



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO  
 Direzione generale per la politica industriale e la competitività  
**Dipartimento per l'impresa e l'internazionalizzazione**

ACCORDO DI PROGRAMMA PER LA "DISCIPLINA DEGLI INTERVENTI PER LA  
 RIQUALIFICAZIONE E LA RICONVERSIONE DEL POLO INDUSTRIALE DI PIOMBINO"  
 ASSE 1 AZIONE 2

INVITALIA



MINISTERO DELL'AMBIENTE  
 E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE

REGIONE  
 TOSCANA



ATTIVITA' TECNICHE

INVITALIA

ATTIVITÀ PRODUTTIVE

Invitalia Attività Produttive S.p.A.  
 VIA PIETRO BOCCANELLI 30 - 00138 - ROMA

**DIRETTORE TECNICO:**  
 Dott. Ing. MASSIMO MATTEOLI

**PROJECT MANAGER:**  
 Dott. Ing. LORENZO MORRA

**PROGETTAZIONE AMBIENTALE:**  
 Dott. Ing. EDOARDO ROBORTELLA STACUL

**COLLABORATORI:**  
 Dott. Ing. DANIELE BENOTTI  
 Geom. GENNARO DI MARTINO  
 Dott. LUCA DI NARDO  
 Dott. Ing. LORENZO MORRA  
 Dott. Arch. STEFANO VILLANI  
 Dott. Arch. FEDERICO CIOCCA  
 Dott. Geol. MARCO DI PILLO

PROGETTO INTEGRATO DI MESSA IN SICUREZZA E DI REINDUSTRIALIZZAZIONE DELLE  
 AREE SITUATE NEL COMUNE DI PIOMBINO DI PROPRIETA' E IN ATTUALE CONCESSIONE  
 DEMANIALE ALLA LUCCHINI S.P.A. AI SENSI DELL'ART.252-BIS D.LGS 152/2006 E s.m.i.

**STUDIO DI FATTIBILITA'**

ELABORATO

Documenti generali  
 Relazione generale

	DATA	NOME	FIRMA
REDATTO		VILLANI	
VERIFICATO		BENOTTI	
APPROVATO		STACUL	

DATA  
 luglio 2014

REVISIONE	DATA	AGGIORNAMENTI

SCALA

CODICE FILE  
 APQPIOMBINO-F-relazione.dwg

**RG**

## Indice

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>PROGRAMMAZIONE DEGLI INTERVENTI</b> .....	<b>2</b>
2.1	<b>OBIETTIVO E FINALITÀ DELL'ACCORDO DI PROGRAMMA</b> .....	2
2.2	<b>FASI E ATTIVITÀ PER LA PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI</b> .....	2
2.3	<b>CRONOPROGRAMMA DI MASSIMA</b> .....	3
2.4	<b>PIANO ECONOMICO</b> .....	4
<b>3</b>	<b>INQUADRAMENTO DEL SITO</b> .....	<b>6</b>
3.1	<b>AREA DI INTERVENTO</b> .....	6
3.1.1	ATTIVITÀ PRODUTTIVE PRESENTI NELL'AREA.....	6
3.1.2	CONCESSIONI PER USI INDUSTRIALI E DESTINAZIONI URBANISTICHE.....	7
3.2	<b>IL SIN DI PIOMBINO</b> .....	8
3.2.1	STATO DI QUALITÀ AMBIENTALE DEI SUOLI E DELLA FALDA.....	9
3.3	<b>ASPETTI GEOLOGICI</b> .....	10
3.4	<b>ASPETTI IDROGEOLOGICI</b> .....	13
3.4.1	ACQUIFERI.....	13
3.4.2	PARAMETRI IDRAULICI.....	16
3.4.3	CIRCOLAZIONE IDRICA .....	16
3.4.4	INGRESSIONE MARINA .....	16
3.4.5	PRESENZA DI SCARICHI ED OPERE DI PRESA.....	17
3.5	<b>STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE</b> .....	18
3.5.1	PIANO DI INDIRIZZO TERRITORIALE DELLA REGIONE TOSCANA .....	18
3.5.2	PIANO PAESAGGISTICO REGIONALE .....	18
3.5.3	PIANO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO.....	18
3.5.4	PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE .....	19
3.5.5	PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO .....	19
3.5.6	PIANO STRUTTURALE D'AREA .....	19
3.5.7	PIANO REGOLATORE PORTUALE .....	19
3.5.8	SINTESI DEI VINCOLI .....	20
<b>4</b>	<b>CARATTERISTICHE DEGLI INTERVENTI</b> .....	<b>21</b>
4.1	<b>ANALISI DELLE POSSIBILI ALTERNATIVE</b> .....	21
4.2	<b>INDIVIDUAZIONE DEGLI INTERVENTI</b> .....	23
4.3	<b>ANALISI DI RISCHIO ELABORATA DA ARPAT</b> .....	25
4.4	<b>MESSA IN SICUREZZA OPERATIVA DELLA MATRICE SUOLO</b> .....	26
4.4.1	COPERTURA DELLE AREE DEMANIALI.....	26
4.5	<b>MISURE DI PREVENZIONE/MESSA IN SICUREZZA DELLA MATRICE ACQUE SOTTERRANEE</b> .....	27
4.5.1	RETE DI POZZI DI EMUNGIMENTO DELLE ACQUE DI FALDA.....	27
4.5.2	SISTEMA DI REGIMAZIONE DELLA FALDA PRESENTE NEI TERRENI DI RIPORTO.....	30
4.5.3	SISTEMA DI MARGINAMENTO FOSSO CORNIA VECCHIA.....	32
4.6	<b>TRATTAMENTO DELLE ACQUE DI FALDA</b> .....	33
4.6.1	GESTIONE DELLE ACQUE RACCOLTE .....	33
4.6.2	REALIZZAZIONE DEGLI IMPIANTI TAF .....	33
<b>5</b>	<b>APPROFONDIMENTI DA SVILUPPARE IN FASE DI PROGETTAZIONE</b> .....	<b>35</b>
5.1	<b>INDIVIDUAZIONE DELLE AREE DI INTERVENTO PRIORITARIE</b> .....	35
5.2	<b>INDAGINI GEOTECNICHE INTEGRATIVE</b> .....	36
5.3	<b>PIANO DI MONITORAGGIO DELLE ACQUE DI FALDA</b> .....	40
5.3.1	INDIVIDUAZIONE DELLA RETE DI MONITORAGGIO .....	41
5.3.2	CAMPAGNE PIEZOMETRICHE.....	41

5.3.3	MISURAZIONE IN CONTINUO DEI LIVELLI DI FALDA.....	42
5.3.4	DIAGRAFIE CHIMICO-FISICHE .....	42
5.3.5	CAMPIONAMENTO ACQUE DI FALDA PIEZOMETRI DI MONITORAGGIO .....	42
5.3.6	MODALITÀ OPERATIVE DI ESECUZIONE DEI CAMPIONAMENTI DELLE ACQUE SOTTERRANEE .....	43
5.3.7	SPURGO DEI PIEZOMETRI .....	44
5.3.8	PRELIEVO CAMPIONI DI ACQUE SOTTERRANEE DAI PIEZOMETRI .....	44
5.3.9	TIPO DI CONTENITORI DA UTILIZZARE NEL CAMPIONAMENTO DELLE ACQUE SOTTERRANEE .....	45
5.3.10	IDENTIFICAZIONE DEI CAMPIONI .....	46
5.3.11	CONSERVAZIONE E TRASPORTO DEI CAMPIONI.....	46
5.3.12	RELAZIONE TECNICA FINALE.....	47
5.4	STUDIO MODELLISTICO IDRAULICO DI DETTAGLIO .....	48
5.4.1	DEFINIZIONE MODELLO CONCETTUALE IDROGEOLOGICO .....	48
5.4.2	MODELLO IDRAULICO .....	50
5.4.3	ELABORAZIONE DEL MODELLO NUMERICO .....	53
5.4.4	CONTROLLI DA ATTUARE PER LA VERIFICA DEL FUNZIONAMENTO DELL'INTERVENTO .....	58
5.5	PIANO DI MONITORAGGIO TOPOGRAFICO E FESSURIMETRICO .....	59
5.5.1	REQUISITI DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO .....	60
5.5.2	DESCRIZIONE DEL MONITORAGGIO TOPOGRAFICO.....	61
5.5.3	MONITORAGGIO FESSURIMETRICO .....	65
5.6	PIANO DI MONITORAGGIO E CONTROLLO.....	68
5.7	INTERAZIONI CON ALTRI INTERVENTI DELL'ADP.....	68
5.8	INTERAZIONI CON ALTRI PROCEDIMENTI .....	68

## 1 PREMESSA

L'Accordo di Programma per la "*Disciplina degli interventi per la riqualificazione e la riconversione del polo industriale di Piombino*" siglato il 24 aprile 2014 (di seguito AdP) prevede, tra i vari interventi, il "Progetto integrato di messa in sicurezza e di reindustrializzazione delle aree situate nel Comune di Piombino, di proprietà e in attuale concessione demaniale alla Lucchini S.p.A. ai sensi dell'art. 252 bis del D.lgs 152/2006 e smi", così come definito all'Asse I, Azione 2 dell'AdP medesimo.

In sede di Comitato Esecutivo dell'AdP, su proposta del Presidente della Regione Toscana nella funzione di Presidente del Comitato medesimo, si è convenuto di richiedere a INVITALIA SpA, società *in house* del MISE, tramite la sua controllata Invitalia Attività Produttive SpA (IAP), di sviluppare la progettazione di massima degli interventi di cui sopra, nelle more della stipula di apposita Convenzione.

Successivamente, in sede di Tavolo tecnico istituito dal MATTM, è stato richiesto di predisporre quanto prima la Scheda Attività/Intervento necessaria per l'istruttoria del CIPE al fine dell'approvazione del fabbisogno finanziario previsto nell'AdP.

Il presente Studio di Fattibilità rappresenta la proposta operativa elaborata da INVITALIA/IAP e destinata al Comitato Esecutivo dell'AdP e al Tavolo tecnico istituito dal MATTM, contenente:

- a) la programmazione delle attività;
- b) le linee progettuali di massima;

entrambe funzionali all'attuazione del "Progetto integrato di messa in sicurezza e di reindustrializzazione delle aree situate nel Comune di Piombino, di proprietà e in attuale concessione demaniale alla Lucchini SpA ai sensi dell'art. 252 bis del D.lgs 152/2006 e smi".

Si evidenzia che le ipotesi progettuali di seguito illustrate, sviluppate sulla base della documentazione finora disponibile, saranno oggetto di verifica e approfondimenti in sede di progettazione di dettaglio, anche alla luce delle recenti variazioni del regime delle concessioni (es. Fera, Lucchini), della documentazione dell'Agenzia del Demanio nonché degli esiti della procedura di Amministrazione Straordinaria della Lucchini S.p.A., al fine di definire esattamente i confini delle proprietà del demanio rese in concessione.

## 2 PROGRAMMAZIONE DEGLI INTERVENTI

### 2.1 Obiettivo e finalità dell'Accordo di Programma

L'AdP prevede che gli interventi di messa in sicurezza siano finalizzati a «garantire la fruizione e l'utilizzo, in condizioni di sicurezza sanitaria e ambientale, delle aree di proprietà e in attuale concessione demaniale alla Lucchini SpA».

La presente progettazione di massima sviluppata da IAP riguarda gli interventi finanziati con risorse pubbliche, eseguiti in danno ai soggetti responsabili (come previsto dall'art. 6 dell'AdP). Tali interventi consistono in:

- a) messa in sicurezza operativa della falda (da realizzare nelle aree di proprietà e in concessione demaniale della Lucchini SpA in A.S.);
- b) messa sicurezza operativa del suolo (da realizzare nelle aree demaniali).

L'approccio di seguito proposto è finalizzato a accelerare il processo di bonifica e reindustrializzazione del sito e prevede la modulazione del progetto in "aree prioritarie", da individuare sulla base di specifici criteri concordati con i Soggetti interessati, in modo da pervenire rapidamente all'avvio dei lavori.

### 2.2 Fasi e attività per la progettazione degli interventi

Nelle more della stipula di apposita Convenzione in cui definire le attività in carico a INVITALIA/IAP per gli interventi di cui all'Asse I – Azione 2 dell'AdP, il presente Studio di Fattibilità fa riferimento a quanto disposto dal Comitato esecutivo dell'AdP e dal Tavolo tecnico istituito dal MATTM, che hanno dato mandato ad IAP di procedere alla progettazione di massima degli interventi finanziati con risorse pubbliche, eseguiti in danno ai soggetti responsabili.

Nello schema seguente si espongono le fasi di lavoro, le relative attività, i prodotti / elaborati attesi e la tempistica di massima.

Le fasi di lavoro sono state programmate con la finalità di anticipare per quanto possibile la data di avvio dei lavori. Pertanto, si prevede di strutturare le attività secondo i seguenti criteri:

1. dare avvio immediato al monitoraggio delle acque di falda, per integrare fin da subito il quadro conoscitivo a supporto della progettazione;
2. contestualmente, sviluppare la progettazione per aree prioritarie di intervento, individuate in coerenza con gli obiettivi dell'AdP e condivise con i Soggetti interessati.

Fasi	Attività	Prodotti / Elaborati	Tempistica IAP
<i>Fase 1</i> Programmazione tecnico-economica	- individuazione di massima delle soluzioni tecniche - predisposizione della Scheda Intervento CIPE	- Scheda intervento CIPE; - Studio di Fattibilità	entro 21.07.2014
<i>Fase 2</i> Monitoraggio e indagini	- espletamento delle procedure di affidamento lavori; - stipula contratto	Contratto di appalto	entro 31.10.2014
<i>Fase 3</i> AREE PRIORITARIE - Progettazione di dettaglio	- elaborazione del Progetto Definitivo; - Decreto MATTM di approvazione	Progetto Definitivo (ai sensi del D.Lgs. 163/06) per le aree prioritarie	entro 18.09.2014
<i>Fase 4</i> AREE PRIORITARIE - Procedura di gara	- espletamento delle procedure di affidamento lavori; - stipula contratto	Contratto di appalto	entro 2 mesi dal Decreto MATTM di approvazione del Prog. Definitivo
<i>Fase 5</i> ALTRE AREE - Progettazione di dettaglio	- esecuzione delle indagini integrative; - elaborazione del Progetto Definitivo; - Decreto MATTM di approvazione	Progetto Definitivo (ai sensi del D.Lgs. 163/06)	in linea di massima, entro 4 mesi dall'approvazione del Prog. Preliminare ( <i>da modulare in funzione delle condizioni operative</i> )
<i>Fase 6</i> ALTRE AREE - Procedura di gara	- espletamento delle procedure di affidamento lavori; - stipula contratto	Contratto di appalto	in linea di massima, entro 3 mesi dal Decreto MATTM di approvazione del Prog. Definitivo

### 2.3 Cronoprogramma di massima

In Allegato 1 si riporta la programmazione temporale di massima delle attività.

I tempi indicati si basano su ipotesi di estrema celerità dell'iter autorizzativo dei progetti e di effettiva disponibilità delle risorse finanziarie necessarie.

In sintesi, si prevede la seguente tempistica:

- completamento delle attività di programmazione tecnico-economica (Fase 1) entro il 21 luglio 2014, con la predisposizione dello Studio di Fattibilità e della Scheda Attività/Intervento necessaria per l'istruttoria del CIPE;
- avvio del monitoraggio della falda, a seguito di procedura di affidamento lavori da concludere entro i tempi tecnici strettamente necessari (orientativamente entro fine ottobre 2014);

- progettazione di dettaglio degli interventi nelle aree prioritarie, da trasmettere al MATTM per l'iter di approvazione mediante Decreto Ministeriale (da formalizzare orientativamente entro fine ottobre 2014);
- espletamento delle procedure di affidamento lavori degli interventi nelle aree prioritarie, per pervenire alla stipula del contratto di appalto entro 2 mesi dall'emanazione del Decreto Ministeriale;
- esecuzione dei lavori nelle aree prioritarie, in funzione dei cronoprogrammi operativi del Progetto Definitivo approvato (allo stato attuale ipotizzabili in circa 12 mesi).

Lo schema seguente, riportato nella "Scheda Attività/Intervento", illustra la tempistica associata agli interventi nelle aree prioritarie.

Descrizione interventi ASSE 2, AZIONE 1	Importi interventi	Importi interventi impegnati	Attività propedeutiche all'avvio gara: progettazione	Espletamento gara e Stipula contratto	Esecuzione lavori
a) messa in sicurezza dei suoli nelle aree demaniali; b) messa in sicurezza della falda.	50 M€	0	4 mesi	2 mesi	4 mesi

La tempistica sopra indicata si riferisce agli interventi nelle aree prioritarie. Per le altre aree, la tempistica di progettazione e di affidamento lavori sarà modulata in funzione delle condizioni operative (ad es. disponibilità delle aree, regime delle concessioni e delle proprietà, risultati delle indagini integrative, etc.).

## 2.4 Piano economico

L'AdP prevede (art. 16) che per la copertura degli interventi di messa in sicurezza in danno dei soggetti responsabili, di cui all'Asse I - Azione 2, la Presidenza del Consiglio dei Ministri tenga conto che la quota di risorse del FSC 2014-2020, prima del riparto nazionale e regionale, sia pari ad 50 M€.

È stata pertanto predisposta la "Scheda Attività/Intervento" che individua gli interventi, il loro costo nonché il cronoprogramma degli stessi, al fine di perfezionare l'istruttoria di competenza del CIPE per l'approvazione dei finanziamenti necessari.

Il fabbisogno economico per la realizzazione degli interventi previsti dall'Asse I - Azione 2 dell'AdP (finanziati con risorse pubbliche, eseguiti in danno ai soggetti responsabili) è quantificato dall'AdP medesimo in 50 M€.

Nel quadro economico di massima, riportato in Allegato 2 alla presente Relazione, è stata quantificata in via preliminare la stima dei costi degli interventi, per un Importo delle opere pari a 37,0 M€ e per Somme a disposizione pari a 13,0 M€.

Lo schema seguente, riportato nella "Scheda Attività/Intervento", illustra la programmazione economica per il triennio 2014-2016. La programmazione degli interventi nell'ambito del triennio 2014-2016 è conseguenza dalla effettiva disponibilità, in tale periodo, delle risorse previste dalla programmazione FSC 2014-2020.

	<b>Realizzato</b>	<b>Da realizzare</b>	<b>Totale</b>
<b>nel 2014</b>	0	3.003.781,00	3.003.781,00
<b>nel 2015</b>	0	25.476.266,00	25.476.266,00
<b>nel 2016</b>	0	21.519.952,00	21.519.952,00



### 3 INQUADRAMENTO DEL SITO

#### 3.1 Area di intervento

L'area di intervento è compresa nel territorio comunale di Piombino (LI) e coincide con buona parte dell'area portuale e delle aree occupate dal polo industriale.

##### 3.1.1 Attività produttive presenti nell'area

L'intervento interessa un'area caratterizzata dalla presenza di una forte realtà industriale rappresentata dallo stabilimento siderurgico a ciclo integrale di proprietà della Lucchini S.p.A., oggi in Amministrazione Straordinaria. Le altre Aziende rilevanti operanti nell'area sono la Arcelor Mittal-Magona S.p.A., la Tenaris Dalmine S.p.A. e ENEL S.p.A., operante dagli anni '70 con una centrale termoelettrica di potenza elettrica di 1280 MW, alimentata a olio combustibile.

Si evidenzia che l'insieme del comparto industriale piombinese, tra occupazione diretta e indotta, offriva lavoro - fino a poco fa - a circa 4.000 addetti; allo stato attuale tali impieghi sono in forte ridimensionamento a causa del complesso periodo di crisi che coinvolge tutte le aziende operanti nel territorio.

Di seguito si riportano tabelle sintetiche descrittive delle suddette aziende (fonte: Comune di Piombino, "Bonifiche e reindustrializzazione nel SIN di Piombino", gennaio 2013).

Azienda	Caratteristiche	
<b>LUCCHINI - SEVERSTAL</b>	Superficie dello stabilimento	6.334.632 mq
	Tipo di prodotto	fabbrica dell'acciaio a ciclo integrale specializzata nei prodotti lunghi laminati a caldo
	Capacità produttiva	2012: 2,5 ml tonnellate anno di acciaio
	Produzione effettiva ultimo triennio	2009: 1, 25 milioni tonnellate
		2010: 1,6 milioni tonnellate
		2011: 1,46 ml tonnellate
	Numero addetti	2001: 1945
2005: 2024		
2009: 2.205		
2012: 2.042		
Occupazione indotta (stime)	2012: 800	
<b>ARCELOR MITTAL - MAGONA</b>	Superficie dello stabilimento	273.000 mq
	Tipo di prodotto	Stabilimento di zincatura/verniciatura del laminato piano acciaio.
	Capacità produttiva	2012: 800.000 tonnellate anno

Azienda	Caratteristiche	
	Produzione effettiva ultimi quattro anni	2009: 347.000 ton anno 2010: 461.000 ton anno 2011: 364.000 ton anno 2012: 340.000 ton anno
	Numero addetti	2005: 800 c.a. 2009: 623 c.a. 2012: 545 c.a. (effettivi da Ottobre 217 per effetto contratti solidarietà).
	Occupazione indotto (stime)	2005: 300 c.a. 2012: 150 c.a.
<b>TENARIS DALMINE</b>	Superficie dello stabilimento	680.000 mq, di cui 100.000 coperti.
	Tipo di prodotto	Tubi senza saldatura per impianti idrotermosanitari, costruzioni e industriali
	Capacità produttiva	2012: 140.000 ton.
	Produzione effettiva ultimo triennio	2009: 65.000 ton. 2010: 60.000 ton 2011: 55.000 ton
	Numero addetti	2005: 200 2009: 124 2012: 110
	Occupazione indotto (stime)	2005: 60 2012: 35

### 3.1.2 Concessioni per usi industriali e destinazioni urbanistiche

Lo stato delle concessioni per usi industriali dovrà essere oggetto di puntuale verifica con le Amministrazioni e gli Enti competenti, anche in funzione delle recenti variazioni e degli esiti della procedura di Amministrazione Straordinaria della Lucchini SpA.

Sulla base delle informazioni disponibili, si riporta di seguito il quadro delle concessioni nell'area di intervento (fonte: Comune di Piombino, "Bonifiche e reindustrializzazione nel SIN di Piombino", gennaio 2013).

Buona parte delle concessioni demaniali risalgono al dopoguerra, quando i programmi dell'IRI prevedevano consistenti sviluppi della siderurgia per la cui realizzazione venne bonificato il Padule di Piombino, ad est della città. I programmi industriali vennero successivamente ridimensionati e i terreni bonificati usati solo in parte. Molte delle aree demaniali in concessione alla Soc. Lucchini e alla Tenaris non sono mai state utilizzate e conservano ancora oggi la morfologia delle aree umide. Più in generale emerge una diffusa sottoutilizzazione delle aree demaniali statali in uso all'industria.

Con il passare degli anni il Comune ha definito una pianificazione territoriale che prevede il loro riuso per il potenziamento delle infrastrutture (portuali, stradali, ferroviarie, nautiche) e per la riqualificazione ambientale ed urbanistica della città.

Di seguito si riporta la tabella con le destinazioni urbanistiche relative alle aree demaniali in uso alle grandi industrie.

<b>Destinazioni urbanistiche delle aree demaniali nel PRG (2008)</b>	<b>ettari</b>	<b>%</b>
zone destinate alla grande industria (D1-D2-D3-D4)	358,28	68,54
zone destinate alla piccola e media industria (D5)	0,1	0,02
zone destinate ad usi portuali commerciali e passeggeri (D14.1)	26,16	5,00
zone destinate alla nautica da diporto e alla cantieristica (D14.2)	6	1,15
zone destinate a corridoi per il potenziamento delle infrastrutture stradali e ferroviarie*	20,3*	
zone destinate alla tutela degli ambienti umidi costieri - zone agricole di rispetto fluviale – zone destinate a parchi pubblici agricole di rispetto fluviale (E5, E3, F1.3)	75	14,35
zone destinate a servizi per la gestione dei rifiuti urbani e industriali (F5)	50	9,56
zone destinate per impianti di acquicoltura (E7)	7,2	1,38
<b>Totale aree demaniali concessione</b>	<b>522,74</b>	<b>100</b>

\* Aree destinate a corridoi infrastrutturali che si sovrappongono ad aree già contabilizzate.

Dai dati emerge che solo il 68,54% delle aree demaniali attualmente in concessione alle grandi industrie siderurgiche (Soc. Lucchini e Soc. Tenaris) ricade in zone che i piani urbanistici destinano alla grande industria. Le altre aree, pari a 164 ettari, risultano invece strategiche per lo sviluppo infrastrutturale, la riqualificazione ambientale e la diversificazione produttiva.

### 3.2 Il SIN di Piombino

L'area d'intervento rientra nel perimetro del Sito di bonifica di Interesse Nazionale (SIN) di Piombino, individuato con Legge n. 426 del 9 dicembre 1998, inizialmente perimetrato con D.M. del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare del 10 gennaio 2000 e successivamente ampliato con D.M. del 7 aprile 2006.

Il SIN si estende su una superficie terrestre di circa 930 ettari, ai quali si aggiunge uno specchio acqueo antistante le industrie e il porto di 2.079 ettari. Il SIN viene solitamente diviso in Macroisola Nord (area prettamente industriale con presenza degli impianti della Lucchini) e Macroisola Sud (area portuale e industriale).

Si ricorda che, allo stato attuale, le esatte individuazioni e quantificazioni del regime giuridico delle aree terrestri e degli usi demaniali in atto dovranno essere oggetto di puntuale verifica con le Amministrazioni e gli Enti competenti; tuttavia è possibile delineare la situazione di massima così come di seguito ricostruita (fonte: Comune di Piombino, "Bonifiche e reindustrializzazione nel SIN di Piombino", gennaio 2013):

- Aree demaniali (marittime e ramo bonifiche): 580 ha;
- Aree di proprietà privata: 321 ha;
- Aree di proprietà comunale: 29 ha.

Pertanto, il 62% dei suoli del SIN è costituito da demani statali quasi interamente concessi alle industrie, con una netta prevalenza delle concessioni a favore dello stabilimento Lucchini. Di seguito il dettaglio degli usi demaniali in atto:

- Soc. Lucchini (siderurgia): 440 ettari
- Soc. Tenaris (siderurgia): 70 ettari
- Soc. Arcelor (siderurgia): 2 ettari
- Soc. Edison (energia): 5 ettari
- Soc. Elettra (energia): 2 ettari
- Soc. TAP (recupero scorie siderurgiche): 7 ettari
- Autorità Portuale Piombino: 54 ettari

A queste va aggiunta la recente concessione di aree demaniali a favore della Soc. Fera.

### 3.2.1 Stato di qualità ambientale dei suoli e della falda

Informazioni e dati sulla contaminazione ambientale presente nell'area di intervento sono disponibili in base alla documentazione ufficiale agli atti del MATTM (fonte: Dipartimento ARPAT Piombino Elba, "Relazione finale sulle elaborazioni eseguite sui dati di contaminazione del suolo e della falda nel sito Lucchini di Piombino", aprile 2014).

Nell'area settentrionale del SIN di Piombino, in concessione alla Lucchini, sono localizzati alcuni impianti di lavorazione a freddo dei semilavorati di acciaio prodotti dagli impianti della stessa azienda situati nell'area meridionale del SIN. E' presente anche un'area paludosa, mai utilizzata industrialmente, la cui concessione demaniale, a partire dal mese di gennaio 2014, è passata da Lucchini ad altra società.

L'area settentrionale è originata da depositi di colmata del fiume Cornia e da depositi di laguna posti al di sopra di uno strato di sabbie pleistoceniche. Nell'area oggetto della concessione Lucchini è presente, al di sopra dei depositi di colmata, un ulteriore strato, di circa 3-4 metri di spessore, costituito da riporto siderurgico. Nel sottosuolo sono presenti due falde sotterranee di cui una sospesa nel riporto siderurgico ed una nelle sabbie al di sotto dei depositi di colmata.

Nell'area impianti l'attività di caratterizzazione ha interessato il suolo superficiale e profondo fino allo strato dei depositi di colmata e laguna evitando di perforare lo strato impermeabile posto al di sopra delle sabbie. I piezometri realizzati in tale area monitorano pertanto la sola falda sospesa presente nello strato di riporto. Tale falda è alimentata essenzialmente da apporti meteorici ed i suoi livelli piezometrici risentono in modo importante dell'alternarsi delle stagioni.

La caratterizzazione dei suoli, avvenuta seguendo le modalità del DM 471/1999, ha comportato il prelievo di almeno tre campioni localizzati, rispettivamente, nel primo metro, nel tratto intermedio e nel fondo del sondaggio non limitandosi al solo strato insaturo come previsto dal vigente Dlgs. 152/2006.

Le attività di caratterizzazione condotte hanno mostrato la presenza di contaminazioni nel suolo, superficiale e profondo, da parte di metalli, principalmente Cromo totale, Vanadio e Arsenico, e da parte di IPA ed Idrocarburi C>12; sono inoltre presenti sporadici superamenti di Benzene. Nei sondaggi sono stati riscontrati quattordici hot spot.

La falda sospesa nel riporto presenta superamenti dei limiti normativi:

- Frequenti, cioè in almeno 20% dei campioni analizzati: Alluminio, Arsenico, Boro, Ferro, Nichel, Manganese, Nitriti, Fluoruri, Solfati, Benzene, Benzo(a)pirene, Benzo(ghi)perilene;
- Meno frequenti, cioè in almeno il 5% dei campioni analizzati: Antimonio, Cromo VI, Mercurio, Piombo, Toluene, para-Xilene, Benzo(A)antracene, Dibenz(ah)antracene;
- Sporadici: Cadmio, Cromo totale, Stirene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Crisene, Indeno(123-cd)pirene, Alifatici clorurati, PCB, Idrocarburi totali.

Nelle aree di intervento sono inoltre presenti numerosi cumuli, costituiti da ingenti quantità di materiali e rifiuti derivanti dalle lavorazioni industriali, che concorrono alla diffusione della contaminazione.

### **3.3 Aspetti geologici**

Le unità geologiche affioranti nel settore di interesse sono tutte "recenti", databili all'olocene. Il sito risulta caratterizzato in superficie da materiali di riporto adagiati su alternanze di depositi marini e palustri-lagunari. La presenza di questi ultimi ha determinato in passato un intervento antropico di bonifica idraulica così sinteticamente strutturato: dapprima si ricolmavano gli acquitrini utilizzando i depositi terrigeni dei corsi d'acqua naturali, successivamente si rialzava il piano di campagna con una coltre di riporto costituita in parte dagli scarti di lavorazione dei prodotti siderurgici ed in parte da "misto di cava" e materiali provenienti da demolizioni edili.

Di seguito si riporta l'inquadramento geologico dell'area di intervento, caratterizzata in prevalenza da un esteso affioramento di sabbie di origine eolica e di sabbie fluviali, pleistoceniche, sovrapposto alle formazioni litoide di arenarie e di calcari marnosi.

#### Area portuale

Quadro stratigrafico:

- Presenza di una coltre superficiale di materiale di riporto artificiale legata alle operazioni di sopraelevazione artificiale dell'area industriale, cominciate dai primi decenni del secolo e proseguite fino agli anni 70-80. Lo spessore medio oscilla dai 4 ai 6 mt.
- Al di sotto della coltre di riporto industriale un substrato prevalentemente sabbioso, con frazione limosa estremamente variabile. Il substrato sabbioso, che presenta anche due livelli calcarenitici ("Panchina") che permettono di attribuirlo in parte alla Formazione pleistocenica delle Sabbie rosso-arancio di Donoratico, è risultato caratterizzato da alternanze di sabbie e ghiaie; le sabbie sono variamente limose, talvolta completamente sciolte, per lo più di colore giallo ocra; le ghiaie sono talvolta in matrice sabbiosa biancastra, talvolta risultano prive di matrice e ben lavate. Il tetto delle sabbie risale fino a 2-3 mt dal p.c. nei sondaggi più interni coincidenti con aree che non sono mai state interessate da scavi o rimaneggiamenti di altro tipo. In tutti gli altri sondaggi la profondità delle sabbie è estremamente variabile e sempre prossima al livello medio marino, spesso anche maggiore. Tale fattore evidenzia l'opera storica di avanzamento verso il mare dello stabilimento siderurgico e, inoltre, alcune operazioni di scavo interno e successiva ricolmatura che hanno portato a forti rimaneggiamenti degli originari rapporti stratigrafici.

Dall'insieme delle indagini condotte presso l'Area Portuale di Piombino, risulta che fino a minimo 35 metri da l.m.m sono presenti terreni sabbiosi, praticamente senza soluzione di continuità.

#### Area "Magona d'Italia"

La classe delle sabbie poco coesive, sabbie poco coesive con livelli di calcarenite è quella prevalente. Lo spessore Calcarenitico si riduce a valle a lenti isolate di esigue dimensioni.

La presenza delle argille e delle ghiaie è occasionale e localizzata nel settore a valle dello stabilimento, in prossimità del porto.

Il substrato argilloso – scistoso – calcareo è stato intercettato in due soli punti d'investigazione posti nel quadrante SE del settore di valle.

Il riporto è praticamente ubiquitario; tendenzialmente la presenza aumenta procedendo dal settore di monte a quello di valle con spessori significativi nelle aree occupate dai capannoni e nel settore prospiciente il mare dove si raggiunge lo spessore massimo.

La predominanza di sedimenti psammitici di colore giallo – ocra, sia incoerenti (sabbie) che coerenti (calcareni), lascia presumere la prevalenza di un ambiente di sedimentazione di mare basso rispetto ai sedimenti sabbiosi di tipo continentale.

Lo stabilimento della Magona d'Italia insiste su una depressione in parte naturale ed in parte artificiale, la coincidenza dei limiti della depressione con i confini dello stabilimento, ovvero l'area dello stabilimento non risulta quasi mai sopraelevata rispetto alle zone in aderenza fisica.

#### Settore demaniale costiero (dalla foce fosso vecchia Cornia alla foce del fiume Cornia)

A livello generale si possono individuare:

- Il complesso dei sedimenti del sistema dunale;
- Il complesso dei sedimenti retrodunali.

Nel settore dell'arenile predomina le sabbie di spiaggia, ma esse sono di spessore modesto e sottendono nell'immediato sottosuolo la coltre limosa-argillosa legata in parte alle colmate costiere di bonifica in parte agli originari depositi palustri e lacustri.

Nel settore di duna gli spessori sabbiosi sono maggiori a causa degli accumuli eolici storici.

Negli sporadici settore di retroduna sviluppati nell'estremità orientale dell'area sono presenti alcuni ambienti di acque stagnanti sviluppati tra le ondulazioni delle dune ed il rilevato stradale che corre parallelamente a tutto il settore indagato dalla foce del fiume Cornia fino in prossimità del suo margine occidentale.

#### Area "Città Futura"

In base ai dati ottenuti in fase di indagine ed alla ricostruzione degli orizzonti litologici è ritenuto che tutta l'area di "Città Futura" sia caratterizzata dalla presenza:

- di uno strato superficiale di scoria frammista a terreno di riporto eterogranulare, a densità variabile di color grigio – biancastro, avente uno spessore medio pari a circa 0.50 cm.
- Il livello di scoria frammista a terreno poggia o su sabbie fini (spessori variabili oscillanti tra pochi metri fino a 25 metri) color beige – ocra, marrone chiaro o direttamente sul substrato litoide, per la sola parte sud-occidentale.
- Breccia poligenica con clasti da millimetrici a centimetrici in matrice argillosa (regolite del Macigno).
- Alternanza di livelli di argilliti scistose di color beige, marrone chiaro, verde e rosso (Argilliti del Macigno) e livelli di areniti quarzoso feldspadiche (Arenarie del Macigno).

### Aree "Lucchini"

Quadro litostratigrafico del sottosuolo:

- Riporto: appare notevolmente addensato come conseguenza della cementazione prodotta dalla infiltrazione di acqua meteorica all'interno di materiali ricchi in Sali di calcio e magnesio presenti in alcuni tipi di scorie e loppe.
- Depositi di palude: costituiti da limi e limi sabbiosi di colore grigio azzurro con rare screziature di colore ocra. Localmente sono presenti inclusioni carboniose. Costituiscono l'originario piano di campagna sul quale sono stati depositati i materiali di riporto artificiale. Si tratta di terreni scadenti e gli edifici vengono realizzati su pali.
- Depositi di colmata: costituiti da limi sabbiosi e sabbie limose di colore marrone – ocra con locali accumuli di ghiaia fine e presentano una bassa permeabilità.
- Depositi di laguna: limi bituminosi di colore grigio – azzurro a volte nerastri, con abbondanti conchiglie, sia di ambiente marino sia di ambiente dolce, sedimentati in condizioni prettamente riducenti. Risultano molto plastici e impermeabili. Presentano notevoli variazioni di spessore, da un valore di oltre 10 metri fino ad esaurirsi localmente, mettendo in contatto i limi di colmata con le sabbie limose.
- Sabbie e limi pleistocenici: depositi che costituiscono il substrato dei sedimenti più recenti. Sono terre costituite da sabbie e limi di colore ocra – rossastro, compatti e buona permeabilità, localmente contengono livelli di calcareniti e sporadiche inclusioni ciottolose.
- Substrato roccioso: tende ad approfondirsi bruscamente, presente in alcuni sondaggi realizzati in prossimità dei rilievi collinari che delimitano a nord – ovest l'area siderurgica. Si tratta di rocce attribuite alla formazione del Macigno: arenarie quarzose – micacee – feldspatiche a cemento argilloso – marnoso con rari interstrati calcarenitici, associate a lenti di argilla siltosa o marnosa – siltosa.

La morfologia dell'area portuale e dell'area industriale è pressoché planare, con quote assolute medie dell'ordine dei 3.0-3.5 mt in area portuale, leggermente più elevate nel settore industriale; i gradienti altimetrici da zona a zona sono sempre blandi e poco significativi ai fini del condizionamento di qualsivoglia fenomeno di contaminazione.

## **3.4 Aspetti idrogeologici**

### 3.4.1 Acquiferi

L'acquifero multistrato della pianura, di principale interesse ai fini dell'approvvigionamento idrico, idropotabile, irriguo ed industriale, è contenuto nei



depositi permeabili del Quaternario, rappresentato dai livelli di ghiaie alluvionali oloceniche legati alla deposizione del fiume Cornia e dai livelli di sabbie arenarie e conglomerati pleistocenici della zona di San Vincenzo – Piombino. Entrambe le formazioni con spessori massimi di circa 80 m, giacciono sul substrato pre-quaternario argillitico marnoso.

Per la ricostruzione della geometria dell'acquifero sono stati utilizzati dati stratigrafici di pozzi, sondaggi e dati geofisici del sottosuolo.

Gli accertamenti geognostici eseguiti hanno confermato e precisato localmente il quadro conoscitivo dal punto di vista idrogeologico, sia in termini di permeabilità dei depositi che di assetto idrogeologico.

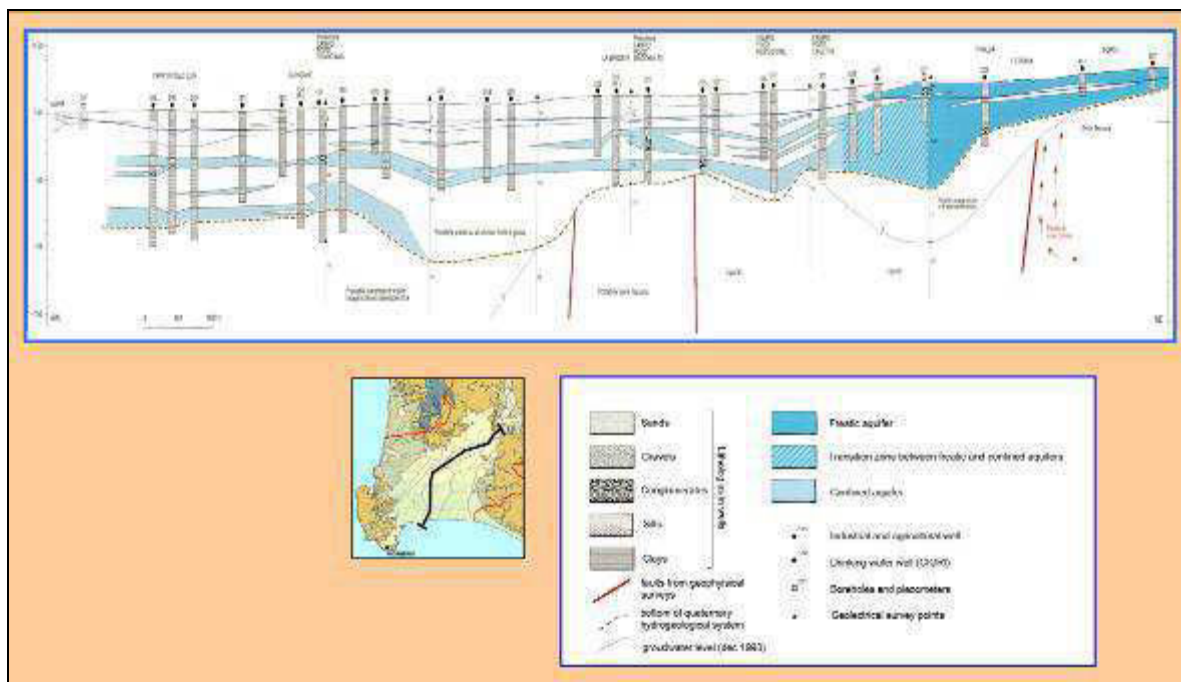
- Falda freatica superficiale. E' immagazzinata nel riporto, che rappresenta certamente un acquifero potenziale dotato di spiccate caratteristiche di permeabilità nei livelli più superficiali ove i ciottoli e le ghiaie sono privi di consistente frazione terrigena fina ( $K$  oscillante da 10<sup>-2</sup> a quasi 10 cm/sec). I piezometri superficiali hanno evidenziato una forte dipendenza della falda superficiale dal livello medio marino proprio a causa dell'elevata permeabilità, tanto che nei sondaggi prossimi al mare il livello statico era di poco superiore al livello medio marino. Allontanandosi anche di poco alla linea di costa si riscontra invece un innalzamento del livello statico verso il p.c. in corrispondenza dell'innalzamento del tetto sabbioso sottostante il riporto. E' evidente che in tale frangente l'acquifero profondo entra in comunicazione con quello superficiale e lo condiziona a causa della leggera pressione. Tale falda freatica è in continuità laterale con le porzioni del rimanente territorio industriale e risulta fortemente condizionata anche dagli eventi meteorici e dagli apparati sotterranei più profondi.
  
- Falda profonda localmente semiconfinata. E' immagazzinata nelle sabbie pleistoceniche ed in quelle più recenti sovrastanti, che fungono da interfaccia con la coltre di riporto. La sua presenza è scaturita dalla evidente differenza tra i livelli idrici sotterranei misurati contemporaneamente nei piezometri di 9 mt ed in quelli di 20 mt, che hanno fatto registrare, in questi ultimi, un battente idrico dell'ordine di 1,5 mt dal p.c., ben al di sopra del livello medio marino e del livello medio della falda freatica (4.35-4.34-4.25 m. dal p.c.). La verifica di tali livelli, l'esecuzione differenziata dei piezometri profondi rispetto a quelli più superficiali e la stratigrafia riscontrata (parte basale del riporto quasi sempre in matrice limosa, a ridotta permeabilità rispetto ai livelli più superficiali) spingono ad ipotizzare l'esistenza di una falda profonda a carattere semiconfinato, il cui livello misurato è determinato proprio dalla pressione della falda rispetto agli strati meno impermeabili posti in parte alla base del riporto ed in parte nei primi metri delle sabbie, ove sono presenti membri limosi e membri argillosi. Si denota quindi apprezzabile isolamento idrogeologico tra la prima e la seconda falda. Quest'ultima si interfaccia lateralmente con il cuneo salino verso mare ed è contigua alla falda regionale immagazzinata nelle sabbie pleistoceniche.

Nell'area prettamente di spiaggia/duna e di retrospiaggia del Settore demaniale costiero (dalla foce fosso Vecchia Cornia alla foce del fiume Cornia) in generale è assente una vera e propria falda freatica superficiale, a causa sia della vicinanza del cuneo salino che della elevata permeabilità dei sedimenti sabbiosi. In concomitanza dei principali afflussi pluviometrici e nei settori ove l'orizzonte a bassa permeabilità sottostante alle sabbie mostra marcati avvallamenti e depressioni, è possibile che si mantengano delle sacche di acqua dolce confinate in basso dai sedimenti fini.

La falda freatica, quando presente a monte degli arenili, si trova subito al di sotto dei terreni superficiali, talvolta discontinui e scarsamente permeabili, ed individua un acquifero semifreatico caratterizzato da depositi sabbiosi fini in facies lagunare. La sua profondità massima si aggira intorno ai 10 metri ed è priva di interesse produttivo. Le falde intermedie (da 20 a 35 m), profonde (da 40 a 50 m) e molto profonde (da 60 a 70 m), riscontrate nella pianura costiera, sono in pressione idrostatica.

La sezione idrogeologica di seguito illustrata rappresenta uno dei settori più significativi della pianura lungo una traccia che si estende fra la stretta morfologica di Forni e il mare nell'area di Torre del Sale (Golfo di Follonica).

Figura 3.4.1 – Sezione Idrogeologica



Fonte: BOREMED Contract EVK1-CT-2000-00046.

Da sottolineare la mancanza di una sezione idrogeologica rappresentativa per l'area di progetto.

### 3.4.2 Parametri Idraulici

Tutta l'area portuale è caratterizzata in affioramento da Unità Idrogeologiche a permeabilità primaria per porosità granulare aventi un elevato coefficiente di permeabilità ( $K = 10^{-2}$  cm/sec), ad eccezione dell'altura di Poggio Batteria (lato Sud presso inizio diga foranea) caratterizzata da depositi lapidei argillitici di bassa o nulla permeabilità.

Le sabbie coesive di contro, in relazione al modesto grado di permeabilità, rappresentano un ostacolo alla circolazione.

Nell'insieme e a livello generale si può individuare, a livello di falda superficiale immagazzinata nel riporto artificiale, un debole gradiente idrogeologico sotterraneo da Ovest verso Est, in direzione mare.

È evidente che la presenza dell'interfaccia marina a contatto con i depositi permeabili determina un'influenza della falda freatica superficiale sia da parte delle variazioni di marea sia da parte degli eventi meteorici più intensi, quindi in questo senso tale acquifero superficiale non possiede una connotazione "regionale", bensì per lo più "locale".

Nell'area di intervento in cui si riscontra la presenza dell'acquifero freatico predominano meccanismi d'infiltrazione diretta di acque meteoriche e il contributo di corsi d'acqua laterali: la ricarica è condizionata dalla permeabilità dei depositi sabbiosi superficiali che non è particolarmente elevata, e l'escursione annua è più contenuta.

### 3.4.3 Circolazione Idrica

La piana compresa nel polo siderurgico è interessata dai seguenti corsi d'acqua principali:

- Fossi Cornia Vecchia e Cornacchia;
- Fosso bocca di Cornia;
- Fiume Cornia.

Per quanto concerne le acque in arrivo nella piana del Cornia vanno distinte quelle del fiume Cornia, di provenienza alquanto lontana, da quelle delle colline che contornano la piana stesa. Il ruolo del fiume Cornia è importante in tutta la piana in quanto alimentatore principale delle acque sotterranee della piana stessa.

### 3.4.4 Ingressione marina

Nell'acquifero della Val di Cornia la diminuzione delle precipitazioni e l'eccessivo emungimento ha generato l'ingressione e la dispersione di acqua di mare con la crescente salinizzazione delle acque sotterranee della pianura costiera. Il fenomeno ha comportato la completa salinizzazione delle acque del Salcio ed attualmente si rileva una tendenza di

avanzamento delle curve di bassa-media salinità verso i campi idropotabili di Franciana, Coltie ed Amatello.

L'ingressione marina interessa tutto il territorio a destinazione d'uso industriale, il suolo agricolo nella zona S, SW e W della pianura con due cunei di penetrazione preferenziale di cloruri di origine marina:

- il primo, fiancheggia l'alveo del Cornia, partendo dalla zona dei campi pozzi della Magona e di Campo all'Olmo, (ed è prossimo ad interessare i pozzi idropotabili di Coltie);
- il secondo si sviluppa dai campi pozzi ex ILVA, andando a congiungersi nell'area dei Casalappi con acque i cui cloruri sono quasi certamente di origine tettonica profonda (in tale zona infatti la piezometria è ancora parzialmente sopra il livello del mare).

La relazione tra eccessivo sfruttamento delle acque di falda e fenomeno di salinizzazione è stata messa in evidenza dagli studi di ASA S.p.A., in cui si afferma che la riduzione del prelievo industriale dalle acciaierie comporta lo spostamento dei minimi piezometrici verso Salcio e Franciana (dove contemporaneamente il prelievo è aumentato) cui consegue un'analogica migrazione e dispersione delle masse di acqua salata.

#### 3.4.5 Presenza di scarichi ed opere di presa

Nell'area oggetto dell'intervento sono presenti diversi scarichi ed opere di presa degli stabilimenti Lucchini, Magona e dell'Agroittica.

In particolare in corrispondenza di ciascuna vasca di decantazione sono presenti n. 2 scarichi industriali della Lucchini S.p.A., il terzo scarico della Lucchini per le acque di raffreddamento delle centrali termoelettriche interne allo stabilimento, si trova in prevalenza in corrispondenza del canale interno alla vasca piccola di contenimento dei fanghi adiacente il pontile Lucchini.

Uno scarico a servizio dello stabilimento Magona è localizzato in corrispondenza della darsena pescherecci.

Le opere di presa della Lucchini, Magona e Agroittica sono localizzate nell'area compresa tra la zona portuale e la Chiusa.

Un'opera di presa a servizio dello stabilimento Magona è localizzata in corrispondenza della darsena Lanini, all'interno della darsena denominata Lucchini è ubicata l'opera di presa per le acque di raffreddamento delle centrali termoelettriche interne allo stabilimento.

La società Agroittica ha un'opera di presa in corrispondenza della costa limitrofa il parco minerali.

### **3.5 Strumenti di Pianificazione**

Nel presente capitolo vengono sintetizzati i contenuti di interesse dei principali strumenti di pianificazione e programmazione per l'area di intervento.

#### 3.5.1 Piano di Indirizzo Territoriale della Regione Toscana

Il PIT è stato approvato dal Consiglio Regionale il 24 luglio 2007 con Delibera n. 72. L'area oggetto dell'intervento risulta inserita nell'Ambito di paesaggio n.23 "Val di Cornia" che individua tra i suoi obiettivi "Miglioramento della gestione idraulica nelle aree umide e della qualità delle acque".

Il PIT individua inoltre le linee guida per lo sviluppo e la pianificazione di area vasta nonché le zone di criticità ambientale, che nell'area oggetto d'intervento sono relative agli "Impatti di processi produttivi" e ai "Siti da Bonificare".

Il Consiglio regionale con deliberazione 2 luglio 2014, n. 58, ha adottato l'integrazione al piano di indirizzo territoriale (PIT), approvato con deliberazione 24 luglio 2007, n. 72, con valenza di Piano Paesaggistico.

#### 3.5.2 Piano Paesaggistico Regionale

Il PPR è stato adottato dal Consiglio Regionale il 16 giugno 2009 con Deliberazione n. 32; si configura come implementazione del Piano di Indirizzo Territoriale per la disciplina paesaggistica.

Il Comune di Piombino appartiene all'Ambito PIT/PPR n. 23 "Val di Cornia", nella cui sezione 4 "Beni paesaggistici soggetti a tutela ai sensi dell'art. 136 del D.Lgs. 42/2004" è ricompresa per l'area di intervento l'elemento "Zona costiera sita nel territorio del comune di Piombino".

#### 3.5.3 Piano per l'Assetto Idrogeologico

Il PAI – Bacino Regionale Toscana Costa è stato approvato dal Consiglio Regionale il 25 gennaio 2005 con Delibera n.13.

L'area di intervento ricade in buona parte in "aree di particolare attenzione per la prevenzione da allagamenti": la pericolosità idraulica è di livello basso e medio, solo alcune porzioni limitate sono interessate da pericolosità idraulica elevata o molto elevata (zona della palude) e da pericolosità idrogeologica elevata (foce del Fosso Vecchio Cornia), come si desume dalla Carta della Tutela del territorio, PAI, maggio 2010).

#### 3.5.4 Piano di Tutela delle Acque

Il PTA – Bacino Toscana Costa è stato approvato dal Consiglio Regionale il 25 gennaio 2005 con Delibera n.13.

Per il polo industriale e portuale di Piombino, il piano prevede una serie di interventi atti al miglioramento della qualità delle acque superficiali e sotterranee ed una riduzione degli attingimenti e/o emungimenti, al fine di regolare in maniera equilibrata l'uso delle risorse idriche presenti.

#### 3.5.5 Piano Territoriale di Coordinamento

Il PTC della Provincia di Livorno è stato approvato con Deliberazione del Consiglio Provinciale n. 52 del 25 marzo 2009.

L'area di intervento appartiene al "Sistema di paesaggio della pianura alluvionale del Cornia e delle colline metallifere" – sottosistema Ambito 20 "Paesaggio del promontorio di Piombino con presenza insediativa produttiva".

Le Norme tecniche di attuazione individuano come obiettivo specifico "non superare i limiti di criticità dei bacini idrici soggetti a bilancio idrico deficitario o soggetti ad ingressione di acqua marina e condizionare i prelievi dai corpi idrici sotterranei ricadenti in zone vulnerabili".

#### 3.5.6 Piano Strutturale d'Area

Il Piano Strutturale d'Area è stato approvato con Delibera del Consiglio Comunale n. 52 del 9 maggio 2007.

L'area d'intervento ricade prevalentemente nel sistema insediativo "area industriale" - subsistema insediativo della grande industria e del porto.

Le Norme tecniche di attuazione individuano come obiettivo la rilocalizzazione degli impianti suscettibili di produrre impatti ambientali negativi critici in siti il più possibile distanti dalle articolazioni del sistema insediativo, e la riutilizzazione dei siti dimessi dagli impianti delocalizzati, previa bonifica dei relativi suoli e sottosuoli, per attività produttive di beni a nullo o basso impatto ambientale, ovvero per altre utilizzazioni compatibili con il contesto urbanistico e ambientale.

#### 3.5.7 Piano Regolatore Portuale

Il nuovo Piano Regolatore Portuale del Porto di Piombino, approvato dal Consiglio Regionale con Deliberazione 26 luglio 2013, n. 75, contiene importanti previsioni di sviluppo e di risanamento ambientale.

Tra gli obiettivi del nuovo PRP risulta centrale il rilancio dello sviluppo economico-produttivo di Piombino, anche attraverso il rafforzamento della competitività delle industrie e del porto. Le linee di intervento prevedono:

- lo sviluppo infrastrutturale del porto anche in termini di migliore accessibilità, previo risanamento e bonifica ambientale delle aree;
- lo sviluppo della filiera delle rottamazioni navali, eventualmente per il recupero del rottame ferroso da reimpiegare nel ciclo siderurgico degli impianti di Piombino.

L'area di intervento coincide con aree oggetto di pianificazione e sviluppo portuale (ampliamento del porto commerciale e del polo della cantieristica; realizzazione del nuovo porto turistico); inoltre l'Autorità Portuale ha sviluppato la progettazione di interventi di risanamento/bonifica, alcuni in avanzato stato di esecuzione. L'intervento in oggetto sarà sviluppato in integrazione e completamento di tali previsioni e di tali misure.

### 3.5.8 Sintesi dei vincoli

L'analisi puntuale dei vincoli che interessano le singole aree di intervento verrà sviluppata in fase di progettazione di dettaglio. Da una prima analisi degli strumenti di governo del territorio, si evidenzia che sull'area d'intervento, nel suo complesso, insistono i seguenti vincoli:

- Sito di Interesse Nazionale di bonifica di Piombino;
- Beni paesaggistici - aree tutelate ai sensi del D.Lgs. 42/04;
- Direttiva fascia costiera - ambito sottoposto a tutela ai sensi del DGR 47/90;
- Fascia di rispetto stradale - ai sensi del D.Lgs. 30 aprile 1992, n.285 e D.P.R. 16 dicembre 1992, n.495;
- Fascia di rispetto della linea e dell'impianto ferroviario - ai sensi del D.P.R. 11 luglio 1980, n.753 - Titolo III.

Inoltre, esternamente all'area di intervento sono presenti l'Area naturale protetta di interesse locale della Sterpaglia, il SIC "Promontorio di Piombino e Monte Massoncello" (codice Rete Natura 2000: IT5160009) e il SIC/ZPS "Padule Orti Bottagone" (codice Rete Natura 2000: IT5160010).

## 4 CARATTERISTICHE DEGLI INTERVENTI

La progettazione sviluppata da INVITALIA/IAP riguarda gli interventi finanziati con risorse pubbliche, da eseguire in danno ai soggetti responsabili (come previsto dall'art. 6 dell'AdP), consistenti in:

- a) messa in sicurezza operativa della falda nelle aree di proprietà e in concessione demaniale della Lucchini S.p.A. in A.S.;
- b) messa sicurezza operativa del suolo nelle aree demaniali.

L'obiettivo dei suddetti interventi è di garantire una adeguata sicurezza sanitaria ed ambientale delle aree e impedire l'ulteriore propagazione dei contaminanti.

### 4.1 Analisi delle possibili alternative

Alla luce della documentazione tecnica agli atti del MATTM e delle valutazioni condivise con i Soggetti interessati negli incontri preliminari avviati da INVITALIA/IAP, è possibile identificare le criticità e i punti di debolezza delle proposte progettuali finora elaborate per la messa in sicurezza della falda del SIN di Piombino.

Attualmente, i principali elementi che condizionano lo sviluppo progettuale ed esecutivo degli interventi sulla falda sono così riassumibili:

- alla contaminazione della falda concorrono principalmente due cause: a) i cumuli di materiali/rifiuti presenti nelle aree Lucchini; b) le aree non adeguatamente pavimentate e regimate;
- la gestione delle aree di competenza Lucchini riveste un ruolo determinante per l'efficacia della bonifica;
- il progetto preliminare per la messa in sicurezza della falda, agli atti del MATTM e esaminato dalla Conferenza di Servizi del MATTM del 12 luglio 2013, presenta diversi punti di debolezza, come evidenziato nei pareri degli Enti;
- il ricorso al barrieramento fisico è consentito in caso di estrema ratio (art. 243, comma 2 del D.Lgs. 152/2006, così come modificato dall'art. 41, comma 1, Legge 98/2013);
- infine, l'approccio del progetto preliminare agli atti del MATTM difficilmente ad oggi riesce ad allinearsi con i contenuti dell'AdP, che prevede un progetto integrato di messa in sicurezza e di reindustrializzazione e non più un intervento di bonifica di tipo "rigido" e "passivo".

La tabella seguente illustra i punti di debolezza del progetto preliminare agli atti del MATTM e le proposte di modifica e integrazione per superare le criticità riscontrate, da sviluppare in fase progettuale.



	<b>Punti di debolezza del progetto preliminare agli atti del MATTM</b>	<b>Proposte di modifica e integrazione</b>
<b>Approccio progettuale</b>	<p>Il Progetto preliminare esaminato dalla Conferenza di Servizi del MATTM del 12 luglio 2013 è finalizzato a bloccare la diffusione della contaminazione in falda. Vengono quindi proposte soluzioni progettuali con marginamenti profondi e ingenti portate di acqua di falda da emungere e trattare. Ne consegue che:</p> <p>a) l'intervento proposto, efficace solo in condizioni di completa attuazione lungo l'intero fronte di sviluppo, ha elevati fabbisogni economici sia per la realizzazione (38,8 M€ per il marginamento; 3,2 M€ per l'impianto TAF) che per la gestione delle acque da trattare (circa 1,0 M€ anno);</p> <p>b) i tempi di realizzazione dell'intervento proposto (più di 2 anni) comportano il permanere del vincolo sulle aree, in attesa della bonifica complessiva della falda. La tempistica dilatata ha riflessi negativi sulla gestione di aziende che già versano in situazione di crisi industriale;</p> <p>c) l'intervento proposto non prende in considerazione gli aspetti della titolarità delle aree (lo stabilimento Lucchini è esteso per 633 ettari, pari al 68% dell'intero SIN; l'81% delle aree dello stabilimento appartengono al Demanio, in larga misura sono costituite anche da terreni mai utilizzati) né lo stato delle aree (oltre l'80% dello stabilimento, circa 509 ettari, risulta non pavimentato o scoperto).</p>	<p><b>Intervenire sulle cause della contaminazione</b></p> <p>La principale causa della contaminazione delle falde è costituita dal percolamento delle acque piovane in aree non adeguatamente regimate e pavimentate. È quindi opportuno valutare il ricorso a interventi di pavimentazione e regimazioni idrauliche superficiali delle aree di lavorazione e di stoccaggio della materie prime, dei sottoprodotti e dei rifiuti industriali dello stabilimento Lucchini. Si tratta di interventi tecnologicamente semplici, di rapida esecuzione.</p> <p><b>Attuare il principio della messa in sicurezza operativa</b></p> <p>La messa in sicurezza operativa garantisce "un adeguato livello di sicurezza per le persone e per l'ambiente, in attesa di ulteriori interventi di messa in sicurezza permanente o bonifica da realizzarsi alla cessazione dell'attività". L'obiettivo è comunque quello di evitare la diffusione della contaminazione, anche mediante piani di monitoraggio per verificare l'efficacia delle soluzioni adottate.</p> <p><b>Definire le aree prioritarie</b></p> <p>Sulla base di specifici criteri di intervento, sarà possibile modulare il progetto in "aree prioritarie" al fine di velocizzare i tempi di esecuzione.</p>
<b>Quadro conoscitivo</b>	<p>I dati di caratterizzazione utilizzati non considerano alcune aree critiche come quelle dei cumuli Lucchini in area demaniale.</p> <p>Sono da approfondire aspetti tecnici quali: stratigrafie locali; interazione falda superficiale e falda profonda; permeabilità dei suoli; quantificazione flusso di ricarica; emungimenti; etc.</p>	<p><b>Approfondire il quadro conoscitivo</b></p> <p>Le informazioni e i dati a disposizione dell'Arpat porteranno a un quadro conoscitivo più adeguato ad indicare le soluzioni tecniche più idonee.</p> <p>Va previsto uno studio integrato per Valori di fondo per la falda (per Boro, Manganese, Cloruri, Arsenico e Ferro).</p> <p>Per il completamento del quadro conoscitivo devono essere previste indagini e modellizzazioni per geologia, idrogeologia, geotecnica, etc.</p>
<b>Gestione dei materiali e dei rifiuti</b>	<p>Mancano adeguate proposte operative per la gestione degli ingenti quantitativi di materiali/rifiuti presenti in cumuli nelle aree di stabilimento, che concorrono alla diffusione della contaminazione.</p>	<p><b>Migliorare la gestione dei rifiuti</b></p> <p>In coerenza con la gerarchia dei rifiuti (Direttiva C.E. 17/6/2008, che esprime l'approccio generale da adottare nel trattamento dei rifiuti per minimizzarne la quantità prodotta e massimizzare il recupero di materiali ed energie) si valuterà il ricorso alle Strutture già operative sul territorio, anche attraverso applicazioni su "lotti pilota" di tecnologie per la produzione di materiale da utilizzare per pavimentazioni e sottofondi.</p>

	<b>Punti di debolezza del progetto preliminare agli atti del MATTM</b>	<b>Proposte di modifica e integrazione</b>
<b>Gestione dei reflui</b>	Mancano adeguate proposte operative per la gestione degli ingenti quantitativi di reflui e delle acque superficiali da collettare provenienti nelle aree di stabilimento, che incidono significativamente sui costi di intervento.	<b>Migliorare la gestione dei reflui</b> Attraverso l'integrazione tra i sistemi di regimazione idraulica delle acque superficiali, i sistemi di trattamento e le possibilità di riuso delle acque sarà possibile migliorare la sostenibilità ambientale e economica del progetto.
<b>Decreto AIA</b>	Le prescrizioni del Decreto AIA prevedono l'adeguamento di vaste aree di stabilimento (pavimentazioni e regimazioni idrauliche delle acque meteoriche): si tratta degli stessi terreni interessati da lavorazioni e stoccaggi che, in assenza di appropriati presidi ambientali, alimentano la percolazione di contaminanti in falda.	<b>Sviluppare sinergie con le prescrizioni AIA</b> L'adeguamento alle prescrizioni AIA incide sulle cause della contaminazione e concorre in modo determinante alla messa in sicurezza della falda ed al contenimento dei costi di intervento e di gestione.
<b>Pianificazione territoriale e di settore</b>	Le opere di marginamento proposte per la messa in sicurezza della falda non sempre si coniugano con le previsioni urbanistiche (ampliamento del porto commerciale e del polo della cantieristica). Inoltre incidono su aree umide di interesse paesaggistico.	<b>Prevedere integrazioni con gli interventi in area portuale</b> Gli interventi in fase di realizzazione nel porto prevedono un impianto di trattamento delle acque di falda contaminate, di estremo interesse per la messa in sicurezza della falda del SIN.
<b>Quadro autorizzativo</b>	Il progetto preliminare esaminato dalla Conferenza di Servizi del MATTM del 12 luglio 2013 rimanda ad una possibile procedura di assoggettabilità a VIA.	<b>Definire il quadro delle autorizzazioni ambientali necessarie</b> La selezione della tipologia di intervento deve tenere conto anche delle procedure di verifica di assoggettabilità e di VIA (la cui tempistica minima è rispettivamente di 90 gg e 120 gg), al fine di evitare ritardi nei tempi di autorizzazione dell'intervento. Va inoltre evidenziato che comunque la vicinanza ad un'area SIC/ZPS imporrà limitazioni operative in fase di cantiere per le aree più vulnerabili.

## 4.2 Individuazione degli interventi

L'individuazione degli interventi finanziati con risorse pubbliche, da eseguire in danno dei Soggetti responsabili, è stata oggetto di istruttoria tecnica in sede di Tavolo tecnico istituito dal MATTM a cui hanno partecipato le Amministrazioni e gli Enti locali (febbraio-marzo 2014).

In base alle valutazioni e agli esiti condivisi dal Tavolo tecnico, gli interventi finanziati con risorse pubbliche in danno dei Soggetti responsabili sono stati individuati nei seguenti tre ambiti di intervento, così come riportato nell'AdP, Asse I – Azione 2 (art. 6, tabella 2):

- **Interventi sui suoli:** messa in sicurezza operativa del suolo nelle aree demaniali;
- **Interventi sulle acque sotterranee:** messa in sicurezza operativa della falda da realizzare nelle aree di proprietà e in concessione demaniale della Società Lucchini

in Amministrazione Straordinaria S.p.A., tramite barrieramento misto fisico e idraulico, per l'emungimento e trattamento delle acque di falda inquinate ai fini di cui all'art. 41, comma 2, del D.L. n. 69/2013, convertito nella Legge n. 98/2013, compresa la realizzazione di sistemi di trincee drenanti, pozzi di emungimento/aggottamento;

- **Impianto di trattamento acque:** realizzazione dell'impianto di trattamento delle acque emunte.

Come successivamente disposto dal Comitato esecutivo dell'AdP e dal Tavolo tecnico istituito dal MATTM, INVITALIA/IAP ha avuto mandato di procedere alla progettazione di massima degli interventi sopra elencati.

In questa fase di programmazione delle attività si è fatto riferimento alla documentazione agli atti della Direzione TRI del MATTM e alle informazioni elaborate dal Tavolo tecnico istituito dal MATTM medesimo.

Inoltre, INVITALIA/IAP ha svolto incontri e riunioni con tutti i Soggetti istituzionali interessati (Comune di Piombino, Autorità Portuale, Regione Toscana, Provincia di Livorno, ARPAT – Dip.to Piombino) nonché con il Commissario Straordinario Lucchini in Amministrazione Straordinaria, per condividere ogni informazione e proposta tecnica funzionale al raggiungimento degli obiettivi dell'Accordo.

In particolare, sono stati condivisi i seguenti criteri per lo sviluppo della progettazione:

- coerenza degli elementi istruttori consolidati nell'ambito del procedimento di bonifica avviato dal MATTM, sia per le aree di competenza della Lucchini SpA in A.S. che per quelle pubbliche;
- identificazione di aree prioritarie di intervento, in modo da programmare efficacemente la progettazione e la successiva esecuzione degli interventi;
- armonizzazione della messa in sicurezza con la riqualificazione del territorio: la programmazione degli interventi dovrà essere coerente con lo sviluppo del territorio (ad es. con le previsioni urbanistiche del Comune per l'area portuale e costiera, con il potenziamento della SS 398, con la gestione del servizio idrico integrato) e con le misure di reindustrializzazione previste dall'AdP, tra le quali anche le opportunità di reimpiego dei lavoratori del siderurgico.

Si rileva inoltre come elemento di attenzione la forte integrazione esistente tra alcuni degli interventi sopra descritti e gli interventi di messa in sicurezza dei suoli a carico del privato. A titolo esemplificativo, si evidenzia che la rimozione dei cumuli di materiali/rifiuti presenti sia sulle aree private che su quelle in concessione condiziona l'attuazione e l'efficacia delle attività di messa in sicurezza. Pertanto, si ritiene necessario e prioritario concordare con il soggetto privato un programma di rimozione dei cumuli in modo da poter disporre effettivamente delle aree per gli interventi di messa in sicurezza.

### 4.3 Analisi di rischio elaborata da ARPAT

Gli interventi di messa in sicurezza identificati dall'AdP per l'Asse I – Azione 2 sono stati oggetto di analisi di rischio condotta a cura del Dipartimento ARPAT Piombino Elba, i cui esiti sono stati presentati e condivisi dal Tavolo tecnico istituito dal MATTM (documento "Relazione finale sulle elaborazioni eseguite sui dati di contaminazione del suolo e della falda nel sito Lucchini di Piombino", aprile 2014).

Nell'ipotesi di realizzazione dell'intervento di impermeabilizzazione delle aree, successivamente all'asportazione degli hot spot nei suoli (il cui intervento è a carico del privato incolpevole, così come definito dall'AdP) è stata condotta un'analisi di rischio in modalità diretta al fine di valutare l'accettabilità del rischio sanitario per il personale professionalmente esposto che dovrà operare sul sito.

Sono stati quindi acquisiti i dati sito specifici disponibili sul sito in esame: tali dati fanno riferimento ad una Analisi di Rischio dei suoli condotta da ISS nell'anno 2012 sul futuro tracciato della strada di accesso a Piombino che, nella sua parte finale, dovrebbe attraversare le aree perimetrate nel SIN di Piombino in concessione o di proprietà della Lucchini SpA in A.S.. Nell'ambito di questo è stata eseguita una campagna di misure per la determinazione dei seguenti parametri sito specifici: Foc, pH, granulometria. Gli esiti dell'analisi granulometrica inseriti nel diagramma triangolare hanno permesso di classificare il suolo come LOAM.

Nell'ipotesi di intervento proposta (asportazione degli hot spot nei suoli a carico del privato; copertura delle aree mediante impermeabilizzazione), i percorsi di esposizione attivati sono l'inalazione di vapore outdoor ed indoor per il bersaglio lavoratore connessi ad una diffusa contaminazione da Idrocarburi C>12 e, in misura minore, da IPA, con presenza sporadica di Mercurio e PCB. Per gli Idrocarburi C>12 l'analisi di rischio è stata condotta utilizzando i dati di speciazione misurati da ISS (Alifatici C9-C18, Alifatici C19-C36 e Aromatici C11-C22).

Ipotizzando di rimuovere gli hot spot individuati nella matrice suolo/sottosuolo insaturo si identificano 37 sorgenti di contaminazione nel suolo superficiale e 44 sorgenti nel suolo profondo. L'applicazione del codice RISKNET, selezionato in base a criteri di affidabilità oggettiva e di rispondenza alle linee guida ISPRA, ha evidenziato il rispetto dei limiti per il Rischio cancerogeno e l'Indice di pericolo individuale e cumulato per tutte le sorgenti presenti nel suolo superficiale e profondo, ad eccezione del Benzo(a)pirene in una sorgente superficiale (SS5), dove il rischio cancerogeno individuale risulta pari a  $1,26 \times 10^{-6}$ .

Per quanto riguarda le acque sotterranee sono stati presi in esame i seguenti analiti: Solventi organoalogeni, BTEX, Idrocarburi totali espressi come n-esano (che cautelativamente è stata interamente attribuibile alla frazione idrocarbureica Alifatici C5 - C8), IPA, Mercurio, PCB e Cianuri.

Le acque sotterranee risultano interessate da superamenti diffusi delle CSC per il parametro Benzene, che si rileva nella maggioranza dei piezometri nel sito, e in misura minore da IPA e dagli altri analiti sopra indicati. Ai fini dell'analisi di rischio, la sorgente in falda è stata fatta coincidere con l'intera estensione del sito.

Pur in uno scenario particolarmente conservativo, non sono stati rilevati superamenti dei limiti normativi per Rischio e Indice di Pericolo individuali e cumulativi connessi al percorso di volatilizzazione.

#### **4.4 Messa in sicurezza operativa della matrice suolo**

Le valutazioni condivise dal Tavolo tecnico istituito dal MATTM hanno evidenziato che, al fine di completare l'isolamento dei materiali di riporto che rappresentano la principale sorgente della contaminazione nelle aree in oggetto, è necessario procedere alla copertura delle aree medesime. L'intervento si configura come misura di messa in sicurezza operativa della matrice suolo, finalizzata all'interruzione dei percorsi di esposizione diretti (ingestione e contatto dermico).

##### 4.4.1 Copertura delle aree demaniali

La soluzione progettuale individuata in prima valutazione consiste nell'impermeabilizzazione superficiale delle aree non pavimentate di proprietà demaniale in concessione alla Lucchini S.p.A. in A.S., interessate dalla presenza di impianti di stabilimento e dai cumuli di sottoprodotti e di rifiuti industriali.

In via preliminare, per l'individuazione e la quantificazione di massima delle aree da pavimentare si è fatto riferimento ai risultati dell'analisi di rischio condotta dal Dipartimento ARPAT di Piombino, nell'ipotesi di pavimentazione delle aree che più contribuiscono al superamento dei limiti. L'estensione delle aree oggetto di intervento è stimata in circa 260 ettari complessivamente tra aree in capo al soggetto privato e del pubblico.

Alla luce dei risultati delle elaborazioni effettuate dall'ARPAT per l'analisi di rischio, il MATTM ha rilevato che perde di significato la realizzazione di una rete di monitoraggio del soil gas, finalizzata a valutare gli eventuali rischi per i fruitori dell'area derivanti da inalazione di vapori dai suoli e dalla falda per i componenti volatili (Hg, BTEX, etc) in quanto già la modellizzazione, in uno scenario particolarmente conservativo, non ha rilevato criticità sanitarie.

L'esatta individuazione e quantificazione delle aree sarà oggetto di approfondimenti in funzione del reale stato dei luoghi, da verificare mediante appositi rilievi, e della documentazione tecnica in corso di elaborazione dalla Lucchini S.p.A. in A.S. Attualmente è in fase di esecuzione da parte della Lucchini S.p.A. un'attività di rilievo di dettaglio condotto per ogni cella caratterizzata per definire lo stato di pavimentazione.

L'intervento di copertura delle aree demaniali è stato strutturato in due fasi di cui una preliminare in aree ritenute prioritarie, per loro immediata disponibilità di esecuzione, impatto ambientale.

La tecnica di intervento per la pavimentazione potrà essere selezionata anche in relazione alle Strutture operative presenti sul territorio, anche attraverso applicazioni su "lotti pilota" di tecnologie per la produzione di materiale da utilizzare per pavimentazioni e sottofondi.

In coerenza gli obiettivi dell'AdP di reindustrializzazione e riqualificazione produttiva si prevede una progettazione integrata dell'intervento di pavimentazione finalizzata a dotare le aree di opere di urbanizzazione primaria, quali collettori per le acque meteoriche e cavidotti per servizi (illuminazione, etc.) nonché la messa a verde di una quota parte di quelle superfici in possesso di caratteristiche idonee, anche in relazione allo stato di contaminazione presente. In un'ottica di economia degli interventi che potranno assolvere sia alle funzioni ambientali che di riqualificazione, le caratteristiche ultime della pavimentazione verranno definite in funzione di possibili sviluppi futuri delle stesse. In questa sede si è ipotizzato di inquadrare un lotto pilota di superficie di circa 15 ha nell'area della Macro isola SUD corrispondente con il Parco Minerali. Le previsioni economiche sono state sviluppate considerando strati di spessore adeguato ai carichi previsti in banchina portuale. In sede di sviluppo progettuale potranno essere definiti nel dettaglio le portanze della pavimentazione e verificata con prove strumentali la capacità portante dell'attuale sedime. Si considera pertanto una stratigrafia come riportata in planimetria con un costo parametrico di circa 35 €/mq per la infrastrutturazione e la realizzazione delle urbanizzazioni reti di drenaggio delle acque.

#### **4.5 Misure di prevenzione/messa in sicurezza della matrice acque sotterranee**

Le misure di prevenzione/messa in sicurezza della matrice acque sotterranee, da realizzare nelle aree sia di proprietà che in concessione demaniale della Lucchini SpA in A.S., sono costituite dai seguenti interventi, tra loro integrati:

- a) rete di pozzi di emungimento delle acque di falda;
- b) sistema di regimazione della falda presente nei terreni di riporto;
- c) sistema di marginamento lato Fosso Cornia Vecchia.

##### **4.5.1 Rete di pozzi di emungimento delle acque di falda**

L'analisi di rischio condotta da ARPAT in modalità diretta sulle acque sotterranee della macroisola nord ha evidenziato che le acque sotterranee risultano interessate, principalmente, da superamenti diffusi delle CSC per il parametro Benzene e, in misura minore, da IPA e dagli altri analiti sopra indicati. Sono stati rilevati, in un numero discreto di piezometri, valori di concentrazione anche superiori a 10 volte il valore delle CSC delle

sostanze rilevate (hot spot). In sede di Tavolo tecnico istituito dal MATTM è stata prevista la rimozione degli hot spot nelle acque di falda da attuarsi mediante pozzo d'emungimento e trattamento delle acque emunte in apposito impianto di trattamento (TAF).

Le figure seguenti illustrano, per la macroisola nord e per la macroisola sud, la distribuzione spaziale dei superamenti delle CSC e degli hot spot in falda, evidenziati in base ai dati di caratterizzazione disponibili agli atti del MATTM.





La soluzione progettuale di massima, in coerenza con quanto condiviso in sede di Tavolo tecnico istituito dal MATTM, consiste nell'attivare la messa in sicurezza della falda attraverso la realizzazione di un sistema di pozzi di emungimento così composto:

- a) per la macroisola nord, si prevede di realizzare una rete di pozzi di emungimento da ubicare in prossimità degli hot spot: i pozzi saranno intestati all'interno della prima falda (circa 20 m dal p.c.) e saranno realizzati per essere funzionali anche all'emungimento della falda presente nel riporto (entro i primi 3 m dal p.c.);
- b) per la macroisola sud, si prevede di realizzare una rete di pozzi di emungimento da ubicare in prossimità degli hot spot e intestati all'interno della prima falda;
- c) sempre per la macroisola sud, si prevede di realizzare il barrieramento della prima falda lungo il fronte mare dell'area portuale. In via preliminare si è ipotizzato di intervenire mediante una barriera idraulica (pozzi di emungimento) ma si evidenzia che la tecnica di intervento da adottare dovrà essere verificata in funzione sia dell'integrazione con le opere di barrieramento previste e/o già realizzate nell'area portuale sia dei risultati del previsto monitoraggio della falda.

Per lo sviluppo della soluzione progettuale sopra descritta, in fase di progettazione preliminare si dovrà tenere conto dei seguenti elementi:

- risultati del monitoraggio delle acque di falda, da attivare nei tempi tecnici strettamente necessari, finalizzato ad aggiornare il quadro conoscitivo e a confermare le valutazioni espresse da ARPAT sulla qualità delle acque sotterranee del SIN, laddove si ritiene che il quadro della contaminazione debba essere ridimensionato in funzione delle alterazioni riscontrate;
- interazione e armonizzazione della barriera idraulica proposta con gli interventi di confinamento fisico dell'acquifero già attuati o programmati dall'Autorità Portuale (anche in quanto funzionali alle infrastrutture in corso di realizzazione).

In fase di progettazione preliminare dovrà essere definito anche lo sviluppo e il dimensionamento del sistema di collettamento delle acque emunte dai pozzi, alla luce di specifica analisi di dettaglio (ad es. disponibilità impiantistica, mappatura delle interferenze e dei sottoservizi presenti nell'area, etc.).

#### 4.5.2 Sistema di regimazione della falda presente nei terreni di riporto

Come evidenziato dal Tavolo tecnico istituito dal MATTM, la principale causa della contaminazione delle falde è costituita dal percolamento delle acque meteoriche in aree di lavorazione non adeguatamente regimate e pavimentate. Di fatto, la falda sospesa nello strato di riporto presente nella macroisola nord è alimentata essenzialmente da apporti meteorici ed i suoi livelli piezometrici risentono in modo importante dell'alternarsi delle stagioni.

Figura 4.5.4 – Macroisola Nord: andamento piezometrico della falda presente nei terreni di riporto



L'intervento proposto per la messa in sicurezza della falda presente nei terreni di riporto nella macroisola nord prevede la regimazione idraulica delle aree demaniali in concessione alla Lucchini S.p.A. in A.S., attualmente interessate da impianti di lavorazione e da aree di stoccaggio di materie prime, di sottoprodotti e di rifiuti industriali.

L'intervento di regimazione si integra con l'intervento di messa in sicurezza operativa dei suoli, da realizzare mediante pavimentazione superficiale delle stesse aree, completando così l'isolamento dei materiali di riporto che rappresentano la sorgente della contaminazione.

La soluzione progettuale individuata in prima valutazione consiste nella realizzazione di una trincea drenante finalizzata ad intercettare la falda presente nel materiale di riporto, spinta fino ad intercettare il deposito di sedimento a bassa permeabilità (limi-argillosi) per una profondità media di circa 3 metri dal p.c..

Il perimetro seguito dalla trincea è stato ipotizzato per circoscrivere le aree dove sono presenti i cumuli (a sud) e gli impianti di stabilimento (a nord e a est), lasciando aperto il lato a ovest in relazione all'azione drenante operata dal Fosso Vecchio Cornia, sul quale si prevede di intervenire mediante marginamento fisico. Lo sviluppo ipotizzato in questa fase di valutazione di massima è di circa 7.450 m.

La trincea drenante sarà opportunamente integrata da vasche di raccolta e omogenizzazione delle acque drenate, sia per la verifica delle caratteristiche idrochimiche delle acque raccolte, sia per l'impiego di pompe di rilancio all'impianto di trattamento.

Lo sviluppo e il dimensionamento della trincea sarà definito in fase di progettazione preliminare, tenendo conto di diversi elementi, tra i quali:

- caratteristiche degli eventi meteorici;
- risultati degli studi idrogeologici disponibili per l'area in esame, con particolare riferimento alla macrodirezione del flusso idraulico sotterraneo e allo studio delle portate;
- mappatura delle interferenze e dei sottoservizi presenti nell'area, etc.

#### 4.5.3 Sistema di marginamento Fosso Cornia Vecchia

Nel settore occidentale della macroarea nord è necessario isolare l'area dei riporti dall'influenza del paleovalve del Fosso Vecchio Cornia, che costituisce un asse drenante e/o effluente a seconda del regime stagionale.

La soluzione progettuale proposta, individuata in prima valutazione sulla base delle condizioni idrogeologiche presenti, consiste nel marginamento fisico dei terreni di riporto da sviluppare lungo la sponda sinistra del Fosso Cornia Vecchia, a partire dal confine del SIN fino alla foce del corso d'acqua, per uno sviluppo di circa 2.020 m.

Il marginamento si approfondirà mediamente fino a circa 5 m dal p.c. al fine da garantire un adeguato ammorsamento negli strati a bassa permeabilità; la barriera viene completata con una trincea drenante, da realizzare in via preliminare per una profondità media di circa 3 metri dal p.c., posta in contiguità con effetto di dreno sia dell'acquifero presente nei riporti e di riequilibrio dell'eventuale incremento per effetto del marginamento. La rete di drenaggio delle acque di falda sarà integrata da pozzetti di monitoraggio e condotte di rilancio all'impianto di trattamento delle acque di falda della Macro isola Nord.

La tecnica di intervento per la barriera idraulica (diaframma plastico oppure palancoato metallico) ed il suo dimensionamento saranno definiti in fase di progettazione preliminare, tenendo conto di diversi elementi, tra i quali:

- interferenze con le opere viarie di potenziamento della SS398;
- stratigrafia locale effettivamente riscontrata e operatività nei terreni presenti;
- presenza di interferenze di sottoservizi interrati non riposizionabili;
- eventuali interferenze con ingombri aerei;

- garanzia di continuità ed omogeneità dell'impermeabilizzazione;
- minimizzazione delle terre e rocce di scavo e degli ulteriori materiali derivanti dalle lavorazioni.

#### **4.6 Trattamento delle acque di falda**

##### 4.6.1 Gestione delle acque raccolte

Si prevede che le acque di falda, sia quelle emunte dal sistema di pozzi che quelle drenate dalle trincee, saranno convogliate tramite un sistema stabile di collettamento ed inviate a trattamento da effettuare mediante uno o più impianti appositi; pertanto, ai sensi della normativa vigente, saranno assimilate alle acque reflue industriali.

Coerentemente a quanto disposto dalle ultime modifiche all'art. 243 del D.Lgs. 152/06 in materia di gestione delle acque di falda derivanti da interventi di bonifica (art. 41, comma 1, Legge n. 98 del 2013), in fase di progettazione di dettaglio verranno esaminate le possibilità tecniche per il riutilizzo e/o trattamento delle acque emunte e/o drenate:

- utilizzarle nei cicli produttivi degli stabilimenti in esercizio, in conformità alle finalità generali e agli obiettivi di conservazione e risparmio delle risorse idriche stabiliti nella Parte Terza del D.Lgs. 152/06 e del DM 185/03;
- immetterle in fognatura, previo trattamento depurativo da effettuare presso un apposito impianto di trattamento o presso gli impianti di trattamento delle acque reflue industriali esistenti, qualora tecnicamente idonei;
- immetterle, previo trattamento, nello stesso acquifero di provenienza.

Si prevede pertanto di sviluppare una forte integrazione sia con gli Enti di programmazione del servizio idrico integrato sia con le Strutture già operative sul territorio per il recupero ad uso industriale di acque derivanti dai trattamenti depurativi del sistema fognario civile.

Inoltre, si rileva che le valutazioni condotte da ARPAT evidenziano che le acque superficiali provenienti direttamente dalla falda sospesa nei terreni di riporto non presentano particolari criticità se non alterazioni del valore di pH e che, pertanto, si prestano dopo un semplice trattamento al riutilizzo nel ciclo industriale.

##### 4.6.2 Realizzazione degli impianti TAF

In via preliminare, alla luce dell'ampia estensione superficiale su cui si sviluppa l'intervento e in considerazione delle particolari condizioni operative del sito, è stata

considerata l'ipotesi di realizzare un sistema costituito da due impianti TAF, uno a servizio della macroisola nord e l'altro a servizio dell'area portuale (quest'ultimo eventualmente in sostituzione dell'impianto già previsto dall'Autorità Portuale): il sistema consentirà il trattamento sia delle acque di falda contaminate, raccolte e/o emunte dalle opere di regimazione e di marginamento precedentemente descritte, sia delle acque meteoriche raccolte nelle aree oggetto di interventi di pavimentazione.

Per la definizione delle portate in ingresso delle acque da trattare si è fatto riferimento ai dati di progettazione preliminare agli atti del MATTM, laddove vengono distinte le portate dalla macroisola nord (circa 1.900 mc/d dalla falda sospesa e circa 2.600 mc/d dalla prima falda) da quelle della macroisola sud (circa 1.300 mc/d dalla prima falda).

La tipologia dei trattamenti da utilizzare dipenderà in modo significativo da diversi fattori quali le caratteristiche delle diverse acque in arrivo (acque presenti nei terreni di riporto; prima falda della macroisola nord; prima falda della macroisola sud), la variabilità delle stesse nel tempo (ad es. a causa dei regimi stagionali, dell'effetto degli emungimenti, etc.) nonché dalla tabella che sarà presa a riferimento per lo scarico delle acque post trattamento.

Per lo sviluppo della soluzione progettuale sopra descritta, in fase di progettazione preliminare si dovrà tenere conto dei seguenti elementi:

- stato di qualità delle acque di falda, da definire sia in base alle valutazioni condotte da ARPAT, sia alla luce del monitoraggio da avviare nei piezometri esistenti;
- valutazione delle portate in ingresso, da stimare in base ai risultati degli studi e delle modellizzazioni idrogeologiche disponibili per l'area in esame e da affinare mediante specifiche indagini a supporto della progettazione di dettaglio;
- operatività su più linee, in funzione delle portate in ingresso e delle caratteristiche delle acque da trattare, a partire da un pretrattamento mediante dissabbiatura e disoleatura;
- interazione con l'impianto TAF progettato dall'Autorità Portuale, da rendere funzionale al trattamento di parte delle acque emunte;
- gestione delle acque meteoriche raccolte nelle aree interessate dall'intervento di messe in sicurezza dei suoli mediante pavimentazione superficiale.

Si riportano nelle tavole allegate gli schemi a blocchi della tipologia di impianto di trattamento, così come già approvata dal MATTM nell'ambito del procedimento di bonifica delle aree di competenza dell'Autorità Portuale di Piombino, il cui sviluppo esecutivo delle singole unità di trattamento, in particolare quelle relative ai trattamenti terziari, verrà confermato o meno a seconda delle evidenze di contaminazione che potranno emergere durante il periodo di campionamento.

## 5 APPROFONDIMENTI DA SVILUPPARE IN FASE DI PROGETTAZIONE

### 5.1 Individuazione delle aree di intervento prioritarie

L'individuazione puntuale di aree di intervento "prioritarie", da selezionare in base a criteri condivisi con i Soggetti interessati, consentirà di orientare la progettazione di dettaglio al fine di pervenire con maggior rapidità alla fase di affidamento lavori e alla successiva esecuzione degli interventi. A tal fine è necessario approfondire il regime delle concessioni nelle aree di intervento, anche alla luce delle recenti variazioni (es. Fera, Lucchini), della documentazione da acquisire dell'Agenzia del Demanio nonché degli esiti della procedura di Amministrazione Straordinaria della Lucchini S.p.A..

La normativa prevede che, in situazioni di particolare complessità, la progettazione possa procedere per fasi progettuali distinte «al fine di rendere possibile la realizzazione degli interventi per singole aree o per fasi temporali successive»(art. 242, comma 7 del D.Lgs. 152/06 e smi).

Negli incontri tecnici con i Soggetti interessati sono stati identificati i criteri di selezione delle aree prioritarie: risultati dell'analisi di rischio; completezza del quadro conoscitivo ambientale; regime di concessione; disponibilità effettiva delle aree; assenza di vincoli e/o facile accessibilità.

Come sopra evidenziato, un elemento basilare per la progettazione è rappresentato dalla necessità di disporre di un quadro conoscitivo aggiornato e completo della contaminazione presente in falda. Pertanto si ritiene indispensabile avviare fin da subito una campagna di monitoraggio delle acque di falda (basata su una frequenza di campionamento mensile nei primi sei mesi e successivamente con cadenza trimestrale).

In sede di progettazione preliminare verranno redatte le Specifiche tecniche per le attività di monitoraggio della falda, al fine di procedere nei tempi tecnici strettamente necessari all'affidamento dei lavori.

Inoltre, in fase di progetto preliminare si prevede di pianificare le ulteriori attività di indagini integrative necessarie per l'acquisizione di altri dati per la progettazione (caratteristiche geologiche-geotecniche-idrologiche-idrauliche locali; etc.).

In via preliminare si prevedono le seguenti attività:

- campagna di indagini geotecniche sui suoli (sondaggi e prove per la determinazione della stratigrafia, della permeabilità, etc.);
- campagna di indagini idrogeologiche sulla falda (piezometri per la verifica dei livelli piezometrici, per prove di pompaggio, prove di tipo Lefranc etc.);

- caratterizzazioni integrative dei suoli e delle falde, da concordare con ARPAT – Dipartimento di Piombino.

## 5.2 Indagini geotecniche integrative

Lo sviluppo progettuale Preliminare/Definitivo/Esecutivo richiede un approfondimento di indagini (geognostiche e geotecniche) per i seguenti scopi:

- definire più dettagliatamente il passaggio stratigrafico con particolare riferimento alle zone non coperte da sondaggi e alle zone dove è previsto il marginamento;
- caratterizzazione della permeabilità mediante prove in sito e della granulometria dei vari strati di terreno, allo scopo principale di determinare la profondità utile della barriera perimetrale in progetto;
- esecuzione di prove in foro: (Standard Penetration Test nei terreni incoerenti - Riporti e con Pocket Penetrometer nei terreni coesivi) per la valutazione delle caratteristiche meccaniche dei terreni;
- esecuzione di prove di permeabilità Lefranc a carico variabile;
- esecuzione di prove di laboratorio su campioni indisturbati prelevati nelle argille per approfondire la conoscenza delle caratteristiche fisico-meccaniche e della permeabilità;
- esecuzione di prove di laboratorio su campioni rimaneggiati prelevati nei riporti per conoscere la composizione granulometrica (percentuale di matrice fine);
- si avrà cura di effettuare una accurata descrizione delle stratigrafie dei sondaggi, corredata da documentazione fotografica, comprendente anche la determinazione dell'indice RQD negli strati litoidi e la presenza e dimensioni di eventuali blocchi e trovanti di grossa dimensioni. Tali descrizioni dovranno avere utilità per la caratterizzazione fisica e geotecnica, con riguardo anche agli aspetti tecnologici delle possibili tecnologie di intervento (es. possibilità e condizioni di infissione di palancole metalliche).

Quindi la campagna integrativa prevede:

- 5 sondaggi a carotaggio continuo integrale denominati BH2014\_01÷ BH2014\_05. La lunghezza massima dei sondaggi indicativa è di 20 m (vedasi tabelle seguenti). La lunghezza reale del sondaggio sarà di 3 m entro le argille (quindi potrà essere anche inferiore o superiore a 15 m). Il diametro di carotaggio sarà  $\geq 100$  mm.
- 7 prove di permeabilità in foro tipo Lefranc a carico variabile: almeno una per ogni sondaggio nei terreni coesivi sovrastanti le argille;

- 4 prove penetrometriche statiche con piezocono CPTU denominate CPTU2014\_01÷CPTU2014\_04 con contrasto da almeno 15 t. Le prove verranno eseguite con preforo nel tratto iniziale per attraversare i riporti e poi verranno spinte almeno 3 m entro le argille fino a rifiuto strumentale. Per ogni prova CPTU si avrà cura di determinare la idrostatica e di eseguire 2 prove di dissipazione (che si considerano concluse una volta dissipato almeno il 60% della sovrappressione indotta dalla penetrazione e comunque fino ad un massimo di 4 ore). Le prove CPTU verranno, di norma eseguite in adiacenza ad un sondaggio per opportuna taratura e complemento di informazioni.

L'esecuzione dei sondaggi prevede:

- carotaggio continuo integrale con metodologia adeguata; a tal proposito l'impresa dovrà dotarsi di carotieri semplici e doppi, rivestimenti e fluidi di perforazione adeguati.
- sistemazione del materiale in apposite cassette catalogatrici e foto a colori (previa scortecciatura del materiale carotato);
- prove di consistenza speditiva con Pocket Penetrometer ogni 20 cm nei livelli coesivi;
- prove SPT (con campionatore Raymond) nei terreni incoerenti (a profondità > 2 m) in numero di circa 3 per sondaggio (indicativamente n. 2-3 nei terreni incoerenti e n. 0-1 nelle argille);
- accurata descrizione dei terreni con annotazioni su: natura litologia e genesi geologica, granulometria, clasti (litologia, dimensioni, arrotondamento), consistenza o addensamento, condizioni di umidità, plasticità; struttura principale, eventuali strutture secondarie, intercalazioni, alterazione, ossidazioni; descrizione geomeccanica in caso di strati litoidi o pseudo-litoidi, RQD;
- prelievo di campioni indisturbati entro le argille (da 1 a 3 m circa), in numero di circa 2 per sondaggio;
- prelievo di campioni rimaneggiati nei terreni di riporto superficiali o di spezzoni litoidi, in numero di circa 1 per sondaggio.

L'attività di laboratorio quindi prevede:

nei campioni indisturbati prelevati nelle argille (numero indicativo riportato nella tabella 2 seguente):

- apertura e descrizione del materiale;
- determinazione del contenuto naturale d'acqua;
- determinazione dei limiti di consistenza;
- analisi granulometriche per setacciatura ed aerometria;



- prove di compressione assiale semplice (ELL);
- prove triassiali non consolidate non drenate (TXUU);
- prove edometriche IL con determinazione del coefficiente di consolidazione e della permeabilità per l'intervallo di carico corrispondente allo stato tensionale del terreno in sito (entro 0.5÷0.1 MPa), con indicazione del carico massimo (3.2 o 6.4 MPa) e dello scarico finale.

nei campioni rimaneggiati prelevati nei riporti (numero indicativo):

- apertura e descrizione del materiale;
- analisi granulometriche.

negli spezzoni litoidi:

- prove di compressione monoassiale (ELL).

L'esatta posizione dei punti sarà verificata in sito, a cura del responsabile tecnico dell'indagine, in relazione agli aspetti di logistica, sicurezza e di rappresentatività delle informazioni.

Il programma delle indagini potrà quindi subire variazioni, in corso di attività, in funzione dei risultati via via acquisiti e di eventuali imprevisti, al fine di ottimizzarne i risultati.

Nella seguente tabella sono indicate le indagini previste in sito.

Tabella 1 – Indagini in sito

Descrizione	U.d.m.	BH2014_01	BH2014_02	BH2014_03	BH2014_04	BH2014_05	CPTU2014_01	CPTU2014_02	CPTU2014_03	CPTU2014_04	TOTALE
Approntamento attrezzatura sondaggio	n°										0
Installazione attrezzatura sondaggio standard	n°	1	1	1	1	1					5
Sondaggio carotaggio continuo prof. massima 20 m	m	15	15	15	15	15					75
Cassette catalogatrici (per 5 m di sondaggio)	n°	3	3	3	3	3					15
Foto cassette catalogatrici	n°	3	3	3	3	3					15
Prelievo campione a pressione tipo Shelby da 0 a 50	n°	3	3	3	3	3					15
Prelievo campioni rimaneggiati/spezioni di carota	n°	1	1	1	1	1					5
Prova S.P.T.	n°	3	3	3	3	3					15
Approntamento attrezzatura penetrometrica (20 t)	n°										0
Installazione attrezzatura penetrometrica	n°						1	1	1	1	4
Prova CPT-U	m						12	12	12	12	48
Dissipazione	h						2	2	2	2	8
Rilievo topografico del punto di indagine	n°	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
Descrizione geomeccanica delle carote di sondaggio	m			1	1	1					3
Approntamento attrezzatura prova di permeabilità Lefranc	n°										0
Prova di permeabilità Lefranc prof. da 0 a 50 m	n°	2	2	1	1	1					7

Nella seguente tabella sono indicate le prove di laboratorio da eseguire sui campioni prelevati.

Tabella 2 – Prove di laboratorio

Attività di laboratorio: descrizione	U.d.m.	BH2014_01	BH2014_02	BH2014_03	BH2014_04	BH2014_05	Totale
Apertura campione indisturbato in fustella cilindrica	n°	2	2	2	2	2	10
Apertura campione rimaneggiato	n°	1	1				2
Determinazione contenuto naturale d'acqua	m	2	2	2	2	2	10
Determinazione peso di volume naturale	n°						0
Determinazione limiti di consistenza (L1 + Lp)	n°	2	2	2	2	2	10
Analisi granulometrica per setacciatura	n°	3	3	2	2	2	12
Analisi granulometrica per sedimentazione	n°	2	2	2	2	2	10
Determinazione del peso specifico dei granuli	n°	1	1	1	1	1	5
Prova edometrica IL	n°	1	1	1	1	1	5
Determinazione Cv, k e ca nel corso di prove edometriche	n°	1	1	1	1	1	5
Prova di rigonfiamento libero	n°						0
Determinazione della pressione di rigonfiamento	n°						0
Prova di compressione ad espansione laterale libera ELL nei terreni	n°	1		1		1	3
Prova di compressione triassale non consolidata non drenata UU	n° terne		1		1		2
Prova di compressione triassale consolidata non drenata CIU	n° provini						0
Prova di compressione triassale CIU (Provini > 70 mm di diametro)	n° provini						0
Prova di taglio diretto (valori di picco)	n° provini						0
Prova di taglio diretto (valori residui, con procedura semplificata)	n° provini						0
Apertura e descrizione di campioni di roccia (spezzoni di carota)	n°			1	1	1	3
Compressione a rottura ad espansione laterale libera per roccia	n°			1	1	1	3

### 5.3 Piano di monitoraggio delle acque di falda

La presente proposta tecnica descrive le attività di monitoraggio delle acque sotterranee che insistono al di sotto del SIN di Piombino e nelle aree limitrofe e contigue. Tale proposta viene redatta a seguito di quanto emerso in sede dei recenti tavoli tecnici presso il MATTM, da ultima la riunione tenutasi il giorno 8 luglio 2014, tenendo conto:

- delle attività di caratterizzazione delle acque sotterranee;
- dei dati acquisiti nell'ambito delle precedenti campagne di monitoraggio delle acque di falda da parte dei vari soggetti insistenti sull'area;
- della documentazione progettuale agli atti del MATTM.

Di seguito sono illustrate le attività che saranno eseguite per soddisfare lo scopo del lavoro.

### 5.3.1 Individuazione della rete di monitoraggio

In sintesi, le attività che si prevede di svolgere sono le seguenti (le attività avranno durata di 18 mesi):

- Campagne piezometriche mensili su n. 55 piezometri esistenti (vedi successivo paragrafo 2.1);
- Campagne mensili per l'esecuzione di diagrafie chimico-fisiche su tutti i n. 55 piezometri esistenti;
- Misurazione in continuo dei livelli di falda in almeno 10 piezometri.

Negli elaborati grafici è riportata la disposizione dei n. 55 piezometri costituenti la rete di monitoraggio della falda.

La configurazione di tali piezometri è così suddivisa:

- n. 20 costituenti la rete di controllo della falda in Area Sud;
- n. 30 costituenti la rete di controllo della falda in Area Nord;
- n. 5 (4 piezometri + 1 pozzo) costituenti la rete di controllo del "punti di bianco" della falda.

### 5.3.2 Campagne piezometriche

Per la durata di 18 mesi dovrà essere svolta con cadenza mensile la misura del livello statico della falda in corrispondenza dei piezometri sopra individuati; ogni campagna di misura dovrà essere completata nell'arco di 4 ore per minimizzare l'effetto della marea con ciclo semi-diurno (12 h).

Lo scopo dell'indagine è ricreare la superficie piezometrica per il calcolo dei gradienti idraulici e delle direzioni principali di deflusso.

Considerando che nel caso specifico la morfologia della falda è influenzata soprattutto dai prelievi di acque dai pozzi industriali/privati e dalla ricarica per via delle precipitazioni, è necessario valutare il fenomeno su una scala temporale adeguata che tenga conto delle variazioni stagionali (periodo di magra e di ricarica) e dell'utilizzo dei pozzi a uso agricolo, che sarà massimo nel periodo estivo e nullo nei mesi autunnali ed invernali.

La ricostruzione della piezometria verrà fatta considerando le quote assolute, pertanto per ogni piezometro dovrà essere effettuato, se non già svolto, un rilievo piano

altimetrico di precisione per il calcolo delle coordinate geografiche e della quota assoluta; il punto quotato dei piezometri dovrà essere necessariamente il bocca pozzo.

### 5.3.3 Misurazione in continuo dei livelli di falda

All'interno di almeno 10 piezometri, opportunamente ubicati in modo omogeneo sulle aree, dovrà essere posizionato un sensore di livello con associato un data logger per la memorizzazione dei dati. La misura dei livelli di falda dovrà essere compensata dall'andamento della pressione atmosferica.

La periodicità della misura dovrà essere di 30 minuti in modo tale da ricostruire con sufficiente precisione l'andamento dei livelli di falda in funzione dell'oscillazione areale. I dati dovranno essere scaricati su supporto elettronico ogni 15 giorni, in corrispondenza del rilievo piezometrico, in modo tale da verificare in tempo utile eventuali malfunzionamenti della strumentazione.

### 5.3.4 Diagrafie chimico-fisiche

Mensilmente, su tutti i piezometri disponibili, dovranno essere eseguite delle diagrafie (log-multiparametrici) per la ricostruzione lungo la verticale dell'acquifero dei parametri chimico-fisici.

I parametri che andranno misurati saranno i seguenti: T°, pH, Conducibilità elettrica, Ossigeno disciolto, Redox.

Il passo di misura, per tutto il tratto saturo, non dovrà essere superiore a ½ metro.

La misura dei parametri chimico fisici lungo la verticale dell'acquifero sarà di ausilio per ricostruire la superficie dell'interfaccia salina (misura della conducibilità elettrica), nel caso che questa sia intercettata e per verificare l'eventuale stratificazione chimico-fisica dell'acquifero, che potrebbe essere correlabile anche ad una stratificazione delle concentrazioni dei contaminanti disciolti nelle acque di falda.

### 5.3.5 Campionamento acque di falda piezometri di monitoraggio

Coerentemente con il programma di monitoraggio si prevede, in corrispondenza dei 55 piezometri individuati, una periodicità di 30 giorni per il campionamento delle acque di falda per i primi 6 mesi ed una periodicità di 90 giorni per i successivi 12 mesi.

Considerando la situazione ambientale del sito, si propone di analizzare il set completo di analiti (CSC, D.Lgs 152/06) per i primi 6 mesi.

Per i mesi successivi si propone di escludere dal set completo, a meno di evidenze riscontrate e comunque in accordo con ARPAT, i seguenti parametri:

- Nitrobenzeni

- Clorobenzeni
- Fenoli e clorofenoli
- Ammine aromatiche
- Fitofarmaci
- Diossine/furani e PCB
- Acrilammide, acido para-ftalico e amianto

Le tecniche di campionamento dovranno seguire le indicazioni riportate nei paragrafi successivi e comunque dovranno essere quelle relative alla buona pratica per la ricerca dei parametri in oggetto, secondo quanto definito del D.Lgs 152/06 e s.m.i.

Considerando la presenza di valori di pH elevati in molti punti di campionamento, si prevede di estendere il set analitico anche ai seguenti parametri che dovranno essere analizzati in ogni campionamento:

- ALCALINITA' TOTALE
- TOC
- NITRITI
- CLORURI
- Fe<sup>2+</sup>
- Mn<sup>2+</sup>

Considerando i potenziali falsi negativi e positivi derivanti dalla comparazione di misura degli inquinanti presenti nelle acque di falda sia in fase disciolta e sia in presenza di particolato, si prevederà per i microinquinanti organici ad una doppia procedura di campionamento, ovvero con e senza filtrazione su membrana a porosità 0,45 micron da effettuarsi sul campo. La determinazione dei metalli sarà invece eseguita solo su campione filtrato come su indicato e successivamente acidificato.

Tale attività in comparazione si svolgerà solo per i primi 6 mesi, al termine dei quali, congiuntamente con ARPAT si definirà una modalità univoca di campionamento anche finalizzata al corretto dimensionamento delle unità dei TAF.

#### 5.3.6 Modalità operative di esecuzione dei campionamenti delle acque sotterranee

Prima di procedere al prelievo dei campioni di acqua sotterranea dai piezometri dovrà essere eseguito come buona prassi lo spurgo degli stessi.

### 5.3.7 Spurgo dei piezometri

Tutti i piezometri dovranno essere spurgati prima del campionamento, e l'attrezzatura relativa dovranno essere accuratamente pulita. Tali operazioni dovranno essere eseguite con una pompa sommersa, azionata da un gruppo elettrogeno.

Preliminarmente allo spurgo, il volume d'acqua nel pozzo deve essere calcolato con l'equazione seguente:

$$V = \pi R^2 L$$

dove R = raggio del pozzo

L = colonna d'acqua all'interno del pozzo

Per effettuare uno spurgo adeguato, devono essere rimossi almeno tre volumi calcolati come sopra indicato e comunque le operazioni di spurgo dovranno essere protratte fino all'ottenimento di acque chiarificate. L'acqua di spurgo deve essere raccolta in un contenitore di volume noto per confermarne l'avvenuta rimozione ed il volume relativo annotato nel modulo di campionamento acque sotterranee.

L'acqua di risulta prodotta nell'operazione di spurgo del piezometro dovrà essere gestita, a onere e a carico dell'Affidataria, secondo la normativa vigente in materia di rifiuti. Il dettaglio della gestione e protezione in sicurezza di tali rifiuti dovrà essere indicato nel Piano di gestione dei rifiuti. I tempi e i modi operativi di gestione di tali rifiuti dovranno essere comunicati tempestivamente alla Supervisore alle Attività.

### 5.3.8 Prelievo campioni di acque sotterranee dai piezometri

A seguito delle operazioni di spurgo, di cui sopra, si procederà, per ogni piezometro, al prelievo di un campione di acqua sotterranea.

Il campione dovrà essere prelevato in condizioni idrodinamiche naturali ristabilite e comunque entro 24 ore dallo spurgo del pozzo. Il campionamento dei piezometri dovrà essere effettuato mediante pompa da campionamento sommersa, a bassi valori di portata, e/o utilizzando bailer monouso di materiale appropriato, in tal caso per ogni prelievo dovrà essere utilizzato un campionatore nuovo ed ancora sigillato al fine di evitare ogni possibilità di contaminazione.

Durante il campionamento si dovrà procedere inoltre con valutazioni qualitative dei parametri organolettici (odore, colore, torbidità), registrate nel modulo di campionamento acque sotterranee.

L'Affidataria, per ogni piezometro campionato, dovrà produrre un modulo di campionamento acque sotterranee, tali moduli dovranno essere allegati al report delle attività, vedi di seguito capitolo 6.

Nei suddetti moduli dovranno essere riportati:

- quota bocca pozzo;
- quota piano campagna;
- ubicazione planimetrica dei piezometri in coordinate di riferimento del sistema Gauss – Boaga e UTM (WGS84);
- La precisione delle misure dovrà essere contenuta entro +/- 3 cm per la quota e +/-1 cm per la posizione planimetrica.
- livello piezometrico dell'acqua;
- misura del fondo foro del piezometro;
- volume dell'acqua spurgata;
- misure dei parametri chimico-fisici;
- report fotografico del punto di prelievo durante il campionamento;
- varie ed eventuali.

#### 5.3.9 Tipo di contenitori da utilizzare nel campionamento delle acque sotterranee

I campioni di acqua all'atto del prelievo, saranno stabilizzati e conservati in conformità alle norme CNR-IRSA.

I contenitori utilizzati per la conservazione dei campioni devono essere privi di qualsiasi sostanza potenzialmente contaminante ed essere costituiti da materiale che non alteri la qualità della matrice.

Ogni campione dovrà essere confezionato in 7 contenitori come di seguito riportato:

- Un contenitore in vetro tipo "Duran" da 100 ml, precedentemente controllato circa la contaminazione da mercurio, trattato con acido cloridrico 36,5-38% per analisi in tracce con contenuto di mercurio inferiore a 0,1 ppb (0,5 ml per 100 ml di campione), per la determinazione del Mercurio;
- Un contenitore di polietilene da 250 ml trattato con acido nitrico 67-69% ultrapuro (0,5 ml per 100 ml di campione), per la determinazione dei metalli;
- Un secondo contenitore di polietilene da 250 ml non trattato per la determinazione dei parametri 9, 20, 21, 22 e 23 secondo quanto definito del D.Lgs 152/06 e s.m.i.;



- Un contenitore da 1000 ml in vetro scuro acidificato con acido cloridrico fino a pH <2, per la determinazione degli idrocarburi totali;
- Due contenitori da 1000 ml, per la determinazione dei microinquinanti organici;
- Tre vials da 40 ml con tappo a vite e setto in teflon a tenuta di gas per la determinazione dei contaminanti organici volatili.

In ogni modo, per quanto riguarda i volumi di campione richiesti ed i contenitori più appropriati per ciascuna analisi, questi dovranno essere preventivamente concordati con il laboratorio d'analisi, in funzione delle determinazioni analitiche richieste e preventivamente definiti, nel protocollo di dettaglio, con Ente di controllo preposto.

Ogni campione dovrà essere prelevato in duplice aliquota. L'aliquota, sulla quale Ente di controllo preposto vorrà operare le validazioni delle analisi, sarà prelevata separatamente e confezionata in contraddittorio con lo stesso Ente di controllo.

Per ogni aliquota di campione da prelevare dovrà essere utilizzata lo stesso numero e tipo di contenitori previsti per il campione originale.

Ogni contenitore, per ogni aliquota, dovrà essere denominato ed etichettato come di seguito indicato.

#### 5.3.10 Identificazione dei campioni

Le singole aliquote dei campioni prelevati dovranno essere univocamente identificate da una etichetta adesiva riportante le seguenti indicazioni:

- denominazione della Stazione Appaltante;
- sito di indagine;
- sigla identificativa del piezometro;
- sigla identificativa del campione;
- data e ora di prelievo;
- numero dell'aliquota;
- quota e/o intervallo di prelievo.

Per ogni campione prelevato dovrà essere redatta una scheda di campionamento nella quale dovranno essere annotate, oltre alle indicazioni identificative degli stessi campioni, anche le loro evidenze visive ed olfattive.

#### 5.3.11 Conservazione e trasporto dei campioni

I campioni prelevati dovranno essere mantenuti refrigerati in campo e trasportati in laboratorio nel più breve tempo possibile, mantenendo la temperatura a 4°C ( $\pm 2^\circ\text{C}$ ) con mezzi frigoriferi.

Nel caso in cui tra il prelievo e le analisi del campione passino alcuni giorni è opportuno adottare idonee procedure di conservazione dei campioni per minimizzare le variazioni della composizione chimica della matrice da analizzare ed estendere l'holding time del campione.

Il laboratorio dovrà essere informato della consegna dei campioni, per consentire un'immediata e adeguata gestione degli stessi.

Il confezionamento dei campioni dovrà essere tale da minimizzarne il disturbo durante il trasporto ed impedire rotture o danneggiamenti.

I campioni, confezionati e debitamente etichettati, dovranno essere spediti in contenitori rigidi refrigerati al laboratorio sotto Catena di Custodia (COC).

La COC (Chain of Custody – Catena di Custodia), che viene definita come la sequenza di persone che hanno in custodia un campione, fornisce indicazioni su come il campione è stato gestito dal momento del prelievo al momento in cui viene analizzato e poi distrutto. Un modello standard di COC, da utilizzare durante le attività di campionamento, dovrà essere presentato dall'Affidataria e approvato dalla Supervisore alle Attività.

#### 5.3.12 Relazione tecnica finale

Al termine delle attività di monitoraggio, dovrà essere redatta una relazione tecnica finale, nella quale dovranno essere dettagliatamente descritte le modalità di esecuzione dei lavori e dovranno essere presentati ed elaborati i risultati ed i dati delle attività di campo e di laboratorio; la restituzione dei risultati ed i dati ottenuti dovrà essere presentata anche sotto forma di tabelle di sintesi e di rappresentazioni cartografiche.

Tale relazione oltre a quanto sopra descritto dovrà contenere almeno quanto di seguito riportato:

- Relazione tecnica illustrativa (Word) che descriva:
  - le attività svolte, i mezzi utilizzati e le modalità operative seguite nell'esecuzione delle attività di campo e di laboratorio (compresa indicazione dei metodi analitici) ed eventuali varianti adottate rispetto a quanto indicato nella proposta di monitoraggio, riportando in tale caso le motivazioni e le soluzioni usate;
  - elaborazione ed estrapolazione dei risultati e dei dati acquisiti dalle attività eseguite;

- i caratteri antropici, litologici ed idrogeologici delle aree e del suo immediato intorno;
  - lo stato di qualità del sito, in termini di presenza e distribuzione spaziale delle eventuali sostanze inquinanti, nelle acque sotterranee.
- Carta dell'ubicazione dei punti di indagine e georeferenziazione su formato cartaceo e informatizzato (dwg e shapefile);
  - sezioni idrogeologiche rappresentative della geometria degli acquiferi;
  - carte piezometriche, con ricostruzione dell'andamento della falda, direzione di flusso ed indicazione dei vari punti di misura;
  - modulo di campionamento acque sotterranee;
  - Tabelle (in formato excel) contenenti tutte le informazioni richieste relativamente ad ogni campione, compresi i risultati delle analisi di laboratorio;
  - Copia del Giornale delle attività di indagine, che deve essere compilato giornalmente in cantiere e tenuto costantemente a disposizione per eventuali verifiche o ispezioni;
  - Certificati analitici in originale firmati da professionista iscritto ad apposito albo professionale relativi alle analisi di laboratorio di tipo chimiche;
  - Documentazione completa inerente la gestione dei rifiuti prodotti durante l'esecuzione delle attività comprendente formulari, autorizzazioni degli impianti di destinazione finale, certificati di avvenuto smaltimento, etc..;
  - Documentazione fotografica completa delle attività di campo.

La relazione dovrà essere firmata e timbrata da un tecnico/i abilitato regolarmente iscritto a ordini professionali.

Testi ed elaborati dovranno essere trasmessi in formato cartaceo e informatizzate su CD (in formati digitali standard quali word, excel, pdf, jpg, shapefile, dwg, etc..).

## **5.4 Studio modellistico idraulico di dettaglio**

### 5.4.1 Definizione Modello Concettuale Idrogeologico

L'area della macroisola Sud non presenta risorse acquifere importanti per quanto riguarda i volumi d'acqua di falda immagazzinati; l'acquifero presente è un sistema multilivello formato da limitati livelli produttivi separati da lenti di natura limoso-argillosa. Il materiale costituente i livelli permeabili è di natura sabbiosa in matrice limosa.

Per via della elevata eterogeneità dei materiali costituenti l'acquifero, e comunque sulla base dei risultati sperimentali (caratterizzazione nell'area EDISON) che mostrano un forte interdipendenza degli strati acquiferi sotto il profilo idraulico, si può considerare un unico corpo acquifero di natura sabbioso-limosa, con comportamento semiconfinato.

Sulla base dei dati di caratterizzazione è possibile definire una conducibilità idraulica media dell'ordine di  $2,3 \cdot 10^{-5}$  m/s, perfettamente coerente con la tipologia dei materiali costituenti l'acquifero.

In sintesi, con riferimento a quanto riportato all'interno del modello concettuale, dall'esame della successione stratigrafica, che individua una unica formazione di sabbie pleistoceniche, con forti alternanze e variabilità locali, si deduce la presenza di un unico acquifero contenuto per la gran parte del proprio spessore all'intero delle sabbie in matrice limosa; a profondità dell'ordine dei 30 m s.l.m. l'acquifero è limitato inferiormente dalla presenza di un substrato impermeabile di natura argilloso-limosa.

Nei paragrafi seguenti vengono descritte le modalità di calcolo per la ricostruzione della freaticità dell'acquifero in oggetto.

#### 5.4.1.1 Elaborazione della piezometria

Per la ricostruzione della piezometria della falda superficiale verrà considerata la campagna di monitoraggio dei livelli di falda che presenta i valori maggiori di carico idraulico in quote assolute, prevedendo quindi un approccio conservativo al calcolo delle portate della falda.

L'elaborazione dei dati piezometrici verrà svolta attraverso la geostatistica avvalendosi del kriging come metodo di interpolazione.

Nell'elaborazione della piezometria si procederà secondo il seguente schema logico-procedurale:

1. scelta del dominio e della dimensione delle celle di interpolazione

Il dominio di interpolazione viene definito in base alla localizzazione dei punti di misura, vincolando quindi la sua estensione alla posizione dei punti di misura più distanti.

La piezometria sarà interpolata con una griglia di calcolo a maglie regolari quadrate di lato 10 metri, in modo tale da avere sufficienti informazioni sia alla scala del lavoro che sulla variabilità della piezometria stessa.

2. calcolo del variogramma sperimentale e scelta del modello geostatistico di interpolazione

Il variogramma sperimentale dovrà essere interpretato mediante un modello geostatistico di riferimento al fine di presentare una struttura sufficientemente definita, indice di una correlazione geostatistica tra le misure.

3. interpolazione della freaticimetria mediante kriging ordinario

I dati della piezometria verranno interpolati mediante kriging ordinario sulla griglia regolare derivanti dal modello descritto precedentemente, utilizzando come modello geostatistico il variogramma teorico individuato.

4. calcolo della cross-validation

Per validare la bontà dell'interpolazione verrà eseguita una cross-validation, calcolando la N-RMS (normalized root mean squared) per i valori residuali (differenza tra i valori misurati e calcolati dall'interpolatore). La N-RMS è uno degli indicatori migliori per verificare o meno la qualità dell'interpolazione.

5.4.1.2 Calcolo portata della falda

Una volta individuate le caratteristiche principali della piezometria, per il calcolo della portata naturale della falda, si farà riferimento all'equazione di Darcy:

$$Q = K \cdot L \cdot b \cdot i$$

dove Q è la portata della falda [m<sup>3</sup>/s], K la conducibilità idraulica dell'acquifero saturo [m/s], L è la lunghezza in pianta della sezione di calcolo ortogonale alla direzione di deflusso della falda [m], b è lo spessore della sezione di calcolo [m], i è il gradiente idraulico della falda.

5.4.2 Modello Idraulico

Come già accennato lo scopo del modello è stato quello di simulare il comportamento della falda nei seguenti scenari:

1. scenario ante-operam, prima della realizzazione degli interventi di marginamento; in questo scenario il modello viene utilizzato per ricreare il campo di moto naturale della falda;
2. scenario 1° - interventi prioritari di marginamento idraulico: in questo scenario verrà ricostruito il campo di moto considerando la variazione dell'acquifero in relazione all'azione di perturbazione operata dalla messa in marcia del campo pozzi in assenza di perturbazioni operate dalla posa in opera del sistema di marginamento fisico;
3. scenario 2° - interventi prioritari di marginamento fisico: in questo scenario verrà ricostruito il campo di moto considerando la variazione dell'acquifero in relazione

all'azione di perturbazione operata dalla posa in opera del sistema di primo marginamento fisico;

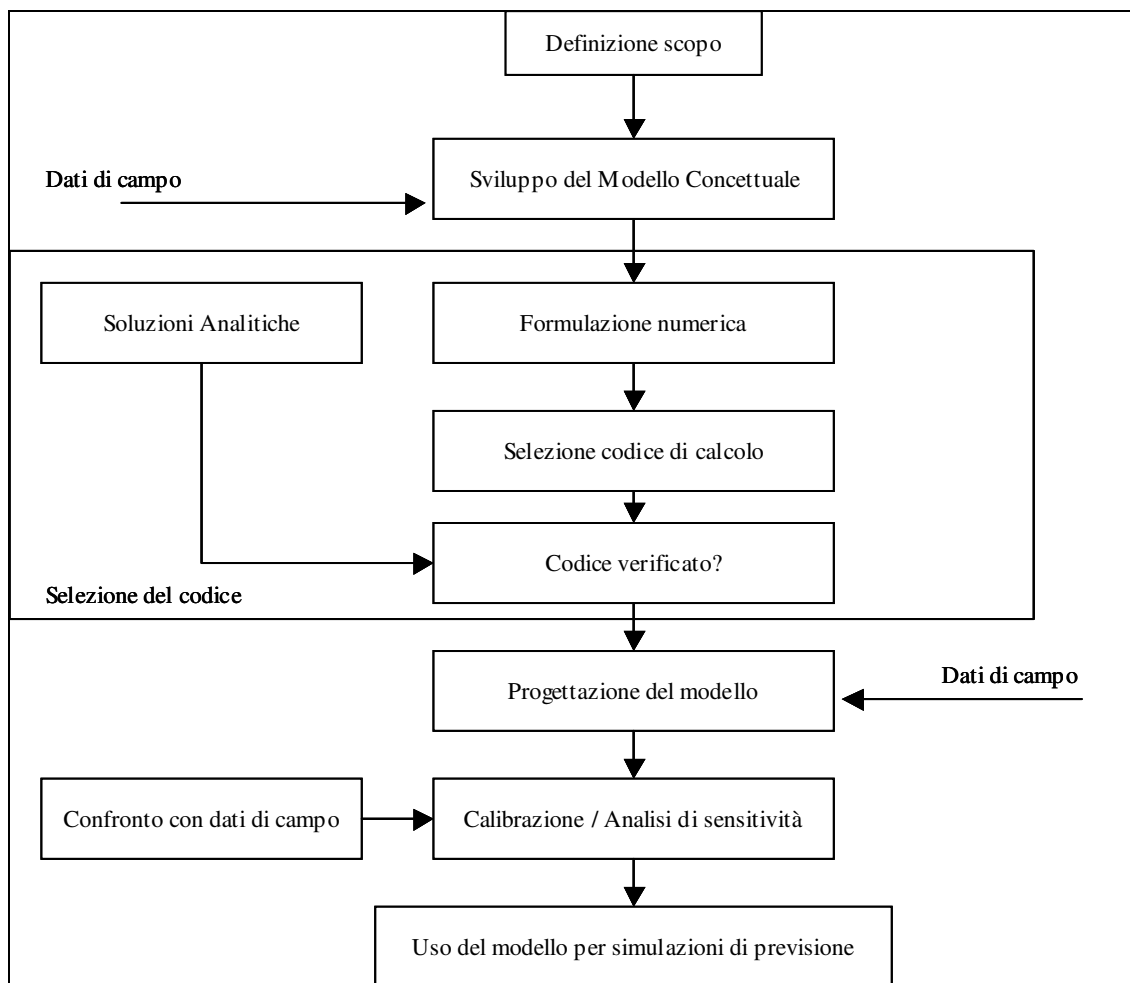
4. scenario 3° - completamento interventi di marginamento fisico con palancola e dreno: viene simulata la presenza del dreno a tergo della palancola per il riequilibrio dei carichi idraulici, calcolando la portata di estrazione del dreno ed il relativo fronte di cattura.

Nei paragrafi seguenti si illustra dettagliatamente la descrizione dello schema di calcolo da adottare per il modello ed i relativi risultati attesi in termini di portata di estrazione del dreno, piezometrie e fronte di cattura.

#### 5.4.2.1 Metodologia generale

Il diagramma di flusso che sintetizza le diverse fasi seguite durante lo studio della modellazione numerica è riportato nella figura seguente.

Figura 5.4.1 - Diagramma di flusso per l'applicazione di modelli numerici (tratto da "Applied Groundwater Modeling" di Anderson e Woessner, 1992)



Il diagramma di flusso è basato sullo schema logico illustrato nel libro "Applied Groundwater Modeling – Simulation of flow and advective transport" (M. P. Anderson e W. W. Woessner, 1992), di riferimento internazionale per le applicazioni modellistiche applicate alla simulazione del comportamento delle falde acquifere, e comprende 6 fasi (step) principali di sviluppo, come descritto nel seguito.

Il primo step consiste nella definizione degli obiettivi della modellazione numerica.

Il secondo step consiste nella selezione del codice di calcolo più adatto a modellizzare le condizioni specifiche del sito e dei processi che si intendono quantificare.

Il terzo step consiste nella definizione del modello concettuale dell'acquifero. In questa fase vengono identificati le unità idrostratigrafiche, i confini del sistema ed i parametri idrodinamici da implementare nel modello numerico. Il modello concettuale è stato elaborato sulla base dei dati acquisiti durante indagini ad hoc effettuate in sito (rilievo topografico, stratigrafie dei sondaggi, prove di pompaggio, misure del livello piezometrico) durante le fasi di caratterizzazione del sito.

Il quarto step consiste nell'elaborazione, sulla base del modello concettuale, del modello numerico del flusso delle acque sotterranee.

Il quinto step consiste nella calibrazione del modello numerico sulla base dei dati acquisiti durante le indagini effettuate. Per la calibrazione del modello numerico nelle condizioni statiche è stata utilizzata la freatimetria statica ricostruita sulla base del rilievo effettuato nella campagna di misura di aprile 2007.

A seguito della calibrazione, il modello numerico è stato utilizzato per la modellazione degli scenari previsti (sesto step).

#### 5.4.2.2 Sviluppo del modello matematico alle differenze finite

I calcoli modellistici sono stati effettuati mediante l'utilizzo di due codici, l'uno per la ricostruzione e simulazione del campo di moto della falda, l'altro per il calcolo della sola componente advettiva del trasporto (calcolo del particle tracking), finalizzato a verificare l'estensione dell'area di cattura del sistema del sistema di barriera idraulica e la sua efficacia in relazione al contenimento della falda.

Il modello implementato riproduce l'assetto idrodinamico nelle tre dimensioni spaziali (x,y,z), in condizioni stazionarie, su tutta l'area interessata, utilizzando per la sua calibrazione la freatimetria misurata in condizioni statiche.

Come codice di calcolo si è utilizzato il codice numerico alle differenze finite MODFLOW 2000 (McDonald e Harbough, 1988), che utilizza il metodo numerico delle differenze finite per la risoluzione delle equazioni generali di flusso, permettendo di effettuare simulazioni sia bidimensionali che tridimensionali del flusso idrico in uno o più acquiferi freatici, confinati o semiconfinati, in condizioni sia stazionarie che transitorie.

L'affidabilità e la precisione di questo codice è comprovata in letteratura da un elevato numero di pubblicazioni in base alle quali la comunità scientifica internazionale ha finito per utilizzarlo per tutte quelle applicazioni che implicano un controllo del risultato da parte dagli Enti di controllo.

La sua strutturazione, inoltre, permette una buona elasticità nella scelta delle condizioni e delle configurazioni del modello idrogeologico.

Note matematiche

Il moto tridimensionale dell'acqua di falda a densità costante è descritto dalla seguente equazione locale ovvero dalla equazione differenziale:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( K_{zz} \frac{\partial h}{\partial z} \right) - W = S_s \frac{\partial h}{\partial t}$$

in cui  $K_{xx}$ ,  $K_{yy}$ ,  $K_{zz}$ , sono le componenti della conducibilità idraulica lungo gli assi coordinanti X, Y, Z e dove gli assi principali del tensore conducibilità idraulica sono paralleli agli assi del sistema di riferimento; h rappresenta il carico piezometrico; W è la portata volumetrica (o flusso volumetrico) per unità di volume entrante o uscente dal volume elementare dV;  $S_s$  rappresenta l'immagazzinamento specifico; t è il tempo.

Tranne che per pochi casi semplici, l'equazione differenziale non può essere integrata per cui si ricorre ai metodi numerici. Uno degli approcci per la soluzione numerica del problema è il metodo alle differenze finite (FDM), utilizzato da MODFLOW. Tale metodo discretizza spazialmente il sistema acquifero in una serie di celle i, j, k, individuate in termini di righe, colonne, e layers (griglia di calcolo).

L'equazione di flusso alle differenze finite della cella generica di modello (i, j, k) è data da McDonald e Harbaugh (1988), e viene scritta per ogni cella e per ogni time step di una simulazione.

Sintetizzando al massimo, un modello alle differenze finite produce una serie di equazioni lineari che possono essere rappresentate nella forma compatta:

$$Ax = b$$

dove A è la matrice dei coefficienti delle altezze piezometriche, x è il vettore delle altezze piezometriche delle celle, b è il vettore dei termini costanti. La soluzione dell'equazione matriciale viene calcolata con MODFLOW ed è possibile utilizzare differenti metodi iterativi: SIP (Strongly Implicit Procedure), SSOR (Slice Successive Overrelaxation), PCG2 (Preconditioned Coniugate-Gradient Method).

#### 5.4.3 Elaborazione del modello numerico



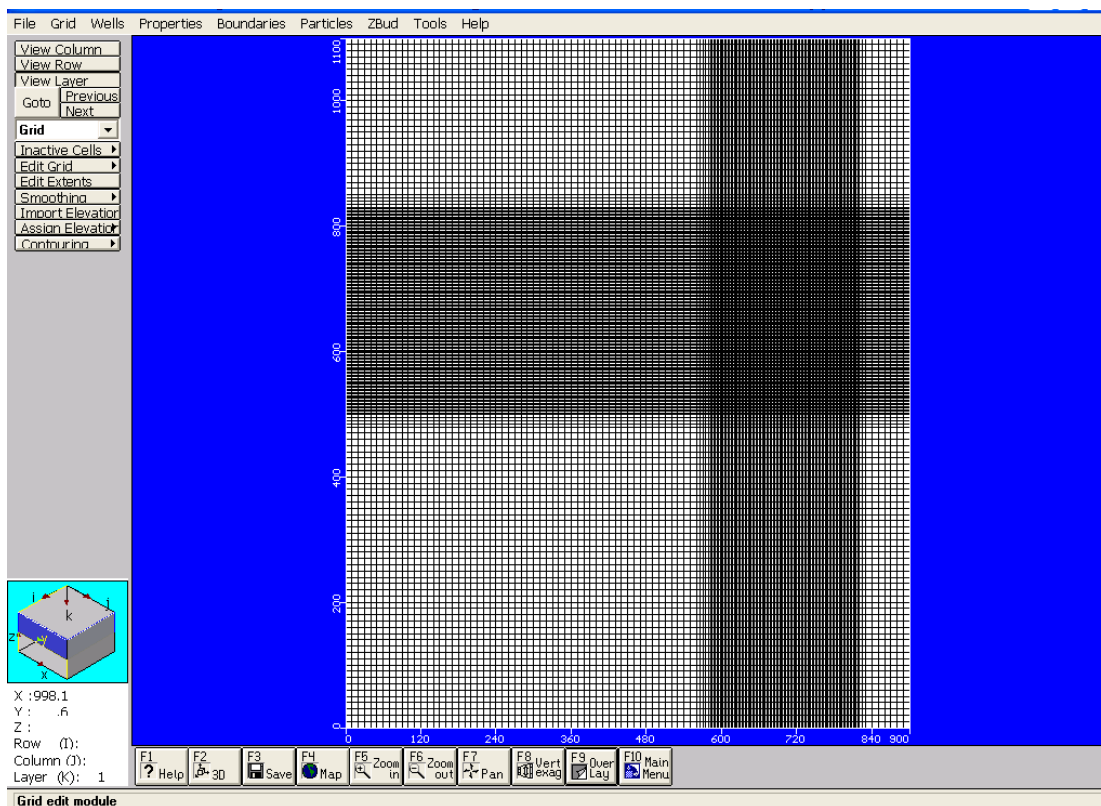
Il modello numerico sito specifico verrà elaborato sulla base dei dati acquisiti durante le indagini già effettuate in sito, sui risultati del nuovo monitoraggio e sulla base dei dati di letteratura disponibili.

Per poter simulare il comportamento idraulico del sistema con la presenza della trincea drenante e della palancola, l'area modellizzata sarà più ampia rispetto a quella limitata alla realizzazione dei singoli interventi: questa estensione dell'area modellata è tale che la risposta simulata del sistema agli stress, in condizioni stazionarie ed in assenza di limiti idrogeologici naturali, non viene influenzata dalle condizioni artificiali al contorno imposte al sistema stesso.

#### 5.4.3.1 Griglia di calcolo

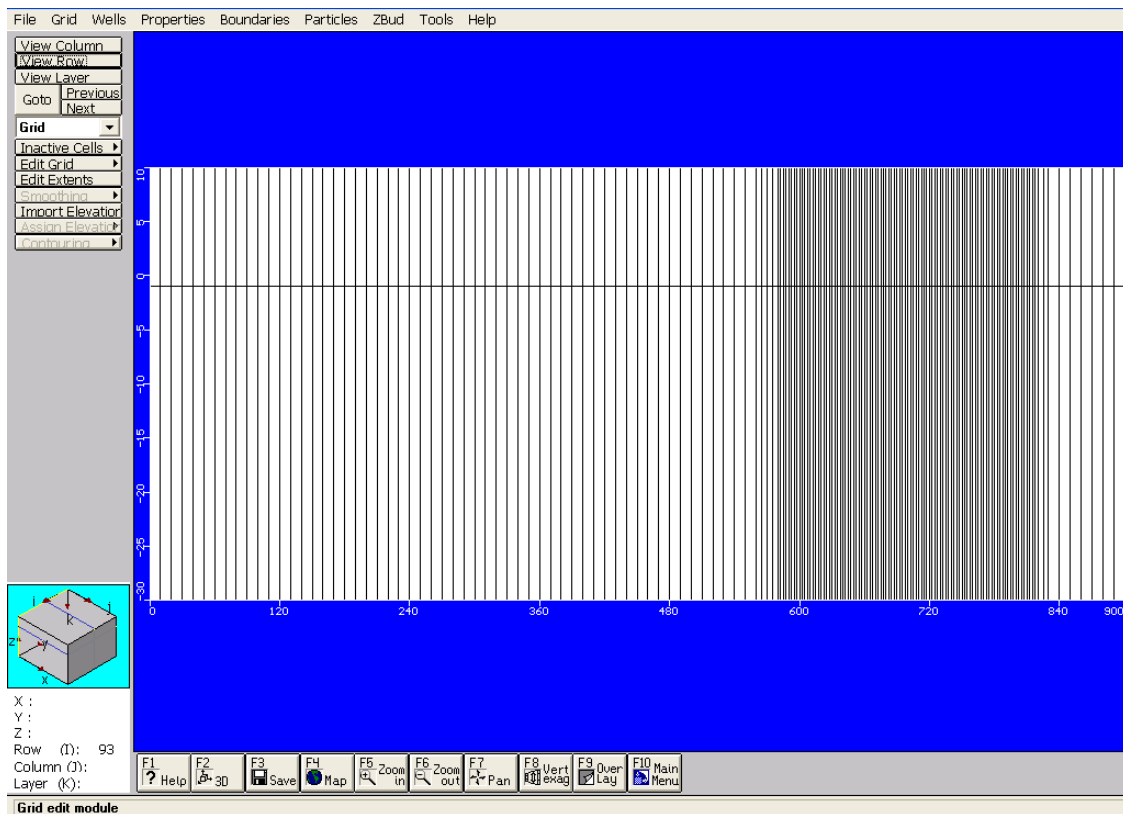
Il modello numerico è stato elaborato nelle tre dimensioni (3D). L'estensione della griglia di calcolo è pari a 1100x900 m, ed è formata da 211 righe e 165 colonne. Il passo della griglia è modulare ed è compreso tra 10 metri nelle aree più esterne fino a 2,5 metri in quelle in corrispondenza del 1° banchinamento, in modo tale da far conciliare una sufficiente velocità di calcolo con un buon dettaglio dei risultati nelle aree di interesse.

Figura 5.4.2 - Griglia di calcolo orizzontale modello numerico



Il dominio verticale sarà discretizzato almeno su n. 2 livelli per ricostruire con sufficiente dettaglio i gradienti di deflusso nell'intorno della trincea drenante, una volta fissata a base del modello la quota assoluta su m s.l.m..

Figura 5.4.3 - Griglia di calcolo verticale modello numerico



#### 5.4.3.2 Condizioni al contorno e parametri idraulici

Facendo riferimento alla piezometria statica misurata ed alla linea di costa, vengono impostate condizioni al contorno di I° e II° tipo lungo i bordi del modello, mentre internamente, in corrispondenza della palancola, verrà utilizzata una condizione al contorno di tipo HFB (Horizontal Flow Barrier, rif. MODFLOW-2000 Version 1.18.00 del Riu Mannu); la trincea drenante è stata simulata con una condizione di I° tipo. La figura seguente mostra una rappresentazione schematica delle condizioni al contorno all'interno del dominio di calcolo.

Figura 5.4.4 - Condizioni al contorno in pianta

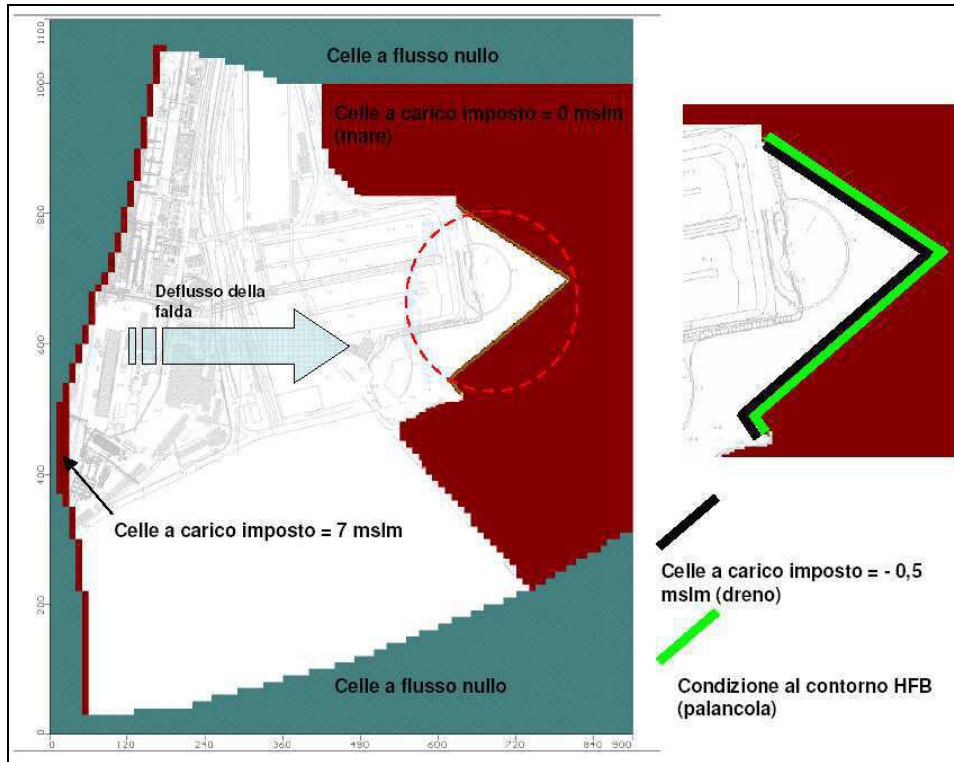
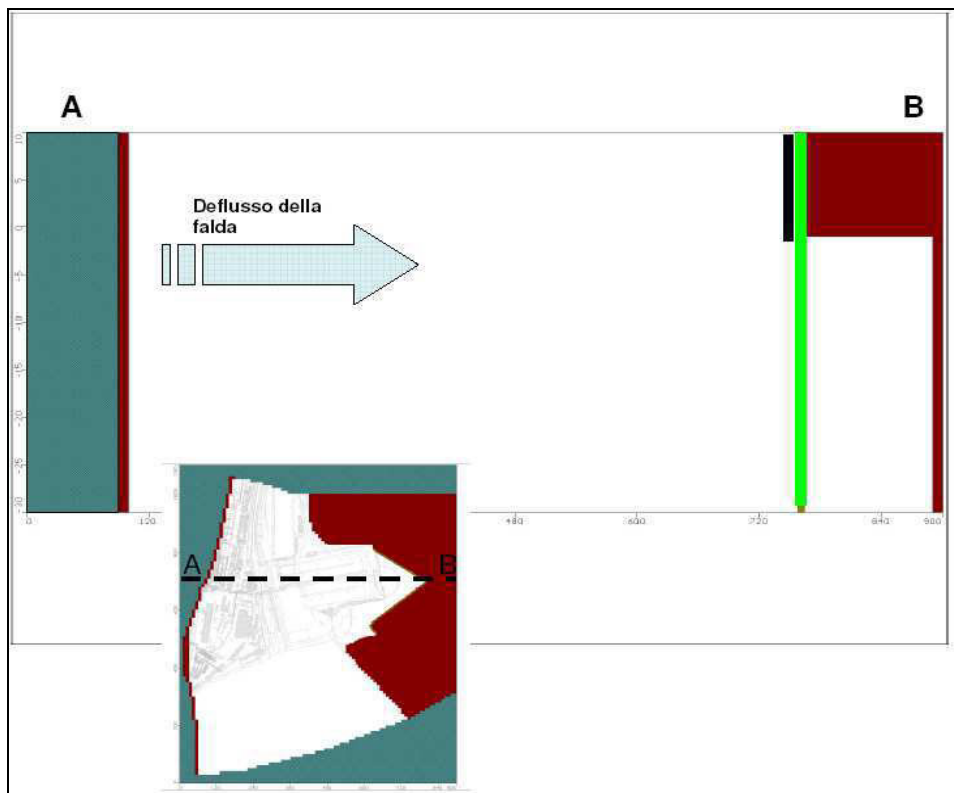


Figura 5.4.5 - Condizioni al contorno in sezione



L'impostazione delle condizioni al contorno verrà svolta per ricreare nel miglior modo possibile il campo di moto ricostruito con i dati della piezometria aggiornata; nei punti seguenti si riporta una descrizione più specifica delle condizioni al contorno da imporre:

- Limiti a monte idraulico - limite di I° tipo (carico piezometrico imposto)
- Limite a valle idraulica del modello - mediante limite di I° tipo (carico piezometrico imposto), in corrispondenza della linea di costa.
- Limiti laterali e di base del modello – dovrà essere verificata la presenza/assenza puntuale di limiti idrogeologici naturali; in corrispondenza dei limiti laterali orientati parallelamente alle linee di deflusso della falda e nelle aree a monte dei limiti del I° tipo verranno fissati limiti di II° tipo (flusso nullo). Per la base del modello verrà scelto un limite a flusso nullo, considerando una conducibilità idraulica nulla in corrispondenza delle argille di base.
- Limiti superficiali del modello – dovrà essere verificata la presenza/assenza puntuale sul piano campagna di aree impermeabilizzate, considerando nulli gli apporti zenitali della ricarica derivanti dall'infiltrazione delle acque meteoriche.
- Palancola - per la simulazione della palancola si utilizzerà una condizione al contorno mista definita come HFB (Horizontal Flow Barrier, rif. MODFLOW-2000 Version 1.18.00) che permette di simulare un setto di conducibilità e spessore noto interposto al flusso della falda ad una determinata profondità.

Per l'assegnazione delle variabili fisiche (conducibilità e spessore del mezzo) si è fatto riferimento ai parametri costruttivi definiti nello Studio di Fattibilità:

- sviluppo planimetrico: 2.020 m;
  - spessore: 1 m;
  - conducibilità idraulica equivalente del diaframma:  $2,00 \cdot 10^{-11}$  m/s;
  - quota assoluta media di immersione: -5 m s.l.m.
- Trincea drenante - La quota minima del dreno verrà fissata a -0,5 m s.l.m., mediante limite di I° tipo (carico piezometrico imposto) e sarà tracciato in corrispondenza della palancola, immediatamente al monte idraulico; la scelta di considerare una quota minima di -0,5 m s.l.m. è svolta a livello conservativo, in quanto la presenza di un contro gradiente da mare verso l'acquifero garantisce l'annullamento del flusso della falda verso il mare, fornendo quindi una ulteriore garanzia per il contenimento idraulico delle acque di falda.

La fase che seguirà all'impostazione delle condizioni al contorno è l'assegnazione dei parametri idraulici all'interno del dominio di calcolo.

Essendo il modello in stazionario l'unico parametro idraulico necessario per le simulazioni di interesse è la conducibilità idraulica orizzontale ( $k$ ) per la quale è stato assegnato un valore medio, desunto dai dati sperimentali ricavati nelle attività di indagine idraulica condotte nel sito.

Il valore verrà verificato anche secondo i dati riportati nella letteratura specialistica: USGS Water Supply Papers 1962-D and 1839-D; Ground Water Manual, u.S. Dep. Of the Interior, Bureau of Reclamation, Washinton, D.C., 1977, 480 p.

Infine, è importante evidenziare che in considerazione delle incertezze nella schematizzazione del mezzo acquifero, relative all'elevata eterogeneità delle variabili idrauliche (spessore acquifero, carichi idraulici, conducibilità idraulica, ecc.), non si può prescindere dalla verifica sperimentale dei risultati modellistici, sia nei termini delle portate di estrazione che della valutazione della deformazione piezometrica indotta dalla trincea drenante.

#### 5.4.4 Controlli da attuare per la verifica del funzionamento dell'intervento

Il monitoraggio del sistema, che permetterà anche l'affinamento del calcolo delle portate di estrazione del dreno, sarà effettuato con le seguenti attività:

- installazione di piezometri lungo il percorso della trincea drenante per la misura del carico piezometrico immediatamente a monte idraulico della trincea drenante;
- installazione eventuale di un mareografo dedicato per la registrazione delle oscillazione mareali;
- installazione di data logger per la registrazione in continuo dei livelli di falda nei nuovi piezometri ed in altri localizzati nell'intorno dell'opera, all'interno della fascia di cattura operata dalla trincea drenante sulle acque di falda;
- rilievo piezometrico con cadenza mensile nei suddetti piezometri; il rilievo andrà reiterato per almeno 6 mesi dalla messa in opera del sistema; i dati piezometrici saranno utilizzati per la ricostruzione della superficie piezometrica;
- campionamento mensile delle acque di falda drenate per il monitoraggio della qualità chimico-fisica;
- esecuzione di log per la misura della conducibilità elettrica all'interno dell'acquifero in corrispondenza dei piezometri di monitoraggio; l'attività avrà cadenza mensile e dovrà essere reiterata per almeno 6 mesi dalla messa in opera del sistema.

L'insieme delle attività permetterà di valutare l'efficienza del sistema e consentirà un affinamento delle portate di estrazione; inoltre, verranno acquisiti dati idrochimici necessari per valutare i tempi di arretramento del cuneo salino all'interno dell'acquifero.

## 5.5 Piano di monitoraggio topografico e fessurimetrico

Il monitoraggio topografico ha lo scopo di controllare, nel tempo, le posizioni assolute (nelle 3 coordinate spaziali) di alcuni punti, materializzati con apposite mire, su edifici e manufatti in vario modo interessati dai movimenti in atto.

Il riferimento assoluto delle misure è dato da una idonea scelta dei capisaldi, con riferimento ai quali verranno condotte le elaborazioni.

Con congruo periodo di misura è possibile rilevare l'entità dei movimenti (orizzontali e verticali) e l'evoluzione nel tempo.

Più il periodo delle misure è lungo, più saranno attendibili ed utili le informazioni acquisite, consentendo, assieme agli altri dati del monitoraggio (in particolare i movimenti profondi mediante inclinometri), l'apporto di un grosso contributo alla comprensione sia dei meccanismi in superficie che delle più probabili cause correlate.

I movimenti associati a fenomeni di subsidenza indotta hanno in genere un trend di lungo termine e delle possibili oscillazioni nel breve termine, dovuto principalmente alla stagionalità.

Per questo il periodo minimo delle osservazioni deve essere di almeno 1 anno.

Il sistema di monitoraggio topografico proposto ha il principale scopo di osservazione dei fenomeni in atto; può però essere convenientemente utilizzato durante l'esecuzione degli eventuali interventi di stabilizzazione e per verificarne l'efficacia nel tempo.

I risultati delle prime osservazioni forniranno utili indicazioni sui raffittimenti ed integrazione dei punti e sulle frequenze delle misure.

Il monitoraggio fessurimetrico ha lo scopo di controllare nel tempo le variazioni di aperture delle principali fessure presenti su manufatti ed edifici.

La misura è tipicamente locale, ma particolarmente efficace perché relativa a punti di particolare sensibilità ove gli effetti dei movimenti del terreno hanno immediato risentimento.

Si propende, al momento, per l'esecuzione delle misure in "manuale"; ritenendo eccessivi, in relazione all'attuale stato dei luoghi, gli oneri della remotizzazione.

Le metodologie presentate hanno scopo indicativo, per presentare gli obiettivi del sistema, l'appaltatore può presentare diverse metodologie e strumenti, purché di precisione non inferiore ed idonee al raggiungimento degli obiettivi.

Le esatte posizioni dei punti di misura, nonché la definizione finale del numero, verranno stabilite all'atto dell'approntamento in relazione alla fattibilità e logistica di gestione delle

misure e comunque sulle strutture portanti verticali principali. Gli strumenti verranno sistemati in posizioni sufficientemente protette da urti accidentali e da atti vandalici.

Si prevede l'esecuzione delle misure dei seguenti parametri e l'installazione dei seguenti strumenti:

- coordinate di alcuni punti sugli edifici esterni e sulle paratie perimetrali;
- mire topografiche per misure con stazione totale;
- variazioni delle aperture di eventuali significative fessure esistenti;
- fessurimetri di tipo a retino a lettura manuale.

Si prevede l'impiego di:

- stazione totale, con impiego periodico;
- 40 target riflettenti;
- 40 miniprismi;
- 2 - 4 punti di stazione;
- 3 capisaldi di riferimento;
- 20 fessurimetri lineari a reticolo;
- 12 cicli completi di misure.

#### 5.5.1 Requisiti del sistema di monitoraggio

I requisiti del sistema di monitoraggio sono:

- Requisito di affidabilità delle misure rilevate, che sarà conseguito assicurando la corretta installazione delle apparecchiature, con particolare attenzione alle procedure di taratura e collaudo della strumentazione, prevedendo anche controlli periodici alla strumentazione stessa;
- Requisito di immediato apprezzamento delle variazioni dei dati rilevati e controllo dei dati;
- Requisito di flessibilità, per permettere che il sistema possa essere opportunamente integrato ed ampliato con strumentazione aggiuntiva in funzione di nuove esigenze, per esempio garantendo la possibilità di infittire la mesh delle sezioni strumentate.

- Requisito di regolare rilevamento dei dati nel tempo per permettere il controllo dei parametri più significativi del sistema legati ai fenomeni posti sotto controllo.

#### 5.5.2 Descrizione del monitoraggio topografico

Si prevede la misura dei seguenti parametri:

- coordinate di alcuni punti sugli edifici civili esterni;
- coordinate di alcuni punti sulle strutture degli edifici industriali interni all'area stabilimento;
- variazioni delle aperture di eventuali significative fessure esistenti.

In stretta relazione alla logica delle misure, alla precisione del sistema ed alla possibilità di operare verifiche di affidabilità verranno definite le posizioni delle stazioni e dei capisaldi esterni.

La scelta dei capisaldi esterni (almeno 2, in posizioni stabili) è di fondamentale importanza per poter riferire le misure ad un sistema assoluto, dal momento che per i punti di stazione (almeno 2 - per poter vedere tutti i punti di misura) non è garantita l'assenza di movimenti.

Le posizioni delle stazioni e dei capisaldi di riferimento dovranno essere ubicate entro la portata utile degli strumenti e idonee a garantire idonea precisione effettiva al sistema.

Dopo l'installazione verrà redatta la tavola con le posizioni "as built" e la codifica di ogni punto di misura.

Gli spostamenti massimi attesi, nel periodo iniziale prospettato, possono essere inferiori al centimetro, per cui occorre una elevata precisione delle misure: almeno 2 millimetri effettivi.

Si opterà per una/due verticali per edificio, ciascuna con uno/due punti appartenenti alla stessa verticale.

Per limitare le influenze delle variazioni di temperatura si procederà di eseguire le misure topografiche sempre agli stessi orari, possibilmente alla mattina presto.

Lo stralcio planimetrico con le posizioni per i punti di misura verrà definito in sede dei successivi livelli di sviluppo progettuale.

#### *Frequenza delle misure*

Preliminare, taratura del sistema:



L'intero sistema delle misure topografiche e fessurimetrico dovrà essere rilevato per almeno 3 cicli (un ciclo di misure al giorno in diversi giorni), nella configurazione iniziale in assenza di perturbazioni, al fine di verificare la stabilità, la precisione, la presenza di eventuali rumori di fondo e per determinare le "letture di zero".

A regime:

Si prevede l'esecuzione di almeno 1 ciclo di misure complete al mese.

Eventuali raffittimenti delle frequenze (e/o dei punti di misura), verranno definiti in relazione all'andamento delle misure o di particolari eventi (es. in periodi particolarmente piovosi).

Per una durata, al momento presumibile di 12 mesi, si prospettano 12÷15 cicli di misure.

#### *Specifiche del monitoraggio topografico*

Nel seguito si riportano i principali requisiti di un sistema di monitoraggio topografico E le principali caratteristiche degli strumenti di misura che si propone di adottare.

Tali strumenti potranno anche essere sostituiti con altri di caratteristiche equivalenti o superiori.

In ogni caso l'Appaltatore dovrà fornire tutte le schede tecniche degli strumenti che intende impiegare, adeguate agli obiettivi del monitoraggio, per approvazione.

#### *Strumenti di misura*

Il monitoraggio viene eseguito attraverso l'uso di stazioni totali e mire topografiche.

Stazione Totale Elettroottica, caratterizzata da:

- precisione di misura di 2 secondi centesimali;
- misure di monitoraggio periodiche;
- piombo laser;
- guida luminosa EGL;
- collimazione di precisione automatica;
- inseguimento del prisma automatico;
- portata miniprisma: 900 m;

- precisione / tempo di misura "modo standard": 1mm+2ppm / 3.0s;

### Capisaldi

#### Requisiti

I capisaldi, realizzati in acciaio inox, dovranno presentare ben visibile sulla parte superiore, una borchia metallica con l'indicazione del numero del vertice o caposaldo, una testa emisferica per la battuta topografica, ed avere un gambo di idonea lunghezza ( $L \geq 100$  cm) es. colonnina in c.a., paletto in acciaio o altro supporto idoneo e ben fissato a terra.

Detti capisaldi dovranno essere correlati con la rete geodetica nazionale dell'I.G.M. e con quella utilizzata per la redazione del progetto.

#### Posizionamento

Verrà eseguito un foro nel terreno della lunghezza del caposaldo; inserito il caposaldo, questo verrà cementato con malta per renderlo solidale al terreno. Il tutto dovrà essere protetto da pozzetto in cls., con coperchio carrabile in ghisa.

#### Documentazione

Per ogni caposaldo deve essere redatta una apposita monografia contenente tutte le informazioni necessarie per rintracciarne la posizione nonché foto d'insieme e particolari.

Detta monografia dovrà essere corredata da uno schizzo planimetrico con almeno tre distanze da punti particolari ben riconoscibili sul territorio.

Verranno annotate tutte le informazioni di installazione utili: data, operatori ecc.

### Mire topografiche

Si prevede l'installazione di mire ottiche su diverse strutture esistenti e/o da realizzare (fabbricati, muri, opere in cls, paratie, ecc...), per il controllo di eventuali movimenti.

#### Requisiti

La mira ottica è costituita da un target catarifrangente montato su una piastra rotante a 360°, predisposta ad essere solidarizzata, tramite opportuno supporto, alla struttura da monitorare mediante appositi chiodi ( $L \geq 70$ mm) con testa filettata.

#### Misure

- Il dato da misurare è la posizione nello spazio della mira ottica e quindi della struttura a cui esso è collegato e le sue variazioni nel tempo, rispetto alla lettura iniziale.

- Le misure effettuate tramite tacheometro elettronico, riferite alla rete di punti fissi preesistente, permetteranno di determinare la posizione nello spazio e le eventuali variazioni del punto nel tempo.
- La restituzione deve contenere tutte le informazioni utili per identificare la posizione e l'andamento nel tempo del punto considerato.
- La frequenza delle misure dipenderà dal tipo di fenomeno in atto dalle eventuali lavorazioni in corso. Essa è definita da apposito programma di monitoraggio.

### Target riflettenti

I target riflettenti con croce di mira vengono impegnati nelle operazioni di monitoraggio, quali le osservazioni di lungo periodo di edifici, facciate di fabbricati, muri e strutture di contenimento, ponti, binari ferroviari, gallerie, punti difficilmente accessibili e molto altro ancora. Grazie alla portata di misura di oltre 100 metri in modalità "prisma" (in funzione delle dimensioni del target e del modello di distanziometro installato sulla stazione totale) garantiscono misurazioni efficaci.

Sono disponibili sia i target adesivi riflettenti (posizionabili ovunque si desideri) e target con supporto in materiale plastico resistente alle intemperie.

### Miniprismi

I miniprismi vengono, di norma, previsti nei sistemi di monitoraggio automatici con stazioni robotiche installate in postazioni fisse per misure periodiche. Le principali caratteristiche sono:

- montatura con struttura metallica per la protezione del prisma da agenti atmosferici;
- prisma a quarzo riflettente con precisione di lavorazione delle superfici di 2", dimensione del quarzo di 65 mm; portata del sistema automatico di puntamento di oltre 1000 m.

### *Documentazione da produrre*

A cura dell'esecutore, e responsabile della validazione delle misure, dovrà essere disposta la seguente documentazione:

- Planimetria, ed eventuali altri schemi grafici, con rappresentazione "as built" delle posizioni e codifiche dei punti di misura.
- Dossier contenente le schede tecniche degli strumenti impiegati, le schede monografiche delle installazioni (con foto) e le certificazioni della fornitura e del

collaudo. Le schede tecniche, in particolare la precisione strumentali, dovranno essere preventivamente sottoposte per approvazione.

- Rapporti periodici delle misure (indicativamente ogni 2÷3 mesi) comprendenti le tabelle con indicazione di (elencazione indicativa e non esaustiva):
  - codice dei punti di misura,
  - data, ora, operatore e responsabile delle misure,
  - tipo di strumento,
  - stato dei luoghi,
  - valori assoluti e differenziali rispetto alla letture di zero delle coordinate dei punti di misura;
  - temperatura e condizioni atmosferiche,
  - eventuali annotazioni.
- Rapporto finale delle misure.

I valori delle misure verranno anche rappresentati in forma grafica, in funzione del tempo.

### 5.5.3 Monitoraggio fessurimetrico

Si prevede la misura dei seguenti parametri:

- variazioni delle aperture di significative fessure esistenti.

Si opta per l'installazione di fessurimetri a lettura manuale a retino.

Per le principali fessure presenti, ad andamento verticale con sviluppo metrico, si installeranno 2 fessurimetri (uno in lato, uno in basso) al fine di poter dedurre una eventuale componente di rotazione nella variazione di apertura.

#### *Descrizione*

I fessurimetri manuali sono composti di due piastre parzialmente sovrapposte che vanno fissate ai lati delle fessure da controllare.

La piastra superiore è incisa con un retino, quella inferiore presenta una calibrazione millimetrica sia in senso orizzontale che verticale.

La misura della variazione della lesione è indicata in mm, o loro frazione, e corrisponde alla variazione dello spostamento del retino rispetto al riferimento di zero sulla piastra sottostante.

Sono disponibili vari modelli:

- Fessurimetro standard per la misura di movimenti su superfici piane,
- Fessurimetro per misure di movimenti anche non complanari es. agli angoli di strutture.

#### *Caratteristiche*

Materiale	Metallo o Resina acrilica o PVC rigido
Campo di misura	+/- 20 mm orizzontalmente +/- 10 mm verticalmente
Fissaggio	Con tasselli (o materiale collante)

#### *Montaggio*

I punti di montaggio dei fessurimetri saranno definiti in sito, sulla base delle previsioni progettuali ed in relazione alle condizioni locali della struttura, in contraddittorio fra il responsabile delle Progettazioni o DL e l'Installatore. Le posizioni dovranno fornire misure efficaci nelle indicazioni relative ai fenomeni locali e globali da osservare.

Per il montaggio dei fessurimetri occorre eseguire dei fori nella parete per il fissaggio del tassello o dell'ancoraggio. Segnare la posizione dei fori tenendo in considerazione l'orientamento dello strumento rispetto alla fessura facendo sì che, qualora non sia richiesta una dima, la distanza fra i fori sia tale da risultare in materiale integro e lasci la possibilità di regolare la corsa, ovvero la posizione di aereo dello strumento.

Forare usando un trapano a percussione di adeguata capacità e con punta idonea al tipo di materiale.

Una volta eseguito il foro installare il tassello e serrare il dado finché non risulta bloccato, o attendere la presa per quelli chimici. Verificare l'efficacia del fissaggio tirando con una forza di una decina di kg.

Per i fessurimetri lineari si segnalano le seguenti istruzioni:

- Fissare lo strumento alla parete con adesivo specifico e con viti e tasselli, con la linea verticale corrispondente allo zero, assicurandosi che i perni di riscontro siano rivolti verso il basso;

- Per i fessurimetri lineari si impiega, di norma, la punta del trapano da 5 mm;
- Una volta fissato lo strumento, rimuovere i fermi in plastica.

#### *Esecuzione delle misure*

Quando la fessura inizierà il movimento, il cursore indicherà l'entità della variazione di apertura rilevandola sulla piastra millimetrata.

La lettura di precisione potrà essere effettuata mediante calibro utilizzando i perni di riscontro.

Le misure verranno riportate su apposito modulo in forma tabellare e con schizzo grafico e/o si possono anche eseguire foto del reticolo.

Si prevede l'esecuzione di 12 cicli di misure, da eseguire contestualmente alle misure topografiche.

#### *Documentazione da produrre*

Per ogni fessurimetro deve essere redatta una apposita monografia contenente tutte le informazioni necessarie per rintracciarne la posizione, nonché foto d'insieme e particolare. Detta monografia dovrà essere corredata da uno schizzo planimetrico e conterrà annotate tutte le informazioni di installazione utili: data, operatori ecc.

- Rapporti periodici delle misure (indicativamente ogni 2÷3 mesi) comprendenti le tabelle con indicazione di (elencazione indicativa e non esaustiva):
  - codice dei punti di misura,
  - data, ora, operatore e responsabile delle misure,
  - stato dei luoghi,
  - valori differenziali rispetto alla letture di zero dell'apertura delle fessure;
  - temperatura e condizioni atmosferiche,
  - appunti in campo, schizzi ed eventuali foto.
  - eventuali annotazioni.
- Rapporto finale delle misure. I valori delle misure verranno anche rappresentati in forma grafica, in funzione del tempo.

## 5.6 Piano di Monitoraggio e Controllo

Il progetto degli interventi di messa in sicurezza operativa dovrà essere completato, così come previsto dall'art. 242, comma 9, del D.Lgs. 152/06 e smi) da un Piano di monitoraggio e controllo che consenta di verificare l'efficacia delle soluzioni adottate.

In fase di progettazione preliminare verranno identificate le aree e/o i punti ritenuti funzionali al monitoraggio, il set analitico per le analisi da effettuare sulle acque di falda, la frequenza del monitoraggio.

Il Piano sarà inoltre concordato con gli Enti locali di controllo (ARPAT, Provincia) anche al fine della validazione dei risultati ottenuti.

## 5.7 Interazioni con altri interventi dell'AdP

La progettazione degli interventi sarà sviluppata in coerenza con gli obiettivi e le finalità dell'AdP. A titolo esemplificativo, si evidenzia:

- interventi di messa in sicurezza a carico del soggetto privato incolpevole (Asse I - Azione 2), con riferimento a: gestione dei rifiuti depositati in modo incontrollato nelle aree di proprietà e in concessione demaniale, messa in sicurezza operativa del suolo nelle aree di proprietà Lucchini SpA in A.S., compartecipazione alla realizzazione e alla gestione dell'impianto di trattamento delle acque di falda;
- politiche del lavoro e misure per il reimpiego (Asse III, Azioni 1 e 2): in fase di esecuzione delle azioni di bonifica ambientale, si favorirà l'impiego di lavoratori coinvolti dalla crisi e interessati da riduzione o sospensione dell'attività lavorativa per contratti di solidarietà o cassa integrazione, incluse le figure con competenze tecnico-specialistiche funzionali alla riconversione tecnologica dell'area a caldo;
- intervento di potenziamento della infrastruttura viaria dell'area portuale di Piombino: completamento della bretella di collegamento dell'autostrada A12 Tirrenica al Porto di Piombino - Lotto Gagno - Montegemoli (Asse II - Azione 2);
- interventi di riconversione, efficientamento energetico e miglioramento ambientale, anche con riduzione complessiva dei gas climalteranti, del ciclo produttivo dello stabilimento Lucchini di Piombino (Asse I - Azione 1).

## 5.8 Interazioni con altri procedimenti

La progettazione degli interventi evidenzierà anche le relazioni con altri procedimenti già in essere, in particolare con:

- la procedura di evidenza pubblica per il trasferimento a un nuovo soggetto privato del sito produttivo di Piombino (titolarità del MISE e del Commissario Straordinario Lucchini SpA in Amministrazione Straordinaria);
- l’Autorizzazione Integrata Ambientale dello stabilimento siderurgico “AIA 2013” (titolarità del MATTM – Direzione D.V.A.): a riguardo si evidenzia quanto disposto nel Decreto AIA n. 127 del 18.04.2013 per l’esercizio dello stabilimento siderurgico della Società Lucchini SpA, tra le cui prescrizioni in materia di tutela del suolo e di gestione dei rifiuti figurano consistenti adeguamenti - con pavimentazioni e regimazioni idrauliche delle acque meteoriche - di strade, piazzali operativi, stoccaggi di materie prime, sottoprodotti e rifiuti;
- il procedimento di bonifica di altre aree pubbliche e/o private (procedimenti di competenza del MATTM – Direzione TRI);

In un ottica di rapida attuazione degli interventi, si prevede di analizzare tali relazioni dal punto di vista sia tecnico-progettuale che amministrativo/autorizzativo, al fine di individuare prontamente eventuali interferenze o sovrapposizioni e valutare le possibili azioni per la rimozione degli impedimenti riscontrati.