



**PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI**  
**Commissario delegato al risanamento ambientale della laguna di Orbetello**  
(Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3675 del 28.05.2008 art. 1)



## **Convenzione Commissario delegato al risanamento ambientale della Laguna di Orbetello - Sogesid del 22/07/2009**

*"Esecuzione di indagini conoscitive e progettazione degli interventi di risanamento ambientale della Laguna di Orbetello."*

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL MARGINAMENTO DI SICUREZZA TRA LAGUNA E AREE CONTERMINATE DI PROPRIETA' PUBBLICA ANTISTANTI L'EX STABILIMENTO SITOCO E DEL MARGINAMENTO DEFINITIVO DELLA COLMATA DI PIAN DELL'ASCA.**

Titolo elaborato:

**INDAGINI GEOFISICHE, GEOGNOSTICHE E CHIMICHE  
- PARTE II- RELAZIONE**

Codice elaborato:

4

Data:

Settembre 2009

Redatto da:

Direttore Tecnico:  
Dott. Ing. Fausto Melli

Consulenti:

Dott. Ing. Antonio Lanza



Rev.	Data	Descrizione modifica	Redatto	Verificato	Approvato

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>ATTIVITÀ REALIZZATE.....</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>RISULTATI DELLE ATTIVITÀ ESEGUITE.....</b>	<b>8</b>
3.1	<i>ESECUZIONE DI SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO ALLESTITI A PIEZOMETRO FINALIZZATI AL CAMPIONAMENTO DI ACQUA E ESECUZIONE DI SONDAGGI GEOGNOSTICI.....</i>	<i>8</i>
	<i>Modalità esecutive.....</i>	<i>8</i>
	<i>Rilievo stratigrafico.....</i>	<i>9</i>
	<i>Cassette catalogatrici .....</i>	<i>10</i>
	<i>Fotografie a colori.....</i>	<i>10</i>
	<i>Realizzazione del piezometro .....</i>	<i>11</i>
	<i>Attività svolte .....</i>	<i>11</i>
3.2	<i>RILIEVO PLANOALTIMETRICO DI DETTAGLIO DELLE VASCHE....</i>	<i>13</i>
3.3	<i>ESECUZIONE DI PROVE DI PERMEABILITÀ LEFRANC A CARICO VARIABILE.....</i>	<i>14</i>
	<i>Prova di permeabilità a carico idraulico variabile.....</i>	<i>14</i>
	<i>Attività svolte .....</i>	<i>15</i>
3.4	<i>ESECUZIONE DI PROVE CPTU.....</i>	<i>16</i>
	<i>Descrizione della prova .....</i>	<i>16</i>
	<i>Modalità di prova.....</i>	<i>16</i>
	<i>Attività svolte .....</i>	<i>16</i>
3.5	<i>ESECUZIONE DI ANALISI CHIMICHE SU CAMPIONI DI TERRENO .....</i>	<i>18</i>
3.6	<i>ESECUZIONE DI ANALISI CHIMICHE SU ACQUE DI FALDA .....</i>	<i>20</i>
3.7	<i>ESECUZIONE DI PROVE GEOTECNICHE SU CAMPIONI INDISTURBATI .....</i>	<i>21</i>

## **ELENCO ALLEGATI**

**ALLEGATO 1 - UBICAZIONE DELLE INDAGINI E SEZIONE STRATIGRAFICA**

**ALLEGATO 2 - COLONNE STRATIGRAFICHE**

**ALLEGATO 3 - ELABORAZIONI PROVE LEFRANC**

**ALLEGATO 4 - PROFILI MULTIPARAMETRICI**

**ALLEGATO 5 ELABORAZIONE PROVE CPTU**

**ALLEGATO 6 - PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO**

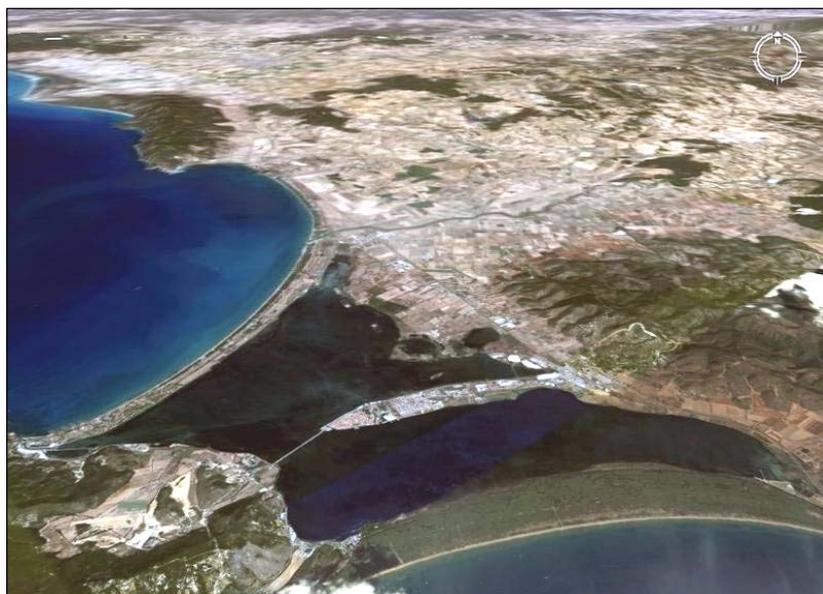
**ALLEGATO 7 - PROVE DI LABORATORIO CHIMICO**

**ALLEGATO 8 - FOTO DELLE CASSETTE CATALOGATRICI (CD)**

**ALLEGATO 9 - RILIEVI PLANOALTIMETRICI DI DETTAGLIO**

## **1** **PREMESSA**

Nell'ambito delle indagini di supporto alle attività progettuali per il risanamento della Laguna di Orbetello, e ad integrazione delle attività affidate dal **Commissario delegato al risanamento ambientale della Laguna di Orbetello**, al fine di individuare delle aree da adibire a vasca di colmata dei sedimenti della laguna, la Sogesid S.p.A. ha conferito alla Tecno In S.p.A. l'incarico di eseguire alcune attività integrative in corrispondenza delle vasche di colmata "Le Piane" e "Terra Rossa" ubicate nel Comune di Monte Argentario e di "Pian d'Asca" nel Comune di Orbetello.



*Immagine 3D della Laguna di Orbetello*

Le suddette integrazioni alle attività già svolte su Pian d'Asca e di quelle affidate dal Commissario delegato per la bonifica ambientale della Laguna di Orbetello sulle vasche di colmata di Monte Argentario riguardano sostanzialmente quanto segue:

- Integrazione / validazione dei rilievi piano altimetrici già eseguiti sulle tre vasche e forniti direttamente dall'ufficio Commissariale;
- Esecuzione di un piano di campionamenti dei sedimenti attualmente stoccati sulla vasca di Pian d'Asca e relativa esecuzione di analisi chimico - fisiche di laboratorio;

- Integrazione del numero di sondaggi e prove in situ inizialmente previste in corrispondenza delle due vasche di colmata di Monte Argentario ed esecuzione di un piano di campionamenti dei sedimenti attualmente stoccati nelle vasche stesse e delle acque di falda, con relativa esecuzione di analisi chimico - fisiche di laboratorio.

Il presente documento costituisce la Relazione Tecnica Finale sulle attività svolte, relativamente alle attività integrative richieste da Sogesid S.p.A.



Foto aerea delle vasche "Le Piane e "Terra rossa"



Foto aerea delle vasche di "Pian d'Asca"

Nel paragrafo 2 si riportano la tipologia ed il numero di indagini previste per ciascuna delle tre aree.

Le analisi chimiche di laboratorio sulle matrici acque sotterranee e suolo sono state affidate in subappalto alla società Natura s.r.l., il cui laboratorio di analisi di Casoria (NA) è accreditato SINAL (n° 0562), in conformità a quanto previsto dalla norma internazionale UNI CEI EN ISO/IEC 17025, per l'esecuzione di prove relative ad analisi di acque primarie, reflue e potabili, di rifiuti industriali, terreni, emissioni in atmosfera ed in ambienti di lavoro.

## 2 ATTIVITÀ REALIZZATE

Di seguito si riporta l'elenco delle attività realizzate nelle tre aree di interesse:

Le attività elencate di seguito si riferiscono all'integrazione per conto SOGESID delle indagini commissionate dal **Commissario delegato al risanamento ambientale della Laguna di Orbetello**

Punto	Attività
<i>Vasca di colmata "Le Piane"</i>	
a	Rilievo piano altimetrico della vasca e georeferenziazione dei punti di indagine integrativi
b	Esecuzione di n° 5 prove di permeabilità Lefranc nel corso dei sondaggi
c	Esecuzione di n° 13 sondaggi a carotaggio continuo spinti sino a una profondità di 2-3 m per il prelievo di campioni di suolo.
d	Analisi chimiche sui 8 campioni di suolo prelevati
e	Prelievo di n° 3 campioni d'acqua nei piezometri realizzati.
f	Analisi chimiche sui 3 campioni di acque di falda prelevati.
g	Esecuzione di prove di permeabilità di laboratorio sui n. 6 campioni indisturbati prelevati per il Commissariato
<i>Vasca di colmata "Terra Rossa"</i>	
a	Rilievo piano altimetrico della vasca e georeferenziazione dei punti di indagine integrativi
b	Esecuzione di n° 1 sondaggio a carotaggio continuo spinto sino ad una profondità di 15 m dal p.c. da allestire con tubazione piezometrica da 3" e denominato P6
c	Esecuzione di n° 5 prove di permeabilità Lefranc nel corso dei sondaggi realizzati.
d	Misure piezometriche e logs multiparametrici nel piezometro realizzato.
e	Esecuzione di n° 13 sondaggi a carotaggio continuo spinti sino a una profondità di 2-3 m per il prelievo di campioni di suolo.
f	Analisi chimiche sui 8 campioni di suolo prelevati.
g	Analisi chimiche sui 3 campioni di acque di falda prelevati.
h	Esecuzione di prove di permeabilità di laboratorio sui n. 6 campioni indisturbati prelevati per il Commissariato
<i>Area di Pian D'Asca</i>	
a	Pulizia delle aree e realizzazione piste e piazzole mediante scavatore meccanico
b	Rilievo piano altimetrico della vasca e georeferenziazione dei punti di indagine

Punto	Attività
c	Esecuzione di n° 15 sondaggi a carotaggio continuo spinti sino a una profondità di 2-3 m per il prelievo di campioni di suolo.
d	Analisi chimiche sui 10 campioni di terreno prelevati.

Nel presente Rapporto si forniscono i dati relativi alle attività eseguite nella loro interezza.

### **3 RISULTATI DELLE ATTIVITÀ ESEGUITE**

#### **3.1 ESECUZIONE DI SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO ALLESTITI A PIEZOMETRO FINALIZZATI AL CAMPIONAMENTO DI ACQUA E ESECUZIONE DI SONDAGGI GEOGNOSTICI**

##### *Modalità esecutive*

I sondaggi geotecnico-ambientali sono stati eseguiti adoperando tutte le dovute cautele imposte dalla legislazione vigente in materia ambientale (D. Lgs. 152/06 e s.m.i.).

In modo particolare, nell'esecuzione dei campionamenti di terreno e di materiali interrati sono state adottate cautele al fine di non provocare la diffusione di inquinanti, a seguito di eventi accidentali quali la rottura di fusti interrati o di diaframmi impermeabili.

E' stata posta molta attenzione, in fase di sondaggio, nell'evitare di attraversare strati impermeabili sottostanti a livelli di terreno inquinato diffondendo la contaminazione.

I carotaggi sono stati effettuati con metodi di perforazione a secco senza fluido di perforazione, usando un carotiere di diametro idoneo a prelevare campioni indisturbati ed evitando fenomeni di surriscaldamento.

Le perforazioni sono state eseguite evitando l'immissione nel sottosuolo di composti estranei, adottando i seguenti accorgimenti:

- o rimozione dei lubrificanti dalle zone filettate; uso di rivestimenti, corone e scarpe non verniciate;
- o eliminazione di gocciolamenti di oli dalle parti idrauliche; pulizia dei contenitori per l'acqua;

- o pulizia di tutti le parti delle attrezzature tra un campione e l'altro.

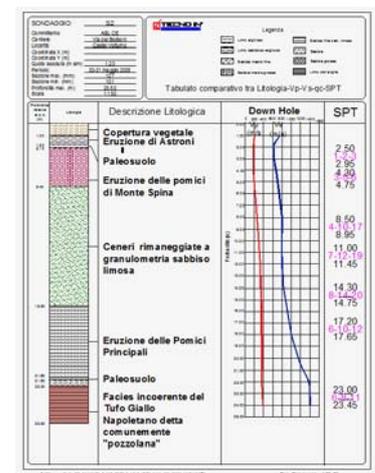
In fase esecutiva si è proceduto come di seguito specificato.

- 1 *Carotaggio.* Il carotaggio è stato integrale e rappresentativo del terreno attraversato, con percentuale di recupero > 85%. E' stato inoltre eseguito a secco, senza l'ausilio del fluido di perforazione, evitando fenomeni di surriscaldamento.
- 2 *Rivestimento provvisorio.* La perforazione è stata seguita dal rivestimento provvisorio solo in assenza di sufficiente autosostentamento delle pareti del foro.
- 3 *Campionamento in foro.* Il prelievo di campioni indisturbati segue la manovra di perforazione e l'eventuale infissione di rivestimenti sino alla profondità di testa del campione stesso.
- 4 *Controllo della lunghezza delle batterie di aste.* La lunghezza delle batterie di aste inserite nel foro è stata misurata e riportata, a cura del geologo responsabile del cantiere, in una apposita tabella, onde prevenire imprecisioni nella definizione delle profondità raggiunte.

#### Rilievo stratigrafico

Il geologo responsabile del cantiere ha compilato la stratigrafica del sondaggio, completandola con gli elementi elencati nei punti successivi:

- o data di perforazione;
- o nome del compilatore;
- o metodo di perforazione;
- o attrezzature impiegate;
- o diametro di perforazione;



- diametro di rivestimento;
- tipo di fluido di circolazione impiegato;
- quota di inizio e fine delle singole manovre;
- quota di testa foro assoluta (m s.l.m.) o relativa e sua ubicazione planimetrica.

#### *Cassette catalogatrici*

Le carote estratte nel corso della perforazione sono state sistemate in apposite cassette catalogatrici munite di setti divisori e coperchio apribile a cerniera, che consentono la conservazione di 5 m di carotaggio.

Le carote di terreno coesivo sono state scortecciate. Dei setti separatori suddivideranno i recuperi delle singole manovre, recando indicate le quote rispetto al piano campagna.

#### *Fotografie a colori*

Le singole cassette sono state fotografate con fotocamera digitale alla max risoluzione entro 24 ore dal loro completamento. E' stata assicurata la completa leggibilità di tutte le annotazioni riportate sulla cassetta ed una visione chiara delle carote contenute. Le fotografie a colori sono allegate alla presente documentazione in Allegato 8.

Per l'esecuzione dei sondaggi è stata adoperata la seguente sonda perforatrice:

#### *Perforatrice Idraulica Beretta T44. (anno costr. 2008) corredata di:*

- ♦ testa di rotazione coppia 800 kgm
- ♦ martello oleodinamico in testa (**tipo Geoprobe**)
- ♦ slitta di avanzamento (lunghezza 4.5 m)
- ♦ centralina oleodinamica
- ♦ cingolata gommata
- ♦ argano idraulico
- ♦ morsa idraulica semplice
- ♦ scambiatore di calore a raffreddamento olio idraulico
- ♦ freno blocca aste
- ♦ estrusore per carotiere



#### *Realizzazione del piezometro*

Il piezometro è stato realizzato in PVC, ed ha una fenestrazione adeguata alla granulometria dell'acquifero.

La profondità esatta di posizionamento del piezometro e del tratto fenestrato è stata, comunque, determinata in corso d'opera, considerando la stratigrafia desunta dalle carote estratte.

Il piezometri, finalizzato al rilievo della prima falda, è stato installato nel foro del sondaggio **P6**.

Al fine di evitare l'ingresso di sabbie fini e limi, i piezometri sono dotati di un pacco drenante di sufficiente spessore e sono stati realizzati nel seguente modo:

- 1 Alesatura del sondaggio con diametro minimo di 178-200 mm;
- 2 Posizionamento all'interno del foro dei tubi piezometrici DN 3" a fondello conico;
- 3 Posizionamento del dreno (moda 1-3 mm) nell'intercapedine, fino a circa 1.5 m al di sopra del tratto fessurato;
- 4 Chiusura del tratto sommitale dell'intercapedine con boiaccia cementizia;
- 5 Chiusura del tubo piezometrico con idoneo tappo;
- 6 Installazione di pozzetto di protezione.

I piezometri sono stati lavati con acqua potabile e successivamente spurgati con pompa sommersa fino alla chiarificazione e, comunque, per non meno di due ore.

#### *Attività svolte*

Come si è detto, sono stati realizzati (in totale per le tre vasche), come integrazione alle indagini affidate dal Commissario delegato, le seguenti indagini:

- n. 1 sondaggio spinto a 15 m da p.c. catalogato con la dicitura "P6", e successivamente attrezzato a piezometro.

- n. 15 sondaggi spinti a 2.0 - 3.0 m da p.c. nelle aree pubbliche di "Pian D'Asca", catalogati con la dicitura "SA", per il prelievo di campioni di suolo da destinare a analisi chimiche.
- n. 26 sondaggi spinti a 2.0 - 3.0 m da p.c. nelle aree pubbliche delle vasche di colmata Le Piane" e "Terra Rossa", raggruppati a gruppi di tre e catalogati con la dicitura "A", per il prelievo di campioni di suolo da destinare a analisi chimiche.
- N°6 prelievi di acque di falda dai piezometri realizzati sia per conto del Commissario che per conto Sogesid, da destinare a analisi chimiche.
- Rilievo piano altimetrico delle tre vasche e georeferenziazione dei sondaggi integrativi,
- Esecuzione di n°10 prove di permeabilità *Lefranc*

Per l'ubicazione esatta dei sondaggi si è eseguito un rilievo topografico di dettaglio che ha restituito i dati in termini di coordinate UTM WGS 84 - fuso 32 e quote assolute dei sondaggi realizzati (per i piezometri si riportano le quote relative al piano campagna e al boccaforo).

La tabella seguente riassume le coordinate individuate e riporta i valori di quota assoluta del livello di falda del piezometro P6:

SONDAGGIO	UTM WGS 84 - fuso 32				Quota falda m s.l.m.
	Est	Nord	Z (m)		
			p.c.	boccaforo	
P6	680753.45	4699848.82	1.03	1.13	0.13

Per l'ubicazione dei sondaggi si rimanda all'Allegato 1 del presente Report.

A valle della realizzazione del piezometro P6, è stata eseguita la misura dei parametri chimico - fisici delle acque (Log multiparametrici) mediante sonda multiparametrica. In particolare sono stati misurati:

- pH;
- Temperatura;
- Conducibilità;
- Ossigeno disciolto;
- Potenziale Redox

Gli esiti delle misure sono riportati in Allegato 4 e sono espresse in termini di valori numerici e diagrammi dei singoli parametri in funzione della profondità.



Esecuzione dei logs multiparametrici

In Allegato 2 si riportano le colonne stratigrafiche relative ai sondaggi geognostici realizzati.

### 3.2 RILIEVO PLANOALTIMETRICO DI DETTAGLIO DELLE VASCHE

Il rilievo piano altimetrico di dettaglio delle vasche di colmata è stato eseguito in modalità GPS (*Global Positioning System*). L'antenna *Base* è stata posizionata su un punto noto quotato dell'IGM ubicato sulla diga artificiale di Orbetello.

Le tavole e le sezioni piano altimetriche sono riportate in Allegato 9.



Base GPS su punto quotato IGM di Orbetello (a sinistra) e fase del rilievo piano altimetrico di Pian d'Asca (a destra)

### 3.3 ESECUZIONE DI PROVE DI PERMEABILITÀ LEFRANC A CARICO VARIABILE

In integrazione alle n°10 prove affidate dal Commissario delegato, sono state realizzate ulteriori 10 prove Lefranc per conto di Sogesid S.p.A.

La prova consente di misurare la permeabilità (o conducibilità idraulica) del terreno in un foro di sondaggio.

La prova, che può essere eseguita per immissione o estrazione di acqua dal foro, può essere condotta a carico idraulico costante o variabile, a seconda della conducibilità idraulica del terreno.

#### *Prova di permeabilità a carico idraulico variabile*

Le prove sono state eseguite per immissione di acqua nel foro con le seguenti modalità:

- ✓ misurare il livello della falda prima di eseguire la prova;
- ✓ infiggere il rivestimento senza rotazione e senza utilizzo di fluidi sino alla profondità di testa della tasca di prova, lasciando una sporgenza tale da agevolare la lettura dei livelli idrici;
- ✓ dal momento in cui si sospende l'immissione dell'acqua si inizia a misurarne il livello nel rivestimento ad intervalli di tempo frequenti, annotando ora, minuto e secondo di ciascuna lettura; gli intervalli di tempo, cioè la frequenza delle letture, sono scelti basandosi sulla velocità di discesa dell'acqua nel rivestimento; a titolo di orientamento si dovrebbero eseguire le letture a decrementi circa costanti di livello dell'acqua; se l'altezza iniziale dell'acqua nel foro è 2 m o più al di sopra del livello freatico, si prendono le letture ogni 100 mm circa di discesa; se il dislivello iniziale è minore (ad esempio 0.5 ÷ 1 m) le letture sono fatte ogni 25 ÷ 50 mm; le letture vanno proseguite fino a che il dislivello dell'acqua è inferiore ad 1/5 di quello all'inizio della prova.

Per il calcolo del coefficiente di permeabilità si è utilizzata la seguente formula:

$$k = \frac{A}{Cl(t_2 - t_1)} \cdot \ln \frac{h_1}{h_2}$$

dove:

K = coefficiente di permeabilità (m/sec)

A = area di base del foro (mq)

$h_1-h_2$  = altezza dell'acqua ai tempi  $t_1$  e  $t_2$  rispetto alla falda (se presente) o al fondo foro

$t_1-t_2$  = tempi corrispondenti ad  $h_1$  e  $h_2$

Cl = coefficiente di forma

valori suggeriti:

- per  $L > d = L$
- per  $L < d = 1 \cdot 3.14 \cdot d + L$

dove:

L = lunghezza tratto di prova

d = diametro tratto di prova

#### *Attività svolte*

Nel corso della realizzazione dei sondaggi geognostici, sono state realizzate n. 10 prove di permeabilità tipo Lefranc a carico variabile.

Di seguito si riportano i valori dei coefficienti di permeabilità medi calcolati nelle prove eseguite solo per conto Sogesid S.p.A.

SONDAGGIO	Prova	Profondità (m)	k (m/s) valore medio
S3	1	4.50 - 5.00	1.4 E-05
P1	1	8.50 - 9.00	2.1 E-07
P2	1	4.50 - 5.00	1.3 E-05
P3	2	19.50 - 20.00	1.8 E-07
P4	1	3.00 - 3.50	5.4 E-06
P5	1	3.50 - 4.00	6.6 E-06
P6	1	4.00 - 4.50	8.8 E-07
S2	1	16.00 - 16.50	1.4 E-05
S5	1	3.50 - 4.00	3.1 E-07
S6	1	3.50 - 4.00	9.4 E-07

Le schede di calcolo sono riportate in Allegato 3.

### 3.4 ESECUZIONE DI PROVE CPTU

#### *Descrizione della prova*

La prova, eseguita con una attrezzatura per prove penetrometriche statiche nella quale la punta elettrica è dotata di un filtro poroso, consente di misurare in maniera continua, oltre alla resistenza alla penetrazione alla punta  $q_c$  e alla resistenza per attrito laterale  $F_s$ , anche la pressione dell'acqua nei pori presente nel terreno durante la penetrazione.

La prova CPTU viene eseguita solo in terreni saturi, al disotto del livello della falda.

#### *Modalità di prova*

Le prove sono state eseguite infiggendo la punta penetrometrica nel terreno e misurando in contemporanea i valori di resistenza alla punta e laterale, le pressioni neutre indotte, la velocità di infissione e l'inclinazione dell'asse della punta.

#### *Attività svolte*

Sono state eseguite, nelle vasca denominata "Terra Rossa" n.2 CPTU a integrazione delle 5 prove eseguite su incarico del Commissario delegato.



*Esecuzione della prova CPTU 07 "Terra rossa"*

Le profondità raggiunta dalle prove, oltre le coordinate UTM WGS 84 dei punti di esecuzione, sono riportate nella tabella seguente:

Prova CPTU	Coordinate UTM WGS 84 - fuso 32			Profondità da p.c. (m)
	Est	Nord	Z	
CPTU6	680690.85	4699895.48	1.12	15.38
CPTU7	680876.54	4699767.75	1.06	20.15

In Allegato 5 si riportano le elaborazioni delle prove eseguite in termini di Resistenza alla punta ( $Q_c$ ), Resistenza all'attrito laterale ( $F_s$ ), Rapporto di Frizione ( $R_f$ ), Pressioni neutre ( $U_2$  e  $U_0$ ) e angolo di inclinazione della punta (tilt).

### 3.5 ESECUZIONE DI ANALISI CHIMICHE SU CAMPIONI DI TERRENO

Nel corso delle indagini, ad integrazione ai 4 sondaggi ambientali commissionati dal Commissario delegato, sono stati realizzati n°41 carotaggi ambientali nelle tre vasche di colmata di cui n°13 sulla vasca “Le Piane”, n°13 sulla vasca “Terra Rossa” e n°15 sulla vasca “Pian d’Asca”.

I carotaggi ambientali sono stati realizzati, a differenza di quelli geognostici e idrogeologici, all’interno delle vasche di colmata al fine di prelevare campioni rappresentativi dei materiali di riempimento delle vasche. A causa delle condizioni logistiche delle vasche, che non permettevano, in molti casi, di raggiungere con le sonde il fondo delle vasche, i carotaggi sono stati realizzati inclinati, posizionando le sonde lungo gli argini. Le figure seguenti illustrano le metodologie di carotaggio.



Realizzazione carotaggio A1 “Le Piane”



Realizzazione carotaggio A9 “Terra rossa”

In totale sono stati realizzati n°45 sondaggi (di cui n°41 per conto Sogesid S.p.A.); per il campionamento però, sono stati accorpati a gruppi di tre e denominati, per le vasche di Monte Argentario, da A1 fino a A10 e per la vasca di Pian d’Asca da SA1 a SA5 (ogni sigla comprende tre sondaggi). In Allegato 1 (Ubicazione indagini) è riportato lo schema e il posizionamento dei carotaggi ambientali.

Per ogni sondaggio sono stati prelevati n°2 campioni in due aliquote, di cui il primo (C1) rappresentativo dei materiali costituenti la colmata e il secondo



(C2) rappresentativo dei materiali naturali soggiacenti quelli di riporto. Il prelievo dei campioni è avvenuto al fine di sottoporre i campioni ad analisi chimiche e granulometriche. Sui campioni sono state eseguite le seguenti analisi:

- Analisi di granulometria;
- contenuto d'acqua;
- peso specifico;
- pH;
- metalli;
- Idrocarburi policiclici aromatici;

L'aliquota da sottoporre ad analisi chimiche è stata prelevata sulla base delle tecniche di quartatura (CNR 25) con formazione del campione su telo impermeabile (es. polietilene) ottenuto dall'omogeneizzazione delle terre prelevate dai tre sondaggi rappresentativi di una determinata area e denominati con la lettera A o SA, in condizioni adeguate ad evitare la variazione delle caratteristiche e la contaminazione del materiale ed omogeneizzato in busta in PET o in alternativa in un contenitore di acciaio inossidabile, ovvero mediante l'utilizzo di paletta per campionamento in acciaio inox, al fine di ottenere un campione rappresentativo dell'intero strato individuato, e finale sigillatura ed etichettatura del campione e custodia in frigo portatile da cantiere e spedizione al laboratorio incaricato per l'esecuzione delle analisi chimiche.

Nel prelievo in campo dei campioni sono stati eliminati i ciottoli e privilegiati i materiali fini o di matrice fine (passaggio al setaccio 2 cm).

Tutti i contenitori sono stati contrassegnati con etichette adesive riportanti:

- o identificativo del sito;
- o la data e l'ora del campionamento;
- o il numero di aliquote che compongono il campione (es. 2 di 3).

Tutti i campioni prelevati sono stati conservati alla temperatura di  $+4 \pm 2$  °C e spediti immediatamente al Laboratorio incaricato dell'esecuzione delle analisi chimiche previste.

I certificati delle prove di laboratorio chimico sono riportati in Allegato 7.

Nelle pagine seguenti si riportano i risultati analitici in formato tabellare.

### 3.6 ESECUZIONE DI ANALISI CHIMICHE SU ACQUE DI FALDA

All'interno dei 6 piezometri realizzati nelle vasche "Le Piane" e "Terra rossa" sia per conto del Commissario delegato che per conto Sogesid (P6), sono stati prelevati altrettanti campioni di acqua di falda finalizzati all'esecuzione di analisi chimiche.

Le analisi chimiche sui campioni di acque di falda sono state condotte utilizzando tecniche di pretrattamento e metodiche analitiche riconosciute a livello nazionale ed internazionale (APAT, IRSA - CNR, Metodi analitici per le acque, 2003; Metodi US EPA).

Sui campioni prelevati sono stati ricercati i seguenti parametri:

Acque sotterranee:

Su tutti e 6 campioni prelevati saranno analizzati:

- o metalli (Al, Sb, As, Cd, Co, Fe, Mn, Hg, Ni, Pb, Cu, Sn, Zn);
- o ioni inorganici (fluoruri, nitriti, solfati);
- o fenoli;
- o clorofenoli;
- o Ammine aromatiche.

Su 3 campioni denominati P2, P4 e P5 sono stati ricercati anche i seguenti parametri:

- o Idrocarburi totali;
- o Composti alifatici, clorurati cancerogeni e non cancerogeni;
- o Composti alifatici alogenati cancerogeni;
- o BTESX (composti aromatici);
- o Nitrobenzeni;
- o Clorobenzeni;

In allegato 7 si riporta una schematizzazione delle risultanze delle analisi chimiche e i certificati di laboratorio chimico.

### 3.7 ESECUZIONE DI PROVE GEOTECNICHE SU CAMPIONI INDISTURBATI

Nel corso dell'esecuzione dei sondaggi è stato effettuato il campionamento di n 12 campioni indisturbati su incarico del Commissario delegato.

Il prelievo di campioni indisturbati ha seguito le manovre di perforazione ed è avvenuto mediante campionatori costituiti da fustella a pareti sottili in acciaio inox, tipo Shelby, nel rispetto dei seguenti parametri dimensionali:

- rapporto  $L/D_{int} \geq 7.5$
- coefficiente di parete (o rapporto delle aree):
- coefficiente di ingresso (o coefficiente di spoglia interna):
- diametro utile  $> 85$  mm

I campioni indisturbati prelevati nel corso delle perforazioni saranno sottoposti a prove geotecniche di laboratorio.

La Sogesid S.p.A. ha incaricato la Tecno In S.p.A. di effettuare su tali campioni, ulteriori prove di permeabilità in cella edometrica.

La tabella seguente illustra i risultati delle suddette prove.

<b>Sigla campione</b>	<b>Profondità prelievo (m dal p.c.)</b>	<b>Permeabilità in cella edometrica K(m/s)</b>
<b>S1-C1</b>	8.00 – 8.50	2.01E-07
<b>S2-C1</b>	5.20 – 5.70	1.08E-06
<b>S3-C1</b>	10.00 – 10.50	4.70E-07
<b>S4-C1</b>	5.50 – 6.00	3.82E-07
<b>S5-C1</b>	3.00 – 3.50	4.81E-07
<b>S6-C1</b>	3.00 – 3.50	3.22E-07
<b>P1-C1</b>	9.00 – 9.50	2.84E-07
<b>P2-C1</b>	11.50 – 12.00	4.19E-07
<b>P3-C1</b>	7.00 – 7.50	3.29E-07
<b>P4-C1</b>	14.00 – 14.50	3.74E-06
<b>P5-C1</b>	7.50 – 8.00	2.55E-07
<b>P6-C1</b>	10.00 – 10.50	1.16E-05