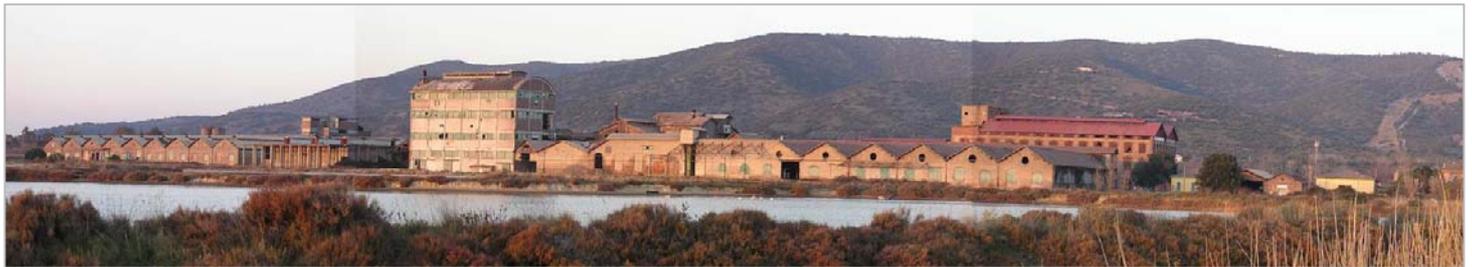




PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI
Commissario delegato al risanamento ambientale della laguna di Orbetello
(Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3675 del 28.05.2008 art. 1)



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:

RELAZIONE TECNICA GENERALE

Codice elaborato:

1

Data:

Settembre 2009

Redatto da:

Direttore Tecnico:
Dott. Ing. Fausto Melli

Consulenti:

Dott. Ing. Antonio Lanza



Rev.	Data	Descrizione modifica	Redatto	Verificato	Approvato

INDICE

ELENCO ELABORATI	3
ELENCO TAVOLE	3
1. PREMESSA	4
2. STORIA PREGRESSA DEL SIN	10
3. DESCRIZIONE GEOGRAFICA E AMBIENTALE	12
4. GEOLOGIA E STRATIGRAFIA	16
5. IDROGEOLOGIA E IDROGRAFIA	19
6. STATO DI CONTAMINAZIONE DELLE ACQUE SOTTERRANEE	29
7. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI	31
7.1. Marginamento definitivo della colmata di Pian dell'Asca	31
7.2. Marginamento di sicurezza tra laguna e aree conterminate di proprietà pubblica antistanti l'ex stabilimento Sitoco	40

ELENCO ELABORATI

- 1 - RELAZIONE TECNICA GENERALE
- 2 - MODELLO IDROGEOLOGICO E IDROGEOCHIMICO - RELAZIONE
- 3 - INDAGINI GEOFISICHE, GEOGNOSTICHE E CHIMICHE – PARTE I - RELAZIONE
- 3 a - INDAGINI GEOFISICHE, GEOGNOSTICHE E CHIMICHE – PARTE I – ALLEGATI
- 4 - INDAGINI GEOFISICHE, GEOGNOSTICHE E CHIMICHE – PARTE II – RELAZIONE
- 4 a - INDAGINI GEOFISICHE, GEOGNOSTICHE E CHIMICHE – PARTE II – ALLEGATI
- 5 - RELAZIONE DI CALCOLO MARGINAMENTO DI SICUREZZA TRA LAGUNA E AREE CONTERMINATE DI PROPRIETA' PUBBLICA ANTISTANTI L'EX STABILIMENTO SITOCO
- 6 - RELAZIONE DI CALCOLO MARGINAMENTO DEFINITIVO DELLA COLMATA DI PIAN DELL'ASCA
- 7 - COMPUTO METRICO
- 8 - ELENACO PREZZI
- 9 - ANALISI DEI PREZZI

ELENCO TAVOLE

TAV. 1	Inquadramento generale di intervento	1:10000
TAV. 2	Planimetria piano quotato (Pian dell'Asca)	1:1000
TAV. 3	Ubicazione sondaggi e sezioni stratigrafiche	1:5000
TAV. 4	Sezioni stratigrafiche 1 - 2 - 6	Varie
TAV. 5	Sezioni stratigrafiche 3 - 4 - 5	Varie
TAV. 6	Sezioni stratigrafiche a - b - c	Varie
TAV. 7	Planimetria di progetto e sezione tipo (marginamento pubblica area ex Sitoco)	Varie
TAV. 8	Planimetria di progetto e sezione tipo (Pian dell'Asca)	Varie
TAV. 9	Profili di infissione palancolato (marginamento pubblico area ex Sitoco)	Varie
TAV. 10	Profili di infissione palancolato (Pian dell'Asca)	Varie
TAV. 11	Sezioni di progetto (Pian dell'Asca)	Varie
TAV. 12	Particolari costruttivi	Varie
TAV. 13	Layout di cantiere - fase 1	1:1000
TAV. 14	Layout di cantiere - fase 2	1:1000
TAV. 15	Layout di cantiere - fase 3	1:1000

1. PREMESSA

Le ricorrenti crisi acute sull'ecosistema lagunare manifestatesi nel corso dei primi Anni '90 hanno determinato l'intervento dell'Autorità Giudiziaria per accertare lo stato di inquinamento della laguna e le cause che lo avevano determinato, nonché le possibili soluzioni. In particolare, una grave moria di pesci verificatasi nella Laguna di Ponente nell'agosto del 1992, seguita da una nuova crisi ambientale nella primavera del 1993, ha fatto sì che la laguna fosse dichiarata "area ad elevato rischio di crisi ambientale" (delibera del Consiglio dei Ministri del 2 aprile 1993), con conseguente nomina di un Commissario Delegato al Risanamento ambientale.

Al Commissario è stato affidato il compito di attuare, d'intesa con il Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, gli interventi necessari per la realizzazione degli obiettivi ambientali individuati dalla commissione tecnico scientifica consultiva per il risanamento ambientale della Laguna di Orbetello (istituita con Decreto del Ministero dell'Ambiente 7 ottobre 1992). Gli interventi hanno riguardato, tra le altre attività, la raccolta delle alghe, la riduzione degli apporti antropici, attraverso il loro sconfinamento in aree marginali e arginate, la realizzazione di canalizzazioni sommerse e l'incremento del ricambio forzato attraverso i canali mare-laguna.

Con la legge n° 179 del 2002 è poi stato identificato il Sito di bonifica di Interesse Nazionale (SIN) di Orbetello – Area ex Sitoco, perimetrato ai sensi del D.M. 02/12/2002 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) e successivamente esteso, ai sensi del D.M. 26/11/2007, all'intera area della Laguna di Orbetello.

In data 28/05/07, sulla base del D.M. del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare n. 308 del 28/11/06, concernente integrazioni al regolamento adottato con D.M. n. 468 del 18/09/01, recante il Programma Nazionale di bonifica e ripristino ambientale dei Siti di bonifica di Interesse Nazionale (SIN), è stato sottoscritto l'Accordo di Programma "Per la bonifica del sito di interesse nazionale di Orbetello (GR) – Area ex Sitoco", tra Ministero dell'Ambiente, Regione Toscana, Provincia di Grosseto, Comune di Orbetello, Commissario delegato, ARPAT ed ICRAM, con l'obiettivo di realizzare gli interventi finalizzati al recupero ambientale ed all'eventuale riutilizzo delle aree pubbliche contaminate attraverso un'azione comune improntata alla collaborazione istituzionale fra il Ministero e la Regione Toscana.

I Soggetti sottoscrittori, con tale atto, si sono impegnati a realizzare gli interventi necessari finalizzati a tale scopo, quali: la caratterizzazione, la realizzazione di studi, ove ritenuto necessario, a supporto di interventi di messa in sicurezza d'emergenza, la progettazione preliminare, la realizzazione di interventi di messa in sicurezza d'emergenza (MISE) e di bonifica nelle aree pubbliche comprese nel SIN di Orbetello – Area ex Sitoco e, ove ci fossero soggetti privati obbligati ed inadempienti, realizzare gli interventi previsti, rivalendosi in danno ai medesimi.

Nel medesimo Accordo si sottolineava, inoltre, che per l'esecuzione di quanto previsto le Pubbliche Amministrazioni si dovessero avvalere della collaborazione operativa di ICRAM, ARPAT e di SOGESID S.p.A., Società *in house* del Ministero.

Nei mesi successivi, le Conferenze dei Servizi di giugno e settembre 2007, i risultati prodotti dal monitoraggio sul pescato della laguna ad opera dell'ASL 9 di Grosseto e dell'ARPAT (Rif. rapporto tecnico Monitoraggio mercurio su matrici biologiche della Laguna di Orbetello – periodo 2004-2006), nonché una serie di incontri tecnici tra Struttura Commissariale, Ministero dell'Ambiente, Protezione Civile, ISPRA (ex-ICRAM) ed Università di Siena, hanno messo in luce l'esistenza di una seria compromissione generale del “sistema laguna” con aree di maggior problematicità individuabili sia in Laguna di Ponente (area ex – SITOCO), sia in Laguna di Levante (area delle miniere ex – Ferromin, area prossima al canale di Ansedonia). Tali evidenze hanno portato all'adozione del sopra citato D.M. del 26/11/07, per l'ampliamento della perimetrazione del SIN all'intera laguna di Orbetello.

In seguito, la Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della Protezione Civile, ha emesso l'Ordinanza n.3667 prot. n. 368 del 22/04/08 recante “ulteriori disposizioni concernenti gli interventi necessari per il completamento delle attività finalizzate al risanamento della Laguna di Orbetello”, con la quale si trasferiscono al Commissario delegato le competenze relative alle azioni di caratterizzazione, progettazione, bonifica e MISE, finalizzate a chiarire e risolvere le cause che hanno generato l'emergenza in laguna, nonché le relative risorse finanziarie, così come riportato anche nella nota del Ministero dell'Ambiente del 07/05/08 prot. n. 10540/QdV/DI/VII/VIII/XIII.

Il Commissario delegato, pertanto, avendo definito ed integrato le azioni di caratterizzazione, progettazione, MISE e bonifica da realizzare sia in area lagunare sia in area a terra, vista la possibilità di utilizzare Enti e Strutture pubbliche per la realizzazione di quanto previsto ha chiesto

ad ISPRA e SOGESID di fornire gli schemi di dettaglio sulle modalità e tempistiche per l'esecuzione degli interventi, indicando al contempo in maniera puntuale alla Regione Toscana, in una nota trasmessa nel Giugno 2008, le azioni che si intendono attivare, continuando ed integrando quanto precedentemente stabilito e concordato dal precedente Accordo di Programma. Con Convenzione n. 21 del 27/10/08, il Commissario delegato ha affidato a SOGESID lo svolgimento delle seguenti attività:

1. Area antistante lo stabilimento ex-SITOCO:
 - 1.1 Esecuzione di indagini dirette, ricognizioni in campo e ricostruzione dello stato qualitativo del sito, necessari per la progettazione degli interventi;
 - 1.2 Progettazione per la messa in sicurezza d'emergenza dei suoli e della falda nelle aree di competenza pubblica;
 - 1.3 Progettazione per l'asportazione dei rifiuti presenti nei bacini, nelle aree a terra e nelle aree esondabili;
2. Area lagunare antistante l'ex miniera "Ferromin":
 - 2.1 Esecuzione di indagini conoscitive riguardanti la contaminazione dell'area per le matrici suoli e falda, ed i possibili fenomeni di rilascio di contaminanti verso la laguna antistante;
 - 2.2 Progettazione per la messa in sicurezza d'emergenza dei suoli e della falda nelle aree di competenza pubbliche;
3. Area dell'ex stabilimento "SIPE NOBEL":
 - 3.1 Esecuzione di indagini conoscitive riguardanti l'eventuale rilascio attuale e/o trascorso di contaminanti da parte dell'attività produttiva ora dismessa, al fine di avviare le dovute procedure in danno ai Soggetti privati,

La stessa convenzione è stata dapprima sospesa in accordo con il Commissario Delegato e successivamente risolta per mutuo accordo dei contraenti a seguito di atto sottoscritto fra le parti in data 22 luglio 2009, per sopravvenute diverse esigenze.

Contestualmente è stata sottoscritta una nuova Convenzione tra le parti (n.42 del 22 luglio 2009) per il completamento di una serie di indagini ed attività da svolgere in Laguna di Orbetello, individuate in seguito alla presentazione da parte di ISPRA del documento "Interventi per il

risanamento delle aree lagunari di Orbetello – Laguna di Levante. Premesse di progetto", nel quale, tenuto conto dello stato attuale di qualità delle matrici ambientali, degli obiettivi di qualità da perseguire ed in particolare degli obiettivi di qualità ecologica previsti dalla normativa europea, vengono individuate tre fasi successive di intervento, nate per tenere conto di quanto emerso nelle riunioni del 13.05.2009 e del 18.06.2009, cui hanno partecipato il Commissario delegato e rappresentanti di ISPRA, SOGESID S.p.A ed ARPAT di Grosseto.

In particolare, nella riunione del 18.06.2009, è stato stabilito di affidare a Sogesid, tra le altre attività, quella relativa alla progettazione delle fasi di messa in sicurezza e bonifica della laguna di Ponente.

A seguito della sottoscrizione di questa seconda Convenzione, il Commissario delegato ha comunicato a SOGESID l'elenco delle attività da svolgere prioritariamente (prot. n.1199 del 23 luglio 2009), poi integrato, in occasione degli incontri tenutisi il 28 luglio con i tecnici di ISPRA e di Laguna Azzurra ed il 30 luglio con il Commissario delegato ed i tecnici del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare; in particolare, le attività prioritarie affidate a SOGESID sono:

1. Progettazione preliminare e definitiva degli interventi di rimozione dei sedimenti delle aree lagunari conterminante antistanti l'ex stabilimento SITOCO e del canale Navigabile compreso tra l'ex depuratore Neghelli e l'area conterminata;
2. Progettazione esecutiva degli interventi di realizzazione del marginamento di sicurezza della vasca di colmata di Pian dell'Asca;
3. Redazione del SIA (aree pubbliche) e della VINCA (aree private ed aree pubbliche) connesso alla progettazione di cui ai punti precedenti;
4. Progettazione del marginamento di sicurezza tra laguna e aree contaminate di proprietà pubblica antistante l'ex stabilimento SITOCO;
5. Completamento delle indagini geologiche specialistiche, e relativa supervisione, nelle casse di colmata in località Terrarossa e Le Piane finalizzate alla verifica della qualità dei sedimenti attualmente contenuti, sul grado di riempimento delle stesse, sull'eventuale esigenza di adeguamento ai sensi della Legge 296/2006, art.1 comma 996 in materia di impermeabilizzazione di fondo e dei margini e idoneità dei sedimenti abbancati in

relazione alla destinazione d'uso e sul grado di rinaturalizzazione; detta attività comprende anche le indagini integrative sull'area di Pian dell'Asca, al fine di redigere la progettazione esecutiva di cui al punto 2.

Il presente documento e gli elaborati in esso richiamati rappresentano la progettazione definitiva del marginamento di sicurezza tra laguna e aree contaminate di proprietà pubblica antistanti l'ex stabilimento SITOCO (punto 4) e del marginamento definitivo della colmata di Pian dell'Asca (punto 2).

Il primo dei due interventi si integra con l'analogo intervento di marginamento di sicurezza tra laguna ed area di proprietà privata antistante l'ex stabilimento SITOCO, di competenza della società Laguna Azzurra s.r.l.; l'intervento di competenza pubblica riguarda due tratti, uno ubicato ad ovest della cassa di colmata di Pian dell'Asca, per un'estensione di circa 80 metri lineari (tratto A) ed uno a sud dell'area conterminata antistante l'ex stabilimento SITOCO, per un'estensione di circa 160 metri lineari (tratto B), come riportato in Tavola 1.

Le soluzioni progettuali a cui si è giunti derivano dall'analisi delle risultanze delle diverse campagne di indagini geofisiche, geognostiche e chimico-fisiche eseguite nell'area e dal modello idrogeologico ed idrogeochimico elaborato sulla base delle stesse, oltre che dalle prescrizioni ed osservazioni espresse dalla Segreteria Tecnica Bonifiche della Direzione per la Qualità della Vita del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, in occasione della riunione del 01 settembre 2009.

La progettazione del marginamento dei due tratti delle aree a terra prevede un intervento di bonifica dell'acquicludo superficiale mediante marginamento fisico (paratia impermeabile di palancole) con sistema tergo di captazione delle acque in grado di arrestare integralmente la propagazione dei contaminanti verso la laguna. Le acque captate vengono poi convogliate, insieme con quelle derivanti dalla captazione prevista per l'intervento di competenza privata, verso un impianto di trattamento, in fase di progettazione da parte della società Laguna Azzurra s.r.l., per poi essere re-immesse in laguna.

La progettazione del marginamento definitivo della colmata di Pian dell'Asca prevede l'infissione di un palancoleto perimetrale e la realizzazione di uno strato di fondo impermeabile, in parte artificiale e in parte naturale, in grado di assicurare requisiti di permeabilità almeno equivalenti a

10^{-9} m/s e spessore maggiore o uguale ad un metro. Parallelamente sarà realizzato un sistema integrato di pozzi di emungimento e di piezometri di controllo per la captazione delle acque di falda durante le operazioni di scavo, necessarie per raggiungere la quota prevista per il fondo vasca.

2. STORIA PREGRESSA DEL SIN

Le straordinarie risorse e la particolare configurazione territoriale hanno determinato, a partire da fine '800, lo sviluppo di storiche iniziative industriali: viene dato corso allo sfruttamento, sul promontorio dell'Argentario, di ferro magnesifero delle miniere del Passo, già attive dagli anni 1872 – 1874; viene costruito l'impianto chimico di acido solforico (zona Orbetello scalo).

Si realizzano, a partire dal 1896, importanti infrastrutture (ferrovie, strade per il trasporto di merci), tra le quali la ferrovia Decauville detta "binarietto delle ferriere" per il trasporto del minerale direttamente alla piattaforma di imbarco della stazione marittima di Santa Liberata e la linea ferroviaria Orbetello – Porto Santo Stefano, ad opera della Società Nazionale di Ferrovie e Tranvie.

Nell'area adiacente a Orbetello scalo nel 1906 viene attivato lo stabilimento chimico per la produzione di prodotti chimici, colla e concimi. Si tratta degli impianti dello stabilimento ex-Sitoco, area oggetto del presente studio, la cui superficie copre circa 12 ha. L'impianto, ora dismesso, di proprietà prima della Montecatini, poi della Montedison e quindi della Sitoco (Federconsorzi), appartiene dall'aprile 2004 alla società Laguna Azzurra S.r.l. Il processo produttivo, impiegato per circa mezzo secolo, può essere sintetizzato come produzione di fertilizzanti chimici a mezzo di attacco di materie prime con acido solforico, prodotto nello stesso stabilimento a partire dalla pirite con il sistema delle camere a piombo. Le ceneri di pirite prodotte durante gli anni di lavorazione sono state accumulate nei terreni circostanti lo stabilimento e nell'area lagunare contigua all'impianto, nonché utilizzate come materiale per la realizzazione di stagni, attraverso la costruzione di argini alti fino a circa 2 metri.

Successivamente, negli anni '70, cessata la produzione di acido solforico, lo stabilimento ha proseguito l'attività con la produzione di fertilizzanti a base fosfatica, acquisendo dall'esterno l'acido solforico o nitrico che veniva utilizzato per attaccare la fosforite, precedentemente macinata e polverizzata, ottenendo un impasto che, dopo la fase di maturazione (sezione di processo denominata "cantina") e granulazione (altra sezione di processo) veniva inviato all'insacco ed alla distribuzione. Le fonti di contaminazione associate a questo tipo di attività sono: ceneri di pirite, pannelli di zolfo e residuo dei forni (accumulati nel corso del tempo nei terreni circostanti e nell'area lagunare contigua); cenere amorfa (accumulata in passato nell'area nord e nord-est della zona industriale); fluorosilicati e fanghi di chiarificazione, residui

dell'abbattimento ad umido dell'aria calda proveniente dalla fase di maturazione e utilizzati anch'essi quale riporto nell'area antistante la laguna. Qui, in particolare, sono state accumulate per anni le polveri e le ceneri derivanti dall'attività della fabbrica, così come i fanghi di drenaggio dei bacini di decantazione realizzati con i residui dei processi di lavorazione.

Dal 1927 alla fisionomia industriale del comprensorio di Orbetello si aggiunge anche la fabbrica di dinamite, ad opera della Società Generale Esplosivi e Munizioni, con uno stabilimento realizzato a monte di Orbetello scalo.

L'attività mineraria si è conclusa nel 1974, mentre quelle industriali sopra indicate sono terminate tra il 1990 ed il 2006.

Relativamente al tombolo della Feniglia, il Comune di Orbetello nel 1804, proprietario dei terreni, procedette con la vendita della Feniglia a privati che ne avviarono l'utilizzo intensivo e spropositato come sede di pascoli e fonte di legname. Tale disordinato sfruttamento del territorio portò alla deforestazione, ovvero la sparizione della vegetazione lasciò la duna scoperta e priva di ripari montuosi. Ebbe inizio un veloce processo di erosione soprattutto a causa del clima, dei venti e dell'azione antropica. Sotto l'azione del libeccio le sabbie cominciarono a muoversi verso sud - est, cioè dal mare verso la laguna che iniziò ad interrarsi creando specchi d'acqua ed acquitrini e favorendo le condizioni per la malaria. Al tempo la laguna era risorsa economica primaria per Orbetello, grazie al suo ruolo fondamentale per l'industria della pesca, pertanto le condizioni favorevoli alla malaria preoccuparono fortemente l'amministrazione comunale, che, come primo rimedio, ricorse alla costruzione di canali di sbocco dalla laguna verso il mare.

Nel 1910 si intervenne con espropri, infatti la Feniglia divenne Demanio Forestale e si procedette al rimboschimento del territorio. Furono seminate diverse specie vegetali: il pino marittimo, il pino domestico e alcune specie erbacee adatte. Tali interventi hanno portato, nell'arco di 50 anni, alla creazione di un bosco di circa 460 ha di estensione, di cui 320 ha di pineta di pino domestico e 124 ha di pineta di protezione, mentre la rimanente parte è costituita da latifoglie e piccoli terreni ancora da rimboschire. Nel 1971 la duna Feniglia fu dichiarata Riserva Forestale di Protezione in virtù delle importanti funzioni che essa svolge, grazie a Decreto del Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste.

3. DESCRIZIONE GEOGRAFICA E AMBIENTALE

La Laguna di Orbetello, la cui estensione è di circa 27 km², è una laguna costiera della Toscana, nella Maremma grossetana (Figura 1).

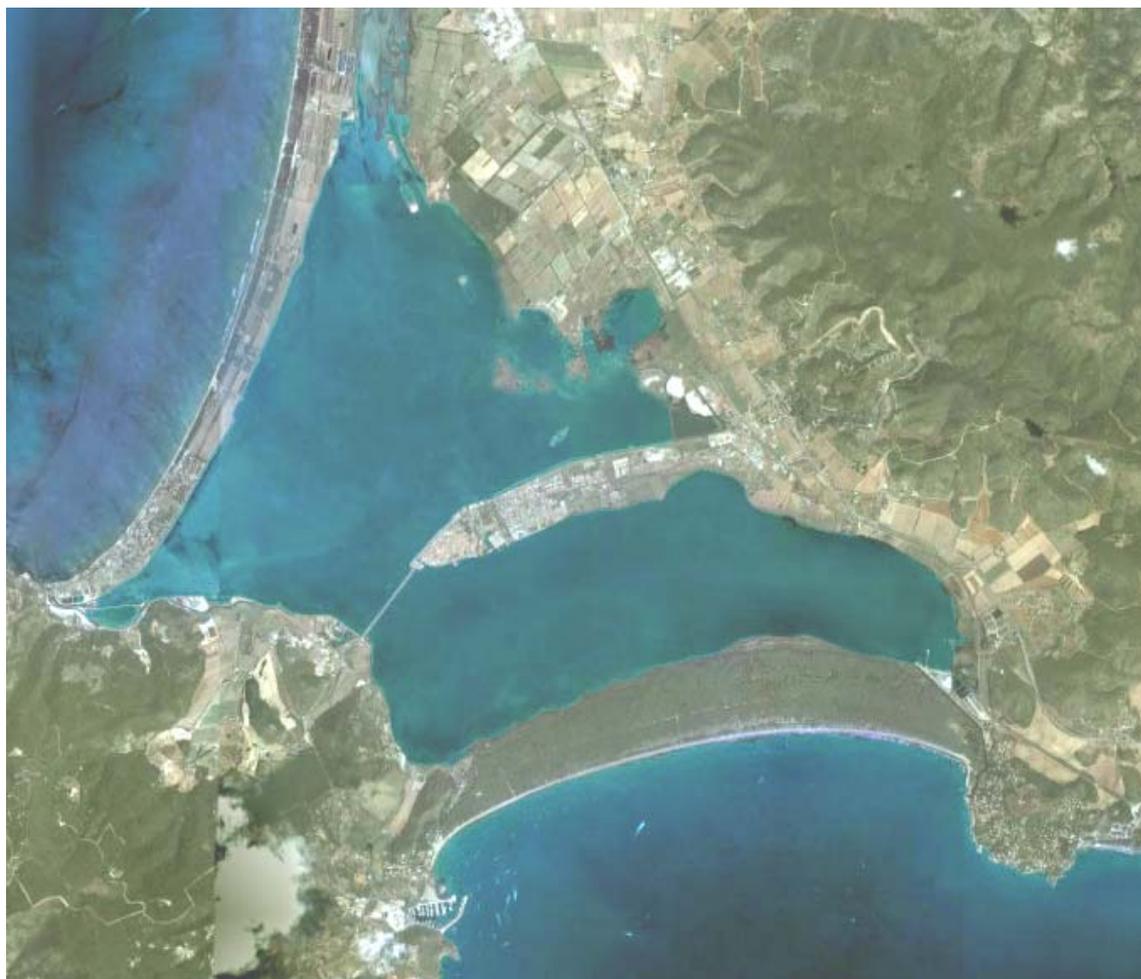


Figura 1 - La laguna di Orbetello

La parte acquea interna di questo sistema è divisa dall'istmo centrale (città di Orbetello) nella Laguna di Ponente e in quella di Levante. La città di Orbetello, con circa 7500 abitanti, distribuiti tra il centro storico (circa 2240 abitanti), il quartiere immediatamente esterno alle mura senesi (circa 3900 abitanti) e Orbetello scalo (circa 1300 abitanti). In particolare, quest'ultima parte della

conurbazione è distribuita nell'area della stazione ferroviaria ed ha trovato le ragioni del suo sviluppo nella presenza della fabbrica di concimi chimici oggi dismessa (ex Sitoco).

La laguna ha rappresentato da sempre un elemento capace di favorire rapporti di comunicazione e scambio tra gli insediamenti perimetrali e l'istmo centrale.

Un ponte artificiale (la Diga Leopoldiana) collega Orbetello al Monte Argentario e divide la laguna in due parti, la Laguna di Ponente e la Laguna di Levante.

La *Laguna di Ponente* comunica con il mare tramite il canale di Nassa ed ha una profondità media di m 1,50 circa. Tra questa via d'acqua e il perimetro basale di Monte Argentario c'è un secondo canale detto di Santa Liberata, attraverso cui oggi è preclusa la comunicazione. Si tratta della parte terminale del canale lagunare navigabile sul quale è stato introdotto uno sbarramento idraulico. La laguna di Ponente comunica con il fiume Albegna tramite il canale di Fibbia, con una profondità media di 1,50 metri circa.

La Laguna è separata dal mare a ponente e a levante da due strisce di terra lunghe circa 6 km (i tomboli sabbiosi della Giannella a nord-ovest e della Feniglia a sud-est) e ad ovest dal promontorio dell'Argentario. I due tomboli legano il continente al monte Argentario, promontorio caratterizzato da una tipologia ambientale di natura calcarea con coste in gran parte rocciose.

La *Laguna di Levante* è in comunicazione con il mare attraverso il canale di Ansedonia con una profondità di 1,50 metri. Il tratto più vicino al mare è scavato nella roccia e termina con un edificio nel quale si trovano dispositivi per azionare gli sbarramenti. La Laguna di Levante presenta acque non molto profonde (con una profondità di circa 1,5 metri), infatti per questa ragione attira numerosi uccelli (come le folaghe, le anatre tuffatrici, gli svassi, i tuffetti e i cormorani) che si nutrono sul fondo lagunare di piccoli insetti (Odonati), che vivono natanti a fior d'acqua come *Platycnemis pennipes*, oltre a qualche copepode o pesci come *Blennius pavo*. Il livello di salinità delle acque è inferiore rispetto a quello della Laguna di Ponente, perciò sotto la riva si formano canneti che danno rifugio a molte specie di rallidi e di piccoli passeriformi.

Il *tombolo della Giannella*, che separa a Nord-Ovest la laguna di Orbetello dal mare, è una striscia di terra lunga circa 6 km e larga in media poco più di 300 metri e la sua estensione prosegue lungo il Monte Argentario fino alla foce del fiume Albegna. E' bagnato a nord ovest dal Mar Tirreno e a sud est dalla Laguna di Ponente. La sua formazione si deve agli apporti detritici e sabbiosi del fiume Albegna, tributario del Mar Tirreno. La spiaggia sabbiosa, che si estende per tutta la lunghezza del tombolo, è meta del turismo estivo balneare. Le acque sono poco profonde.

Il tombolo è attraversato in senso longitudinale dalla S.S. 36, alla quale si può accedere mediante la Via Aurelia in prossimità di Albinia. È convenzionalmente diviso nelle zone Santa Liberata, in prossimità del Monte Argentario e dove si trova la frazione di Giannella (Lido di Giannella), e nella parte centrale e Saline, in prossimità del fiume Albegna. In località Saline si trovano delle fortificazioni spagnole dell'antico Stato dei Presidi, il Forte delle Saline ed un altro edificio della stessa epoca, conosciuto come Casale Spagnolo. Nella stessa zona un tempo si trovavano le antiche saline, che hanno dato il nome al limitrofo centro di Albinia (dal latino *albis* = bianco). Infine il tombolo è tagliato da due canali artificiali (canale di Fibbia e canale di Nassa) costruiti per garantire l'apporto di acqua marina alla Laguna di Orbetello.

Il *tombolo di Feniglia* è una striscia di sabbia compresa tra la collina di Ansedonia ad oriente, ed il Monte Argentario a occidente. Essa si sviluppa per circa 6 Km di lunghezza per una superficie totale di 474 ha. Fino a tutto il 1700, la Feniglia era completamente ricoperta di boschi con prevalenza delle specie tipiche della macchia mediterranea.

La "Duna Feniglia" è suddivisa in tre strisce di vegetazione che si prolungano, parallele, dal mare fin verso l'interno, sulla laguna. La prima, costituita da una vegetazione tipicamente litoranea che si affaccia direttamente sul mare, rappresenta una fascia di protezione ed ha un'estensione di 94 ha; la seconda striscia si estende per 320 ha ed è prevalentemente occupata da una foresta di pino domestico adulto; la terza, coperta da pino domestico e latifoglie, ha una superficie di 60 ha ed ha sbocco sulla laguna.

La riva del tombolo di Feniglia, che si affaccia sulla laguna, è coperta dai cespugli di una fitta macchia mediterranea in mezzo alla quale si aprono stagni frequentati da garzette, aironi, germani reali e cavalieri d'Italia. La parte centrale del tombolo ospita una pineta artificiale, intervallata da lecci e sughereti (protetta dal Corpo Forestale dello Stato), dà rifugio a daini, conigli selvatici, istrici, tassi e volpi. In tale area nidificano anche il cuculo, il picchio rosso e il picchio verde, l'alocco e la ghiandaia di mare.

È una zona con habitat che presentano un alto grado di biodiversità. Si evidenzia la presenza di un elevato numero di specie di interesse comunitario, con categorie sistematiche di vertebrati ben differenziate, in particolare per l'avifauna e l'ittiofauna.

L'abbondante vegetazione acquatica e le migliaia di invertebrati che vivono nelle acque della laguna attirano un numero altissimo di specie di uccelli: nella Laguna di Orbetello ne sono state censite ben 257 specie, di cui almeno 70 scelgono questa zona per nidificare e riprodursi.

La Laguna comunica con il mare per mezzo di tre canali artificiali: il canale di Fibbia (o delle Saline) nei pressi della foce del fiume Albegna ed il canale di Nassa (in località Santa Liberata) entrambi sul tombolo di Giannella, ed il canale di Ansedonia sul tombolo di Feniglia. Un quarto canale, il canale del Pertuso, fu progettato e ne furono iniziate le opere di scavo, mai portate a termine.

4. GEOLOGIA E STRATIGRAFIA

Nell'area in esame, situata nell'estremità meridionale della Toscana, affiorano sedimenti quaternari che morfologicamente si raccordano con il rilievo collinare costituito interamente dalla formazione del Calcere cavernoso della serie toscana. Le quote dell'area variano da poco più del livello del mare fino ad oltre 2 metri nei pressi della ferrovia Roma Pisa (vedi Tavole 1 e 2).

Ad Est della Laguna di Orbetello, i sedimenti sabbiosi formano una fascia pianeggiante raccordata con il tratto meridionale della pianura dell'Albegna. Più a Sud, presso Ansedonia, litologie carbonatiche arrivano direttamente al mare dando luogo a coste alte e rocciose.

L'idrografia è praticamente assente nella zona ove affiorano i litotipi calcarei (i.e. Calcere Cavernoso), a causa dell'alta permeabilità secondaria, testimoniata dalla presenza di numerose forme carsiche (doline, inghiottitoi). La successione delle formazioni presenti nell'area documenta la complessa storia geologica legata al sollevamento della catena appenninica e alla successiva fase distensiva. Le formazioni più antiche affioranti appartengono a quattro unità tettoniche distinte (ligure, sub-ligure, toscana non metamorfica, toscana metamorfica), sulle quali poggiano, in discordanza, i depositi neogenici continentali e marini. Il Calcere Cavernoso (Trias sup.), costituito da una breccia ad elementi calcarei e dolomitici, è generato da processi di dissoluzione e riprecipitazione delle acque meteoriche. Al suo interno presenta notevoli variazioni di spessore con valori massimi nel settore centro-meridionale che arrivano fino a 400÷600 metri, che tendono in seguito a diminuire fino a circa 100 metri nelle zone periferiche e addirittura ad annullarsi nel settore orientale. Al di sotto di tale formazione si trova il complesso basale rappresentato da rocce metamorfiche di origine sedimentaria (Complesso del Verrucano). La formazione presenta una potenza di diverse centinaia di metri e costituisce l'ossatura dei Monti dell'Uccellina a Nord, e del promontorio dell'Argentario a Sud. I terreni di copertura Neogenici occupano la parte pianeggiante dell'area vasta e testimoniano i diversi ambienti sedimentari che si sono instaurati in successione geologica. Partendo dai termini più antichi della copertura terrigena troviamo:

- Sedimenti marini (Pliocene): costituiti prevalentemente da argille limose grigiastre sfumanti verso l'alto a livelli ciottolosi e sabbiosi. Tale formazione è presente ad una profondità intorno ai 150 metri sotto il livello del mare e costituisce il basamento della serie terrigena posta direttamente al di sopra del CalcereCavernoso;

- Depositi alluvionali terrazzati (Pleistocene): costituiti da ciottoli eterometrici ed eterogenici. Lo spessore medio di queste coltri si aggira intorno ai 20 metri. La permeabilità (mediamente buona) varia in funzione della eterogeneità dei sedimenti;

- Sabbie pleistoceniche: fini, sciolte o debolmente cementate;

- Alluvioni recenti: costituite prevalentemente da sabbie intercalate a limo e ghiaie. Lungo il corso finale dell'Albegna, fino alla foce, le deboli pendenze dell'alveo hanno favorito la decantazione dei materiali fini trasportati in sospensione. Si ritrovano in tal modo vaste superfici con spessori localmente superiori a 10 metri di depositi alluvionali da argillosi a argilloso-limoso-sabbiosi.

Al fine di ricostruire la stratigrafia dell'area, nel 2009 sono state eseguiti diversi sondaggi geognostici, sia da parte della società Laguna Azzurra s.r.l., sia da parte di Sogesid per conto del Commissario delegato.

Dai sondaggi Sogesid, in particolare, sono state ricavate 9 sezioni geologiche relative all'area d'interesse e alle aree limitrofe (vedi Tavola 3, 4, 5 e 6).

Per quanto riguarda il marginamento delle aree a terra, le sezioni che interessano il tratto A dell'intervento sono il primo tratto della sezione A e la sezione 6, in corrispondenza delle quali è possibile individuare uno strato argilloso presente a circa 10 metri di profondità dal p.c. di spessore variabile.

Per quanto riguarda il tratto B del marginamento, le sezioni geologiche elaborate da Laguna Azzurra s.r.l. mostrano la presenza di uno strato argilloso tra i 3 ed i 5 metri di profondità dal p.c.

Il marginamento della colmata di Pian dell'Asca si estende invece lungo le sezioni 3, 4 e 5 elaborate da Sogesid, in corrispondenza delle quali si assesta uno strato argilloso di spessore variabile alla profondità di circa 5 metri dal p.c.

Sono inoltre stati allestiti dei piezometri in corrispondenza di alcuni sondaggi. Lungo la sezione A, 30 metri a Nord del sondaggio T3 è posizionato il piezometro profondo NPZ 5b, sul quale le prove idrogeologiche in situ hanno fornito una trasmissività T di $9.2 \cdot 10^{-5}$ m²/s ed un coefficiente di permeabilità K di $6.17 \cdot 10^{-6}$ m/s (vedi tabella 2).

Si rimanda agli elaborati 3 e 3 a per il dettaglio delle indagini geognostiche, prospezioni idrogeologiche e geofisiche eseguite da Sogesid.

Nel mese di agosto 2009, poi, sono state effettuate delle indagini integrative dalla Sogesid su incarico del Commissario delegato, nelle casse di colmata di Pian dell'Asca, oltre che in località Le Piane e Terrarossa (comune di Monte Argentario). Tali indagini, costituite da sondaggi

geognostici, prospezioni idrogeologiche e analisi chimiche, sono state eseguite al fine di caratterizzare chimicamente i materiali presenti all'interno delle colmate, per poterne ipotizzare il conferimento al di fuori delle stesse e ricavare così volume utile per ricevere i sedimenti oggetto dei futuri interventi di bonifica previsti nelle lagune di Ponente e di Levante.

Dalle risultanze analitiche delle determinazioni chimiche eseguite in Pian dell'Asca, in particolare, (vedi elaborati 4 e 4 a), non sono risultati superamenti dei limiti indicati in Tabella 1 colonna B dell'allegato V alla parte IV titolo V del D.Lgs.152/06, né della Tabella 5 del D.M. 03/08/2005, relativa all'eluato derivante da test di cessione di rifiuti classificati "non pericolosi" ai fini del conferimento in discarica.

Pertanto è ipotizzabile il riutilizzo di tali materiali in sito, eventualmente per interventi di risagomatura dei fondali lagunari, a valle delle operazioni di dragaggio dei sedimenti contaminati previste dagli interventi di bonifica da effettuare prossimamente in laguna.

5. IDROGEOLOGIA E IDROGRAFIA

Il Calcare Cavernoso, che affiora a scala regionale, presenta un'elevata permeabilità secondaria (principalmente per fessurazione e carsismo) che fa di questa formazione un buon acquifero, caratterizzato dall'alta produttività dei pozzi presenti nell'area. Il regime di flusso delle acque sotterranee è governato dalla grandezza e dalla distribuzione del reticolo delle fessure e fratture. Il substrato di questo acquifero è costituito da rocce filladiche triassiche ("Verrucano") a bassa permeabilità, affioranti nell'Argentario e a Nord di Capalbio.

Il complesso idrogeologico del Calcare Cavernoso è, al tetto, in diretto contatto con il complesso dei depositi terrigeni plio-quadernari che costituiscono un acquifero multistrato.

Tali sedimenti, che colmano la depressione tettonica della fascia costiera (da Telamone al promontorio di Ansedonia), sono il prodotto di diversi ambienti deposizionali. La loro estrema eteropia di facies ha portato alla formazione di questo acquifero multistrato con zone più o meno estese caratterizzate da confinamento. Le direzioni di flusso a livello regionale dell'acquifero multistrato mostrano, in generale,

un andamento della falda che dalle zone pedemontane va in direzione della laguna, ovvero del mare, ricettori ultimi del corpo idrico principale.

L'idrografia è caratterizzata dalla presenza di un fosso di guardia che borda il sito industriale ex-SI.TO.CO. lungo il settore Nord-Est per poi arrivare, attraverso un brusco cambio di direzione, alla laguna, lungo il lato Nord-Ovest dell'ex area industriale. Il canale di guardia riceve le acque che provengono da monte, in particolare dal settore sud-orientale, dove diversi canali di raccolta delle acque bianche sono collettati al fosso di guardia.

Al fine di ricostruire l'andamento piezometrico, nel 2009, sono stati allestiti diversi piezometri da Sogesid, ubicati come indicato in Tavola 3, aventi le caratteristiche riportate in Tabella 1.

Piezometro	Profondità m	Cementazione m	Quota drenaggio m	Terreno prevalente
T1	30	0.0 – 9.0	9.0 – 28.0	Sabbie fini
T2	30	0.0 – 9.0	9.0 – 27.0	Sabbie fini
T3	30	0.0 – 12.0	12.0 – 27.0	Sabbie medio fini
T4	30	0.0 – 12.0	12.0 – 27.0	Sabbie medio fini
T5	30	0.0 – 6.0	6.0 – 27.0	Sabbie medio fini
T6	30	0.0 – 9.0	9.0 – 24.0	Sabbie medio fini
T7	30	0.0 – 1.0	6.0 – 9.0	Sabbie medio fini
T8	30	0.0 – 5.0	6.0 – 27	Sabbie medio fini
T9	30	0.0 – 6.0	6.0 – 30.0	Sabbie medio fini
T10	30	0.0 – 6.0	6.0 – 30.0	Sabbie medio fini
T11	30	0.0 – 9.0	9.0 – 21.0	Sabbie medio fini
T12	30	0.0 – 3.0	3.0 – 21.0	Sabbie fini
T13	30	0.0 – 6.0	6.0 – 21.0	Sabbie fini
T14	30	0.0 – 6.0	6.0 – 30	Sabbie medio fini
T15	30	0.0 – 6.0	6.0 – 24.0	Sabbie medio fini
Q1	40	0.0 – 12.0	12.0 – 40.0	Sabbia – ghiaia gros.
Q2	40	0.0 – 18.0	18.0 – 40.0	Sabbia – ghiaia gros.
Q3	40	0.0 – 12.0	12.0 – 40.0	Sabbia – ghiaia gros
PP1	83	0.0- 73.0	73.0 – 83.0	Conglomerati e cavern.

Tabella 1 – Caratteristiche piezometri allestiti da Sogesid

I piezometri ed il pozzo PO160, allestiti invece da Laguna Azzurra s.r.l., hanno le caratteristiche riportate in Tabella 2.

Piezometro	Profondità Perforaz. m	Cementazione m	Quota drenaggio m	.Terreno prevalente
NPZ 1a	4.5	0.0 – 3.2	3.2 – 4.5	Argille
NPZ 2a	5.5	0.0 – 4.0	4.0 – 5.50	Argille
NPZ 3a	8.0	0.0 – 5.5	5.5 – 8.0	Argille
NPZ 4a	9.0	0.0 – 6.8	6.8 – 9.0	Argille
NPZ 5a	9.0	0.0 – 7.8	7.8 – 9.0	Argille limose
NPZ 6a	6.0	0.0 – 4.7	4.7 – 6.0	Argille
NPZ 1b	18.0	0.0 – 15.0	15.0 – 18.0	Sabbie
NPZ 2b	29.8	0.0 18.0	18.0 – 20.5	Sabbie
NPZ 3b	33.0	0.0 – 21.0	21.0 – 23.0	Sabbie
NPZ 4b	21.0	0.0 18.5	18.5 – 21	Sabbie
NPZ 5b	25.5	0.0 – 21.5	21.5 – 23.5	Sabbie
NPZ 6b	25.5	0.0 – 19.5	19.5 – 22.0	Sabbie
PO160	76.6	0.0 – 20.0	20.0 – 76.6	Argille sabbie conglom.

Tabella 2 – Caratteristiche piezometri e pozzo PO160 allestiti da Laguna Azzurra s.r.l.

I piezometri siglati (a) sono superficiali mentre i piezometri siglati (b) sono profondi. Il pozzo PO160 era esistente e serviva per l'antincendio. Il pozzo è fluente con circa 0.5 L/s di portata.

Sulla base delle misure piezometriche eseguite da Sogesid e da Laguna Azzurra s.r.l. nello stesso breve arco di tempo, sono state redatte due carte piezometriche, una relativa alla totalità dei dati raccolti e l'altra relativa ai dati a meno di quelli dei sondaggi profondi, al fine di elaborare un modello idrogeologico dell'area di interesse (elaborato 2). Sono state effettuate anche delle analisi chimiche su campioni d'acqua prelevati in corrispondenza dei diversi punti di indagine. I relativi risultati sono stati confrontati con quelli di campioni prelevati in mare, nelle acque termali di Saturnia e nel fiume Osa per l'elaborazione del modello idrogeochimico (elaborato 2). Sono poi state ricercate le correlazioni statistiche fra i vari elementi ricavati dall'analisi chimica. In Tabella 3 è riportata l'indicazione delle correlazioni.

Correlazioni al 99.9%	Conducibilità → Na, Mg, Cl Na → K, Mg, Cl, SO ₄ , Mn K → Mg, Cl, SO ₄ Ca → Mg, SO ₄ , Al Mg → Cl, SO ₄ Cl → SO ₄ SO ₄ → Mn HCO ₃ → Mn Fe → Mn, Ni, Cd Cd → Zn
Correlazioni al 99.0%	Eh → As pH → F HCO ₃ → Ni Fe → Al, As Mn → Ni, As
Correlazioni al 95.0%	Ca → Mn Pb → Cu Hg → Cu As → Zn Mn → Al SO ₄ → Zn K → Zn pH → As
Correlazione inversa al 99.9%	pH → SO ₄
Correlazione inversa al 99%	Eh → F pH → Mg Conducibilità → Mn
Correlazione inversa al 95%	Conducibilità → Ca pH → Na, K, Ca, Cl, HCO ₃ , Mn Mg → F F → SO ₄

Tabella 3 – Correlazioni statistiche tra elementi

L'idrogeochimica delle acque è controllata principalmente dalle acque clorurate e dalle acque solfate che si legano agli elementi alcalini ed agli alcalino terrosi in varie proporzioni. Le acque clorurate hanno ovviamente origine dall'infiltrazione di acqua marina, mentre le acque solfate hanno la loro origine nella Formazione del Calcere cavernoso che interagendo con l'acqua di mare da acque clorurato – solfate. Tali acque sono attualmente intercettate dal PO160 e dal PP₁ che hanno uno sviluppo profondo delle perforazioni. Non possiamo attualmente stabilire con certezza l'influenza di tali acque nelle falde dell'area in esame, ma la loro presenza suggerisce la

schematizzazione di acque clorurato – solfate, che risalendo da strutture tettoniche entrano in contatto con acque clorurate marine ed acque bicarbonate.

Negli equilibri finali giocano un ruolo preponderante le acque bicarbonate che, nella fascia ossidativa delle falde presenti in zona, spostano gli equilibri fino a potenzialmente poter far precipitare calcite, carbonati di ferro e manganese. Il ferro è infine presente come Goethite in forma idrata.

Il programma di calcolo utilizzato per l'elaborazione del modello idrogeologico ed idrogeochimico è Aquachem 5.1 della Waterloo Hydrogeologic Inc di Waterloo Ontario – Canada e le conclusioni cui si è giunti portano a sostenere che la formazione del calcare cavernoso si ritrova al di sotto dell'area di studio ad una profondità di circa 70-80 metri da p.c. Soprastante il cavernoso è presente un detrito di versante che si è formato anche dopo le fasi regressive della sedimentazione marina, come rivela anche il sondaggio profondo PP₁. La successione dei terreni dal cavernoso fino alla superficie è data da argille, argille limose e argille sabbiose etero piche con sabbie, sabbie limose, sabbie argillose e limi. Dal punto di vista idrogeologico siamo in presenza di falde multistrato.

La prima falda (superficiale) risulta impostata in terreni che comprendono argille, argille sabbiose, limi e sabbie fini argillose. Ha una profondità fino a circa 10 metri. I sondaggi Sogesid, spinti fino a 10 metri, hanno rivelato un coefficiente di permeabilità variabile nell'ordine da 10^{-6} a 10^{-8} m/s. I piezometri siglati (a) di Laguna Azzurra, eseguiti nella parte privata, dopo il loro prosciugamento non hanno rivelato una risalita significativa, tranne che per il NPZ4a. La bassa permeabilità di tali terreni condiziona la prima falda sotto l'area ex Sitoco, conferendole delle caratteristiche di velocità di deflusso estremamente ridotta.

La seconda falda è impostata su terreni caratterizzati da sabbie, sabbie fini, sabbie argillose e livelli di argille e limi. È stata investigata fino ad oltre 30 metri di profondità. I piezometri (b) di Laguna azzurra sono posizionati nella seconda falda. Ha una trasmissività variabile da 10^{-4} a 10^{-6} m²/s ed un coefficiente di permeabilità variabile da 10^{-5} a 10^{-7} m/s.

All'interno della sezione considerata si verificano mescolamenti in modo particolare fra acque clorurate e acque bicarbonate, presenti in varie percentuali, ma sempre tali da originare acque clorurato bicarbonate ed acque bicarbonato clorurate. La presenza delle acque clorurato solfate è limitata al pozzo PO160 ed al piezometro profondo PP1 Sogesid. Non è da escludere però che altri campionamenti mostrino anche in aree limitrofe la presenza di tali acque.

Per quanto riguarda i metalli, il manganese è correlabile con le acque solfate presenti nel cavernoso e con le acque bicarbonatate, come rivela anche l'indice di solubilità della Rodocrosite ($MnCO_3$). Gli altri metalli mostrano le stesse correlazioni delle zone in cui sono presenti mineralizzazioni a solfuri misti tipici della Toscana metallifera.

Considerando i dati acquisiti da Laguna Azzurra in occasione delle recenti campagne di indagine, si deduce inoltre quanto segue:

- non appare sussistere un collegamento idraulico fra i piezometri superficiali e i piezometri profondi;
- i piezometri profondi mostrano valori dei parametri idrodinamici congruenti con le litologie riscontrate durante i sondaggi e in accordo con il modello di un acquifero stratificato con livelli anche separati localmente, ma in comunicazione idraulica distale, come sembrano anche confermare le piccole variazioni di conducibilità in alcune prove messe in relazione con l'ampliarsi del cono di depressione. La separazione può essere data da alternanze di lenti e livelli di materiale coesivo che si comportano da acquicludi, ma anche da variazioni di permeabilità all'interno dello stesso litotipo per diverse percentuali di materiale sottile tanto che con le naturali velocità di falda si può arrivare a differenziazioni chimiche per diverso tempo di permanenza a contatto con l'acquifero;
- i piezometri profondi mostrano valori più elevati dei parametri idrodinamici nei siti più a valle.

I risultati ottenuti mostrano che il substrato più superficiale limo-argilloso è caratterizzato da una marcata anisotropia del comportamento e valori variabili che si aggirano intorno a 10^7 m/s in funzione dell'aliquota argillosa disponibile. Le argille, invece, oltre che da una consistenza piuttosto elevata, risultano caratterizzate da valori della permeabilità compresi tra 10^{-8} e 10^{-10} m/s. Il livello delle sabbie, infine, appare caratterizzato da valori di permeabilità variabili tra 10^{-5} e 10^{-6} m/s.

La successiva caratterizzazione geochemica ed isotopica delle acque intercettate dai nuovi piezometri recentemente realizzati dalla società Laguna Azzurra s.r.l., incentrata sull'analisi di potenziale redox, temperatura, pH, conducibilità, rapporti isotopici $^{18}O/^{16}O$ e D/H, Ca, Mg, Na, K, bicarbonato, solfato, cloruro e nitrato, effettuata nel mese di luglio 2009, ha evidenziato come il bicarbonato sia l'anione prevalente nelle acque dei piezometri profondi (NPZ#b), che raggiungono

l'acquifero sabbioso, mentre le acque dei piezometri superficiali (NPZ#a), perforati nello strato argilloso superficiale, sono caratterizzate da una predominanza di cloruro, come generalmente osservato per le formazioni argillose di questo tipo, con, in alcuni casi, arricchimenti di solfato, a causa di dissoluzione ossidativa di pirite. I diagrammi di correlazione $\delta_{18}\text{O}-\text{Cl}$ (figura 7.5) e $\delta\text{D}-\delta_{18}\text{O}$ derivanti da tali dati confermano che vi è una netta differenza, non solo per quanto riguarda il chimismo, ma anche per ciò che concerne i rapporti isotopici, fra i piezometri più profondi, caratterizzati da bassi contenuti di cloruri e valori di δD e $\delta^{18}\text{O}$ bassi ed omogenei, e i piezometri più superficiali, che presentano invece concentrazioni di cloruri e valori di δD e $\delta^{18}\text{O}$ variabili e talora anche decisamente elevati. Questi arricchimenti in cloruro, D e ^{18}O sono riconducibili alla presenza di una miscela fra acque meteoriche che si infiltrano nei piezometri ed acque di strato delle formazioni argillose, chimicamente ed isotopicamente abbastanza simili all'acqua di mare. Pertanto si può affermare con certezza che le acque contenute nel corpo argilloso più superficiale, con caratteristiche di acquicludo, sono chimicamente ed isotopicamente differenti da quelle circolanti entro l'acquifero sabbioso più profondo e che non vi è alcuna evidenza di contaminazione dell'acquifero sabbioso. Ciò implica che esso è protetto dal sovrastante livello argilloso, con caratteristiche di acquicludo, che impedisce l'infiltrazione sia delle acque meteoriche sia di quelle di laguna.

Per i metalli rinvenuti nelle acque dei piezometri superficiali (Mn, Fe, As, ecc.) in concentrazioni superiori ai valori tabellari riportati nel D.L. 152/2006, avendo escluso la possibilità che esse possano provenire dagli orizzonti sovrastanti, si possono considerare le seguenti ipotesi:

- per poter interpretare l'origine del Mn disciolto nelle acque del sito ex-Sitoco è utile esaminare la correlazione Mn-SO₄, che evidenzia alte concentrazioni di entrambe i parametri nei medesimi piezometri;
- gli alti valori di concentrazione del ferro sono imputabili a dissoluzione ossidativa di pirite, processo che determina il rilascio in soluzione non solo dei costituenti maggiori della pirite stessa, ma anche degli elementi in traccia, fra cui appunto il Mn, che, non raggiungendo la condizione di saturazione rispetto a fasi solide secondarie, rimane in soluzione acquosa.

Il fatto che le acque dell'acquifero sabbioso abbiano concentrazioni di Mn disciolto decisamente minori di quelle dei piezometri più superficiali indica l'assenza sia di contaminazione (a conferma

delle precedenti deduzioni), sia di fonti di Mn: i minerali delle sabbie, nelle condizioni di P_{CO_2} , pH, T, forza ionica presenti, rilasciano quantità di Mn relativamente modeste (rispetto alla dissoluzione ossidativa della pirite) e le concentrazioni nella soluzione acquosa (30-250 $\mu\text{g/L}$) potrebbero essere considerate il fondo naturale di questo corpo idrico.

Il caso del ferro si presenta più complicato, in quanto, nel diagramma Eh-pH alcuni dei campioni in esame si distribuiscono in prossimità del limite fra il campo di prevalenza dello ione ferroso ed il campo di stabilità dell'ematite, e più in generale degli ossi-idrossidi di ferro trivalente.

La saturazione rispetto a queste fasi solide, che si stabilisce in condizioni relativamente ossidanti, determina basse concentrazioni di Fe disciolto, tanto minori quanto maggiore è la cristallinità del minerale. Invece, nelle acque caratterizzate da condizioni decisamente riducenti, che hanno valori di Eh di -200 e -207 mV, la concentrazione del Fe disciolto non è limitata dall'equilibrio rispetto agli ossi-idrossidi di ferro trivalente e può raggiungere valori relativamente elevati (fino a 310 – 320 $\mu\text{g/L}$).

Per l'arsenico, poi, concorrono differenti fenomeni:

- speciazione redox, con prevalenza di As trivalente nelle acque caratterizzate da condizioni più riducenti e di As pentavalente in quelle ossidanti;
- complessazione con i costituenti cationici presenti in soluzione acquosa, soprattutto con i costituenti principali (Marini e Accornero, 2007);
- adsorbimento elettrostatico su fasi solide, fra cui gli ossi-idrossidi di ferro trivalente.

L'ultimo fenomeno avviene in condizioni ossidanti o relativamente ossidanti e determina una drastica riduzione delle concentrazioni di As disciolto. E' probabile che questo processo abbia luogo nelle acque dello strato argilloso che, in effetti, sono talora caratterizzate da basse concentrazioni di As. Peraltro, le concentrazioni misurate nell'acquifero sabbioso sono nell'intervallo dei contenuti di As totale disciolto nelle acque sotterranee, che varia da < 0.5 a 5000 $\mu\text{g/L}$ (Smedley e Kinniburgh, 2002).

Le conclusioni a cui giunge Laguna Azzurra sono di seguito riassunte:

- le acque contenute nel corpo argilloso più superficiale, con caratteristiche di acquicludo, sono chimicamente ed isotopicamente differenti da quelle circolanti entro l'acquifero sabbioso più profondo;

- non vi è alcuna evidenza di contaminazione dell’acquifero sabbioso, il che implica che esso è protetto dal sovrastante livello argilloso, con caratteristiche di acquicludo, che impedisce l’infiltrazione sia delle acque meteoriche sia di quelle di laguna;
- in merito alla presenza nelle acque profonde di alcuni metalli (As, Fe e Mn in particolare), anche in concentrazione molto più elevate dei valori tabellari riportati nel D.L. 152/2006, avendo escluso la possibilità che esse possano provenire dagli orizzonti sovrastanti, le analisi eseguite hanno evidenziato che le concentrazioni osservate rientrano negli intervalli di variazione generalmente osservati nelle acque sotterranee compatibili con il fondo naturale di questo corpo idrico.

Pertanto, Laguna Azzurra ha presentato al MATTM il “Progetto di bonifica dell’acquicludo superficiale mediante marginamento fisico e progetto preliminare di bonifica della falda profonda mediante barriera idraulica dinamica”, acquisito in data 11/9/2009 con prot. n. 18620/QdV/Di, nel quale viene rimodulato il “Progetto definitivo di bonifica dell’acquicludo superficiale mediante marginamento fisico e della falda profonda mediante barriera idraulica dinamica”, acquisito dal MATTM al prot. 16757/QdV/Di del 5 agosto 2009.

Nell’ultimo progetto, in particolare, l’ipotesi dell’intervento sulla falda profonda, che si renderà comunque necessario solo a fronte del riesame del fondo naturale da parte dell’Arpat, non è stata modificata, ma, a seguito delle perplessità espresse dalla S.T. in seduta del 1 settembre 2009, è stata declassata di livello da progetto definitivo a preliminare.

Per quanto riguarda la definizione dei valori del fondo naturale, questa dovrà essere effettuata da ARPAT sulla base del “Protocollo per la definizione dei valori di fondo per le sostanze inorganiche nelle acque sotterranee” redatto da ISPRA nell’aprile 2009.

In tal senso Laguna Azzurra ed ARPAT hanno già in corso una serie di verifiche finalizzate all’individuazione di un adeguato numero di punti di campionamento in aree non antropizzate idonei per lo studio delle concentrazioni di fondo; successivamente saranno eseguiti

approfondimenti circa le possibili interazioni con il sistema di circolazione delle acque lagunari. Sulla base degli accertamenti inerenti le caratteristiche del fondo naturale e i potenziali effetti sulle acque lagunari derivanti dall'emungimento della falda profonda, sarà predisposto uno specifico studio di valutazione complessiva degli effetti degli interventi andando a sviluppare o modificare quanto previsto nella progettazione preliminare dell'intervento previsto con evidente adeguamento del relativo Progetto di Bonifica della falda in corrispondenza dell'area ex-SI.TO.CO.

6. STATO DI CONTAMINAZIONE DELLE ACQUE SOTTERRANEE

Nelle aree di competenza privata, le indagini eseguite da Laguna Azzurra s.r.l., hanno mostrato uno stato di contaminazione delle acque dell'acquifero superficiale. Nel dettaglio si può osservare quanto segue:

Zona cittadella – modesti superamenti della Tabella 2 allegato V parte IV titolo V D.Lgs.152/06 per i parametri ferro e nichel; presenza di arsenico esclusivamente in corrispondenza di un piezometro;

Zona bacini - è stato rilevato il superamento dei valori di cui alla Tabella 2 in maniera modesta per As Cd e Ni, e, con valori elevati, per Al, Fe, Mn e Zn;

Zona nord - Nelle acque sotterranee superficiali è stato rilevato il superamento dei valori di cui alla Tabella 2, in misura modesta, per Fe, Mn e Pb.

Da segnalare inoltre la presenza di Hg nel PZ401, seppure in concentrazioni non rilevanti.

Per le acque sotterranee profonde si può osservare quanto segue:

Zona cittadella – presenza di As, che sembra dovuta a processi naturali che caratterizzano il corpo idrico sotterraneo; si evidenzia in tal senso la segnalazione di permessi di ricerca mineraria per minerali contenenti As a monte di Orbetello e la presenza di As nel pozzo profondo PZE, ubicato a monte, in senso idrogeologico, dell'area ex-SI.TO.CO., in concentrazioni analoghe a quelle dei piezometri a valle.

Zona bacini - è stato rilevato il superamento dei valori di cui alla Tabella 2, in maniera modesta per As e Fe, e, con valori elevati per il Mn , esclusivamente in corrispondenza della Fascia Ripariale.

Le risultanze analitiche delle indagini Sogesid confermano la presenza di concentrazioni superiori ai limiti della Tabella 2 dell'allegato V alla parte IV del titolo V del D.Lgs. 152/06 in alcuni dei punti di prelievo della falda superficiale, in maniera più diffusa nell'area di Pian dell'Asca e del tratto A del marginamento a terra, dove il manganese supera i limiti in tutti i piezometri allestiti, raggiungendo i 2698 µg/L in corrispondenza del piezometro T07, ed il ferro risulta fuori norma nei piezometri T07 di Pian dell'Asca con 1268 µg/L e T12 dell'area a terra con 289,4 µg/L; anche arsenico, alluminio e solfati presentano dei superamenti in Pian dell'Asca. Nei piezometri allestiti

nell'area a terra del tratto B del marginamento arsenico e manganese mostrano rispettivamente due ed un superamento, ma non particolarmente significativi. I dati relativi alle determinazioni analitiche sono riportati integralmente negli elaborati 3 e 3 a.

7. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

7.1. Marginamento definitivo della colmata di Pian dell'Asca

L'intervento è finalizzato a dare attuazione alle opere di bonifica dell'area di "Pian dell'Asca" all'interno del Sito di Interesse Nazionale di Orbetello (GR) – area ex Sitoco, identificato dalla legge n. 179 del 2002.

Il sito di bonifica comprende, un'area a terra in cui sono presenti gli impianti e i depositi dismessi della Società Ex Sitoco, ad oggi di proprietà della Società Laguna Azzurra S.r.l., e l'area lagunare ad essa prospiciente, perimetrata con decreto del 2 dicembre 2002; in quest'ultima area ricade l'intervento di adeguamento della colmata di "Pian dell'Asca", cui si riferisce la presente trattazione, in adempimento a quanto stabilito dalla Conferenza dei Servizi decisoria del 22/12/2005, nel corso della quale furono individuate le seguenti linee d'azione:

- la totale asportazione dei rifiuti in laguna ed a terra;
- la rimozione dei sedimenti contaminati presenti all'interno di alcune aree lagunari particolarmente critiche;
- l'isolamento completo dell'esistente cassa di colmata di "Pian D'Asca" mediante il marginamento fisico permanente.

Alla base delle ipotesi progettuali, per il marginamento fisico della cassa di colmata di "Pian dell'Asca", sono poste le indagini geologiche-tecniche, idrauliche e chimico-fisiche effettuate dalla Tecno In S.p.A. per conto della SOGESID S.p.A., nonché quelle delle precedenti campagne di indagine.

La cassa di colmata di "Pian dell'Asca", interessa una superficie media di circa 61.000 mq e permetterà di stoccare, a lavori completi, circa 400.000 mc di terreni e/o masse contaminate.



Figura 2 – Localizzazione della cassa di colmata di Pian dell’Asca

L’area occupata dalla cassa di colmata di “Pian dell’Asca” confina sul lato Nord con area terra di competenza privata, tramite il canale lagunare, a Sud con area lagunare di pertinenza pubblica, a Est con area terra “Bacino 2” di competenza pubblica e infine a Ovest con area lagunare di competenza pubblica.

La superficie della cassa di colmata risulta per circa il 50% è interessata da un battente di acqua di circa 10 - 20 cm, la restante parte risulta emersa con presenza di falda a profondità medie di 50-80 cm. Una striscia anulare di terreno/scogliera separa la cassa vera e propria dal resto della laguna e dal canale lagunare.

Come si evince dai rilievi e dalle carte tecniche, l’area è pressoché pianeggiante e la profondità media della parte lagunare è di circa 1,00 ml.

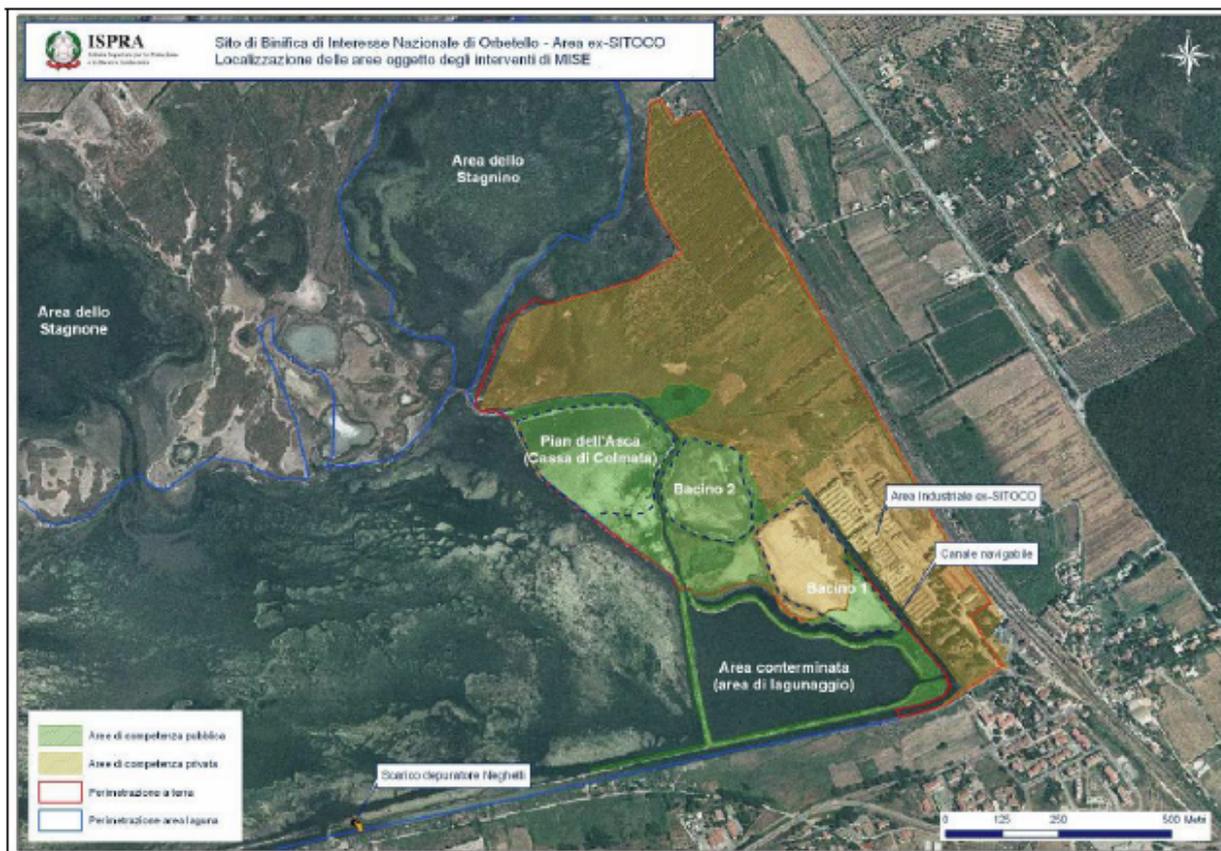


Figura 3 - Mappatura delle aree del SIN di Orbetello (Fonte dati ISPRA)

Da un punto di vista geologico il contesto di riferimento è caratterizzato da tre litotipi significativi, come si può desumere dalle indagini eseguite sui luoghi dalla ditta Tecno In S.p.A.. Il primo complesso si estende dal piano di campagna per uno spessore medio di 4-5 m ed è prevalentemente costituito da litotipi argillosi e sabbiosi di media bassa consistenza; Il secondo complesso è costituito da un banco argilloso dello spessore medio di 3-4 m, tale strato imposta il suo estradosso ad una quota media dal p.c. di circa -4 / -5 m ed è caratterizzato da un buon valore di coesione non drenata; l'ultimo complesso ha un notevole spessore, > 20 m. e il litotipo di riferimento sono le sabbie mediamente consolidate con presenza di livelli argillosi e/o limosi.

Per la pianificazione delle fasi esecutive e la definizione dei modelli geotecnici per il dimensionamento e verifica del palancolato di conterminazione è stato indagato il fenomeno della filtrazione indotta dalla depressione della falda all'interno dell'area perimetrata della vasca di colmata. Allo stato attuale il livello della falda è di poco inferiore alla quota del p.c. e in parte

risulta emersa; la percentuale media di contenuto di acqua del litotipo di riferimento si attesta intorno al 30%.

L'obiettivo della progettazione consiste nella realizzazione di una cassa di colmata atta a contenere i sedimenti dragati in occasione dei successivi interventi di bonifica previsti nella laguna di Orbetello.

A tal fine è possibile ricavare una maggiore volumetria disponibile, rimuovendo parte dei materiali attualmente contenuti all'interno della colmata, nel rispetto della normativa vigente in materia.

In questo senso sono state effettuate delle indagini di caratterizzazione chimico-fisica di tali materiali (indagini integrative Sogesid), per individuarne lo stato di eventuale contaminazione e la composizione, per verificare la possibilità di usi specifici a cui destinarli. I risultati dei sondaggi, effettuati nei primi due metri di spessore, sono contenuti nell'elaborato 4a e mostrano, per tutti i parametri determinati, valori al di sotto della colonna A della Tabella 1, allegato 5, parte quarta, titolo V, del D. Lgs. 152/06 e s.m.i.

Si rimanda al progetto esecutivo per il piano di gestione dei materiali attualmente contenuti nella colmata.

L'intervento è articolato come segue.

Fase 1 – IMPIANTO CANTIERE (*tempo stimato 10 giorni*)

Come previsto nell'apposito piano di Cantiere, l'area oggetto di intervento sarà preliminarmente recintata (lungo le parti emerse) in modo da impedire l'accesso ai non addetti ai lavori e scongiurare pericolo e/o danneggiamenti nei confronti di cose e/o persone;

Fase 2 – ORIZZONTAMENTO DEL SITO (*tempo stimato 15 giorni*)

Per definire le quote di riferimento e procedere nella realizzazione dell'intervento con celerità, precisione e in piena sicurezza, si prevede per le parti emerse, un livellamento generale di una fascia di adeguata larghezza lungo il perimetro della vasca di colmata;

Fase 3 – INFISSIONE PALANCOLATO (*tempo stimato 100 giorni*)

Il marginamento laterale della vasca di colmata di “Pian dell’Asca”, è previsto mediante la realizzazione di un palancolato con sezione tipo AZ 18 della lunghezza totale di 16 m, di cui mediamente 14 m infissi e 2 m al di sopra della quota lagunare.

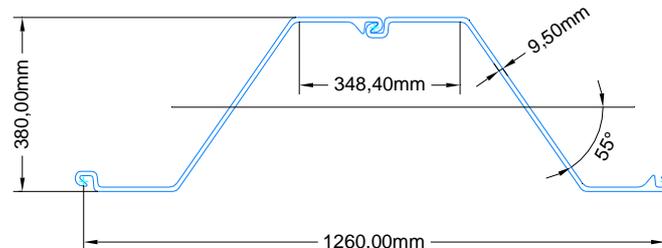


Figura 4 - Sezione palancole profilo AZ 18

Per quanto riguarda le modalità di infissione delle palancole, la possibilità di usare i sistemi vibranti è correlata alla resistenza alla penetrazione nei terreni incoerenti e alla resistenza non drenata nei terreni coesivi; in particolare il sistema è ritenuto adatto per terreni con NSPT < 40 e $c_u < 50$ kPa (Piling Handbook, 2005). In relazione alle caratteristiche di resistenza dei terreni, si prevede l’infissione delle palancole tramite battitura e/o vibro-infissione.

A garantire la tenuta idraulica del confinamento, i giunti fra le palancole (gargami), saranno trattati con speciali resine idroespansive (sistema Roxan o equivalente, tale da garantire una permeabilità non superiore a $1 \cdot 10^{-9}$ m/sec); inoltre per prevenire fenomeni di corrosione si prevede, nelle due facce del palancolato, l’applicazione di un trattamento anticorrosivo con sostanze epossidiche specifiche stese a due mani e per uno spessore totale pari a 300 micron.

Fase 4 - REALIZZAZIONE POZZI E PIEZOMETRI DI CONTROLLO (tempo stimato 60 giorni)

Al fine di procedere agevolmente nelle operazioni di scavo della vasca di colmata e poter realizzare l’impermeabilizzazione del fondo della stessa, si è reso necessario prevedere un sistema integrato di pozzi di emungimento e piezometri di controllo. La scelta progettuale ha l’obiettivo di deprimere la falda ad una quota inferiore di 1,50-2,00 m dal fondo dello scavo; la realizzazione di tali opere avverrà in parallelo con l’infissione del palancolato, considerando uno sfasamento temporale iniziale di circa 30 giorni.

E' prevista la realizzazione di n. 20 pozzi di profondità media di 12.00 m, posizionati ad interasse medio di 50.00 m; questi, mediante opportune finestre drenanti, intercetteranno l'acquifero superficiale e profondo.

Le acque emunte, mediante apposita condotta di mandata, saranno recapitate in sistemi di stoccaggio e trattamento previsti nell'area di proprietà privata ex SI.TO.CO., oggi proprietà Laguna Azzurra s.r.l.

Fase 5 – EMUNGIMENTO ACQUA DI FALDA (*tempo stimato 30 giorni*)

Una volta completo il confinamento laterale della vasca di colmata, ossia completato il palancoato, si attiveranno i pozzi di emungimento.

Considerato che non si dispone di dati diretti sulla conducibilità idraulica del litotipo di base, sabbie con livelli limosi-argillosi, per il dimensionamento del sistema di emungimento, in parte, sono stati utilizzati parametri indiretti forniti dalla letteratura tecnica in materia. Ipotizzando un $K= 3\text{cm/ora}$, è stata determinata una portata potenziale di emungimento pari a circa 300 mc/h distribuita tra 20 pozzi, con interasse di 50 m. Nella fase di emungimento dovrà essere monitorato, tramite i piezometri di controllo installati all'interno della vasca, il livello della falda, per calibrare e/o modificare la portata estratta.

Con cadenza giornaliera, sarà verificato il livello medio della falda, in tal modo potranno iniziarsi gli scavi, non appena si raggiunge un franco utile, rispetto alla falda, di 2,00 m.

Il sistema di emungimento dovrà rimanere in funzione fin quando non si riempie per almeno 3,00 m la vasca di colmata; tale necessità è legata ai potenziali fenomeni di sollevamento del fondo vasca di colmata, dovuti alle spinte idrauliche sottostanti, che potrebbero compromettere l'efficienza dell'intervento.

Fase 6 – SCAVO DI SVUOTAMENTO CASSA DI COLMATA (*tempo stimato 280 giorni*)

Lo svuotamento della cassa di colmata, prevede la movimentazione di un volume di terreno pari a circa 330.000 mc; supposto che su una superficie complessiva di circa 61.000 mq operino n.6 squadre di escavatori e camion con capacità di carico non inferiore ai 12 mc, si stima una movimentazione giornaliera di circa 1.150 mc di terreno/giorno.

Le procedure di scavo avverranno in successive fasi operative; sarà previsto lo scavo di una parte della colmata e il terreno estratto sarà in parte trasferito per usi specifici ed in parte accatastato

all'interno della stessa vasca di colmata, per essere successivamente utilizzato quale primo ricoprimento dello strato impermeabile geocomposito ,descritto nella successiva fase 8.

Durante la fase di scavo possono intercettarsi sacche di acquifero intrappolate in livelli argillosi, in tal caso si procederà con aggottamenti specifici a piè d'opera.

Fase 7 – COMPATTAZIONE FONDO SCAVO (*tempo stimato 60 giorni*)

Una volta definito il fondo della porzione di scavo interessata, si procederà in prima istanza alla esecuzione di apposite prove CPT al fine di verificare la continuità dello strato di argilla su tutto il piano di posa, e lo spessore pari o superiore ad un metro. Laddove si evidenziassero zone a spessore minore, verrà posto in opera nuovo materiale argilloso di apposita permeabilità al fine di garantire i requisiti dell'art. 1, comma 996 della L.296/2006. Si procederà pertanto alla sua compattazione, che assume particolare importanza anche per la limitazione di eccessive deformazioni al geocomposito impermeabile che costituirà il confinamento di base della vasca di colmata; il grado di compattazione del terreno deve essere tale da raggiungere una densità del 90% secondo la prova Proctor modificata o equivalente. La superficie di posa dovrà essere pressoché orizzontale e liscia, non devono essere presenti asperità di diametro superiore ai 12 mm, per cui le operazioni di compattazione dovranno essere ultimate con mezzo a rulli lisci.

Fase 8 – IMPERMEABILIZZAZIONE DEL FONDO SCAVO (*tempo stimato 75 giorni*)

Dopo aver compattato e rifinito la parte di piano di posa del telo geocomposito bentonitico, prima della messa in opera dello stesso, si realizzerà la trincea esterna di ancoraggio del telo impermeabile e la scossalina in lamiera zincata alla testa del palancolato.

Il telo geocomposito bentonitico previsto è del tipo GCL NL20 della MACCAFERRI o equivalente, avente uno spessore, a secco, di 6,00 mm e un peso non inferiore a 200 gr/mq; il telo bentonitico sarà costituito da n. 2 strati, superiore e inferiore, di geotessile non tessuto di tipo augugliato e da una membrana laminata in polipropilene. Il geocomposito bentonitico che costituirà il confinamento fisico di base e perimetrale della cassa di colmata, dovrà possedere una permeabilità $10^{-12} \text{ m/s} < k < 10^{-13} \text{ m/s}$ idonea, nel rispetto della vigente normativa di tutela ambientale, ad assolvere il compito assegnatogli, unitamente al sottostante strato di argilla.

I teli in geocomposito bentonitico, forniti a rulli di lunghezza 44,00 m e larghezza 4,50 m, saranno stesi mediante mezzo meccanico con l'accortezza di non trascinarli e/o schiacciarli.

Si è stimato che mediamente saranno posati in opera circa 1000 mq di geocomposito per ogni giornata lavorativa, compreso il ricoprimento, realizzato con terreno di granulometria medio-fine (diametro max 25 mm) per uno spessore medio di 50 cm, al fine di proteggere il geocomposito da schiacciamenti localizzati e/o degrado.

In corrispondenza di eventuali discontinuità o elementi passanti lo strato impermeabilizzante, saranno realizzati idonei giunti con bentonite granulare e collari di rinforzo in geocomposito.

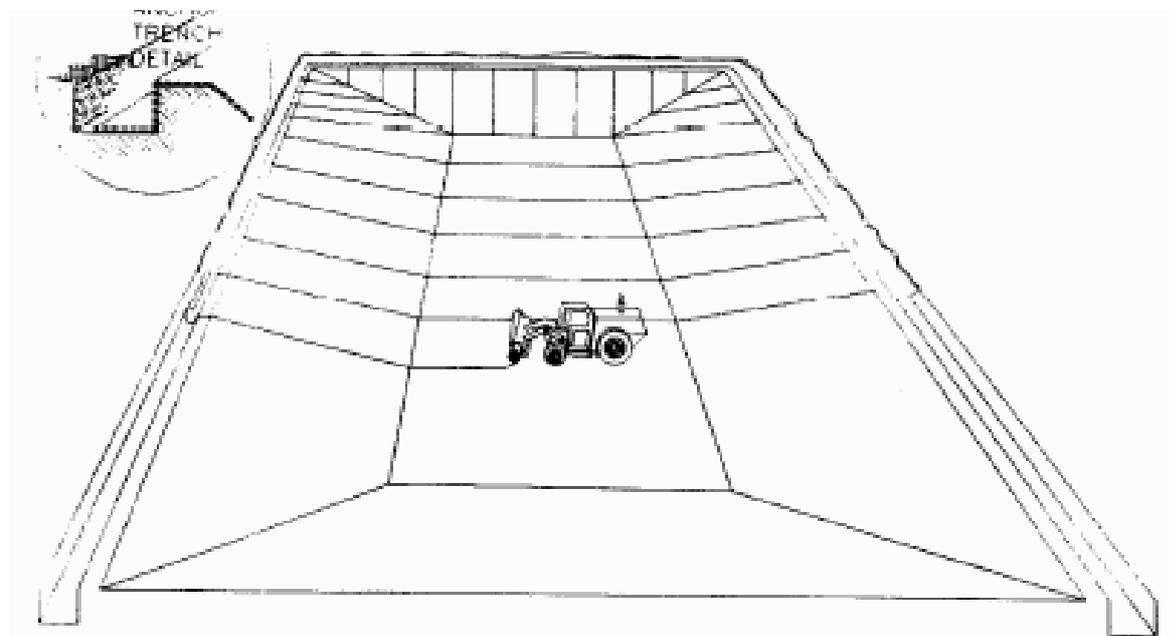


Figura 5 - Schema messa in opera geocomposito bentonitico

Fase 9 – COLTIVAZIONE DELLA COLMATA

La coltivazione della cassa di colmata prevede il conferimento nella stessa di parte dei sedimenti dragati durante la bonifica dei fondali della Laguna di Orbetello, ai sensi della Legge 296/2006, art. 1, comma 996 e del D.M. 6 novembre 2008.

Fase 10 – DISMISSIONE CANTIERE: (tempo stimato 10 giorni)

Al termine delle attività di reflimento dei materiali dragati, si procederà al campionamento degli stessi al fine di verificare il rispetto dei valori limite di cui alla tab. 1, allegato 5, parte quarta, titolo V, del D. Lgs. 152/06 e s.m.i., in relazione alla destinazione d'uso.

Nel caso si riscontri la presenza di sostanze inquinanti in concentrazioni eccedenti tali valori limite, l'accettabilità delle concentrazioni residue sarà accertata attraverso una metodologia di analisi di rischio.

Si procederà pertanto alla copertura superficiale finale, che dovrà rispondere ai seguenti criteri:

- isolamento dei materiali dragati dall'ambiente esterno;
- minimizzazione delle infiltrazioni d'acqua;
- riduzione al minimo della necessità di manutenzione;
- minimizzazione dei fenomeni di erosione;
- resistenza agli assestamenti ed a fenomeni di subsidenza localizzata.

Tale copertura sarà realizzata in funzione della destinazione d'uso prevista per l'area oggetto dell'intervento, secondo le indicazioni dettate in merito da parte di ISPRA.

Si rimanda al progetto esecutivo per la definizione di dettaglio della copertura finale.

7.2. Marginamento di sicurezza tra laguna e aree conterminate di proprietà pubblica antistanti l'ex stabilimento Sitoco

L'intervento prevede la realizzazione di opportune opere di bonifica dell'acquicludo superficiale, idonee ad intercettare e arrestare il flusso e la propagazione di contaminanti verso la laguna di Orbetello.

A tal proposito sono state analizzate e verificate alcune ipotesi progettuali in funzione del sito, delle caratteristiche fisico-meccaniche dei litotipi presenti nel sottosuolo e di quelle idrogeologiche dell'area interessata.

La soluzione più idonea e rispondente alle finalità progettuali è quella di realizzare una paratia impermeabile tramite palancole metalliche; tipologia d'intervento che risulta, peraltro, quella stessa adottata dalla società "Laguna Azzurra s.r.l." per il marginamento dell'area di sua competenza e di proprietà privata "ex SI.TO.CO."

Come si evince dai rilievi e dalle carte tecniche, le aree interessate dai due tratti di intervento si presentano pianeggianti ad andamento regolare.

Da un punto di vista litologico l'area "A" si presenta con un primo strato di -2/3 m costituito principalmente da litotipi sabbiosi; oltre i primi 3 m e per una profondità sino a -6 m da strati discontinui, in senso planimetrico, formati da argilla con limo debolmente sabbiosa e granulometria variabile da limo argilloso ad argilla limosa.

In tale area la profondità del palancole è stata spinta fino a -5,00 mt per uniformarlo a quello previsto da "Laguna Azzurra s.r.l."

Per quanto riguarda invece l'area "B", in cui la profondità del palancole è stata spinta fino a m -12,00, la stratigrafia litologica è caratterizzata per uno strato fino a circa -2 m da terreno di riporto e granulometria variabile da limo argilloso ad argilla limosa; oltre i 2 m e per una profondità sino a -8/10 m vi è uno strato costituito principalmente da litotipi sabbiosi, oltre la profondità di 10 m vi è argilla con limo debolmente sabbioso.

Dette stratigrafie, con i relativi parametri geotecnici, sono state poste a base del calcolo del palancole, relativamente al tratto denominato "B", la cui apposita relazione è allegata a parte.



Figura 6 – Suddivisione schematica delle aree

L'intervento consiste nella realizzazione di un palancolato metallico al fine di intercettare e arrestare la falda superficiale contaminata.

I tratti di pertinenza pubblica e di cui si elabora il presente progetto, sono stati indicati nelle planimetrie specifiche come Tratto "A" e Tratto "B" ed hanno una lunghezza rispettivamente di ml. 80,0 e ml. 150,00.

Il palancolato adottato è del tipo "LARSSEN", uguale a quello previsto da "Lagina Azzurra s.r.l." nel suo intervento e al quale, i due tratti "A" e "B", si possono agevolmente intercalare .

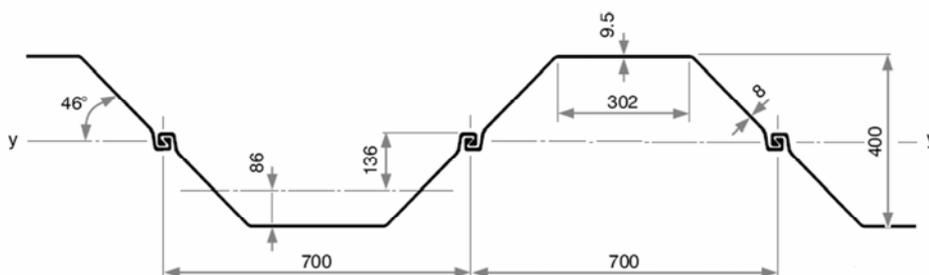


Figura 7 - Sezione palancola profilo Larssen 703

Il palancolato in acciaio, sviluppato secondo il profilo planimetrico del sito, sarà reso impermeabile tramite l'adozione di giunti di tenuta idraulica e, una volta completata la bonifica del sito, potrà essere agevolmente rimosso; infatti le varie palancole, sia in fase di posa che di estrazione, sfruttano la tecnologia della vibroinfissione e, pur se il loro impiego è facilitato in terreni granulari, possono essere utilizzate anche in terreni coesivi con presenza di limi ed argille.

In considerazione del sito e nell'ambito di un'ottimizzazione delle fasi esecutive d'intervento si è previsto che le palancole metalliche a "U" tipo LARSSSEN, siano accoppiate in stabilimento a due profili per volta e quindi infissi in sito tramite sistemi vibranti il cui utilizzo è correlato alla resistenza alla penetrazione nei terreni interessati.

A garantire la tenuta idraulica, ogni due palancole, i giunti saranno trattati con speciali resine idroespansive (sistema Roxan o equivalente).

La tipologia del palancolato metallico consente, oltre ad una facilità di posa, di avere tempi di esecuzione alquanto rapidi e questo permette di ottimizzare i tempi per il completamento dell'opera; inoltre è una struttura che si presta in maniera ottimale ad essere recuperata e, qualora se ne presenti la necessità, di essere riutilizzata.

Un aspetto importante da tenere presente è quello della corrosione; infatti tali particolari strutture vengono normalmente utilizzate in presenza di ambienti aggressivi e pertanto un aspetto da non trascurare e la loro protezione tramite l'utilizzo di particolari resine anticorrosive di tipo epossidico privo di solventi e per uno spessore complessivo non inferiore a 300 micron, ottenuto con stesura a due mani di spessore pari a 150 micron ognuna.

Il procedimento per la posa in opera delle palancole avviene con un vibroinfissore che, tramite piccoli e frequenti colpi, posiziona l'elemento metallico nel terreno; in tale fase è importante utilizzare macchine idonee per il tipo di palancola e di terreno di infissione; infatti in commercio sono disponibili vari tipi di vibroinfessori che tengono conto dei vari campi di applicazione.

Al fine di evidenziare il procedimento esecutivo dell'intervento si riportano di seguito le varie fasi di infissione del palancolato:

- Trasporto in sito dell'escavatore idraulico e scarico dello stesso su apposita area ;
- Controllo e tracciamento della linea di posa;

- Trasporto in cantiere delle palancole e scarico delle stesse lungo il tracciato in maniera tale da evitare ribaltamenti delle stesse e facilità di essere sollevate per la fase successiva di infissione;
- Presa della palanca, messa in verticale della stessa e posizionamento sul punto d'infissione;
- Infissione, tramite vibroinfissore, della palanca alla profondità necessaria per mantenerla perfettamente in verticale ;
- Presa della palanca successiva che, agganciata con il vibroinfissore, viene sollevata e “ ingargamata” a quella già infissa. Questa operazione deve essere guidata dall'operatore in modo che la palanca sia affiancata a quella già infissa e che i giunti si inseriscano uno nell'altro;
- Al termine dell'infissione di tutte le palancole, le stesse verranno portate alla quota di progetto.

Lungo la parte a monte del palancolato è prevista una trincea drenante e un tubo di raccolta delle acque che, incanalate in apposito pozzetto di raccolta, saranno convogliate nella condotta prevista nell'intervento di “ Laguna Azzurra s.r.l.” e quindi all'impianto di trattamento specifico la cui realizzazione sarà curata dalla stessa società privata, ovvero all'impianto di depurazione di Panzanella, ubicato poco a nord dell'area oggetto dell'intervento.

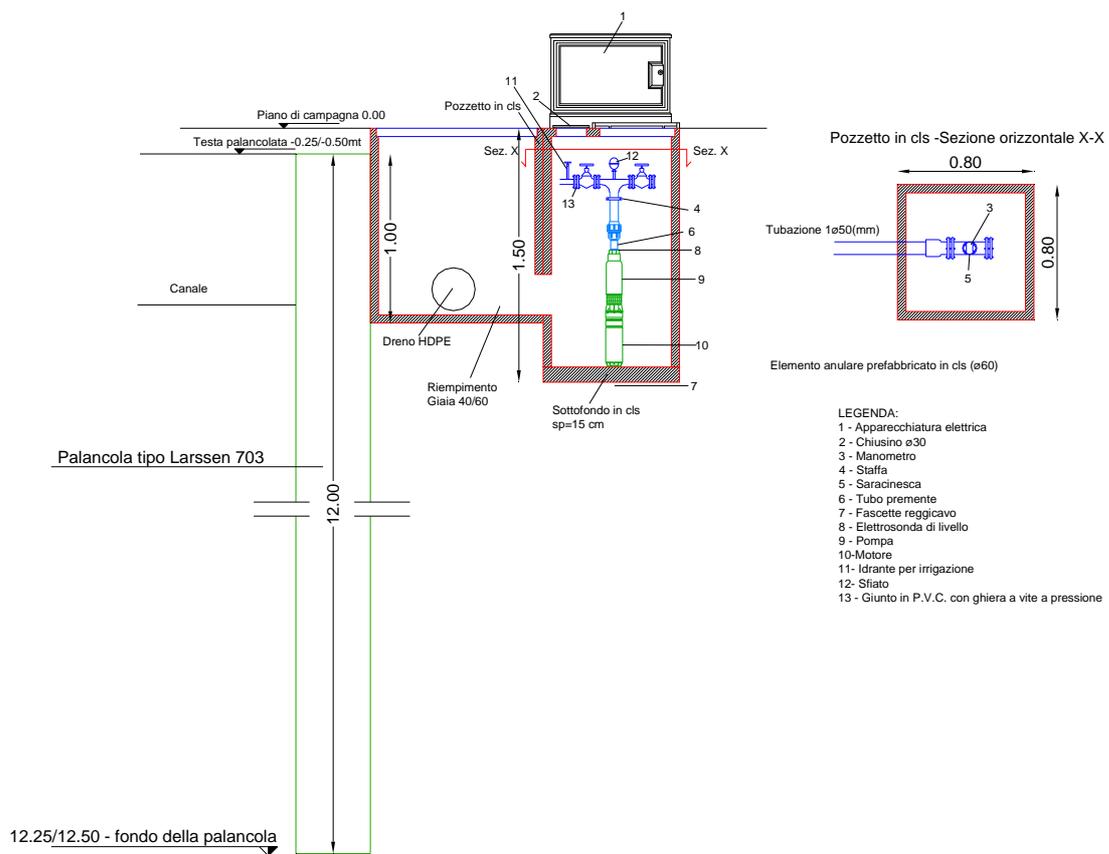


Figura 8 - Sezione tipo punto di captazione acquifero superficiale



Figura 9 - SIN di Orbetello – Area Ex Sitoco – tratti d'intervento

I tempi di realizzazione per singole fasi sono di seguito indicati.

Fase 1 – IMPIANTO DI CANTIERE (tempo stimato 10 giorni)

L'area oggetto dell'intervento sarà preliminarmente recintata in modo da impedire l'accesso ai non addetti ai lavori e tale da non presentare pericolo nei confronti di persone e/o cose; si dovrà tener conto degli spazi per la posa delle palancole e movimentazione dei mezzi d'opera.

Fase 2 – PREPARAZIONE DEL PIANO DI LAVORO (tempo stimato 5 giorni)

Per definire le quote di riferimento e procedere nell'esecuzione dei lavori con celerità, precisione e in piena sicurezza, si prevede di livellare una fascia di adeguata larghezza su entrambi i lati della linea di infissione del palancolato.

Fase 3 –INFISSIONE PALANCOLATO (tempo stimato 25 giorni)

Il marginamento è previsto mediante l'infissione di palancole tipo “ LARSSEN” aventi lunghezza pari a ml. 5,00 quelle relative all'area denominata “A” e pari a ml. 12,00 quelle relative all'area denominata “B”.

In merito alle modalità d'infissione delle palancole si è già detto in precedenza e per la tenuta idraulica del sconfinamento è da evidenziare che i giunti tra le palancole (gargami), saranno trattati con speciali resine idroespansive (sistema Roxan o equivalente).

4 Fase – REALIZZAZIONE PUNTO DI CAPTAZIONE ACQUIFERA SUPERFICIALE E POZZETTO CON IMPIANTO DI RILANCIO (tempo stimato 10 giorni)

Al fine di poter eliminare le acque raccolte a tergo del palancole è stato previsto un tubo drenante che convoglia in apposito pozzetto, dentro al quale si trova un impianto di pompaggio la cui tubazione è immessa in quella prevista nel progetto di “Laguna Azzurra s.r.l.” e , attraverso la quale sarà addotta ad un apposito impianto di trattamento.

5 – Fase – DISMISSIONE CANTIERE (tempo stimato 5 giorni)