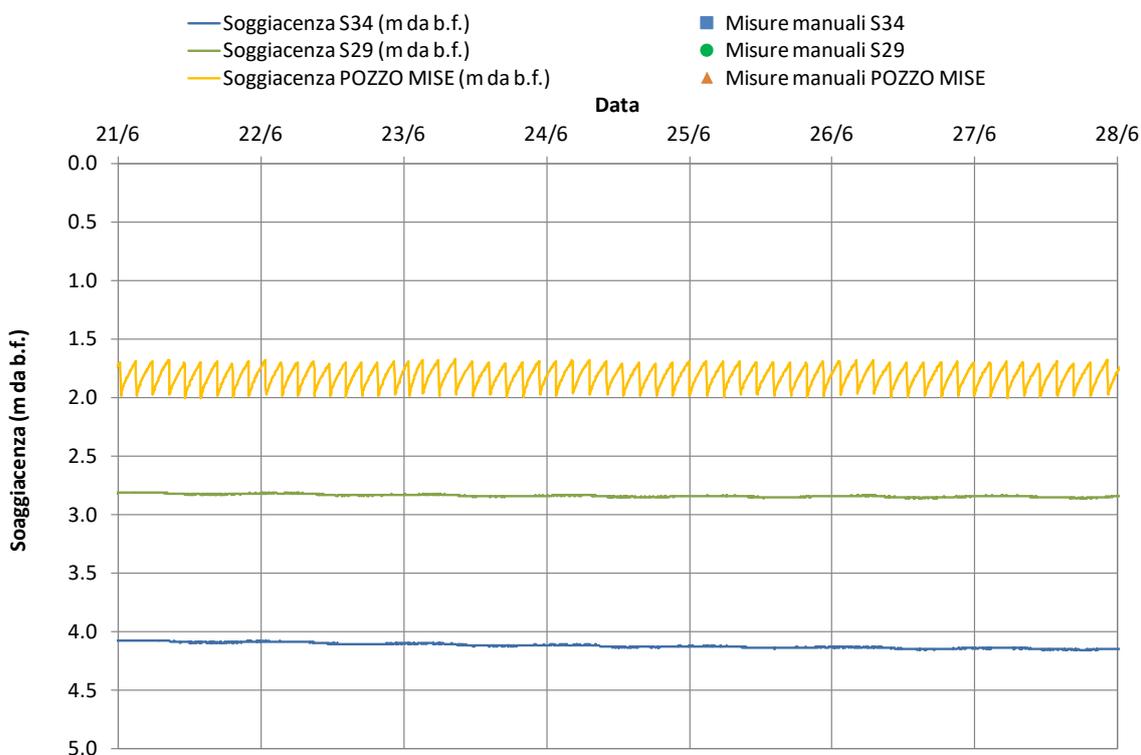


Figura 11.4. Monitoraggio piezometrico: soaggiacenza in funzione del tempo ai 3 punti di monitoraggio in continuo.





**S.G.M. Geologia e Ambiente**

**S.r.l.**

Via M. Majocchi Plattis, 21  
44124 FERRARA

internet: [www.sgm-ambiente.it](http://www.sgm-ambiente.it)

e-mail: [info@sgm-ambiente.it](mailto:info@sgm-ambiente.it)

Tel 0532/977899

Fax 0532/906907

C.F. e Partita Iva 01299560381

*Figura 11.5 - Monitoraggio piezometrico: soggiacenza in funzione del tempo ai 3 punti di monitoraggio in continuo, zoom sull'intervallo 21-28/6 per visualizzare le oscillazioni regolari di livello al POZZO MISE.*

### **11.5.2 Monitoraggio spettrofluorimetrico**

I due strumenti installati al piezometro S29 ed al POZZO MISE hanno rilevato in continuo, con frequenza di acquisizione di 5 minuti, e registrato su data-logger i segnali di fluorescenza sulle lunghezze d'onda caratteristiche dei 3 traccianti utilizzati e della torbidità, in quanto dotati di 4 lampade che lavorano su lunghezze d'onda (di eccitazione e di emissione) adeguate al rilevamento delle diverse sostanze:

- L1. Fluoresceina sodica
- L2. Amidorodamina-G
- L3. Tinopal CBS-X
- L4. Torbidità.

Anche in assenza di traccianti fluorescenti gli strumenti restituiscono alle 4 lampade un segnale elettrico (in mV) maggiore di zero, che rappresenta il rumore di fondo, che include una componente strumentale ed una ambientale. Per tale motivo è stato fondamentale il monitoraggio del bianco ambientale presso i due punti di monitoraggio preliminarmente all'immissione: esso si è svolto dal 22/05 (data di installazione degli strumenti) sino al 29/05 compreso.

Per ottenere le concentrazioni di tracciante è stata eseguita la calibrazione degli strumenti su soluzioni a concentrazioni note dei traccianti utilizzati: tale operazione è stata effettuata al termine della prova in laboratorio. Nel processo di calibrazione i segnali in mV vengono inoltre corretti automaticamente sul segnale di torbidità, che, soprattutto in situazioni di acque molto torbide, va a generare segnali apparenti anche sulle altre lampade.

#### Piezometro S29

Nel grafico di Figura 11.6 sono rappresentati i grafici del monitoraggio fluorimetrico all'interno del piezometro S29. Con linee rosse verticali sono evidenziate le date dei sopralluoghi, in cui venivano eseguite operazioni di manutenzione e pulizia della sonda.

Sia la Fluoresceina sodica (linea verde) che la Amidorodamina-G (linea magenta) mostrano concentrazioni sempre nulle, sin dalla fase di monitoraggio del bianco ambientale.

Per quanto riguarda la terza lampada (quella che rileva il Tinopal), invece, anche a valle della calibrazione e della correzione sulla torbidità, rimangono delle concentrazioni apparenti di Tinopal superiori allo zero. La fase iniziale di monitoraggio ambientale (dal 22/5 al 29/5) mostra che tali concentrazioni sono presenti nelle acque naturali e possono essere imputate alla presenza di materia organica e/o di altre sostanze che emettono fluorescenza in corrispondenza della porzione di spettro UV su cui lavora la lampada 3 dello strumento. Per cui certamente tali concentrazioni non sono imputabili al Tinopal immesso in data 31/05/2017 al piezometro S27, ma sono rappresentative di un bianco ambientale che sul lungo periodo mostra una sua variabilità, causato da altre sostanze presenti nelle acque.

Pertanto a tutta la serie dati andrebbe sottratta la concentrazione iniziale di circa 75 ppb e tutta la curva graficata con la linea azzurra si ridurrebbe a 0 ppb.

Si conclude che il fluorimetro installato al piezometro S29 non ha rilevato nessuno dei tre traccianti.

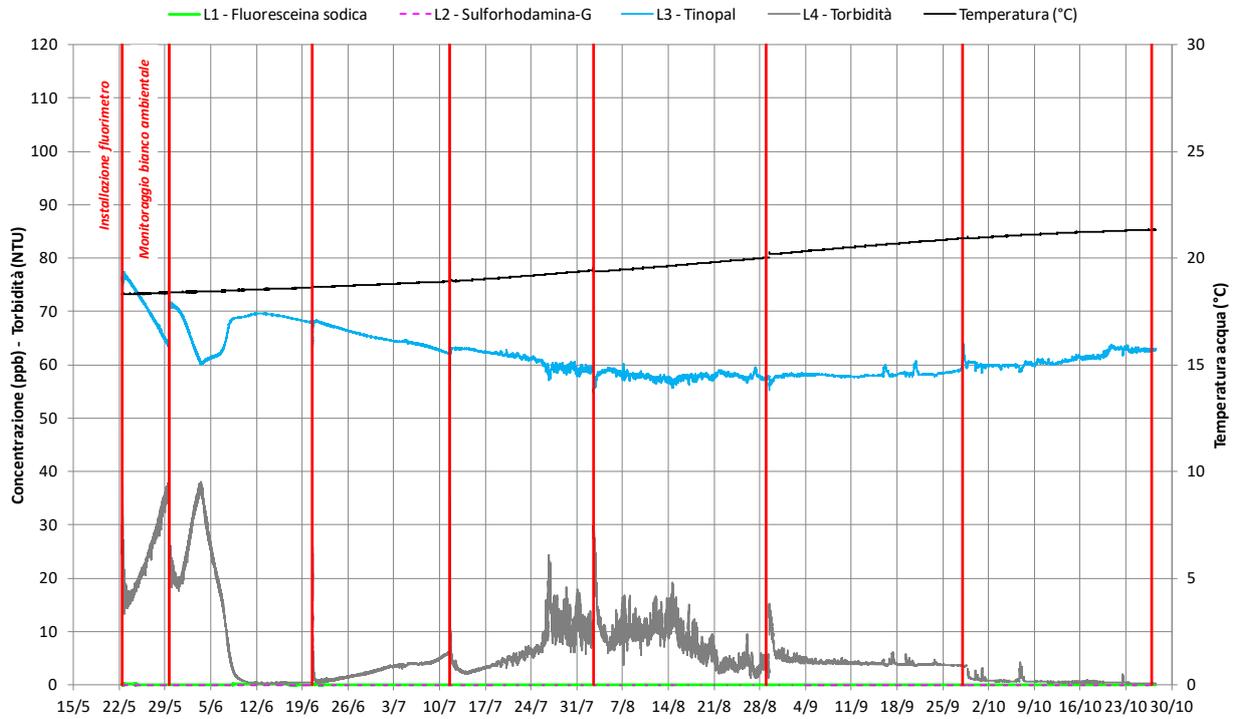


Figura 11.6 - Monitoraggio con fluorimetro al piezometro S29: temperatura dell'acqua, concentrazioni dei traccianti reali (L1, L2) e apparenti (L3) e Torbidità (NTU): spiegazione nel testo.



**S.G.M. Geologia e Ambiente**

**S.r.l.**

Via M. Majocchi Plattis, 21  
44124 FERRARA

internet: [www.sgm-ambiente.it](http://www.sgm-ambiente.it)

e-mail: [info@sgm-ambiente.it](mailto:info@sgm-ambiente.it)

Tel 0532/977899

Fax 0532/906907

C.F. e Partita Iva 01299560381

### Pozzo MISE

Nel grafico di Figura 11.7 sono rappresentati i grafici del monitoraggio fluorimetrico al POZZO MISE. Con linee rosse verticali sono evidenziate le date dei sopralluoghi, in cui venivano eseguite operazioni di manutenzione e pulizia della sonda.

Sia la Fluoresceina sodica (linea verde) che la Amidorodamina-G (linea magenta) mostrano concentrazioni sempre nulle, sin dalla fase di monitoraggio del bianco ambientale.

Per quanto riguarda la terza lampada (quella che rileva il Tinopal), invece, valgono le stesse considerazioni effettuate per il piezometro S29. Anche a valle della calibrazione e della correzione sulla torbidità, rimangono delle concentrazioni apparenti di Tinopal superiori allo zero. La fase iniziale di monitoraggio ambientale (dal 22/5 al 29/5) mostra che tali concentrazioni sono presenti nelle acque naturali (anzi presentano i valori massimi) e possono essere imputate alla presenza di materia organica e/o di altre sostanze che emettono fluorescenza in corrispondenza della porzione di spettro UV su cui lavora la lampada 3 dello strumento. Per cui certamente tali concentrazioni non sono imputabili al Tinopal immesso in data 31/05/2017 al piezometro S27, ma sono rappresentative di un bianco ambientale che sul lungo periodo mostra una sua variabilità ed è quindi certamente causato da altre sostanze presenti nelle acque.

Pertanto a tutta la serie dati andrebbe sottratta la concentrazione iniziale di circa 70 ppb e tutta la curva graficata con la linea azzurra si ridurrebbe a 0 ppb.

Le fasi in cui le concentrazioni alla lampada 3 precipitano a zero, invece, sono dovute all'oscuramento della cella di misurazione per la deposizione di ossidi metallici (vedi andamento torbidità). Va precisato che tali gap nella serie dati sono compensati sempre dall'analisi del fluorocaptore raccolto ad ogni sopralluogo (che copre l'intervallo temporale tra un sopralluogo e l'altro) e dall'analisi del campione d'acqua raccolto manualmente.

Si conclude pertanto che il fluorimetro installato al POZZO MISE, nonostante le problematiche causate dall'aggressività chimico-fisica delle acque, non ha rilevato nessuno dei tre traccianti.

IN COLLABORAZIONE CON



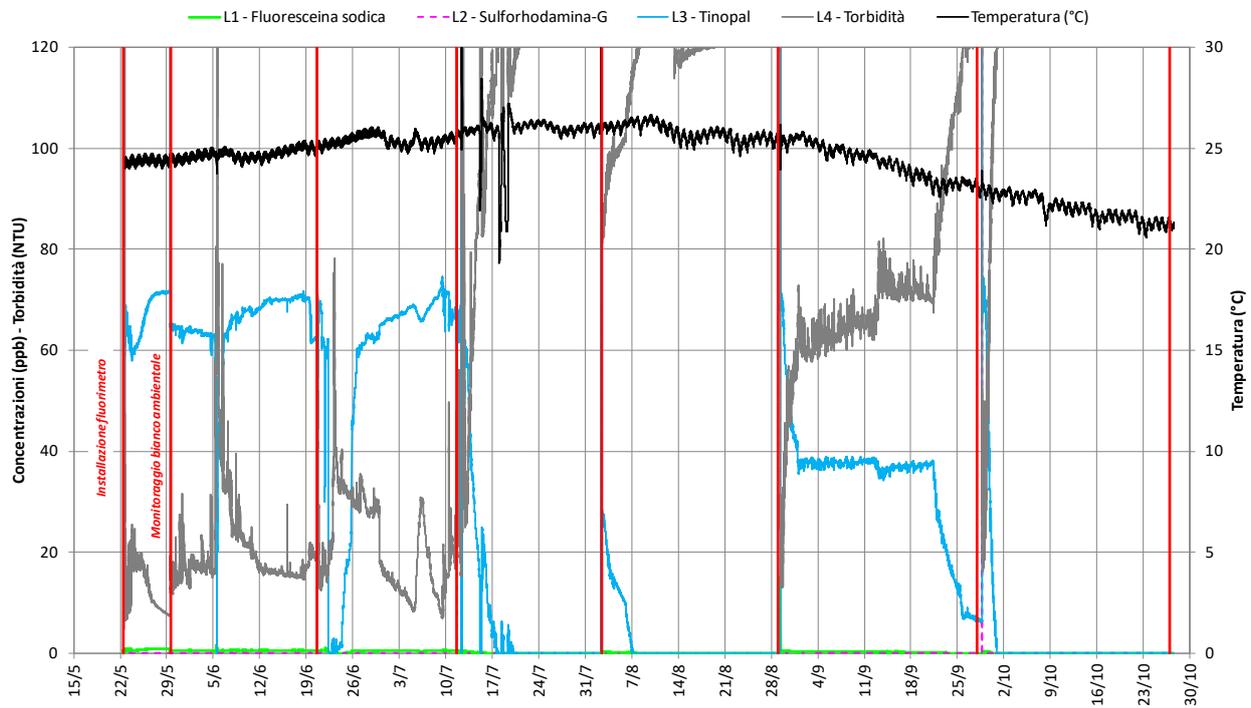


Figura 11.7 - Monitoraggio con fluorimetro al POZZO MISE: temperatura dell'acqua, concentrazioni dei traccianti reali (L1, L2) e apparenti (L3) e Torbidità (NTU): spiegazione nel testo.

### 11.5.3 Analisi sui fluorocaptori

Seguono i risultati analitici delle seguenti batterie di fluorocaptori:

- Serie 00 (bianco ambientale): immersione dal 22/5 al 29/5;
- Serie 01: immersione dal 29/5 al 20/06;
- Serie 02: immersione dal 20/06 al 11/07;
- Serie 03: immersione dal 11/07 al 02/08;
- Serie 04: immersione dal 02/08 al 29/08;
- Serie 05: immersione dal 29/08 al 28/09;
- Serie 06: immersione dal 28/09 al 27/10 (fine prova).

Durante le operazioni di campo in alcune situazioni non è stato possibile installare o prelevare il fluorocaptore per diverse motivazioni:

- Punto di monitoraggio completamente secco: è questo il caso del piezometro S33, che però è stato sostituito dal piezometro S34 sin dall'inizio della prova;
- Punto di monitoraggio che si è seccato in corso di prova, per abbassamento del livello piezometrico: è questo il caso dei punti SORGENTE, S32;
- Fluorocaptore incastrato irreversibilmente con cavi e tubi dell'elettropompa sommersa presente in foro e perso all'interno del piezometro: è questo il caso del punto R1.

IN COLLABORAZIONE CON



**S.G.M. Geologia e Ambiente**

**S.r.l.**

Via M. Majocchi Plattis, 21  
44124 FERRARA

internet: [www.sgm-ambiente.it](http://www.sgm-ambiente.it)

e-mail: [info@sgm-ambiente.it](mailto:info@sgm-ambiente.it)

Tel 0532/977899

Fax 0532/906907

C.F. e Partita Iva 01299560381

I dati di campo di tutti i sopralluoghi con i campionamenti in dettaglio sono riepilogati in Allegato 12.

I campioni della serie 00 hanno permesso di determinare il bianco ambientale.

Tutti i campioni delle Serie da 01 a 06 hanno dato esito negativo, come illustrato dettagliatamente nel Report del 15/12/17 dell'Università di Modena e Reggio Emilia (Allegato 14).

L'affidabilità dei risultati è massima per quanto concerne Fluoresceina sodica e Amidorodamina-G. Le limitazioni rilevate per il Tinopal, causate dai problemi di forte interferenza con torbidità e sostanza organica disciolta in acqua, ed evidenziate sin dall'inizio (Relazione di Progettazione Esecutiva), sono state risolte attraverso la raccolta e analisi di campioni d'acqua, di cui si illustrano i risultati al seguente paragrafo.

#### **11.5.4 Analisi sui campioni di acqua**

I dati relativi ai prelievi dei campioni di acqua sono riportati nella tabella dell'Allegato 12 (C).

I campioni d'acqua prelevati sono stati analizzati con l'ausilio del fluorimetro da campo ed è stato applicato lo stesso processo di calibrazione, convertendo le intensità di fluorescenza rilevate dallo strumento in concentrazioni (ppb).

I risultati sono sintetizzati nei grafici di Figura 11.8, relativi a:

- Lampada 1 – Fluoresceina sodica (concentrazioni in ppb)
- Lampada 2 – Amidorodamina-G (concentrazioni in ppb)
- Lampada 3 – Tinopal CBS-X o Sostanza organica o altre sostanze disciolte in acqua (concentrazioni in ppb)
- Lampada 4 – Torbidità (in NTU).

IN COLLABORAZIONE CON



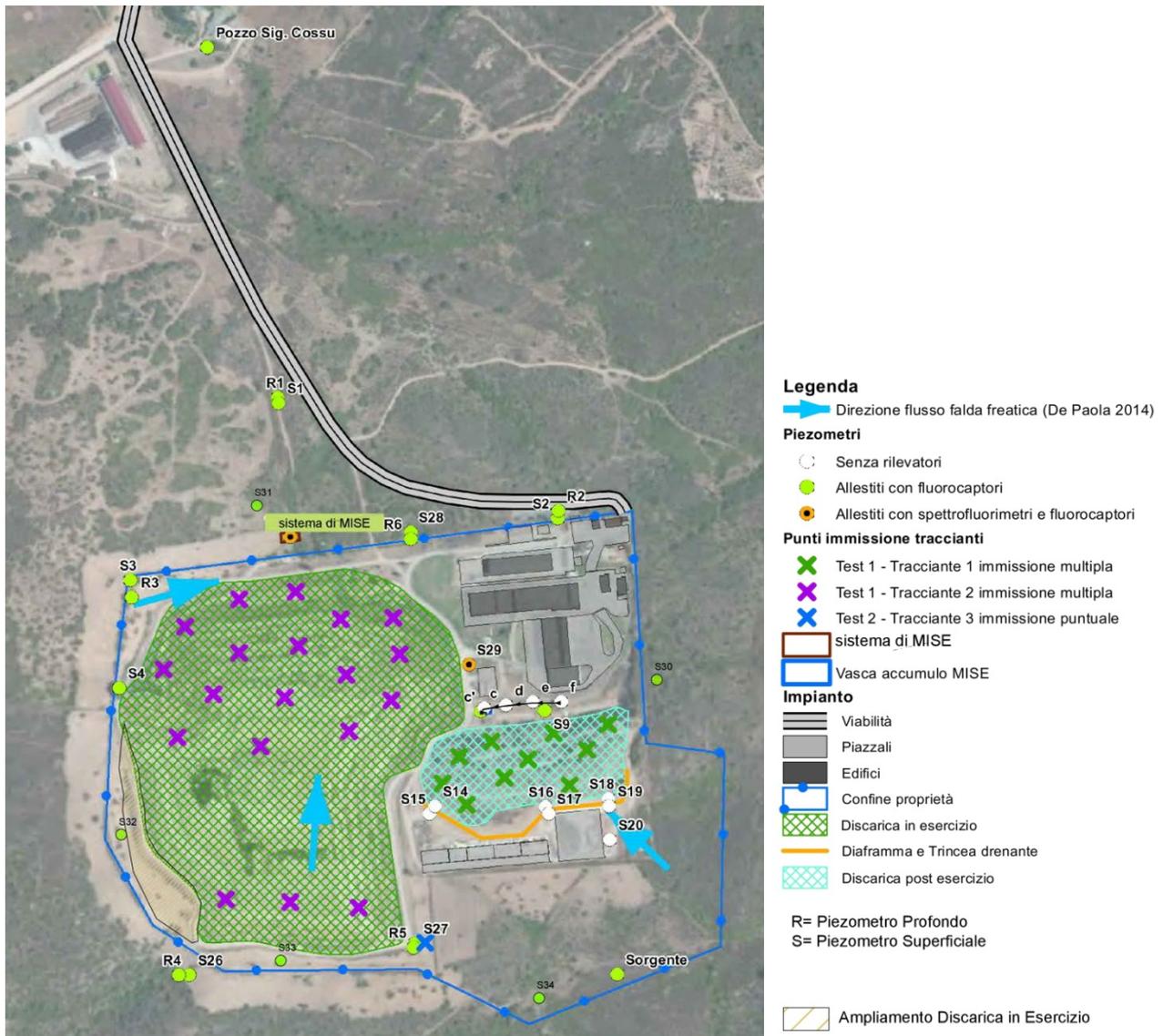


Figura 11.8 - Planimetria "Prove con traccianti" (estratto da Tavola 3 – Capitolato Tecnico delle Indagini previste dal Piano Operativo del Piano di Caratterizzazione).

Punti a monte flusso dei corpi discarica:

- Il piezometro S34 presenta concentrazioni nulle (o minori uguali del valore di bianco ambientale - campagna 00) per i 3 traccianti durante tutte le campagne di campionamento; presenta inoltre valori di torbidità modesti, generalmente inferiori a 5 NTU.
- Analoghe considerazioni valgono per i piezometri R4, e R5.
- Il piezometro S26 presenta concentrazioni apparenti alle lampade 1, 2 e 3, ma sempre minori uguali del valore di bianco ambientale - campagna 00; presenta inoltre valori di torbidità modesti, generalmente inferiori a 5 NTU.
- Il piezometro S33, sempre secco, non è mai stato campionato.

IN COLLABORAZIONE CON



**S.G.M. Geologia e Ambiente**

**S.r.l.**

Via M. Majocchi Plattis, 21  
44124 FERRARA

internet: [www.sgm-ambiente.it](http://www.sgm-ambiente.it)

e-mail: [info@sgm-ambiente.it](mailto:info@sgm-ambiente.it)

Tel 0532/977899

Fax 0532/906907

C.F. e Partita Iva 01299560381

- La **SORGENTE** è stata campionata solo alla campagna 00, perché alle campagne seguenti il battente idrico in pozzo era così ridotto da impedire il campionamento con bailer (ma è stata monitorata con i fluorocettori fino alla Serie 03, seguita dal totale prosciugamento).

Punti sul fianco ovest della discarica consortile, in ordine da monte verso valle:

- I piezometri S32 e S4 presentano concentrazioni nulle (o minori uguali del valore di bianco ambientale - campagna 00) per i 3 traccianti durante tutte le campagne di campionamento; presenta inoltre valori di torbidità modesti, generalmente inferiori a 5 NTU.
- Analoghe considerazioni valgono per il piezometro R3 e S3.

Punti a valle dei corpi discarica (in ordine da ovest verso est):

- Per il **POZZO MISE** si fa riferimento al monitoraggio fluorimetrico in continuo, che è comunque confermato ed integrato dai campionamenti manuali: dai grafici di Figura 11.8 si ricava che la Torbidità è superiore a quella media del sito (raggiungendo valori superiori a 5 NTU), ma inferiore a quella rilevata dal fluorimetro, che rileva il dato reale sul campo (l'analisi sul campione viene eseguita invece dopo la decantazione dei sedimenti in sospensione); inoltre sui campioni si osservano, sin dal bianco ambientale, concentrazioni apparenti alle lampade 1 e 3, sicuramente non imputabili ai traccianti immessi.
- I piezometri S31, R1, S1, R6 e S28 presentano concentrazioni nulle (o minori uguali del valore di bianco ambientale - campagna 00) per i 3 traccianti durante tutte le campagne di campionamento; presenta inoltre valori di torbidità modesti, generalmente inferiori a 5 NTU.
- Il piezometro R2 non era campionabile con bailer per l'elevata profondità della tavola d'acqua e la presenza della pompa sommersa.
- Il piezometro S2 presenta concentrazioni apparenti alle lampade 1, 2 e 3, ma sempre minori uguali del valore di bianco ambientale - campagna 00; presenta inoltre valori di torbidità modesti, generalmente inferiori a 5 NTU.
- Il **POZZO COSSU** presenta concentrazioni nulle (o minori uguali del valore di bianco ambientale - campagna 00) per i 3 traccianti durante tutte le campagne di campionamento; presenta inoltre valori di torbidità modesti, generalmente inferiori a 5 NTU.
- Per il piezometro S29 si fa riferimento al monitoraggio fluorimetrico in continuo, che è comunque confermato ed integrato dai campionamenti manuali: dai grafici di **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** si ricava che la Torbidità è superiore a quella media del sito (raggiungendo in un paio di casi valori molto elevati); inoltre sui campioni si osservano, sin dal bianco ambientale, concentrazioni apparenti alle lampade 1 e 3, sicuramente non imputabili ai traccianti immessi.
- Il punto S9, un pozzettone ubicato immediatamente a valle della discarica comunale (in anelli di cemento prefabbricato con profondità circa 3 m, diametro 2 m ed elettropompa sommersa installata al suo interno), presenta concentrazioni apparenti alle lampade 1, 2 e 3 con valori piuttosto considerevoli. Purtroppo è stato possibile campionare le acque solo a inizio e termine prova, per il ridotto battente idrico a fondo pozzo: le concentrazioni apparenti rilevate alla Serie 06 sono analoghe a quelle rilevate alla Serie 00, quindi incrociando con i risultati dei fluorocettori, l'esito può considerarsi negativo.

IN COLLABORAZIONE CON





S.G.M. Geologia e Ambiente

S.r.l.

Via M. Majocchi Plattis, 21  
44124 FERRARA

internet: [www.sgm-ambiente.it](http://www.sgm-ambiente.it)

e-mail: [info@sgm-ambiente.it](mailto:info@sgm-ambiente.it)

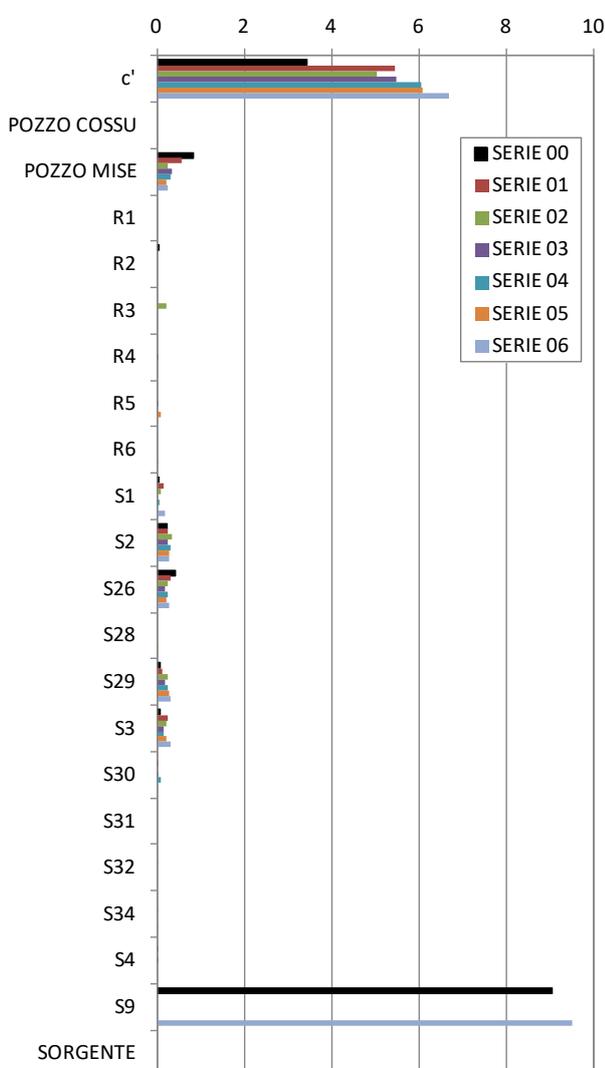
Tel 0532/977899

Fax 0532/906907

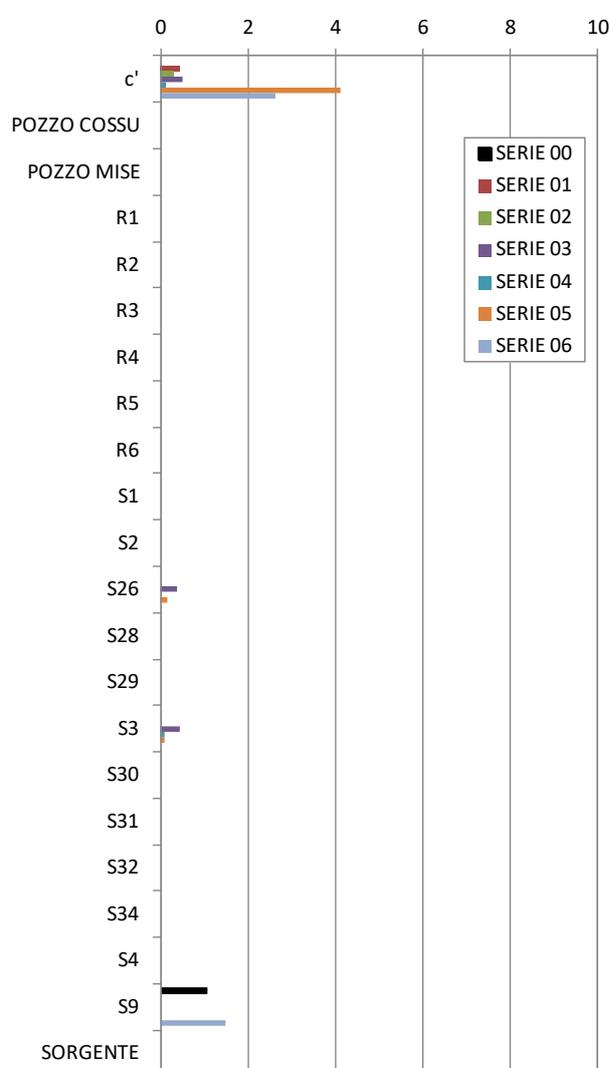
C.F. e Partita Iva 01299560381

- Il punto c', un piezometro superficiale ubicato immediatamente a valle della discarica comunale (piezometro con b.f. a piano campagna senza tappo, né pozzetto di protezione dalle acque superficiali), presenta sin dal bianco ambientale concentrazioni apparenti alle lampade 1, 2 e 3 con valori piuttosto considerevoli, soprattutto per Fluoresceina sodica e Tinopal. Solamente in due campioni (Serie 05 e Serie 06) la concentrazione di Amidorodamina-G supera significativamente quella del bianco ambientale: considerando che tale tracciante è stato immesso in questo corpo discarica, nonostante i fluorocaptori corrispondenti abbiano dato esito negativo, non si può escludere la possibilità che tali campioni rappresentino l'inizio di una curva di arrivo del tracciante al punto. Secondo tale ipotesi il piezometro S29 non aveva ancora iniziato a rilevare la sostanza perché posizionato più a valle del punto c'.

Lampada 1 - Fluoresceina Sodica (ppb)



Lampada 2 - Amidorodamina G (ppb)



IN COLLABORAZIONE CON



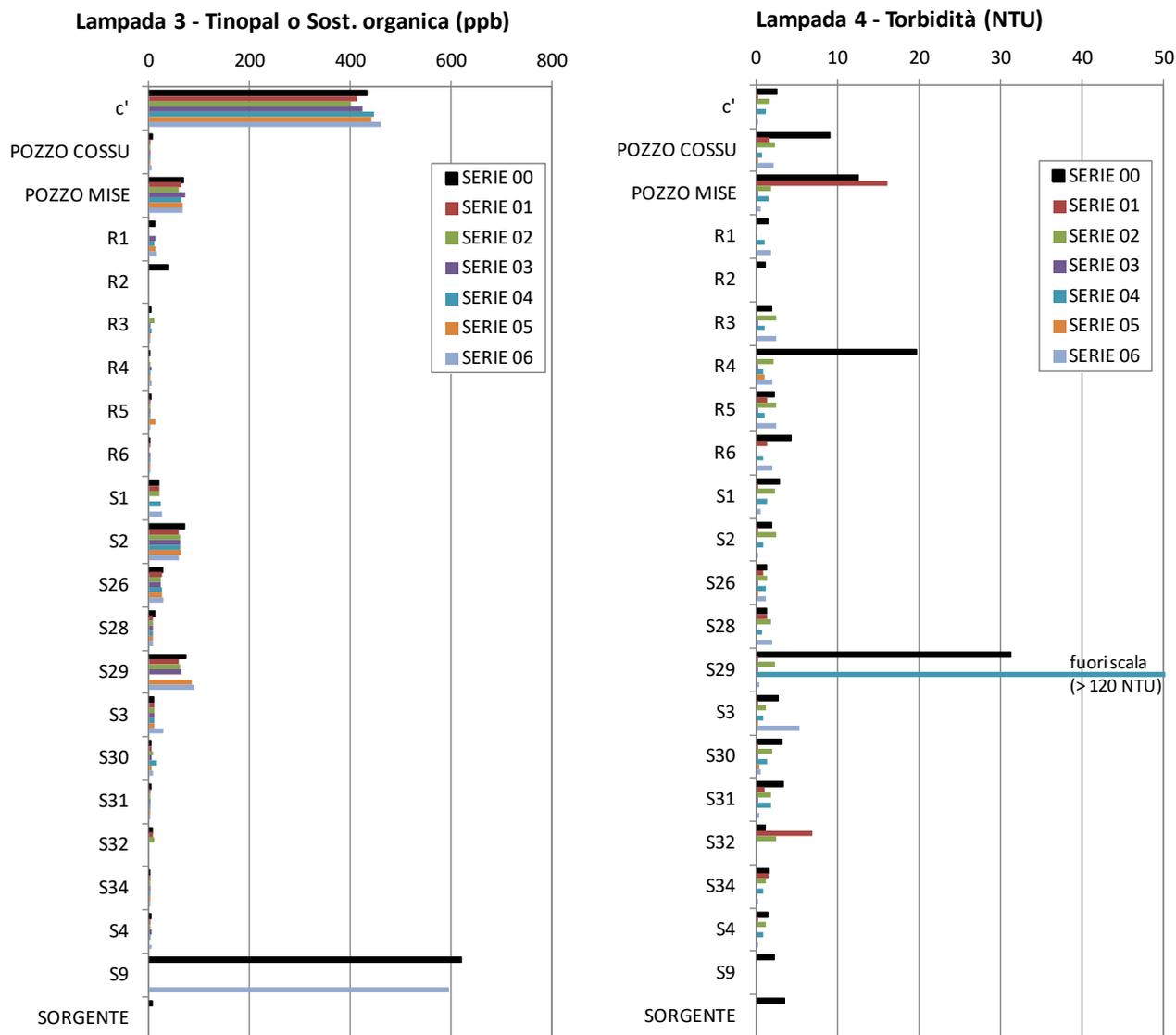


Figura 11.9 - Analisi fluorimetriche sui campioni d'acqua prelevati ai punti di monitoraggio di Tabella 11.3; spiegazione nel testo.

### 11.5.5 Conclusioni

La prova si è svolta regolarmente, secondo quanto previsto nel documento di Progettazione Esecutiva.

Il campionamento con fluorocaptori in taluni casi non è stato possibile (i campioni mancanti sono esplicitati e motivati nella tabella di Allegato 12); il contestuale prelievo manuale di campioni d'acqua ai sopralluoghi ha permesso di colmare i dati mancanti e di eseguire in molti casi una verifica dei risultati.

IN COLLABORAZIONE CON



## S.G.M. Geologia e Ambiente

S.r.l.

Via M. Majocchi Plattis, 21  
44124 FERRARA

internet: [www.sgm-ambiente.it](http://www.sgm-ambiente.it)

e-mail: [info@sgm-ambiente.it](mailto:info@sgm-ambiente.it)

Tel 0532/977899

Fax 0532/906907

C.F. e Partita Iva 01299560381

Le limitazioni evidenziate per il Tinopal CBS-X (forte interferenza con la sostanza organica disciolta in acqua e altre possibili sostanze) si sarebbero presentate con qualsiasi altro tracciante che emette fluorescenza su questa porzione di spettro UV (corrispondente alla Lampada 3 dello strumento); per cui un tracciamento multiplo con 3 traccianti non può prescindere da tali limitazioni, sicuramente accentuate nel sito in esame dalla peculiare composizione delle acque sotterranee. Comunque si ritiene che le limitazioni siano state superate attraverso l'integrazione di tutti i dati raccolti.

Il monitoraggio fluorimetrico in continuo ai punti S29 e POZZO MISE non ha rilevato traccianti disciolti in acqua sull'intero periodo di monitoraggio.

Il monitoraggio passivo con fluorocaptori non ha rilevato traccianti ai punti di monitoraggio.

Solamente l'analisi dei campioni d'acqua prelevati manualmente ha evidenziato la potenziale presenza di Amidorodamina-G in soli due campioni d'acqua prelevati alle Serie 05 e 06 presso il piezometro c'. Purtroppo i dati a disposizione non permettono di asserire con certezza che l'esito è positivo, sia in considerazione del bianco ambientale che già mostra concentrazioni apparenti per questa sostanza, ma soprattutto dello stato del piezometro (bocca foro a piano campagna, assenza di tappo e di pozzetto di protezione dalle acque di ruscellamento).

Si conclude che i test hanno esito negativo sui 5 mesi di monitoraggio.

Ferrara, Dicembre 2017

Dott. Giovanni Rossi

Dott. Geol. Linda Collina



IN COLLABORAZIONE CON



S G M Ingegneria S.r.l.